

UNIVERSIDAD
AUTÓNOMA DE CHIAPAS

Producción Animal en los Ecosistemas de México

José Bernardo Sánchez Muñoz
Alberto Yamasaki Maza
Esaú de Jesús Pérez Luna
Gilberto Yong Angel
Gpe. Patricia Macías Farrera
Horacio León Velasco
Jorge Luis Ruiz Rojas
Juan Carlos Ku Vera
Compiladores-editores



XLIV
REUNIÓN CIENTÍFICA DE LA ASOCIACIÓN MEXICANA
PARA LA PRODUCCIÓN ANIMAL Y SEGURIDAD
ALIMENTARIA, A.C.

ISBN: 978-607-8459-75-9



9 786078 459759

PRODUCCIÓN ANIMAL EN LOS ECOSISTEMAS DE MÉXICO

Primera edición Septiembre, 2017

ISBN: 978-607-8459-75-9

D.R. © 2017

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIAPAS

Boulevard Belisario Domínguez Km 1081 sin número, Colina Universitaria,
Terán, C.P. 29050, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México

ASOCIACIÓN MEXICANA PARA LA PRODUCCIÓN ANIMAL

Y SEGURIDAD ALIMENTARIA A.C. (AMPA)

Magallanes número 12, Colinas de San Diego, Texcoco, Estado de México. C.P. 56200

D.R. © 2017

Alberto Yamasaki Maza, Esaú de Jesús Pérez Luna, Gilberto Yong Ángel, Guadalupe Patricia Macías Farrera, Horacio León Velasco, Jorge Luis Ruiz Rojas, José Bernardo Sánchez Muñoz, Juan Carlos Ku Vera (Compiladores).

Edición

José Bernardo Sánchez Muñoz

Gilberto Yong Ángel

Alberto Yamasaki Maza

Horacio León Velasco

Integración del documento

José Bernardo Sánchez Muñoz

Fotografías de capítulos

José Bernardo Sánchez Muñoz

Portada

Carlos Alberto de La Torre de la Torre

Edición digital

Bernardo O. Reyes de León, Ernesto de Jesús Pérez Álvarez

Reproducción digital

Universidad Autónoma de Chiapas

Dirección General de Investigación y Posgrado

Unidad de Divulgación Científica/Área de Diseño y Edición

Tiraje

1,000 CD's

Comité Científico

Esaú de Jesús Pérez Luna, Gilberto Yong Ángel, Guadalupe Patricia Macías Farrera, Jorge Luis Ruiz Rojas, José Bernardo Sánchez Muñoz y Raúl Andrés Perezgrovas Gárza.

La presente publicación ha sido evaluada y revisada por árbitros expertos coordinados por el **Comité Científico de la XLIV REUNIÓN CIENTÍFICA de la Asociación Mexicana para la Producción Animal y Seguridad Alimentaria A.C. (AMPA)**.

Las opiniones expresadas por los autores, no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación. La información, imágenes, opiniones y análisis contenidos en esta publicación son responsabilidad de los autores.

La reproducción de la presente publicación fue parcialmente financiada con recursos del Programa "Fortalecimiento de la Calidad Educativa". Reprogramación 2016. P/PFCE-2016-07MSU0001H-01.



Directorio

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIAPAS

Mtro. Carlos Eugenio Ruiz Hernández

Rector

Mtro. Hugo Armando Aguilar Aguilar

Secretario General

Mtro. Roberto Sosa Rincón

Secretario Académico

Dr. Lisandro Montesinos Salazar

Director General de Planeación

Mtro. Víctor Fabián Rumaya Farrera

Director General de Extensión Universitaria

Dra. María Eugenia Culebro Mandujano

Directora General de Investigación y Posgrado

DES Ciencias Agropecuarias UNACH

Lic. Roemer Jesús Martínez Suárez

Coordinador del Centro de Estudios Etnoagropecuarios

Mtro. Jorge Alejandro Velasco Trejo

Director de la Escuela Maya de Estudios Agropecuarios

Mtro. Oscar León Velasco

Encargado de la Dirección de la Escuela de Estudios Agropecuarios Mezcalapa

C.P. Claudia Guadalupe López Magdaleno

Directora de la Escuela de Ciencias y Procesos Agropecuarios Industriales

Mtro. Alfonso de Jesús Ruiz Moreno

Director de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia

Mtro. Carlos Gumaro García Castillo

Director de la Facultad de Ciencias Agrícolas

Roberto Reimundo Coutiño Ruiz

Director de la Facultad de Ciencias Agronómicas



ASOCIACIÓN MEXICANA PARA LA PRODUCCIÓN ANIMAL
Y SEGURIDAD ALIMENTARIA A.C. (AMPA)

Juan Ku Vera

Presidente

Juan Carlos Martínez González

Vicepresidente

Laura Ramírez Cancino

Secretaria-Tesorera

Comité Local

Horacio León Velasco

Presidente del Comité Local

Alberto Yamasaki Maza

Secretario

Producción animal en los ecosistemas de México

José Bernardo Sánchez Muñoz

Alberto Yamasaki Maza

Esaú de Jesús Pérez Luna

Gilberto Yong Angel

Gpe. Patricia Macías Farrera

Horacio León Velasco

Jorge Luis Ruiz Rojas

Juan Carlos Ku Vera

Compiladores-editores

ÍNDICE

PRÓLOGO

CAPÍTULO I PRODUCCIÓN ANIMAL

Reflexiones sobre el pasado, el presente y el futuro de la ganadería bovina en el trópico de México

Juan Carlos Ku Vera, Juan Carlos Martínez González, Laura Ramírez Cancino, Héctor Aarón Lee Rangel, Alfonso Juventino, Chay Canul y Horacio León Velasco, Gilberto Yong Angel, Esaú Pérez Luna **13**

Estado de la ganadería en el Sistema Vaca-Cría a nivel nacional. Características generales de la operación de las unidades de producción

Everardo González Padilla, Arantatzu Lassala, Mariana Pedernera, Carlos Guillermo Gutiérrez Aguilar **32**

Estado de la ganadería en el Sistema Vaca-Cría a nivel nacional; Manejos Ganaderos

Everardo González Padilla, Arantatzu Lassala, Mariana Pedernera, Carlos Guillermo Gutiérrez Aguilar **60**

Estado de la ganadería en el sistema vaca-cría a nivel nacional: principales resultados de manejo reproductivo

Joel Hernández Cerón, Everardo González Padilla, Arantatzu Lassala, Mariana Pedernera y Carlos G Gutiérrez **64**

Estado de la ganadería en el sistema vaca-cría a nivel nacional; principales resultados de infraestructura y aspectos ambientales

Carlos González Rebeles, Everardo González Padilla, Arantatzu Lassala y Carlos G Gutiérrez **72**

Estado de la ganadería en el sistema vaca-cría a nivel nacional; principales resultados del sistema doble propósito

Miguel Angel Alonso Díaz, Manuel D. Corro Morales, Everardo González Padilla, Arantatzu Lassala y Carlos G Gutiérrez **78**

Producción de carne de res de calidad en el trópico mexicano

María de la Salud Rubio Lozano **86**

Sistemas integrados de producción agropecuaria –sipa-, todos los motivos para iniciar-los

José Alexandre Agiova da Costa, Esaú Pérez Luna, Sergio Giovanni Espinosa Villafuerte, Armindo Neivo Kichel, Fernando Alvarenga Reis **103**

Eficiencia de la producción bovina en pastoreo extensivo. ¿Dónde está?

Adrián Raymundo Quero Carrillo, Leonor Miranda Jiménez **141**

La producción de leche ovina una actividad emergente en México

Arturo Ángel Trejo González, Marisela Peralta Lailson, María Eréndira Reyes García y Héctor Sánchez Pineda **165**

Efecto del estrés por calor en el metabolismo de aminoácidos en animales

Adriana Morales Trejo, Ernesto Avelar y Miguel Cervantes Ramírez **187**

CAPÍTULO II. CAMBIO CLIMÁTICO

Emisión de gases de efecto invernadero por el ganado bovino, técnicas de medición y estrategias de mitigación

Gloria Stefanny Hernández Pineda, Octavio Alonso Castelán Ortega **209**

Mitigación de metano entérico en bovinos alimentados con pastos tropicales

Juan Carlos Ku Vera, Julia Arroyave Jaramillo, Angel Trinidad Piñeiro Vázquez, Jorge Rodolfo Canul Solís, Jeyder Israel Arceo Castillo, Laura. Ramírez Cancino, Carlos Santiago Escobar Restrepo, Freddy de Jesús Lazos Balbuena, Sara Stephanie. Valencia Salazar, José Armando Alayón Gamboa, María Denisse Montoya Flores, Isabel Cristina Molina Botero, Harol Yulian Moreno Sabogal, Lucas Miguel Zavala Escalante, Octavio Alonso Castelán Ortega, Patricia Quintana Owen, Francisco Javier Solorio Sánchez, Carlos Fernando Aguilar Pérez, Armin Javier Ayala Burgos, Luis Ramírez Avilés **231**

Aditivos alimentarios, producción de biometano y dióxido de carbono en animales de producción

Roberto Montes de Oca Jiménez, Abdel Fatha Mohamed Salem, Manuel González Ronquillo **245**

Evaluación de la sostenibilidad de sistemas de producción de leche en pequeña escala

Fernando Prospero Bernal, Carlos Manuel Arriaga Jordán **261**

CAPÍTULO III. PRODUCCIÓN ORGÁNICA

Producción animal orgánica y su regulación en México: retos y oportunidades

Gómez T, Fragoso H, Lobato A. **286**

Situación de la agricultura orgánica en México, retos y perspectivas

Homero Blas Bustamante **300**

Presente y futuro de la certificación orgánica participativa en México, experiencia en San Luis Potosí

Ramón Jarquin Gálvez, Claudia Rosina Bara, Gisela Aguilar Benítez y Daniela Sánchez Abud **309**

Calidad e inocuidad de la leche producida en un sistema de producción orgánica. Una revisión

Rey Gutiérrez Tolentino, Salvador Vega y León, Jorge Luis Ruiz Rojas, Claudia Cecilia Radilla Vázquez, José Jesús Pérez González, Rutilio Ortiz Salinas, Beatriz Schettino Bermúdez, Arturo Escobar Medina **321**

CAPÍTULO IV. REPRODUCCIÓN Y MEJORAMIENTO GENÉTICO

Uso de sistemas de información para monitorear la reproducción de los hatos bovinos: desde lo particular hasta lo multi-poblacional

Juan José Romero-Zúñiga; Sandra Estrada-König; Miguel Bolaños-Segura; José Rojas-Campos **337**

Falla Reproductiva en el Ganado Bovino y Medicina Preventiva

Rubén Vázquez Aguilar **353**

Interacciones entre kisspeptina, neurokinina b y dinorfina a en becerras cebú prepúberes

Alejandro Villa-Godoy **368**

Recuento gráfico de las diferentes razas locales de animales domésticos en Chiapas, México

Raúl A. Perezgrovas Garza **396**

El papel de las biotecnologías reproductivas en la conservación de recursos zoogenéticos de especies domésticas

Jose Fernando De La Torre Sánchez y Héctor. Álvarez Gallardo **436**

CAPÍTULO V. MEDICINA VETERINARIA

Situación actual de las enfermedades transmitidas por garrapatas en México

Juan José Mosqueda Gualito, Gabriela. Aguilar-Tipacamú, B. Ignacio Carvajal-Gámez **450**

Resistencia a los ixodícos y su estado actual

Gabriela Aguilar-Tipacamú, Juan Mosqueda, A. Olvera-Ramírez **468**

Patologías de las tilapias: enfermedades bacterianas emergentes en México

Luis Jorge García Márquez **483**

Enfermedades del rezago por parásitos en Chiapas

Güiris Andrade, Darío Marcelino; Pérez Escobar, María Elia; Martínez Figueroa, Laura **495**

PRÓLOGO

La producción animal mexicana enfrenta enormes retos derivados de la globalización de las economías, de la renegociación de los tratados comerciales, de las veleidades del expansionismo de las naciones económicamente poderosas, de la demanda creciente de carne, leche, y sus derivados de la población en aumento. El tema “Clima y Ganadería: Productividad Sustentable”, es relevante a la actividad pecuaria hoy día a nivel global. Los impactos de la producción animal sobre el ambiente son cada día más evidentes, dados los efectos sobre el suelo, el agua y el aire. Todos los días los medios ilustran el efecto devastador de la actividad económica humana sobre los ecosistemas terrestres y acuáticos en todo el país, lo cual conduce a pérdida de la biodiversidad, deforestación, y a la contaminación de mares, ríos y acuíferos. Las instancias normativas federales no se dan tregua en el intento por frenar la rapiña humana sobre los medios de producción: terrestres o acuáticos. El negativo impacto ambiental de las actividades antropogénicas es ya evidente por el incremento en los efectos adversos del cambio climático (sequías prolongadas, inundaciones, heladas, incendios, etc.) sobre la economía. México perdió la autosuficiencia alimentaria a finales de los años 70's, como resultado de la adopción de un modelo económico neoliberal (apertura comercial) que privilegió a los cultivos comerciales, la agro-exportación y la acumulación de capital. Con base en el aumento predicho en el consumo de proteína de origen animal por la población mexicana en un horizonte al 2030, es urgente sentar las bases para alcanzar un incremento significativo en la productividad de la ganadería, pero sin que esto impacte de manera negativa al ambiente, exacerbando la emisión de gases con efecto invernadero como el metano y el óxido nitroso. Resulta urgente que las dependencias federales que orientan la producción animal en México, modifiquen las políticas públicas en materia pecuaria, de no darse cambios en este respecto, la autosuficiencia en proteína de origen animal se mantendrá como una utopía. No se debe de olvidar la frase: “la principal enfermedad del ganado en México es el hambre”, la cual, de continuar la política pública en ganadería como hasta hoy, se convertirá en el epitafio que selle la tumba de la producción animal en México, perpetuándose así el estado de sub-alimentación proteica de millones de mexicanos pobres (indígenas, campesinos, jornaleros) que sobreviven en las zonas rurales del país. La XLIV reunión de la Asociación Mexicana para la Producción Animal y Seguridad Alimentaria A.C. (AMPA) congregó bajo el auspicio de la Universidad Autónoma de Chiapas, a investigadores

mexicanos de diferentes disciplinas de la producción animal (salud, reproducción, genética, alimentación, conducta animal) a discutir temáticas relevantes a la actividad ganadera, para visualizar nuevos caminos que orienten el quehacer de la actividad pecuaria en México y sugieran nuevas formas de producción, que incrementen la eficiencia de producción, pero con un bajo impacto ambiental. El libro que Ud. tiene en sus manos recoge la experiencia de especialistas a lo largo y ancho del territorio mexicano, quienes asentaron en el mismo sus conocimientos para las generaciones futuras de profesionales de la producción animal, quienes serán las encargadas de garantizar el suministro de proteína animal de calidad para las siguientes generaciones de mexicanos. AMPA agradece a la Universidad Autónoma de Chiapas, al Rector y directivos de la misma, por su anuencia para alojar su reunión anual 2017 en esta casa de estudios; así como al Dr. Horacio León Velasco, Profesor-Investigador de la UNACH, y a su equipo de trabajo, en el Comité Organizador Local conformado por representantes de todas las dependencias en Ciencias Agropecuarias de la UNACH, por su desinteresada labor para organizar y coordinar esta reunión, que se espera beneficie a estudiantes de zootecnia y ganaderos del estado de Chiapas y del sur de México.

Juan Carlos Ku Vera

Presidente de la Asociación Mexicana para la Producción Animal y Seguridad Alimentaria

CAPÍTULO I.
PRODUCCIÓN ANIMAL



REFLEXIONES SOBRE EL PASADO, EL PRESENTE Y EL FUTURO DE LA GANADERÍA BOVINA EN EL TRÓPICO DE MÉXICO

Juan Carlos Ku Vera, Juan Carlos Martínez González, Laura Ramírez Cancino, Héctor Aarón Lee Rangel, Alfonso Juventino Chay Canul, Horacio León Velasco, Gilberto Yong Angel, Esaú Pérez Luna.

Asociación Mexicana para la Producción Animal y Seguridad Alimentaria A.C. (AMPA) correspondencia: kvera@correo.uady.mx Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Yucatán, Carretera Mérida-Xmatkuil km 15.5. C.P. 97300 Mérida, Yucatán.

RESUMEN

México perdió la autosuficiencia alimentaria a finales de los años 70's y principios de los 80's, como resultado de la adopción de un modelo económico neoliberal (apertura comercial) que privilegió a los cultivos comerciales, la agro-exportación y la acumulación de capital. La contribución del sector agropecuario al producto interno bruto de México es de apenas el 3%. La ganadería bovina tropical de tipo extensivo (baja carga animal, escasa incorporación de tecnologías), tiene una baja productividad por animal y por unidad de superficie debido a múltiples limitantes de carácter biológico, ambiental y socio-económico que restringen la expresión del máximo potencial productivo. El resultado es: escasa rentabilidad y competitividad de la ganadería bovina tropical e importación de productos de origen animal del extranjero para cubrir la demanda de proteína animal de la población mexicana. A pesar de esto, existe interés de los productores rurales de pequeña escala para realizar actividades productivas empleando al ganado bovino como principal especie animal, lo cual conlleva a la tala de selvas y bosques y al establecimiento de pastos introducidos (i.e. pérdida de la biodiversidad y deforestación). El negativo impacto ambiental de tales acciones es ya evidente por el incremento en los efectos negativos del cambio climático (sequías prolongadas, inundaciones, incendios, etc.) sobre la economía mexicana. Con base en el aumento predicho en el consumo de proteína de origen animal por la población mexicana en un horizonte al 2030, es urgente sentar las bases para alcanzar un incremento significativo en la productividad de la ganadería bovina tropical, pero sin que esto impacte de manera negativa al ambiente exacerbando la emisión de gases con efecto invernadero como el metano y el óxido nitroso provenientes de los sistemas ganaderos. Se propone que los sistemas de producción ganadera silvopastoriles son una opción de producción que hace uso de los

recursos forrajeros y pecuarios locales y propician un bajo impacto ambiental. Se recomienda que las instancias del estado que rigen la ganadería nacional, modifiquen las políticas públicas vigentes (PROGAN, repoblamiento del hato bovino), por otras que coadyuven a la mejora de los índices productivos de la ganadería de pequeña escala, de otra forma, la autosuficiencia alimentaria se mantendrá como una meta inalcanzable.

Palabras clave: ganadería, bovinos, carne, leche, trópico

INTRODUCCIÓN

“La principal enfermedad del ganado en México es el hambre”, así concluye el detallado análisis de Reig et al. (1982) sobre la situación de la ganadería mexicana. Es todavía una conclusión vigente treinta y cinco años después de enunciada, y pareciera que nadie en la entonces Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (hoy SAGARPA), hizo caso de esa frase tanto ayer como hoy. El ignorar dicho enunciado, lo está pagando México en la actualidad, caro y en dólares. En 2016, México compró a los Estados Unidos, 1,200 millones de dólares en leche en polvo, queso y proteína de suero y 900 millones de dólares en carne de res, importados para cubrir la demanda de leche y carne de la población mexicana y que la producción nacional no puede satisfacer. Desde un punto de vista técnico y parafraseando a Reig et al. (1982) se podría plantear que: el principal factor determinante de la pobre productividad de la ganadería bovina tropical mexicana es el bajo consumo diario de energía metabolizable por el ganado en pastoreo. Es la relativa baja fermentabilidad ruminal y el consecuente largo tiempo de retención de los pastos tropicales en el rumen, lo que limita el consumo y por tanto la absorción de energía metabolizable desde el tracto gastrointestinal y restringe la acumulación de proteína y grasa en el cuerpo (ganancia de peso) y la síntesis de leche en la glándula mamaria, lo cual explica la baja productividad de la ganadería bovina tropical de México.

Se estima que cerca del 20% de la población mexicana, no cuenta con ingresos suficientes para adquirir la canasta alimentaria básica; o sea, no tiene dinero suficiente para comprar energía metabolizable en los mercados y tianguis del México pobre y marginado, por el elevado precio de la carne de res y el bajo poder adquisitivo del salario mínimo. La lenta evolución del consumo de carne de res per cápita ya había sido reportado en análisis de la ganadería mexicana realizados hace más de 40 años (CEPAL, 1975). De inmediato surge la

pregunta acerca de ¿por qué la ganadería tropical mexicana mantiene bajos índices productivos a pesar de la elevada disponibilidad de enormes cantidades de forrajes en el trópico seco y húmedo?

La respuesta está en el modelo económico vigente desde hace 35 años y en la falta de inversión en investigación científica básica que pueda apuntalar el necesario incremento productivo. A pesar de la existencia de numerosos laboratorios nacionales en el país sobre casi cada posible tema científico, no existen laboratorios para atender los problemas de la ganadería bovina tropical en los 56 millones de hectáreas de trópico seco y húmedo de México. El país carece de la infraestructura científica requerida para abordar problemas en la frontera del conocimiento de la ciencia animal tropical contemporánea que contribuyan a revertir los bajos índices productivos de la ganadería bovina tropical. Por lo anterior, es improbable que ocurra un aumento en la productividad ganadera tropical, por lo cual México continuará importando leche en polvo y carne bovina a pesar de la enorme disponibilidad de recursos forrajeros.

UN POCO DE HISTORIA

Desde el punto de vista del comportamiento productivo, es probable que poco haya cambiado la ganadería bovina tropical desde que los primeros cincuenta becerros desembarcaron en Pánuco, cerca de Tampico en 1521 procedentes de La Hispaniola, los cuales fueron traídos por Gregorio Villalobos (de Alba, 2011), a partir de entonces los bovinos criollos se diseminaron rápidamente por toda la Nueva España. Desde entonces la cultura ganadera de México se arraigó en todas las regiones agro-ecológicas del país hasta el día de hoy cuando alrededor de la mitad del territorio nacional (~110 millones de hectáreas; de las cuales 56 millones de hectáreas están en los trópicos seco y húmedo) está dedicado a la producción ganadera y/o al cultivo de forrajes para la alimentación animal, y el inventario nacional de bovinos es de alrededor de 33 millones de cabezas (SIAP, 2017). En las regiones tropicales de México hay más de 500,000 pequeñas unidades de producción bovina donde más del 80% de los productores cuentan con menos de 30 vacas y en donde se ubica cerca del 60% del hato de cría en pastoreo (González Padilla y Dávalos Flores, 2015).

En la actualidad, México enfrenta grandes retos en ganadería debido a la dependencia alimentaria del país en cuanto al aprovisionamiento de proteína de origen animal (carne y

leche) para su población, la cual tiene que ser parcialmente importada del extranjero a un costo oneroso en términos de divisas (dólares) (Arroyo et al., 1989; de la Fuente et al., 1989). Se estima que México importa en la actualidad alrededor del 40% de las necesidades de alimentos de su población. México perdió la autosuficiencia alimentaria por las erróneas políticas públicas en materia agrícola y ganadera que impuso sobre miles de productores rurales durante los últimos cuarenta años (Carrera Chávez et al., 2014). El estancamiento del sector primario de México y su escasa contribución al producto interno bruto nacional (3%), evidencia la modesta contribución de la ganadería y la agricultura mexicanas a la generación de riqueza (Cruz y Polanco, 2014).

LA BAJA PRODUCTIVIDAD DE LA GANADERÍA TROPICAL

Han pasado treinta y cuatro años desde que Schiavo (1983) expuso algunas de las causas que explicaban en ese entonces el estancamiento de la ganadería bovina de México: “planificación parcializada y discontinuada, decremento de explotaciones de cría, fallas en la elaboración, difusión y adopción de tecnologías, altos costos de producción, baja eficiencia productiva, bajos precios en el mercado de productos y subproductos, limitada potencialidad de la demanda por la escasa elasticidad-ingreso de las grandes mayorías de la población”. Rutsch (1984) ya había también identificado las principales limitantes de la ganadería bovina tropical de México: su carácter extensivo (baja carga animal), lo cual permite la acumulación de capital sin necesidad de realizar inversiones onerosas para mantener una razonable rentabilidad.

El modelo ganadero extensivo demanda en esencia dos elementos: tierra y ganado bovino, de ahí la expansión ganadera posterior al reparto agrario de los 30's (Villafuerte et al., 1997). Chauvet (1999) identifica una etapa de auge de la ganadería bovina mexicana entre 1965 y 1982; y otra de crisis, iniciando en 1982 (devaluación del peso; caída en los precios del petróleo), la cual sigue vigente hasta la actualidad. No obstante, desde hace 57 años, Martín Echeverría (1960) ya había vislumbrando los principales cuellos de botella a los que se enfrentaba la ganadería bovina de carne en México, nadie hizo caso de su análisis. En los años de la bonanza petrolera de México (finales de los 70's), no se sospechaba de la inminente apertura comercial, los acuerdos comerciales y la globalización de la economía mundial; y tampoco de la “revolución ganadera” proclamada a finales de los 90's y que se

expresa como un aumento en la demanda de proteína de origen animal por la población mundial, proveniente principalmente de países en desarrollo (Delgado et al., 1989).

Poco ha cambiado la ganadería bovina tropical de México en términos productivos desde hace 50 años, a pesar de que las limitantes técnicas están plenamente identificadas (CEPAL, 1975; Román Ponce, 1981; Magaña Monforte et al., 2006; Rojo-Rubio et al., 2009; González Padilla y Dávalos Flores, 2015). La eficiencia productiva de la ganadería tropical mexicana (consumo de alimento, ganancia de peso, conversión alimenticia, rendimiento en canal, intervalo entre partos, tasa de parición) se puede constatar en los primeros ejemplares de la revista Técnica Pecuaria en México durante los años 60's: los valores de eficiencia no han cambiado gran cosa a la fecha, a pesar de décadas de programas de mejoramiento (genético y reproductivo) e inversiones millonarias en los estados de la franja tropical del país.

En contraposición, la ganadería bovina intensiva de México presenta altos índices de eficiencia productiva (Callejas Juárez et al., 2017) comparables a los obtenidos en los corrales de engorda de los Estados Unidos de América, pero para este caso, todo el paquete tecnológico ha sido importado de este último país, incluyendo los implantes (Compudose®, Ralgro®, Synovex-S®), los β -agonistas (Zilmax; Paylean) y los componentes manipuladores de la fermentación ruminal como la monensina sódica.

LA REVOLUCIÓN VERDE Y LA GANADERÍA

Hasta finales de la década de los 60's e inicios de los 70's, México fue autosuficiente en producción agrícola y ganadera, resultado en buena medida de los avances tecnológicos alcanzados (semillas mejoradas, fertilizantes, herbicidas, fungicidas) en los 40's y 50's como resultado de la "Revolución Verde" (Sonnenfeld, 1992). El modelo económico en operación durante ese periodo conocido como "sustitución de importaciones" (el PIB de México crecía en un 7% anual en promedio), privilegió la industrialización de México (desde el sexenio del Presidente Miguel Alemán), subestimando las necesidades futuras del país en cuanto al suministro de granos básicos y proteína animal para una creciente población urbana (Salazar Adams et al., 2006). Al agotarse la utilidad de dicho modelo económico (al final del periodo conocido como "el milagro mexicano" 1940-1970), el resultado es ahora evidente: la enorme dependencia alimentaria del México actual (Barkin y Suárez, 1985; Calva, 1988). No fue sino hasta 1960 cuando México fundó su primer Instituto Nacional de Investigaciones

Agrícolas (INIA) derivado de lo que fue la Oficina de Estudios Especiales (apoyada parcialmente por la Fundación Rockefeller de los Estados Unidos), y donde se desempeñaron figuras prominentes de la agricultura mexicana y mundial como los Drs. Edmundo Taboada Ramírez y Norman Borlaug (Premio Nobel de la Paz 1970) respectivamente.

El Instituto Nacional de Investigaciones Pecuarias (INIP) inició funciones en 1963, lo mismo que la primera revista en ciencia animal del país: Técnica Pecuaria en México. A pesar de dichos esfuerzos, la productividad de la ganadería tropical de México hoy día en general, es todavía baja (González Padilla y Dávalos Flores, 2015) y el impacto ambiental de la misma ha tenido efectos indeseables desde el punto de vista de la generación de gases con efecto invernadero (CH₄ y N₂O) que contribuyen a exacerbar los impactos negativos del cambio climático (Rivera Huerta et al., 2016) en el sector rural. El impacto del calentamiento global es evidente en la ganadería mexicana al sufrir ésta con reiterada frecuencia de sequías prolongadas, lluvias atípicas de larga duración que derivan en inundaciones, desbordamientos de ríos y demás adversidades climáticas (nevadas, granizadas e incendios) que afectan la producción agropecuaria nacional. Aunado a lo anterior, la puesta en marcha en 1994 hace ya 22 años, del Tratado de Libre Comercio con América del Norte (TLCAN) puso en directa confrontación a la producción ganadera de México contra la potencia tecnológica para producir carne y leche, de los Estados Unidos de América.

Existen enormes asimetrías entre la ganadería estadounidense y la mexicana; las diferencias en productividad (ganancia de peso, conversión alimenticia, rendimiento en canal) son enormes; como también lo son los impactos ambientales (generación de GEI's) de los sistemas de producción en ambos países. No obstante, la producción intensiva de carne bovina en México (corral de engorde), es una actividad económica rentable, y alcanza una productividad promedio del 63.5% (rango 88.24 a 47.06%; Callejas Juárez et al., 2017), aunque la contribución de este sistema de producción al volumen total de producción de carne bovina del país, es todavía relativamente bajo y mantiene una tendencia creciente hacia la exportación. Esto se puede racionalizar como un intercambio ecológico desigual entre países pobres (México; Latinoamérica) y ricos (Norteamérica, Europa Occidental), donde el costo ambiental (deforestación, pérdida de biodiversidad y emisión de gases de efecto invernadero) de la producción de carne de res barata es transferido de los países ricos a los pobres (Austin, 2010). Para describir dicho fenómeno de intercambio desigual se acuñó en los 80's el término

“la conexión de la hamburguesa” (Myers, 1981). Los corrales de engorda en México se ubican principalmente en la región norte-fronteriza del país, pero se han venido extendiendo gradualmente hacia la región sur.

EL FIN DEL “MILAGRO MEXICANO” Y LA PÉRDIDA DE LA AUTOSUFICIENCIA ALIMENTARIA

El Gobierno Federal creó (entre los 50's y 70's) una gran cantidad de dependencias (“paraestatales”) para apoyar al sector rural (Banco Nacional de Crédito Rural; Aseguradora Nacional Agrícola y Ganadera; Fertilizantes Mexicanos; Productora Nacional de Semillas; Alimentos Balanceados de México; Programa Nacional de Desmontes; Fondos Instituidos con Relación a la Agricultura; Leche Industrializada CONASUPO; Instituto Nacional Indigenista; por nombrar sólo algunas). Fue con la llegada de una nueva generación de tecnócratas a la administración federal, durante los sexenios de los Presidentes Miguel de la Madrid Hurtado (1982-1988) y Carlos Salinas de Gortari (1988-1994) que dicho impulso hacia el desarrollo agropecuario empezó paulatinamente a declinar con el cierre de programas agrícolas (Fideicomiso Henequenero; Plan Chontalpa), de instancias comercializadoras (CONASUPO), así como de instituciones fundadas (Productora Nacional de Semillas; Instituto Mexicano para el Café; Consejo Nacional para la Fruta; Campaña Nacional contra la Garrapata; Almacenes Nacionales de Depósito) para atender al campo y para docencia e investigación agropecuaria (Escuela Superior de Agricultura “Hermanos Escobar”; Colegio Superior de Agricultura Tropical; e Instituto Nacional sobre Recursos Bióticos). Es así como el estado cedió su papel de rector del desarrollo agropecuario de México, y empezó el periodo de privatización del campo, privilegiando la acumulación de capital y la agro-exportación de cultivos comerciales y de ganado en pie. Fue a partir de la crisis financiera de 1981-1982 de la economía mexicana producto del enorme endeudamiento en dólares del país y del incremento en las tasas de interés, que condujeron a la devaluación del peso y a la nacionalización de la banca, lo que marcó el fin de la efímera bonanza petrolera de México; empeorando la situación de crisis alimentaria generalizada.

AGRICULTURA, GANADERÍA Y POLÍTICA ALIMENTARIA

Las profundas modificaciones al artículo 27 Constitucional hacia finales del sexenio de Salinas de Gortari en 1992, destruyeron de tajo la política pública que había orientado el desarrollo agrícola de México (el reparto agrario, el ejido, los precios de garantía, el fin del latifundio) en los últimos 50 años desde el sexenio del presidente Lázaro Cárdenas; regresando la propiedad de la tierra a su condición de bien mercantil, haciendo a un lado su función social, e incrementando la dependencia alimentaria del país cuya balanza agropecuaria entró en un balance negativo.

La expansión ganadera de México a partir de los sexenios de Cárdenas del Río y Ávila Camacho, también contribuyó a la deforestación (y pérdida de la biodiversidad) de vastas áreas de tierras en las regiones tropical seca y húmeda en el sur de México (Fernández Ortiz y Tarrío García, 1983; Toledo et al., 1985), y esto se debe al menor riesgo para el productor que practica la ganadería, comparada con aquel que practica la agricultura (Busch y Vance, 2011; Galván-Miyoshi et al., 2015), es así como ocurrió la llamada “ganaderización” del trópico mexicano (Pérez Espejo, 1987). Los impactos negativos del TLCAN no tardaron en hacerse evidentes: más pobreza y desigualdad (García Rodríguez, 2016); desempleo en las zonas rurales y emigración rural al extranjero y creciente importación de alimentos.

Es posible notar –paradójicamente- que es en las regiones con mayor biodiversidad de México, donde se encuentran también los mayores índices de pobreza rural. Fueron esas erróneas decisiones de política económica (apertura comercial indiscriminada) que terminaron por cancelar las posibilidades de desarrollo agropecuario de México y llevaron a la situación de pobreza, desigualdad y marginación de la población rural mexicana, que derivaron en el levantamiento del Ejército Zapatista de Liberación Nacional en Chiapas en enero de 1994 al final del sexenio de Carlos Salinas de Gortari. Tierra y libertad, el grito de lucha del Ejército Libertador del Sur resurgió de los surcos de labranza para enarbolar la nueva lucha agraria de los campesinos de México en 1994. Aun así, el liderazgo político de México no aprendió bien la lección y en el sexenio de Enrique Peña Nieto, se continúan implementando programas asistencialistas como

la “Cruzada Nacional contra el Hambre” (en sexenios anteriores se ensayaron los “tortibonos”), que no hacen más que paliar el hambre de la población rural de México, debido a la incapacidad de ésta para adquirir con un salario mínimo la canasta básica alimentaria. Se

estima que padecen hambre y desnutrición unos 20 millones de mexicanos aproximadamente. No obstante, existieron en el pasado (1980-1982) políticas públicas que enlazaban la producción con los consumidores, el Sistema Alimentario Mexicano (SAM) de tan corta vida al final del sexenio de José López Portillo, intentó integrar la producción agropecuaria con la comercialización (Austin y Esteva, 1987), pero la llegada del nuevo Presidente de México en 1982, la caída de los precios del petróleo y la devaluación del peso en ese mismo año, terminaron por sepultar dicho programa.

Con la llegada de los organismos genéticamente modificados (transgénicos) en los 90's, y abrirse las posibilidades de manipulación de las propiedades fundamentales de las plantas y animales, se ha incrementado el riesgo de pérdida de la biodiversidad (vegetal y animal) original de México en aras de una ilusoria y utópica “segunda revolución verde” promovida por las transnacionales de la agricultura internacional.

Algunas instituciones de investigación predicen un falaz resurgimiento de la agricultura mexicana con base en los avances en la biología molecular, sin voltear la vista atrás al porqué de los avances registrados por la agricultura mexicana durante los años del cardenismo y del “milagro mexicano”. Fue durante la década de los 60's y derivado de los estudios del eminente agrónomo Efraím Hernández Xolocotzi en el sur del país, que se iniciaron en México los primeros esfuerzos para enfocar el desarrollo agropecuario desde una perspectiva más amplia e integradora, de donde surge la agroecología (Toledo et al., 1985) como una alternativa para guiar y orientar el desarrollo agropecuario ante el enorme reto que significa el incremento de la productividad agrícola y ganadera del país por unidad de superficie pero con un bajo impacto ambiental (Rivera-Huerta et al., 2016) en un horizonte de largo plazo.

El desarrollo ganadero sustentable en México parece una utopía inalcanzable dados los reiterados errores cometidos en materia de política pública pecuaria por las diferentes administraciones federales en los últimos cincuenta años (Carrera Chávez et al., 2014) y que han llevado al país al actual estado de cosas: la debacle de la ganadería tropical de México. En la actualidad, el PIB pecuario de México se está incrementando a un ritmo del 4% anual en los últimos años. Este proviene en buena medida de las inversiones realizadas por el sector privado en porcicultura y avicultura; así como en producción intensiva de leche y carne.

Sin embargo, es preciso analizar el origen de los insumos requeridos para producir pollo y huevo, así como leche y carne bovinas (intensivas) ¿de dónde provienen los alimentos

empleados (granos, cereales)? En buena medida provienen de compras realizadas en el extranjero y que exacerban la huella de carbono de dichos sistemas productivos (Rivera Huerta et al., 2016). El establecimiento de sistemas ganaderos silvopastoriles (Nahed-Toral et al., 2013) en las regiones tropicales de México podrían ser una opción para mitigar los impactos de la ganadería tropical sobre el ambiente (Hernández, 2001).

La ganancia de peso en toros en pastoreo en un sistema silvopastoril en Apatzingán, Michoacán fue cercana a los 800 g día⁻¹ y el consumo de leguminosas tropicales como la *Leucaena leucocephala*, mitigan la emisión de metano entérico en bovinos (Piñeiro-Vázquez et al., 2017). Esto podría dar origen a una vigorosa campaña implementada desde la SAGARPA para el establecimiento de sistemas silvopastoriles en diversas agro-regiones de México, enfatizando el pago por servicios ambientales e impartiendo talleres de difusión para la transferencia de las tecnologías con el uso de modelos de transferencia ya validados por el INIFAP (Cadena Íñiguez et al., 2015). El financiamiento para tales acciones podría ser gestionado ante diversas instancias internacionales como la Global Research Alliance o la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático.

Sin embargo, todo esto solo puede llevarse a cabo y tener éxito, mediante una acción concertada al más alto nivel del liderazgo pecuario de México. Resulta sorprendente llegar a una importante región ganadera del país, ir a un mercado o restaurante, y encontrar ¡carne de bovino importada! Es por eso que los canales de comercialización de los productos (carne/leche) tienen que ser convenidos con antelación, de otra forma, las acciones serán temporales y sin efecto en el largo plazo (y los programas ganaderos carecerán de impacto).

GANADERÍA MEXICANA: CONTRIBUCIÓN AL PRODUCTO INTERNO BRUTO

Entre el periodo 1995 a 2010 la tasa de crecimiento media anual de la ganadería mexicana fluctuó entre 3.42 y 4.60%, siendo superior al crecimiento del sector agrícola que fluctuó entre 0.55 a 2.82% (Rebollar Rebollar et al., 2016). Entre 2001 a 2010 el ingreso real de la producción pecuaria mexicana tuvo un crecimiento del 23.66%, registrándose el crecimiento mayor en la producción de huevo y de carne de ave. El producto interno bruto de México creció en términos reales en 69% entre 1993 y 2014. Sin embargo, el sector primario (agricultura y ganadería), únicamente aportaron un 3% a dicho crecimiento, mientras que los sectores secundario y terciario de la economía aportaron el 36 y 58%, respectivamente a

dicho crecimiento (Sosa Urrutia et. al., 2017). Lo anterior ilustra la relativa escasa contribución de la ganadería y agricultura mexicanas a la creación de riqueza nacional. Sin embargo, la ganadería tiene la capacidad de impulsar el desarrollo regional debido a su capacidad multiplicadora particularmente en cuanto al cultivo de oleaginosas y forrajes para la alimentación animal, el procesamiento de alimentos y el sector de servicios, por lo que su impacto es intersectorial. A pesar de que lo anterior es conocido, la investigación pecuaria orientada a impactar al pequeño ganadero es prácticamente inexistente en el país, muy poco se investiga para el pequeño productor.

El CONACYT no apoya investigaciones orientadas a mejorar la productividad de la ganadería de pequeña escala, lo prioritario son las investigaciones en la llamada frontera del conocimiento. En buena medida el presupuesto de la Coordinación de Ganadería de la SAGARPA (~\$ 7,500 millones de pesos en 2017) está destinado principalmente a las acciones de “repoblamiento del hato ganadero”, que poco impacto tiene sobre la productividad per se, por animal o por unidad de superficie. Algunos autores (Leos-Rodríguez et al., 2008; Carrera Chávez et al., 2014) han sugerido que el PROGAN necesita ser revisado y reorientado a la nueva realidad de la ganadería nacional. El modelo de producción agroexportador neoliberal excluyente que favorece la concentración del capital en pocas manos (Rubio, 2015), vigente en la actualidad, parece no ser la mejor opción productiva dado el permanente estado de crisis de la ganadería mexicana y la falta de cumplimiento de la función social de la misma.

Las causas de la debacle ganadera de México están en esencia, en el modelo económico vigente más que en aspectos técnicos propiamente dichos. El aumento en la demanda de proteína de origen animal en un horizonte de los próximos 30 años, predicho por la llamada “Revolución Ganadera”, apuntan a que es urgente que México realice acciones tendientes al incremento en la productividad de la ganadería bovina tropical para enfrentar las demandas que surgirán, producto del aumento poblacional, la urbanización de la sociedad y el aumento del ingreso (Núñez Domínguez et al., 2010).

UNA VISIÓN FINAL DE CONJUNTO

Se pueden avistar negros nubarrones en el panorama futuro de la ganadería bovina tropical mexicana en lo que respecta al cumplimiento de su función social (Soto Izquierdo et al.,

1988), a saber: proporcionar proteína de origen animal inocua, de buena calidad y a precios accesibles para las grandes mayorías de la población de México.

El desarrollo ganadero de México en los últimos 35 años se ha visto enmarcado en una situación de crisis recurrente y generalizada de la economía nacional, que se expresó en las devaluaciones de 1982 y la de 1994, la apertura comercial (ingreso al GATT en 1986; inicio del TLCAN en 1994), la desregulación arancelaria y la globalización de las economías. Existen más de 500,000 pequeñas unidades de producción bovina en las regiones tropicales del país (González Padilla y Dávalos Flores, 2015) que requieren de nuevas tecnologías para incrementar su productividad (Cuevas Reyes et al., 2013). Sin embargo, se sabe que para el caso de los productores lecheros de pequeña escala existen brechas de rentabilidad que limitan dicho incremento (Romo Bacco et al., 2014) por lo que los tomadores de decisiones de política pública en cuanto a ganadería, federales (SAGARPA) y estatales (Secretarías de Desarrollo Rural) así como los representantes de asociaciones ganaderas (CNG, CNOG, AMEG), deben de orientar sus esfuerzos hacia el cierre de las brechas de rentabilidad económica de los pequeños productores (Magaña Monforte et al., 2006; Puebla Albiter et al., 2015).

Han pasado más de 70 años desde la más grande reforma agraria llevada a cabo en México por el Presidente Cárdenas durante su sexenio presidencial entre 1934 y 1940, y el agricultor y ganadero mexicano de pequeña escala, aún no disfrutan de los supuestos beneficios alcanzados como resultado de la revolución que pelearon sus ancestros a sangre y fuego. Hay una enorme deuda pendiente de México con los pequeños productores ganaderos. Resulta hoy día aparente, que las instancias emanadas de la revolución para apoyar al campo, sean éstas instituciones crediticias, de seguros, de apoyo técnico, educativas o de investigación; no han cumplido con las expectativas de los pequeños ganaderos (García Winder, 2011) quienes con su trabajo en todas las agro-regiones de México luchan por sobrevivir a los embates de la marginación, el racismo, la globalización o la emigración a los Estados Unidos. Los retos y las opciones disponibles para sacar a la ganadería bovina tropical mexicana de su estancamiento ya han sido discutidos en diversos foros convocados y documentos elaborados, ex profeso (Zorrilla Ríos et al., 2013; Carrera Chávez et al., 2014; González Padilla y Dávalos Flores, 2015). Falta la acción consensuada entre los diferentes actores de

la cadena de valor de carne bovina con medidas concertadas al más alto nivel del liderazgo político y técnico de México en materia pecuaria.

El incremento gradual de la población de México y la reducción en la capacidad de compra de proteína animal (pollo, cerdo, carne bovina) en el periodo 1990-2015, por grandes sectores de la población debido a la situación de crisis económica generalizada, obligan a la implementación de políticas públicas que den impulso a la ganadería de pequeña escala para producir carne barata (y accesible a grandes estratos de población urbana y rural), pero con la incorporación de recursos forrajeros y pecuarios locales que induzcan una mejora en la rentabilidad del pequeño productor e incrementen su ingreso, al mismo tiempo que minimicen el impacto ambiental de la ganadería bovina. Resulta esencial en el momento actual, modificar la política pública de apoyo al sub-sector de ganadería bovina, e incorporar en ésta los resultados de la investigación científica, puesto que el mayor concepto en los costos de producción del hato de cría de México está en la alimentación del ganado, y dentro de este rubro se encuentra el alto costo (energético) del mantenimiento de las vacas. Será muy difícil incrementar la eficiencia productiva de la ganadería bovina tropical sin identificar a las vacas (razas, cruas) más eficientes en la utilización de la energía metabolizable para la producción de kilogramos de becerro destetado por unidad de superficie. No importa cuántos miles de millones de pesos se destinen al repoblamiento del hato, ni cuántos artículos científicos escriban los investigadores mexicanos, ni cuantas reuniones de AMPA o del INIFAP se lleven a cabo; de no identificar a las vacas con el menor requerimiento de energía metabolizable para la producción de becerro destetado (kg), la productividad de la ganadería bovina mexicana tropical, se mantendrá estancada, por tanto no habrá más carne ni leche para la población mexicana y el país seguirá importando ambos alimentos.

Las principales instituciones académicas y científicas de México relacionadas con la ganadería (INIFAP, UNAM (FMVZ), Universidad Autónoma Chapingo (Departamento de Zootecnia), Colegio de Posgraduados (Ganadería), Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro; ECOSUR), así como las instituciones académicas (universidades públicas estatales, institutos tecnológicos) y de evaluación de programas académicos (CONEVET, COMEAA, CONACYT), así como las instancias gremiales (Academia Mexicana de Ciencias; Academia Veterinaria Mexicana, AMPA; Federación de Colegios y Asociaciones de Médicos Veterinarios Zootecnistas de México A.C.); deben de convocar a un foro nacional que discuta

y proporcione orientación sobre la dirección que debe de seguir la política pública pecuaria de México para hacer recomendaciones concretas y directas a SAGARPA (y a las Secretarías de Desarrollo Agropecuario Estatales; Fundaciones Produce, COFUPRO, FIRA, entre otras) que impacten sobre la productividad y rentabilidad de los pequeños ganaderos en el corto plazo.

Los problemas de transferencia de tecnología e innovación en el sector agropecuario de México ya fueron descritos, y las posibles soluciones enunciadas (Cadena Íñiguez et al., 2015; González Padilla y Dávalos Flores, 2015). De no hacerse nada en este respecto, la autosuficiencia en proteína de origen animal en cuanto a la población mexicana se refiere, permanecerá como una utopía inalcanzable en los próximos años en México. No se debe de olvidar la frase: “la principal enfermedad del ganado en México es el hambre”, la cual de continuar la política pública en ganadería como hasta hoy día, se convertirá en el epitafio que selle la tumba de la ganadería bovina tropical de México, perpetuándose así el estado de sub-alimentación proteica de millones de mexicanos pobres (indígenas, campesinos, desempleados) que sobreviven en las zonas rurales y en las grandes ciudades del país.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arroyo, G., Chauvet, M., Escudero, G., Flores, M. y Lagos, F. 1989. La Pérdida de la Autosuficiencia Alimentaria y el Auge de la Ganadería en México. Plaza y Valdés-Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco. México, D.F. pp. 367.

Austin, J.M. and Esteva, G. 1987. Food Policy in Mexico: The Search for Self-Sufficiency. Cornell University Press. Ithaca, New York, USA. pp. 383.

Austin, K. 2010. The “hamburger connection” as ecologically unequal exchange: A cross-national investigation of beef exports and deforestation in less developed countries. *Rural Sociology*. 75:270-299.

Barkin, D. y Suárez, B. 1985. El Fin de la Autosuficiencia Alimentaria. Océano-Centro de Ecodesarrollo. México, D.F. pp. 247.

Busch, C.B. and Vance, C. 2011. The diffusion of cattle ranching and deforestation: Prospects for a hollow frontier in Mexico’s Yucatán. *Land Economics*. 87: 682-698.

Cadena Íñiguez, P., Camas Gómez, R., Rodríguez Hernández, F.R., Berdugo Rejón, J.G., Ayala Sánchez, A., Zambada Martínez, A., Morales Guerra, M., Espinoza Paz, N. y

López Báez, W. 2015. Contribuciones del INIFAP al extensionismo en México y la gestión de la innovación. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 6:883-895.

Calva, J.L. 1988. Crisis Agrícola y Alimentaria en México 1982-1988. Una Contribución al Análisis de la Crisis General de la Economía Mexicana. Ediciones Fontamara. México, D.F. pp. 234.

Callejas Juárez, N., Rebollar Rebollar, S., Ortega Gutiérrez, J.A. y Domínguez Viveros, J. 2017. Parámetros bio-económicos de la producción intensiva de la carne de bovino en México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*. 8:129-138.

Carrera Chávez, B., Gómez Cruz, M.A. y Schwentesius Rinderman, R. 2014. La Ganadería Bovina de Carne en México: Un Recuento Necesario Después de la Apertura Comercial. Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Ciudad Juárez, Chihuahua, México. pp. 107.

CEPAL. 1975. La Industria de la Carne de Ganado Bovino en México. México, D.F. Fondo de Cultura Económica. pp. 270.

Chauvet, M. 1999. La Ganadería Bovina de Carne en México: Del Auge a la Crisis. Universidad Autónoma Metropolitana. México, D.F. pp. 206.

Cruz, M y Polanco, M. 2014. El sector primario y el estancamiento económico en México. *Revista Problemas del Desarrollo*. 178:9-33.

Cruz Jiménez, J. y García Sánchez, R.C. 2014. El mercado de la carne de bovino en México, 1970-2011. *Estudios Sociales*. 22:87-110-

Cuevas Reyes, V., Baca del Moral, J., Cervantes Escoto, F., Espinoza García, J.A., Aguilar Ávila, J. y Loaiza Meza, A. 2013. Factores que determinan el uso de innovaciones tecnológicas en la ganadería de doble propósito en Sinaloa, México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*. 4:31-46.

De Alba Martínez, J. 2011. El Libro de los Bovinos Criollos de América. Editorial Papiro Omega, S.A. de C.V. México, D.F. pp. 444.

De la Fuente, J, Garmendia, A., González, M., Jiménez, M.L. y Mazcorro, E. 1989. Bonanza y Crisis de la Ganadería Nacional. Una Visión Integral de la Actividad Pecuaria en México. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México. pp. 349.

Delgado, C., Rosegrant, M., Steinfeld, H., Ehui, S. and Courbois, C.1999. Livestock to 2020. The Next Food Revolution. Food, Agriculture and the Environment.

- Discussion Paper 28. International Food Policy Research Institute; Food and Agriculture Organization of the United Nations and International Livestock Research Institute. pp. 72.
- Fernández Ortiz, L.M. y Tarrío García, M. 1983. Ganadería y Estructura Agraria en Chiapas. Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco. pp. 165.
- Galvan Miyoshi, Y., Walker, R. and Warf, B. 2015. Land change regimes and the evolution of the maize-cattle complex in neoliberal Mexico. *Land*. 4:754-777.
- García Rodríguez, J.F. 2016. Aproximación al Estudio de la Pobreza en México, Propuestas de Política de Estado contra la Pobreza. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Villahermosa, Tabasco. pp. 166.
- García Winder, M. 2011. La ganadería en México: su contribución a la seguridad alimentaria. Resumen de la presentación hecha en la reunión de la Academia Mexicana de Ciencias: “Ciencia y Humanismo”, enero de 2011, México, D.F., México.
- González Padilla, E. y Dávalos Flores, J.L. (coordinadores). 2015. Estado del Arte sobre Investigación e Innovación Tecnológica en Ganadería Bovina Tropical. REDGATRO-Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. México, D.F. pp. 272.
- Hernández, L. 2001. Historia Ambiental de la Ganadería en México. Instituto de Ecología A.C. Xalapa, Veracruz, México. pp. 276.
- Leos Rodríguez, J.A., Serrano Páez, A., Salas González, J.M., Ramírez Moreno, P.P. y Sagarnaga Villegas, M. 2008. Caracterización de ganaderos y unidades de producción pecuaria beneficiarios del programa de estímulos a la productividad ganadera (PROGAN) en México. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*. 5:213-230.
- Magaña Monforte, J.G., Ríos Arjona, G. y Martínez González, J.C. 2006. Los sistemas de doble propósito y los desafíos en los climas tropicales de México. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*. 14:105-114.
- Martín Echeverría, L. 1960. La Ganadería Mexicana. Banco de México, S.A. Departamento de Investigaciones Industriales. México, D.F. pp. 188.
- Myers, N. 1981. The hamburger connection: How Central America’s forests become North America’s hamburgers. *Ambio*. 10: 2-8.
- Nahed-Toral, J., Valdivieso-Pérez, A., Aguilar-Jiménez, R., Cámara-Córdova, J. and Grande-Cano, D. 2013. Silvoapastoral systems with traditional management in southeastern

Mexico: a prototype of livestock agroforestry for cleaner production. *Journal of Cleaner Production*. 57:266-279.

Núñez Domínguez, R., Ruiz Flores, A., Huerta Bravo, M., Améndola Massiotti, R.D., Álvarez Sánchez, M.E., Ramírez Valverde, R., Rangel Santos, R. y Aranda Osorio, G. 2010. Ciencia, Tecnología e Innovación en la Ganadería. Agricultura, Ciencia y Sociedad Rural 1810-2010. Volumen IV Ciencia e Innovación Tecnológica Agropecuaria. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, Estado de México. pp. 223-316.

Pérez Espejo, R. 1987. Agricultura y Ganadería. Competencia por el Uso de la Tierra. Ediciones de Cultura Popular. México, D.F. pp. 285.

Piñeiro Vázquez, A.T., Jiménez Ferrer, G.O., Chay Canul, A.J., Casanova Lugo, F., Díaz Echeverría, V.F., Ayala Burgos, A.J., Solorio Sánchez, F.J., Aguilar Pérez, C.F. and Ku Vera, J.C. 2017. Intake, digestibility, nitrogen balance and energy utilization in heifers fed low-quality forage and *Leucaena leucocephala*. *Animal Feed Science and Technology*. 228-194-201.

Puebla Albiter, S., Rebollar Rebollar, S., Albarrán Portillo, B., García Martínez, A. y Arriaga Jordán, C.M. 2015. Análisis técnico-económico de sistemas de bovinos doble propósito en Tejupilco, Estado de México, en la época de secas. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*. 65:13-19.

Rebollar Rebollar, A., Rebollar Rebollar, S., Gómez Tenorio, G., Hernández Martínez, J. y González Razo, F.J. 2016. Crecimiento y especialización regional del sector pecuario en México, 1994 a 2013. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*. 7:391-403.

Reig, N., Feder, E. y Olivares, R. 1982. El Desarrollo Agroindustrial y la Ganadería en México. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Documentos de Trabajo para el Desarrollo Agroindustrial 8. México, D.F. pp. 413.

Rivera-Huerta, A., Güereca, L.P. and Rubio-Lozano, M.S. 2016. Environmental impact of beef production in Mexico through life cycle assessment. *Resources, Conservation and Recycling*. 109:44-53.

Rojo-Rubio, R., Vázquez-Armijo, J.F., Pérez-Hernández, P., Mendoza-Martínez, G.D., Zalem, A.Z.M., Albarrán-Portillo, B., González-Reyna, A., Hernández-Martínez, J., Rebollar-Rebollar, S., Cardoso-Jiménez, D., Dorantes-Coronado, E.J. and Gutiérrez-Cedillo,

J.G. 2009. Dual purpose cattle production in Mexico. *Tropical Animal Health and Production*. 41:715-721.

Román Ponce, H. 1981. Potencial de producción de los bovinos en el trópico de México. *Ciencia Veterinaria*. FMVZ-UNAM. Tomo 3. pp. 393-431.

Romo Bacco, C.E., Valdivia Flores, A.G., Carranza Trinidad, R.G., Cámara Córdova, J., Zavala Arias, M.P., Flores Ancira, E. y Espinoza García, J.A. 2014. Brechas de rentabilidad económica en pequeñas unidades de producción de leche en el altiplano central mexicano. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*. 5:273-290.

Rubio, B. 2015. La soberanía alimentaria en México: una asignatura pendiente. *Mundo Siglo XXI*. 10:55-70.

Rutsch, M. 1984. *La Ganadería Capitalista en México*. Editorial Línea. México, D.F. pp. 247.

Salazar Adams, J.A., Cervantes Escoto, F., Gómez Cruz, M.A., Mohanty, S. y Málaga, J. 2006. La demanda de productos pecuarios en México por deciles de ingreso: proyección al año 2025. *Técnica Pecuaria en México*. 44:41-52.

Schiavo B. C.N. 1983. *El Marco Estructural de la Ganadería Bovina Mexicana*. Universidad Autónoma Chapingo. pp. 223.

SIAP. 2017. Población ganadera: bovinos carne y leche. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. <http://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/165997/bovino.pdf>. (Consultada 08/05/2017).

Sonnenfeld, D.A. 1992. Mexico's "Green Revolution" 1940-1980: Towards an environmental history. *Environmental History Review*. 16:28-52.

Sosa Urrutia, M.E., Martínez Castañeda, F.E., Espinoza García, J.A. y Buendía Rodríguez, G. 2017. Contribución del sector pecuario a la economía mexicana. Un análisis desde la matriz insumo producto. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*. 8:31-41.

Soto Izquierdo, E. de Haro Duarte, A., Frish Guajardo, U. y Ruiz Barra, J. 1988. *Panorama de la Ganadería Mexicana. Aspectos Estructurales*. Secretaría de Educación Pública. México, D.F. pp. 243.

Toledo, V.M., Carabias, J., Mapes, C. y Toledo, C. 1985. *Ecología y Autosuficiencia Alimentaria*. Siglo Veintiuno Editores. México, D.F. pp. 118.

Villafuerte, D., García, M.C. y Meza, S. 1997. La Cuestión Ganadera y la Deforestación. Viejos y Nuevos Problemas en el Trópico y Chiapas. Universidad de Ciencias y Artes del Estado de Chiapas. Centro de Estudios Superiores de México-Centroamérica. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. pp. 215.

Zorrilla Ríos, J.M., Hernández G., M., Hernández G., J. y Moreno Ll., G. 2013. Escenarios Futuros de la Ganadería Bovina para Carne en México. Memorias del Taller Internacional 25-28 junio 2012, Guadalajara, Jalisco. Universidad de Guadalajara-Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. pp. 92.

ESTADO DE LA GANADERÍA EN EL SISTEMA VACA-CRÍA A NIVEL NACIONAL; CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA OPERACIÓN DE LAS UNIDADES DE PRODUCCIÓN

Everardo González Padilla¹, Arantzazu Lassala¹, Mariana Pedernera¹, Carlos Guillermo Gutiérrez Aguilar.¹

¹Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Departamento de Reproducción, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, DF. C.P. 04510, México

RESUMEN

La ganadería de bovinos de cría ocupa una enorme y muy valiosa extensión del territorio de México. En esta vasta superficie es donde se asienta el compromiso de producción de alimento de origen animal para la población y, de manera no menos importante, la provisión de servicios ecosistémicos. El modo en el que operan los ganaderos es intrínsecamente tradicionalista y propiciar su cambio depende de las técnicas emergentes, los factores económicos e, importantemente, las políticas gubernamentales. En este proyecto se planteó caracterizar la forma en que los hatos de cría son manejados en las diferentes zonas del país. Para ello se entrevistó a más de 3,000 propietarios de unidades de producción, ubicadas en todas las regiones geográficas y agroecológicas. Aunque los hatos dedicados a la producción de carne (C) y de doble propósito (DP) están localizados por todo el país, la frecuencia de estos últimos aumenta en zonas tropicales hacia las costas del Pacífico y del Golfo de México. El becerro es el producto de venta más importante tanto para C como para DP. La leche y los productos lácteos son los que le siguen en importancia en los hatos DP. Entre el 15 y el 35% de los productores repastan a sus animales antes de la venta. El 93% de las UPP cuentan con corral de manejo, pero sólo una tercera parte tiene prensa. Las rampas de embarque son más frecuentes en UPP grandes (>100 cabezas). Los baños de inmersión existen en menos del 15% de las UPPs y las básculas en el 25%. Si bien existe una gran variación por el fin zootécnico y la zona geográfica, el tipo racial predominante en las UPP son las cruza de razas europeos con cebú (50%), seguidas por razas de *Bos taurus taurus* especializados para carne (25%), y de cruza de razas europeas lecheras con cebú (16%). Más del 95% de las UPP utilizan algún medio de identificación para los animales, predominando las marcas a fuego y los aretes del SINIIGA. A pesar de ello, la mitad de las UPP no lleva registros. Alrededor del 50% de los productores no solicita asesoría técnica y depende de su propia

experiencia para el manejo integral de su hato pero, cuando sí la requieren, ésta se centra en la medicina preventiva (40%), la reproducción (18%), el manejo de potreros y la nutrición ($\approx 16\%$) y la genética ($\approx 13\%$). La información recopilada en este estudio es la primera en su clase en lograr una cobertura nacional y se espera que proporcione una base a partir de la cual los sectores público y privado puedan asentar una mejor toma de decisiones que impulse el desarrollo de una ganadería bovina más sustentable y eficiente.

INTRODUCCIÓN

La ganadería en pastoreo es seguramente una de las actividades humanas más extendidas en el planeta. Se practica en la mayor extensión de las tierras biológicamente productivas para actividades agropecuarias, lo que representa cerca de dos tercios de las mismas, es decir, alrededor de 56 millones de km².

De la producción de forraje de esas áreas de apacentamiento depende, entre otros servicios, la forma de vida de un estimado de 675 millones de pobres rurales, quienes obtienen de la actividad pastoril diversos productos como carne, leche y abono para sus tierras agrícolas, además de materiales para utensilios, vestido y viviendas (1,2).

El uso racional de estas áreas es de máxima importancia, porque contribuye tanto a mantener en buen estado los ecosistemas de pastizales, matorrales y praderas de temporal, como a preservar los suelos y los hábitats para muchos animales silvestres. Por su dimensión, las áreas de apacentamiento bien manejadas, favorecen además la fijación de carbono en el suelo y la producción de la biomasa vegetal, formando parte importante del ciclo biológico del carbono.

No obstante, la ganadería en pastoreo ha sido una causa importante de degradación de los recursos naturales en los que gravita, situación más observable en las tierras semiáridas y de trópico seco. Inicialmente, la evolución de los pastizales y matorrales se desarrolló en coexistencia con los animales en pastoreo, que se movían libremente conforme a la época del año, a la distribución e intensidad de las lluvias y a la posición de los aguajes. El reclamo de derechos de propiedad, inventado por el hombre, ha provocado sin embargo el fraccionamiento de las superficies y el establecimiento de divisiones con cercos, que interfieren con el libre movimiento de los animales y con ello modifican los patrones evolutivos de utilización y sucesión del recurso forrajero, sobre todo donde la tierra está muy

fraccionada. Otros factores de deterioro de las tierras por la ganadería han sido los desmontes y la deforestación, que han obedecido a distintas razones como son la presión demográfica y política sobre las tierras, el afán de hacer negocios considerando los daños ambientales como una externalidad económica y la defensa patrimonial de las tierras cuando la tenencia en propiedad depende de que se le esté dando un uso agrícola o ganadero, como fue el caso de México durante más de 60 años.

En consecuencia, la FAO señala que desde 1950 se han perdido 200 millones de ha. de áreas arboladas tropicales, especialmente en América Latina (3,4) donde en los últimos 30 años el 97% de la deforestación ha ocurrido en Brasil, Paraguay y Nicaragua, que han incrementado sus inventarios bovinos y la producción de carne; el caso emblemático es Brasil donde de 1988 a 2013 se deforestaron, únicamente en la Amazonía, más de 40 millones de ha. mayormente para ganadería (3).

En México, la actividad ganadera en pastoreo se realiza prácticamente en todos los ámbitos del país, incluye a más de un millón de unidades de producción (UPP) y abarca más de 110 millones de ha (5, 6, 7). En ella participa una amplia gama de productores, que va desde minifundistas del sector de la economía campesina, el llamado sector social de tenencia de la tierra, hasta rancheros ubicados en los deciles intermedios de ingreso y propietarios del mayor decil de ingresos. Esta actividad es entonces muy relevante, porque lo que en ella pase, bueno o malo, tiene el potencial de repercutir en la calidad y conservación de las tierras de la mitad del territorio nacional, que pueden ser mejoradas y utilizadas racionalmente o simplemente ser depredadas con procesos extractivos, impactando directamente a la fuente de ingresos y la forma de vida para más de un millón de familias, considerando que estas tierras no son sólo parte importante de su patrimonio y estabilidad económica, sino que también representan una identidad social que incluye cultura y tradiciones.

El desarrollo de la ganadería extensiva de bovinos de cría ha sido consecuentemente polémico desde su asiento en México, tanto por los aspectos sociales y políticos, como por su impacto en la ecología y el uso de los recursos naturales en las diferentes regiones. En los aspectos sociales y políticos cabe recordar que, desde muy al inicio de la Colonia (1537) se hizo necesario establecer, en la Nueva España, el “Honrado Concejo de la Mesta” (8), para regular las actividades de pastoreo y dirimir los conflictos entre los “ganaderos” y de éstos con los agricultores y campesinos por daños causados por los animales a los sembradíos;

hacer válidos los derechos de paso y de agostadero y cuidar las transacciones comerciales. En el México post-revolucionario moderno, la ganadería extensiva estuvo en el centro de la conflictiva que se relaciona a la Reforma Agraria y a la tenencia de la tierra, que incluso llevó a diseñar un abordaje especial, en el que se definió la superficie máxima de tenencia legal de las tierras para apacentamiento, con la creación de la Comisión Técnico Consultiva de Coeficientes de Agostadero (COTECOCA).

La expansión territorial de la ganadería que se ha observado en México a través de los años ha respondido a diferentes condiciones ecológicas, económicas y sociopolíticas en diferentes períodos: comenzó por ser una forma económica de utilización de recursos naturales que no podían aprovecharse con otra actividad, condición que prevaleció durante siglos. A partir del Siglo XX, con las reivindicaciones sociales que postuló la Revolución Mexicana, creció con el reparto de tierras, la formación de ejidos, la dotación de tierras a comunidades y la movilización de poblaciones en los procesos de colonización, sobre todo del Norte y Centro del país hacia el Sureste. En parte, la depredación y desmontes de zonas tropicales se propició por el hecho de que los poseedores de la tierra debían darle algún uso económico para que esas superficies no se clasificaran legalmente como tierras ociosas y fueran sujetas de afectación agraria para fines de reparto a campesinos solicitantes. Estas tierras también terminaron siendo potreros y áreas de pastoreo, acahuals producto de desmontes forestales extractivos y derivados de proyectos agrícolas fallidos o insostenibles económicamente, donde al final la ganadería pastoril fue la última actividad viable de relevo.

Sea cual fuere su desarrollo, el hecho es que la ganadería de cría de bovinos ocupa una enorme y muy valiosa extensión de México, donde ha sido manejada de forma extensiva y poco tecnificada, y que ahora, en un nuevo entorno, debe aprovecharse de manera racional y sustentable, aprovechando al máximo, en cada región, su potencial económico y su valor ecológico.

Precisamente por la importancia de la ganadería bovina en pastoreo, de la que depende el ciclo de cría del sistema de producción de carne de bovino y que constituye la fase que acota la producción del país en este rubro (el producto agropecuario de mayor valor económico del sector en el país en 2016 (9)), es que se planteó este proyecto para contar con información objetiva sobre la forma actual en la que operan los hatos destinados a esta actividad. El análisis se hizo a partir de información colectada directamente mediante entrevistas

estructuradas, con los propietarios o responsables, de más de 3000 unidades de producción, de distintos tamaños, ubicadas en todas las regiones de importancia geográfica y agroecológica. Este esfuerzo fue realizado por la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM, con el auspicio y participación de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), y hasta donde tienen conocimiento los autores, no hay precedentes documentados en el tema, tanto por su cobertura espacial como por los temas explorados.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las prácticas de manejo y el uso de la tecnología en las unidades de producción de bovinos de pastoreo en México se cuantificaron por un cuestionario que permitiera obtener información descriptiva relativa a los datos generales de la explotación, manejo general del hato, instalaciones e infraestructura, manejo de la alimentación, salud y bienestar del hato, medio ambiente, manejo reproductivo, manejo de becerros y una última sección específicamente destinada a los animales cuyo fin zootécnico es la producción de leche o doble propósito.

Para la elaboración de la versión final del cuestionario, se recibieron, consideraron e integraron las correcciones y comentarios de 22 técnicos y ganaderos de diferentes Instituciones y regiones del país. Las encuestas constaron de 83 preguntas y se desarrollaron como entrevistas personales, realizadas por veterinarios o por ingenieros zootecnistas, hechas en su mayoría directamente en la unidad de producción.

El tamaño de muestra se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$n = \frac{z^2 pq}{d^2}$$

El nivel de confianza (z) se estableció previamente en un 95%, con una probabilidad (p) de 50% y un error estimado (d) del 5%.

Una vez calculado el tamaño de muestra, se consideró una corrección para población finita de acuerdo al total de unidades productivas registradas en el censo PROGAN 2009, utilizando la siguiente fórmula:

$$n_{\text{corr}} = \frac{n}{1 + (n-1/pob)}$$

Finalmente, para definir el número de encuestas a realizar por región y por estado, se calculó el porcentaje de representatividad del total de unidades productivas en el estado con respecto al total de la región geográfica correspondiente, considerando los números presentados en el censo PROGAN 2009. Para aquellos estados donde el número de encuestas calculado fue pequeño, se procuró completar un mínimo de 25 encuestas, considerándose un total de 3158 encuestas a realizar en total en el país. Se completaron un total de 3311 encuestas de las cuales 3280 se utilizaron para la integración de la base de datos final.

Para efectos de este estudio, se consideraron tres tamaños de unidades productivas: chicas (hasta 35 vientres), medianas (36 a 100 vientres) y grandes (más de 100 vientres).

Los resultados se presentan como frecuencias de cada uno de los reactivos en función de las condiciones agroecológicas del municipio donde se ubican los predios en los que pacen los hatos (RAE), la región geográfica de su localización (RG), el tamaño del hato (TH), el tipo de tenencia de la tierra (TT) y el grado de marginación del municipio (MM).

RESULTADOS

Características generales de la operación de los hatos de cría en pastoreo

La mayoría de los hatos en pastoreo incluidos en el estudio se dedican sólo a la producción de becerros (C) y un tercio al sistema de doble propósito (DP) donde las vacas se ordeñan además de amamantar a su cría. En general, la frecuencia de hatos de DP fue menor en las zonas con condiciones áridas y semiáridas (A-SA) y en la región Norte del país, y la mayor frecuencia de hatos que se manejan bajo este sistema se ubicó en las zonas tropicales de las vertientes de las Sierras Madres hacia las costas del Pacífico y del Golfo de México. Sin embargo, el sistema DP es ubicuo en el país. Un resultado destacable es que en la Península de Yucatán, de más de 400 predios encuestados, sólo el 7.4% señalaron dedicarse al DP, lo que representó la proporción más baja entre las distintas regiones definidas para este estudio. Los hatos con 100 vacas o menos mostraron mayor proporción de participación en sistemas de DP, en tanto que un 76.8% de aquellos con más de 100 vacas señalaron estar especializados sólo en la C. Lo mismo ocurre en unidades comunales, a diferencia de lo que se observa en ejidos y en propiedades privadas. Los hatos ubicados en municipios de alto y muy alto grado de marginación tienden a ser menos especializados, con una proporción

cercana a la mitad de los que se dedican exclusivamente a C y el resto al DP, mientras que de los hatos situados en municipios menos marginados, la mayoría se especializan en C (cuadro 1).

En cuanto a los propietarios de las unidades de producción (UPP), la atención de sus hatos bovinos es una actividad parcial para la mayoría, que generalmente se complementa con actividades agrícolas y, en menor medida, con la explotación de otras especies animales. Lo anterior es muy notorio en las regiones templadas del centro del país. En las regiones tropicales es más frecuente que los propietarios se dediquen solamente a la cría y explotación de bovinos, particularmente en las regiones del Golfo de México y la Península de Yucatán; lo mismo ocurre con los propietarios de hatos de más de 100 vacas y los que tienen sus hatos en municipios de muy bajo índice de marginalidad. Salvo las excepciones de las UPP del trópico húmedo y las ubicadas en la región del Golfo de México, menos del 50% de los propietarios dijeron dedicarse exclusivamente a sus hatos bovinos. Es de señalarse que en los hatos que son dedicados sólo a C, hay más propietarios que consagran todo su tiempo a esa actividad en comparación con los propietarios de hatos de doble Propósito (cuadro 1).

Con mucho, la mayoría de los productores están orientados a satisfacer el mercado interno, ya sea que vendan sus productos a compradores locales o a los representantes de empresas nacionales, fundamentalmente acopiadores para corrales de engorda y para empresas lecheras con presencia nacional. Quienes producen con miras a exportar son los dueños de UPP de regiones que han sido tradicionalmente exportadoras de becerros, de las zonas A-SA del Norte y algunas que han alcanzado el estatus zoosanitario que requiere el departamento de agricultura de Estados Unidos (USDA), para poder exportar animales castrados, en pie. En el Cuadro 2 se muestra que los productores de hatos grandes, en propiedades privadas y ubicadas en municipios de baja y muy baja marginación son los que mayoritariamente exportan animales vivos y, en función de ello, organizan sus hatos y sus procesos de producción.

Al preguntar a los propietarios sobre los dos principales productos que venden, se encontró (Cuadro 2) que la respuesta fue heterogénea en función de las categorías que se utilizaron para clasificar a las distintas variables independientes. Resulta obvio que la leche y los productos lácteos prácticamente no aparecen en los hatos especializados en C a diferencia de los de DP, y que el producto de venta más frecuente son los becerros al destete en todas

categorías analizadas; así mismo, entre el 15 y el 35% de los productores repastan a sus animales antes de la venta para llevarlos a media ceba y, en algunas condiciones, se venden animales engordados en la misma UPP, destacándose este último producto en hatos pequeños y medianos de zonas templadas en el centro del país, a diferencia de las zonas de trópico húmedo en la región del Golfo de México donde esta actividad es menor. La venta de animales para cría es más frecuente como actividad importante en las zonas A-SA del Norte, en hatos grandes de propiedad privada, ubicados en municipios de baja y muy baja marginación

Recursos de infraestructura, animales y ordenamiento del hato.

La imagen general de acceso a alguna superficie de riego y de equipamiento básico de las UPP de bovinos en el país, conforme a los resultados de este estudio, se presentan en el Cuadro 3. Existe infraestructura para riego con mayor frecuencia en las UPP de zonas A-SA y de trópico seco, sobre todo en las regiones Norte, Pacífico y Península de Yucatán, aunque la proporción de predios con este tipo de infraestructura nunca llegó al 17%. No existen diferencias mayores a 2 puntos entre los distintos tamaños de hato ni entre propiedades privadas y ejidos. Los predios en municipios con alta y muy alta marginación tienen menos acceso a riego que los ubicados en municipios de mediana a muy baja marginación; estos últimos muestran, en números redondos, el doble de acceso a esta importante infraestructura para la producción.

En general, alrededor del 93% de las UPP en el país cuentan con un corral para manejar los animales. Valores menores al 90% se observan en las zonas templadas y en la región Centro. El equipo mecánico como son las prensas o trampas para inmovilizar a los bovinos existe en cerca de la tercera parte de los predios, con frecuencias menores en las regiones tropicales del Pacífico, Golfo de México y Península de Yucatán. Más de un tercio de las UPP no cuentan con rampas de embarque, que son un equipamiento importante para la salida e ingreso de animales hacia y desde la UPP, favoreciendo un manejo seguro y con menor estrés para los animales. Las rampas de embarque se ubicaron con mayor frecuencia en UPP que por su mercado mueven más cabezas de ganado, como la ganadería del Norte, la del Golfo México y la de la Península de Yucatán; y en los hatos con un mayor número de animales, de propiedad privada y ubicados en municipios de menor marginación y especializados en

C. Los baños de inmersión para control de ectoparásitos existen en menos del 15% de las UPP del país, y son más comunes en las áreas en las que las actividades de exportación son más importantes, como en las zonas A-SA, en el Norte, en predios grandes, de propiedad privada, con hatos especializados en C y ubicados, en municipios de baja y muy baja marginación. En cuanto a básculas para ganado, sólo alrededor de una cuarta parte de los predios encuestados cuenta con este equipamiento, su distribución es parecida a la descrita para los baños de inmersión. En general, el equipamiento más costoso y especializado aparece con más frecuencia en las UPP de regiones con ganadería más moderna, vinculada a demandas más exigentes para la comercialización y con mayor acceso a recursos económicos; es el caso de las zonas A-SA de la región Norte, en predios de propiedad privada ubicados en municipios de baja y muy baja marginación, en relación directa con el tamaño de los hatos (Cuadro 3).

En cuanto a los diferentes biotipos de bovinos en los hatos de cría en pastoreo, si se considera a todas las UPP del país en conjunto, casi el 50% se componen de cruza de razas europeos especializadas en la producción de carne con cebú. Le siguen en importancia los animales con predominancia de razas de *Bos taurus taurus* especializados para carne con poco más de 25%, y luego las cruza de razas europeas lecheras con cebú (alrededor del 16%). Los animales predominantemente cebú, o criollos representan menos del 5% y los de razas europeas lecheras alrededor del 2%. En el análisis de lo que ocurre en los hatos con los criterios empleados en este estudio, existen sin embargo grandes diferencias (Cuadro 4). En las zonas de trópico seco y trópico húmedo la frecuencia de hatos con bovinos cruza de razas lecheras especializadas con cebú es dos o tres veces mayor que en las zonas A-SA y templadas, y en las UPP de trópico seco es donde son más frecuentes las razas cebú. Los hatos donde predominan las razas cárnicas europeas, con alrededor del 40% están en el Norte, donde también se ubica la mayoría de hatos con ganado criollo. A pesar de que las UPP de la región Península, tienen condiciones tropicales al igual que las del Pacífico y Golfo, tienen un predominio de biotipos cebú de casi el 25% y sólo alrededor del 10% tienen cruza de razas lecheras con cebú, lo que representa la tercera parte de lo observado en la región Golfo de México y Pacífico; en estas últimas, los hatos con predominancia de cebú alcanzan menos del 7%. La frecuencia de UPP con ganado mayoritariamente cebú es de alrededor del doble en hatos chicos cuando se comparan con medianos y grandes y hay un efecto del grado de

marginación de los municipios donde se ubican los predios; en aquellos de mediana, alta y muy alta marginación, hay mayor frecuencia de animales cruzados con razas lecheras. Un resultado congruente es también que en los hatos de DP la presencia de bovinos de razas lecheras, o sus cruza con cebú, es de un orden 10 veces mayor que en hatos especializados en la producción de becerros para carne.

En relación a los criterios en los que se basan los productores para seleccionar a sus animales, las respuestas generales más importantes fueron, en orden decreciente: las características productivas ($\approx 40\%$); la adaptabilidad ($\approx 31\%$) y el gusto del productor ($\approx 25\%$). La demanda del mercado se incluyó en la respuesta de alrededor del 5% de los encuestados; las decisiones en función a las recomendaciones de especialistas fueron menores del 2% de los casos, que fue el mismo porcentaje (2%) de productores que declararon no hacer ninguna selección (Cuadro 5). El mercado tiene una influencia mayor en los ganaderos del Norte, y, en la región Península, más del 30% señalaron que se basan en su gusto.

En cuanto a la administración de los hatos, se destaca que en alrededor de la mitad de las UPP no se lleva ningún registro, y cuando se hace, menos del 7% es en forma electrónica (Cuadro 10). Quienes llevan registros, asientan los eventos reproductivos, el control de las crías, las prácticas sanitarias y las operaciones de compra-venta (Cuadro 6). Al igual que en las otras variables analizadas, hay diferencias por efecto de las variables independientes definidas. La tendencia general indica que los registros son menos frecuentes en las regiones ganaderas de menor desarrollo, en el sector social y en los hatos medianos y pequeños. Los registros electrónicos son más frecuentes en las UPP grandes, de propiedad privada, en las que los registros más importantes son las operaciones de compra-venta.

Otro aspecto esencial para el ordenamiento de los hatos es la identificación de los animales. Más del 95% de los entrevistados señalaron utilizar algún medio de identificación; con mucho, los más frecuentes son las marcas a fuego y el uso de aretes del sistema Nacional de Identificación Individual de Ganado (SINIIGA), métodos que generalmente van juntos. El tercer método en importancia es el uso de aretes varios, en tanto que el marcaje por congelación es una práctica con muy baja utilización (Cuadro 7).

Asistencia técnica a las unidades de producción.

Alrededor del 30% de los productores manifestó que nadie le brinda asesoría técnica y cerca del 20% depende principalmente de su propia experiencia. Cuando hay alguna asesoría, ésta se recibe mayormente de profesionales en lo individual (alrededor del 30%), seguido de los servicios que prestan las asociaciones ganaderas y otros productores (en torno al 13%, con alta variabilidad). Las instituciones tienen una muy escasa presencia (<2%) y, como programa oficial se reconoció al programa de Grupos Ganaderos de Apoyo a la Validación y Transferencia de Tecnología (GGAVATT), con una frecuencia de alrededor del 8%, de manera muy variable conforme a las categorías establecidas para el análisis de este trabajo (Cuadro 8). Como tendencia, la atención fue menor en las zonas del trópico, en el sector social y en los hatos medianos y chicos. La participación de las asociaciones ganaderas fue más frecuente en las zonas templadas y en la región centro; la presencia de profesionales fue mayor en hatos grandes del sector privado.

La respuesta a la pregunta de la existencia de asesoramiento técnico y a la de las áreas en las que éste se brinda cuando se recibe, reitera que alrededor del 50% de los propietarios toman sus decisiones sin tomar en cuenta a nadie más (Cuadro 9). Cuando existe asesoría, los temas en los que hay mayor interés son medicina preventiva (alrededor del 40%) y reproducción (18%), seguidos por manejo de potreros y nutrición ($\approx 16\%$) y, finalmente, genética ($\approx 13\%$). En las zonas A-SA hay menos énfasis en la medicina preventiva y más en el manejo reproductivo, comparativamente con las otras regiones; los hatos grandes, los de propiedad privada y los de doble propósito reciben más asesoría que los de menor tamaño, los del sector social y los especializados en C.

En opinión de los productores, la principal limitante para el crecimiento o la rentabilidad de su rancho es la falta de dinero (incluyendo crédito), seguido del precio pagado por sus productos y la insuficiencia de infraestructura en su unidad de producción. Los canales de comercialización y la demanda de sus productos se perciben con menor impacto como limitantes y, finalmente, los caminos y carreteras fueron considerados como las de menor importancia (Cuadro 10). El orden que siguieron estos factores restrictivos, se mantuvo a través de todos los criterios de clasificación de las unidades de producción utilizados para este análisis.

DISCUSIÓN

Los resultados presentados documentan y cuantifican las características y condiciones más importantes de la operación de las unidades de producción de bovinos en pastoreo del país. La muestra analizada no estuvo diseñada para reflejar la distribución de la ganadería del país en cuanto al tamaño de las UPP (de haber sido así los hatos chicos hubieran representado alrededor del 85% y los grandes 2.5% (10)), sin embargo, se caracterizan las actividades conforme a los criterios de análisis por clima, región, tamaño de hato, tipo de tenencia de la tierra, grado de marginación del municipio y tipo principal de producción. Debe aclararse que por simplificar y moderar la extensión de esta comunicación se decidió no entrar al detalle de las interacciones sino circunscribir esta primera entrega básicamente a la descripción de los efectos principales.

De los resultados se puede inferir que la práctica del doble propósito es ubicua, con mayor presencia donde hay menos oportunidades de tener un flujo de efectivo, condición que resuelve, al menos parcialmente, la venta de leche y de productos lácteos.

Aunque la mayoría de las UPP se organizan básicamente para atender la demanda nacional, la información sobre las unidades cuyo principal mercado de destino es el de exportación es congruente con el hecho de la estructura de la ganadería de cría bovina del país, en la que las regiones Norte y Norte-Centro se ha organizado para atender la venta de becerros en pie a los Estados Unidos para su desarrollo y finalización en ese país, mercado con una tradición de más de 150 años y en el que se colocan en promedio 1.2 millones de becerros anuales. Este mercado ha sido además un aliciente para la adopción de campañas sanitarias y de introducción de razas cárnicas de origen europeo y ha estimulado el establecimiento de programas de identificación y rastreabilidad de animales, como el Sistema Nacional de Identificación Individual de Ganado (SINIIGA) y el Padrón Ganadero Nacional (PGN) que tienen registro individual de más de 30 millones de cabezas de ganado bovino en más de un millón de unidades de producción con bovinos (10).

De hecho, como se describe en los resultados, más del 70% de las unidades de producción señalaron utilizar indentificadores de SINIIGA, y aunque este resultado debe tener un sesgo ya que los registros en los que se basó la muestra para este estudio provenían de un programa oficial de apoyo, que exige al productor estar inscrito en SINIIGA, la cantidad de predios que

marcan a fuego como sistema tradicional y más común de identificación, es cercana a los que usan SINIIGA.

Resulta evidente que el tamaño de la mayoría de las unidades de producción del país no es suficiente para cubrir las necesidades económicas de los productores, por lo que éstos no se dedican de tiempo completo a la cría de bovinos. La otra actividad señalada con más frecuencia fue la agricultura, situación más notoria en la región templada y centro del país, donde hay alta densidad de población, el agro es típicamente minifundista y la actividad de cría de bovinos es realmente complementaria. El caso opuesto son las regiones de trópico húmedo y la zona del Golfo de México y de la Península de Yucatán donde las mismas tierras se comparten para el apacentamiento de animales y algunos usos agrícolas, frecuentemente con algún tipo de plantaciones y productos para el consumo regional. Un hecho a destacar es que en conjunto la combinación de actividades agrícolas y pecuarias son las que ocupan más la dedicación de los propietarios de animales, situación que favorece al arraigo productivo de familias en el campo, en unidades de producción que son exclusivamente de temporal en alrededor del 80% de los casos. Es pertinente recordar que, de la población ocupada en el medio rural, sólo el 36.8% trabaja en el ámbito agropecuario (11, 12).

La información relacionada con el equipamiento de las UPP da cuenta de la precariedad y de la limitada incorporación de tecnologías elementales como el uso prensas para manejo y de rampas para embarque de ganado, que debieran encontrarse al menos con la misma frecuencia en la que se observa la existencia de corrales de manejo, sobre todo considerando que los principales productos de venta son animales vivos, que deben ser embarcados para su venta y sujetos a manejo rutinario para identificación, descornado, vacunación y otra serie de tratamientos, de por si estresantes para los animales y sobre todo cuando no hay medios adecuados de sujeción e inmovilización. La baja frecuencia de baños de inmersión es indicativo del cambio de procedimientos para el tratamiento de ectoparásitos hacia procesos de aspersión y de vertidos en el lomo (pour on), aunque también puede ser reflejo del bajo cumplimiento de los requisitos de movilización que prescribe la campaña de control de Garrapata *Boophilus*, al menos para movilización cerca de la unidad de cría, porque de hecho para becerros los tratamientos contra ectoparásitos se aplican en los centros de acopio de donde son movilizados a mayores distancias hacia los corrales de finalización. La escasez de UPP con báscula, señala el desinterés por medir el desempeño productivo de los hatos, ya

que un parámetro básico a mejorar es el peso de las crías al destete que es el principal producto de venta. Es evidente que la ganadería con mayor desarrollo es la del Norte del país, seguramente porque tradicionalmente ha sido la más vinculada a la exportación de animales destetados hacia los Estados Unidos y ha habido una mayor influencia de la tecnología y de los métodos de trabajo existentes en ese país.

La información relacionada a las fuentes de agua para que los animales abreen destaca la gran dependencia de pozos en la Península de Yucatán, que por su topografía y edafología no cuenta con corrientes y almacenamientos superficiales de escorrentías como ocurre en la mayor parte del país. Otro hecho destacable, que seguramente afecta negativamente la productividad de los hatos, es que en más del 40% de las UPP los animales siguen bebiendo directamente en los bordos y represas, con las potenciales afectaciones en la calidad del agua por contaminación con heces, orina y lodos, que aumentan la circulación de enfermedades infecciosas y parasitarias y la contaminación química y desperdicio de un elemento tanpreciado como el agua; incluso se incrementa el riesgo de que animales débiles se atasquen en el lodo del bordo y mueran, situación que se agrava en condiciones de sequía en las zonas áridas y semiáridas. Toda esta situación es evitable con el uso de sencillos sistemas de bombeo o sifones para mover el agua del represo a un bebedero fuera del mismo. El acceso al agua de bebida en todas las divisiones de la UPP es la situación más deseable, tanto para el confort de los animales como para hacer un uso más racional y homogéneo de los pastizales, sin embargo, no siempre es factible contar con esa infraestructura, que debe de ser compensada con manejo, que generalmente es más sencillo en hatos pequeños. De nuevo, la condición de la Península de Yucatán es especial, ya que esta situación se resuelve con la práctica tradicional que consiste en mantener a los animales temporalmente encerrados en un corral, con acceso a bebedero durante la mañana, soltarlos al atardecer y recogerlos de nuevo a la mañana siguiente.

La estructura genética de la población de bovinos para carne y doble propósito se ha venido modificando, sobre todo en los últimos 50 años, con una marcada tendencia a la disminución de la presencia de animales con predominancia de los biotipos denominados criollos y de razas de cebú. Aunque la base de la población de la ganadería bovina sigue siendo de animales cruzados con mezcla de sangres de cebú, es notoria la mayor presencia de razas de origen europeo en la ganadería para carne, con mayor uso de razas británicas en las zonas

áridas y semiáridas del norte y de razas continentales en todo el país, en especial Charolais, Pardo Suizo, Simmental, Limousine, y muchas otras. De hecho, en el 30% de los hatos de C los animales son predominantemente de razas europeas y en la región Norte esa condición se observó en el 40% de los hatos. En la ganadería lechera y de doble propósito más del 50% de las UPP tienen animales con mezcla de sangre cebú y razas europeas especializadas, destacándose la Pardo Suizo, Holstein, Simmental y muchas más originarias sobre todo de Francia y Alemania; los hatos en pastoreo con animales de razas lecheras especializadas son, aún en sistemas DP, poco frecuentes (<6%). Aunque el cambio de la estructura genética de la ganadería bovina del país es un fenómeno notorio, no hay información oficial en detalle que permita cuantificarlo; si acaso hay algunos documentos que pueden usarse como referencia muy general. En el Plan Nacional Ganadero 1977-1982 (15), se consigna que en el 57% de la población de bovinos en pastoreo los biotipos criollos son predominantes, y la sangre cebuína era mayoritaria en el 29.2% de la población bovina. Esos biotipos en el estudio que aquí se presenta, representaron en conjunto menos del 12%. En el Censo Agropecuario de 2007 (16), se informa de una estructura racial de los bovinos del país más cercana a lo que arrojó el presente trabajo, clasificando como animales “corrientes” al 15.9%, cruzados al 57.4% y finos y de registro a poco más del 31%. El cambio observado en la composición racial de los animales da constancia de los resultados de décadas de programas oficiales de apoyos para la adquisición de sementales de razas puras (SAG, SARH; SAGAR, SAGARPA) y para los programas de inseminación artificial (INIARA). Este cambio ha conllevado sin embargo una erosión de la variabilidad genética de los animales criollos sin que estos hayan sido evaluados con rigor científico y de manera integral, sin considerar solamente una o dos variables, que son generalmente las más sencillas de medir y asociadas con la velocidad de crecimiento.

Más del 70% de los productores dijeron seleccionar la raza de sus animales con base a lo que consideran las características productivas y de adaptabilidad lo que, en un medio en el que no se utilizan registros de producción sistemáticos, implica que su elección se hace mediante la observación de experiencias de otros productores en su región y por la promoción por parte de vendedores de pie de cría y semen, aunado a criterios aún más subjetivos, pero igualmente importantes para ellos, como lo es su propio gusto. Este último fue el principal criterio para la selección en uno de cada cinco productores.

El principal producto de venta de los hatos de cría son los becerros y becerras destetados, que van en la mayor parte del país a repasto y de ahí a la finalización. En el Norte, la mayoría de los becerros machos van a exportación a Estados Unidos. Ambos mercados definen criterios de calidad: los dos pagan relativamente mejor por los machos y por los becerros más pequeños; el mercado de exportación paga un sobreprecio por los animales con menos sangre cebú, particularmente por aquellos con más características de Angus y Hereford y, en menor medida, de razas europeas continentales. En la actualidad el mercado nacional hace poca diferenciación, pero paga mejor el ganado cruzado que el cebú y la diferencia de precios generalmente la capitaliza el comprador primario de los becerros que es un acopiador. Este agente es quien consolida y segmenta la oferta en función de calidades. Su opinión es muy influyente en el productor primario sobre lo que no debe utilizar en cuanto a razas. De cualquier forma, la demanda permanente de animales y la dispersión de la oferta primaria por parte de los criadores, aunado a la facilidad de vender sus animales en la propia UPP, hace que las exigencias del mercado de carne en sí sean un criterio menor en la decisión del productor para seleccionar a su pie de cría y a las razas que utiliza. Sigue siendo más importante el comportamiento del pie de cría en el rancho que las características de los becerros que se producen.

A pesar de que alrededor del 96% de las UPP identifican individualmente a sus animales, cerca de la mitad no llevan registros, y cuando se llevan, son mayoritariamente para asentar datos asociados con aspectos de administración, como eventos reproductivos, seguimiento de las crías, intervenciones en materia de salud y compra-venta de animales. Es evidente que mientras más pequeño es el hato y el propietario cuenta con menores recursos económicos, tecnológicos y de información, depende más de su memoria y menos de registros formales. La dispersión de la actividad, el número de productores y el número de animales por hato, es un reto para estructurar un servicio eficiente de asistencia técnica. De hecho sólo la mitad de los UPP reciben alguna asesoría externa; el agente que la otorga con mayor frecuencia es un profesional en lo individual, seguramente porque es quien recibe un pago por atender emergencias que implican la posible pérdida de animales o por ser el representante de una empresa proveedora de productos, generalmente asociados con la prevención y terapéutica, ya que es en el área sanitaria donde se impone el cumplimiento obligatorio de ciertas prácticas para evitar sanciones como cuarentenas y limitaciones a la venta de productos. La atención

sanitaria, a diferencia de otros aspectos técnicos, cuenta en cada estado con organismos permanentes, financiadas por fondos públicos, que son los Comités de Fomento y Protección Pecuaria, que se operan básicamente por las organizaciones de productores en apoyo a las campañas sanitarias oficiales, lo que resulta congruente con la percepción de los productores de la presencia de esas organizaciones en las tareas de asesoría que los benefician. La asistencia en los otros rubros asociados con la productividad de los hatos y el uso racional de los recursos naturales es menos frecuente, con la notoria baja participación de instituciones académicas y gubernamentales. El proyecto de grupos ganaderos para la validación y transferencia de tecnología (GGAVATT), diseñado por INIFAP para la ganadería y operado con fondos mayoritariamente gubernamentales por los gobiernos estatales, es el más reconocido de la participación institucional, con frecuencias de alrededor de 6 a 7%, y mayor presencia en hatos de doble propósito, medianos y chicos que son para los que fue concebido. Es evidente la importancia que representa para la actividad de cría de bovinos llegar con información pertinente y asesoría integral a los productores, lo que demanda el desarrollo de metodología específica para cada región agroecológica y estrato de productores, sobre todo donde hay más atraso y mayor potencial, como es el caso del trópico húmedo y del trópico seco. En estas regiones se ubica más del 50% de las UPP y de las vacas de cría en pastoreo, el 84% de las UPP tienen menos de 37 vacas cada una y en conjunto tienen más del 45% de las vacas del trópico (10, 16). Por otro lado, en el trópico se produce alrededor del 80% de la biomasa forrajera que producen las áreas de pastoreo en el país (13, 14) y allí reside el mayor potencial de aumentar la producción forrajera e instrumentar actividades de uso múltiple de las tierras ganaderas.

Por último, cuando se interrogó a los productores sobre las que en su opinión son las principales limitantes para el crecimiento o rentabilidad de su actividad, hubo coincidencia, a través de los criterios con los que se analizó la información de este trabajo, de que la falta de acceso a dinero (incluyendo crédito) y el precio que reciben por sus productos son las más importantes, en tanto que la demanda por sus productos y la infraestructura regional de comunicación fueron las de menor importancia. Generalmente el precio que recibe el productor primario, sobre todo los de las UPP consideradas como medianas y pequeñas, que son la enorme mayoría, está lastrado por cadenas excesivas de intermediación, además de que el acceso a liquidez financiera es muy limitado por ser clientes poco atractivos para los

sistemas bancarios privados, dados los bajos montos de cada operación. Lo anterior demanda instrumentar nuevos enfoques de la banca comercial y de desarrollo para operar créditos por bajos montos con los plazos que requiere una actividad extensiva. El otro reto que se plantea es lograr la organización económica de los productores, que se entienda de la operación microeconómica, más allá de la organización gremial, que se encarga de la representación y promoción de intereses de carácter agregado que impactan a todo el sector.

La información aquí analizada puede ser un elemento importante para la participación mejor informada y orientada de los sectores público y privado con interés y responsabilidad para el desarrollo de una ganadería bovina, sustentable y más eficiente, que aproveche mejor los recursos humanos y naturales involucrados, que a pesar de las limitantes expuestas, ubican a México entre los principales productores de carne de bovino en el mundo.

Agradecimientos. Este trabajo fue financiado por la Coordinación de Ganadería (SAGARPA).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Butler, R. 2014. Deforestation in the Amazon. www.mongabay.com/brazil.html
- FAO. 2014. Livestock on grazing lands. www.fao.org/docrep/x5304e/x5304e03.htm
- González- Padilla, E., Magaña- Virgen, M., Contreras- Rodríguez, S.y Valencia-Salazar, E., 1980. Superficies dedicadas a la ganadería en México: Su aportación de energía metabolizable actual y potencial, carga animal y balances energéticos para rumiantes domésticos y equinos por zonas y entidades. Anales de la Academia Veterinaria Mexicana.
- González-Padilla, E. 1996. Animal Production in México: Constraints, Problems and Researchable Topics. Latin America Livestock Regional Assessment Workshop, IICA- SR-CRSP. San José, Costa Rica, Abril 15-18.
- INEGI, Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo, 2012.
- INEGI. 1995. Estadísticas del Medio Ambiente, México.1994. ISBN 970-13-0665-1
- INEGI. 2009. Resultados del VIII Censo Nacional Agropecuario, Ganadero y Forestal 2007.
- Miranda, J. 1944. Notas sobre la introducción de la Mesta en la Nueva España. Revista de Historia de América. No. 17, pp 1-26.
- Padrón Ganadero Nacional (PGN) 2015. SAGARPA-CNOG

Panunzi E. 2008. Are grasslands under threat? Brief analysis of FAO statistical data on pasture and fodder crops. FAO. www.fao.org/ag/agp/agpc/doc/grass_stats/grass-stats.htm

SAGARPA- FAO. 2012. Diagnóstico del sector rural y pesquero: Identificación de la problemática del sector agropecuario y pesquero de México 2012.Documento de SAGARPA.13. INIFAP- SAGAR- MÉXICO. 1996. Programa Nacional de Forrajes. pp153.

SARH-MÉXICO. 1977. Plan Nacional Ganadero 1976-1982.

SIAP-SAGARPA. 2017. Estadísticas Agropecuarias.

Suttie J.M., Reynolds S.G. and Batello C. 2005. Grasslands of the World.FAO, ISBN 92-5-105337-5

Villegas Durán, G., Bolaños Medina, A. & Olguín Prado, L., 2001. La Ganadería en México. Instituto de Geografía, UNAM, Plaza y Valdés. ISBN 968-856-918-6.

Cuadro 1. Propósito productivo del hato y actividades complementarias del productor (% de UPPs*)

	Propósito productivo		Actividades complementarias			
	Cría	Doble propósito	Sólo su hato de bovinos	Otros animales	Agricultura	Otras
Clima						
Árido y Semiárido	75.3	24.7	32.8	6.1	42.8	21.6
Templado	63.4	36.6	12.8	5.3	74.1	16.0
Trópico Seco	66.8	33.2	41.4	5.1	37.4	18.7
Trópico húmedo	60.1	39.9	50.9	8.2	27.3	18.9
Media poblacional	67.3	32.7	34.5	6.2	45.4	18.8
Región						
Norte	90.8	9.2	40.7	5.7	38.9	17.7
Pacífico	45.6	54.4	28.2	2.6	54.0	16.3
Centro	69.4	30.6	20.3	12.1	57.5	25.1
Golfo	64.0	36.0	56.8	3.7	24.0	15.8
Península	92.6	7.4	48.9	10.8	16.9	28.0
Media poblacional	67.2	32.8	39.0	7.0	38.3	20.4
Tamaño del hato						
Chico	65.6	34.4	36.9	6.0	41.7	19.2
Mediano	63.7	36.3	38.0	5.3	41.8	18.5
Grande	76.8	23.2	42.6	6.5	35.2	20.2
Media poblacional	67.5	32.5	35.6	7.1	37.7	23.3
Tipo de tenencia						
Ejidal	65.0	35.0	40.4	4.4	42.1	16.3
Comunal	74.9	25.1	41.9	8.2	30.5	19.0
Privada	67.4	32.6	36.0	6.8	40.8	21.2
Media poblacional	67.2	32.8	39.7	5.8	38.0	19.9
Marginación del municipio						
Muy bajo	69.8	30.2	45.8	5.8	28.1	21.7
Bajo	79.1	20.9	34.0	6.3	45.7	17.1
Mediano	70.0	30.0	39.5	4.3	40.0	18.9
Alto	56.2	43.8	37.8	11.4	36.5	22.6
Muy Alto	47.2	52.8	32.3	2.5	54.9	14.5
Media poblacional	67.3	32.7	37.9	6.1	41.1	19.0
Tipo de producción						
Came	63.3		40.9	6.1	37.6	19.5
Doble Propósito		33.7	33.4	5.7	45.4	18.7
Media poblacional	63.3	33.7	37.1	5.9	41.5	19.1

*La suma de las proporciones en un renglón puede diferir de 100% debido a que los valores presentados son medias mínimas cuadráticas y/o porque en algunas preguntas más de una respuesta era posible.

Cuadro 2. Mercado de destino y principales productos de venta (% de UPPs*)

	Mercado de destino		Principal producto de venta				
	Nacional	Exportación	Becerras destetados	Animales de media ceba	Animales gordos	Animales para cría	Leche y lácteos
Clima							
Árido y Semiárido	88.8	12.3	86.4	21.4	10.5	8.6	15.0
Templado	93.2	3.9	72.2	34.9	24.9	7.5	16.4
Trópico Seco	98.9	0.9	90.0	15.9	14.2	4.3	24.0
Trópico húmedo	98.8	0.1	76.8	25.2	8.0	4.3	30.3
Media poblacional	94.9	4.3	81.9	24.4	14.4	6.2	21.4
Región							
Norte	82.9	20.8	85.9	27.8	13.1	10.5	4.2
Pacífico	99.5	0.3	59.8	17.6	13.3	5.2	36.8
Centro	96.4	0.4	73.1	35.5	20.6	5.7	13.9
Golfo	98.8	0.7	89.8	11.2	3.8	5.0	30.9
Península	99.7	0.2	87.5	19.7	19.7	2.0	5.9
Media poblacional	95.2	4.5	84.5	22.3	14.1	5.7	18.3
Tamaño de hato							
Chico	98.4	0.6	85.4	21.9	15.1	3.1	23.0
Mediano	97.2	3.1	86.2	19.5	12.3	5.3	25.7
Grande	89.2	11.0	84.5	20.6	10.4	11.4	15.6
Media poblacional	93.6	5.5	83.7	19.1	11.2	5.8	24.1
Tipo de tenencia							
Ejidal	98.0	2.0	91.4	15.6	8.8	2.9	24.3
Comunal	97.7	0.9	83.4	25.2	20.1	2.9	14.6
Privada	93.7	5.8	81.1	23.2	14.8	8.5	22.3
Media poblacional	96.9	3.1	85.4	23.2	14.5	4.8	21.3
Marginación del municipio							
Muy bajo	89.5	10.7	81.1	28.5	13.4	8.4	14.1
Bajo	89.0	11.4	87.2	22.3	15.6	5.5	14.0
Mediano	98.8	1.4	85.9	18.5	13.6	5.8	21.9
Alto	98.2	0.0	84.4	20.5	10.6	3.3	30.6
Muy Alto	97.9	0.0	86.6	20.3	9.5	6.9	30.6
Media poblacional	94.7	4.7	85.0	22.0	12.6	6.0	22.9
Tipo de producción							
Carne	94.5	5.5	86.0	24.2	16.1	6.7	0.9
Doble Propósito	98.8	0.2	84.0	13.6	6.9	3.6	66.3
Media poblacional	96.6	2.9	85.0	19.0	11.5	5.2	33.6

*La suma de las proporciones en un renglón puede diferir de 100% debido a que los valores presentados son medias mínimas cuadráticas y/o porque en algunas preguntas más de una respuesta era posible.

Cuadro 3. Porcentaje de UPPs* que cuentan con infraestructura específica

	Riego	Corral	Prensa	Rampas para embarque	Baños de inmersión	Báscula
Clima						
Árido y Semiárido	16.5	96.1	40.9	60.3	27.8	31.1
Templado	8.5	82.3	42.5	47.5	13.5	15.6
Trópico Seco	14.2	92.6	18.6	58.7	12.4	16.1
Trópico húmedo	5.9	97.6	27.6	43.9	14.8	13.5
Media poblacional	11.3	9.2	32.4	52.6	17.1	19.1
Región						
Norte	12.9	94.6	51.0	73.8	34.9	37.7
Pacífico	15.9	91.3	24.2	32.1	10.3	11.4
Centro	9.2	87.2	41.2	46.4	11.1	14.4
Golfo	8.7	97.2	18.8	60.8	22.4	25.5
Península	15.7	98.0	9.3	87.7	5.9	9.8
Media poblacional	12.5	93.7	28.9	60.2	16.9	19.8
Tamaño del hato						
Chico	12.2	91.4	20.1	42.3	6.3	7.1
Mediano	12.5	94.4	27.9	59.2	14.5	17.6
Grande	13.4	96.2	43.9	76.4	40.7	45.9
Media poblacional	14.9	94.6	31.0	54.3	18.9	22.1
Tipo de tenencia						
Ejidal	14.4	92.2	17.7	47.2	10.7	11.3
Comunal	7.6	95.6	11.1	50.8	4.4	8.6
Privada	12.4	93.7	38.7	62.5	23.7	27.9
Media poblacional	12.0	94.9	27.0	53.8	14.5	16.0
Marginación del municipio						
Muy bajo	13.3	95.1	49.3	61.2	24.9	33.6
Bajo	17.5	94.5	35.1	62.4	25.4	28.5
Mediano	14.1	92.8	23.0	57.1	15.6	16.9
Alto	6.2	93.2	22.7	50.8	9.5	10.5
Muy Alto	7.2	93.6	23.0	30.2	8.1	12.3
Media poblacional	11.7	93.8	30.6	52.3	16.7	20.3
Tipo de producción						
Carne	11.9	93.4	30.7	61.6	20.8	23.0
Doble Propósito	14.2	93.6	22.6	42.3	8.2	11.5
Media poblacional	13.1	93.5	26.6	52.0	14.5	17.3

*La suma de las proporciones en un renglón puede diferir de 100% debido a que los valores presentados son medias mínimas cuadráticas y/o porque en algunas preguntas más de una respuesta era posible.

Cuadro 4. Tipo racial predominante de los bovinos (% de UPPs*)

	Carne Europeo (EC)	ECXZ	Criollo	Cebú (Z)	Leche Europeo (EL)	ELXZ
Clima						
Árido y Semiárido	34.8	43.3	8.8	2.5	17	10.8
Templado	23.4	55.7	6.4	3.9	4.3	8.5
Trópico Seco	19.4	43.6	2.6	11.7	2.0	21.0
Trópico Húmedo	11.5	46.7	2.1	3.5	1.9	37.8
Media poblacional	22.3	47.3	5.0	5.4	2.5	19.5
Región						
Norte	40.5	45.0	11.3	0.2	1.4	3.2
Pacífico	11.8	47.2	3.2	6.9	2.8	29.5
Centro	24.7	51.3	6.3	4.8	3.1	13.0
Golfo	26.5	34.6	2.0	3.8	2.3	31.9
Península	12.5	52.3	0.5	24.8	0.0	9.6
Media poblacional	23.2	46.1	4.7	8.1	1.9	17.4
Tamaño de hato						
Chico	18.4	44.6	4.0	9.8	2.3	21.6
Mediano	21.3	45.4	3.0	5.3	2.2	23.5
Grande	31.0	45.9	7.0	4.8	1.4	13.8
Media poblacional	20.3	47.4	5.3	5.0	3.3	21.0
Tipo de propiedad						
Ejidal	18.2	45.0	6.4	7.8	2.1	22.1
Comunal	13.3	52.7	4.1	15.2	0.6	14.0
Privada	26.8	43.7	3.1	5.0	2.5	20.2
Media poblacional	20.4	47.1	3.9	8.7	1.8	19.7
Marginación del municipio						
Muy bajo	29.3	37.7	6.4	10.1	2.3	16.2
Bajo	34.9	43.4	3.6	4.7	1.3	12.5
Mediano	21.4	43.6	4.9	8.9	2.1	21.0
Alto	12.7	49.9	2.4	5.7	2.0	29.2
Muy Alto	8.1	59.1	5.1	1.3	4.3	21.3
Media poblacional	21.3	46.8	4.5	6.1	2.4	20.0
Tipo de producción						
Carne	30.1	52.3	5.0	9.3	0.5	4.2
Doble Propósito	5.6	30.6	3.2	2.7	5.5	54.1
Media poblacional	17.8	41.5	4.1	6.0	3.0	29.1

*La suma de las proporciones en un renglón puede diferir de 100% debido a que los valores presentados son medias mínimas cuadráticas y/o porque en algunas preguntas más de una respuesta era posible.

Cuadro 5. Criterios de selección para las razas utilizadas (% de UPPs*)

	Gusto	Características productivas	Adaptabilidad	Demanda	Asesoría técnica	No selecciona
Clima						
Árido y Semiárido	16.7	44.4	30.3	7.6	3.0	4.4
Templado	20.2	53.2	23.4	3.5	1.4	1.1
Trópico Seco	21.7	49.6	24.6	8.4	1.1	2.4
Trópico húmedo	17.9	54.9	24.6	5.9	0.9	2.6
Media poblacional	19.1	50.5	25.7	6.4	1.6	2.6
Región						
Norte	17.3	44.6	27.4	10.7	1.6	5.0
Pacífico	19.4	56.1	23.2	6.9	2.0	2.9
Centro	16.3	44.3	37.9	4.8	1.3	2.3
Golfo	16.6	47.8	25.0	7.2	1.8	2.5
Península	32.2	49.9	17.9	6.9	0.5	0.7
Media poblacional	20.4	48.6	26.3	7.3	1.4	2.7
Tamaño de hato						
Chico	19.2	52.6	24.8	5.7	1.3	2.6
Mediano	19.4	50.1	25.7	7.8	1.1	2.6
Grande	20.5	43.3	28.6	9.3	2.6	3.3
Media poblacional	21.9	47.2	24.3	9.3	2.2	3.0
Tipo de tenencia						
Ejidal	26.6	43.2	23.6	6.8	1.0	2.6
Comunal	25.1	51.4	22.5	3.2	0.3	1.3
Privada	13.4	54.1	28.3	8.5	2.3	3.1
Media poblacional	19.9	49.7	25.6	6.5	1.1	2.9
Marginación del municipio						
Muy bajo	33.6	44.1	21.7	9.0	1.7	7.5
Bajo	14.4	50.3	25.4	10.4	0.9	3.0
Mediano	19.5	47.2	26.9	7.5	2.1	2.1
Alto	15.4	56.0	27.7	3.3	1.1	1.5
Muy Alto	20.8	56.6	23.0	5.5	0.4	2.1
Media poblacional	20.8	50.8	24.9	7.1	1.3	3.3
Tipo de producción						
Carne	20.6	45.2	28.1	8.0	1.7	2.7
Doble Propósito	17.6	58.7	21.3	5.8	1.2	3.0
Media poblacional	19.1	51.9	24.7	6.9	1.5	2.8

*La suma de las proporciones en un renglón puede diferir de 100% debido a que los valores presentados son medias mínimas cuadráticas y/o porque en algunas preguntas más de una respuesta era posible.

Cuadro 6. Datos que registra el productor y cómo lo hace (% de UPPs*)

	Eventos registrados					Formatos		
	Datos reproducción	Datos becerro	Salud	Ventas y compras	Otros	Ninguno	Manual	Cómputo
Clima								
Árido y Semiárido	67.6	30.9	21.0	43.5	1.7	43.3	50.2	10.0
Templado	42.6	58.4	34.6	30.7	4.9	62.4	32.3	5.7
Trópico Seco	58.1	42.1	34.0	22.2	4.1	51.2	43.7	4.8
Trópico húmedo	61.5	62.6	44.2	26.1	1.1	36.5	59.9	5.6
Media poblacional	57.5	48.5	33.5	30.6	3.0	48.3	46.7	6.5
Región								
Norte	68.1	31.2	20.8	51.7	3.0	38.9	52.6	13.9
Pacífico	61.8	26.4	41.1	18.1	2.1	58.7	38.2	2.2
Centro	50.0	71.4	42.9	38.9	1.2	46.4	49.4	6.5
Golfo	63.1	60.3	28.2	21.4	5.2	35.1	58.2	7.0
Península	52.7	31.5	34.2	22.8	0.5	54.5	41.0	4.9
Media poblacional	59.1	44.2	33.4	30.6	2.4	46.7	47.9	6.9
Tamaño de hato								
Chico	51.8	39.7	32.5	22.8	2.8	52.4	44.3	2.0
Mediano	63.0	47.3	35.4	30.1	3.0	47.3	49.2	5.2
Grande	70.4	50.7	31.0	38.1	2.8	38.1	50.9	16.1
Media poblacional	61.3	39.4	31.4	29.4	2.2	45.2	48.6	8.5
Tipo de tenencia								
Ejidal	58.3	37.7	30.6	13.6	2.5	57.8	39.5	1.8
Comunal	36.8	36.1	21.0	23.3	3.0	57.1	37.8	4.4
Privada	64.8	50.0	35.5	37.0	2.9	37.4	55.3	10.3
Media poblacional	55.5	41.3	31.7	30.3	3.1	50.3	45.6	4.9
Marginación del municipio								
Muy bajo	55.5	31.4	25.1	45.0	1.6	44.3	51.3	10.7
Bajo	60.8	45.0	25.5	32.0	4.7	45.7	46.3	9.7
Mediano	62.3	42.9	32.0	24.1	3.4	47.7	47.6	4.9
Alto	53.8	58.8	40.4	32.1	0.7	47.9	47.0	6.2
Muy Alto	72.0	46.7	54.2	20.6	1.9	54.0	43.4	0.8
Media poblacional	60.9	45.0	35.5	30.8	2.5	47.9	47.1	6.5
Tipo de producción								
Carne	59.6	47.0	30.9	31.0	2.8	46.7	47.2	8.0
Doble Propósito	62.3	40.4	37.4	25.4	3.0	49.1	47.7	2.8
Media poblacional	60.9	43.7	34.2	28.2	2.9	47.9	47.5	5.4

*La suma de las proporciones en un renglón puede diferir de 100% debido a que los valores presentados son medias mínimas cuadráticas y/o porque en algunas preguntas más de una respuesta era posible.

Cuadro 7. Porcentaje de UPPs* que identifican a todos los animales y método utilizado para ello

	Identifica todo	Hierro caliente	Hierro frío	Arete	SINIIGA	Otro
Clima						
Árido y Semiárido	96.7	80.5	1.5	12.7	75.5	4.1
Templado	96.8	85.5	1.1	20.6	58.9	3.2
Trópico Seco	96.3	75.1	1.0	13.7	71.7	2.1
Trópico húmedo	95.3	66.7	1.2	15.6	80.0	1.6
Media poblacional	96.3	76.9	1.2	15.7	71.8	2.7
Región						
Norte	96.4	87.3	1.8	12.1	72.0	5.2
Pacífico	96.0	75.4	1.1	13.2	78.0	2.6
Centro	94.1	82.2	1.3	28.9	63.8	3.1
Golfo	95.6	69.2	0.4	8.6	80.8	1.5
Península	96.6	66.1	1.5	13.8	61.9	0.5
Media poblacional	96.4	76.0	1.2	15.3	71.3	2.6
Tamaño de hato						
Chico	96.5	77.3	1.7	13.4	69.8	2.5
Mediano	96.4	75.2	0.7	14.8	75.9	2.8
Grande	95.6	74.4	0.6	16.1	77.0	2.3
Media poblacional	96.2	70.1	0.8	14.7	75.2	3.7
Tipo de tenencia						
Ejidal	96.5	70.9	1.4	9.6	75.7	1.9
Comunal	95.8	71.7	1.9	14.0	57.1	1.6
Privada	96.1	80.8	0.8	18.6	74.5	3.2
Media poblacional	96.4	73.2	1.3	13.2	71.3	2.6
Marginación del municipio						
Muy bajo	95.9	78.3	2.0	13.3	70.4	5.2
Bajo	95.6	81.8	1.1	15.6	69.6	3.4
Mediano	97.0	76.8	0.9	11.9	74.9	1.9
Alto	95.2	66.2	1.3	18.5	72.7	2.2
Muy Alto	96.1	74.5	1.7	19.6	77.4	1.7
Media poblacional	96.0	75.5	1.3	15.8	73.0	2.9
Tipo de producción						
Carne	96.1	79.9	1.2	13.9	72.5	2.2
Doble Propósito	96.5	72.3	1.1	16.5	76.0	3.4
Media poblacional	96.3	76.1	1.2	15.2	74.3	2.8

*La suma de las proporciones en un renglón puede diferir de 100% debido a que los valores presentados son medias mínimas cuadráticas y/o porque en algunas preguntas más de una respuesta era posible.

Cuadro 8. Origen de la asesoría en el manejo del hato (% de UPPs*)

	Ninguna	Profesional libre	GGAVATT	Asociación ganadera	Experiencia propia	Institución**	Otro***
Clima							
Árido y Semiárido	26.0	26.6	13.0	14.1	23.2	0.9	3.2
Templado	25.9	21.3	2.8	26.2	22.7	3.5	3.2
Trópico Seco	35.2	32.2	4.5	10.6	19.7	0.9	2.5
Trópico húmedo	36.6	33.5	4.3	9.0	17.7	0.7	1.9
Media poblacional	30.9	28.4	6.2	15.0	20.8	1.5	2.7
Región							
Norte	25.0	27.2	5.0	16.5	29.8	1.2	5.6
Pacífico	24.8	28.6	14.4	9.7	27.4	0.5	1.4
Centro	22.8	35.1	1.3	21.1	21.8	2.5	2.5
Golfo	55.2	25.4	4.1	12.0	3.0	0.7	1.7
Península	30.5	39.1	0.0	5.6	21.6	1.5	4.4
Media poblacional	31.7	31.1	4.9	13.0	20.7	1.3	3.0
Tamaño de hato							
Chico	33.6	26.1	6.4	11.5	23.4	0.9	2.5
Mediano	34.4	26.1	7.8	13.0	21.0	1.3	2.0
Grande	27.4	42.4	4.4	14.3	14.4	1.3	3.8
Media poblacional	29.2	37.9	8.2	12.4	16.5	0.9	2.9
Tipo de tenencia							
Ejidal	40.9	25.8	7.1	10.3	18.6	0.9	1.1
Comunal	33.4	29.9	5.1	12.1	14.6	1.0	4.8
Privada	26.3	33.4	6.5	14.0	22.2	1.3	3.2
Media poblacional	30.4	29.5	5.6	13.9	22.3	1.0	3.2
Marginación del municipio							
Muy bajo	30.7	34.5	15.6	13.4	22.0	0.6	20.9
Bajo	33.0	27.5	5.7	11.4	22.4	0.6	3.4
Mediano	34.7	29.4	5.9	10.7	20.0	1.3	2.3
Alto	24.8	34.9	3.5	14.7	20.7	1.6	3.5
Muy Alto	36.3	22.2	4.3	20.9	16.2	0.8	0.4
Media poblacional	31.9	29.7	7.0	14.2	20.3	1.0	2.5
Tipo de producción							
Carne	33.7	30.2	3.5	11.1	21.9	1.4	2.9
Doble Propósito	29.5	29.6	12.6	15.6	17.5	1.0	2.0
Media poblacional	31.6	29.9	8.0	13.4	19.7	1.2	2.4

*La suma de las proporciones en un renglón puede diferir de 100% debido a que los valores presentados son medias mínimas cuadráticas y/o porque en algunas preguntas más de una respuesta era posible.

** Universidades e INIFAP

***Vendedores, radio, TV, internet, etc.

Cuadro 9. Areas de asesoría en el manejo del hato (% de UPPs*)

	Ninguna	Medicina preventiva	Forrajes y nutrición	Genética	Reproducción
Clima					
Árido y Semiárido	52.2	34.6	16.9	12.7	22.7
Templado	53.0	42.7	19.6	14.9	14.9
Trópico Seco	54.3	40.3	14.5	12.2	15.9
Trópico húmedo	46.4	47.6	15.6	12.3	18.4
Media poblacional	51.5	41.3	16.6	13.0	18.0
Región					
Norte	56.1	28.7	10.8	9.4	20.6
Pacífico	44.9	49.3	19.8	15.5	20.5
Centro	47.1	48.8	19.9	14.2	14.8
Golfo	59.0	33.0	14.2	12.9	17.0
Península	58.2	38.1	10.4	7.2	13.9
Media poblacional	53.1	39.6	15.0	16.8	17.4
Tamaño de hato					
Chico	55.5	39.8	14.3	10.0	13.8
Mediano	54.7	39.9	13.7	11.2	16.8
Grande	42.6	45.2	21.4	19.5	27.5
Media poblacional	48.0	43.2	16.8	13.8	20.8
Tipo de tenencia					
Ejidal	56.8	38.9	12.5	8.4	12.7
Comunal	62.8	30.8	11.5	9.0	13.8
Privada	47.4	43.1	19.4	16.4	22.7
Media poblacional	51.0	41.0	14.0	12.1	17.2
Marginación del municipio					
Muy bajo	47.2	42.0	14.9	14.9	21.3
Bajo	59.5	30.6	14.6	11.2	20.0
Mediano	53.7	39.4	16.0	11.3	16.2
Alto	46.0	49.0	15.5	14.8	17.8
Muy Alto	48.0	48.0	19.5	15.1	19.5
Media poblacional	50.9	41.8	16.0	13.5	18.9
Tipo de producción					
Carne	55.2	37.3	14.5	12.6	16.9
Doble Propósito	45.9	47.2	18.3	12.6	20.2
Media poblacional	50.6	42.3	16.4	12.6	18.5

*La suma de las proporciones en un renglón puede diferir de 100% debido a que los valores presentados son medias mínimas cuadráticas y/o porque en algunas preguntas más de una respuesta era posible.

ESTADO DE LA GANADERÍA EN EL SISTEMA VACA-CRÍA A NIVEL NACIONAL: MANEJOS GANADEROS

Everardo González Padilla¹, Arantza Lassala¹, Mariana Pedernera¹, Carlos Guillermo Gutiérrez Aguilar.¹

¹Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Departamento de Reproducción, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, DF. C.P. 04510, México

RESUMEN

Las prácticas de manejo y el uso de tecnologías en unidades de producción pecuaria de bovinos (UPP) en pastoreo se caracterizaron e identificaron mediante un cuestionario aplicado a más de 3000 propietarios o responsables de las mismas en diferentes regiones de México. Se completaron un total de 3311 encuestas de las cuales 3280 se utilizaron para la integración de la base de datos final. Los resultados muestran tanto las condiciones como las áreas de oportunidad en prácticas de manejo primarias. Así, se observó que el 93% de los productores utilizan empadre continuo; 58% de los ganaderos no hace examen de fertilidad de los toros y 21% hace pruebas para el diagnóstico para enfermedades venéreas. La vacunación contra brucelosis fluctúa desde 30% en la región Noroeste hasta 7% en la región Centro-Sur. El 52% de las unidades productivas no utiliza ningún método de diagnóstico de gestación. El sistema de pastoreo continuo se utiliza en una proporción considerable de las unidades productivas del país (37%). El sistema de doble propósito es ubicuo en todas las regiones geográficas. Casi el 85% de unidades de producción utilizan crianza del becerro con amamantamiento directo y destete después de los 6 meses; además, el 49% de las unidades de doble propósito tienen menos de 35 vacas. Sólo el 16% de los ganaderos realiza diagnóstico de mastitis. Este panorama de los sistemas de producción bovina en pastoreo, muestra deficiencias de manejo que se pueden mejorar con técnicas primarias ya validadas y fácilmente reproducibles en las diferentes regiones del país.

INTRODUCCIÓN

La producción mundial de alimentos de origen pecuario está en constante aumento. El crecimiento de la población humana acrecienta la demanda de productos agropecuarios e incrementa la presión en sus recursos de producción. Hay una mayor preocupación por la sustentabilidad y por el uso de la tierra, y se crea una mayor responsabilidad en la expansión de los sistemas de producción de ganado.

La actividad ganadera en México se desarrolla bajo distintos niveles tecnológicos y sistemas de manejo. Debido a su latitud y a su topografía, México cuenta con una gran biodiversidad, con diferentes características climáticas y agro-ecológicas que han obligado a la adaptación de los sistemas de producción pecuaria a diferentes ecosistemas. Además del clima y de la ecología, los sistemas de explotación pecuaria se ven influenciados por condiciones sociales, económicas y culturales que impactan la adopción de prácticas de manejo y tecnología por los productores. Esto crea un sistema complejo que constituye un reto para el diseño de estrategias y programas de apoyo, investigación y desarrollo.

Actualmente existe poca información relativa a los sistemas de producción y de sus tendencias de manejo, lo que dificulta delimitar su potencial de desarrollo y definir su impacto en el futuro. El conocimiento de la estructura de los sistemas productivos y de las características de manejo del ganado permite un mayor entendimiento de las condiciones y diferencias existentes, proporcionando una mejor perspectiva para identificar y analizar los problemas nacionales y regionales. Así mismo, aporta herramientas para una valoración más objetiva de la situación prevalente y permite identificar las prioridades en el desarrollo ganadero.

La identificación de los sistemas de producción y manejo existentes da una dirección más certera a los esfuerzos de desarrollo y deriva en recomendaciones pertinentes para la mejora de la producción ganadera relativa al potencial de cada sistema, que idealmente fortalezca los recursos ganaderos en cada región particular y sea más sustentable. Este proyecto se planeó como un estudio de referencia cuyo alcance es el de caracterizar e identificar las prácticas de manejo y el uso de la tecnología actuales en unidades de producción destinadas a la explotación de bovinos en pastoreo, proporcionando información cuantitativa y cualitativa referente a la naturaleza de los manejos ganaderos en México.

En este escrito se presenta un resumen de los resultados de una encuesta nacional sobre manejos ganaderos que abarcó aspectos socioeconómicos, sanitarios, medio ambientales y zootécnicos.

METODOLOGÍA

Las prácticas de manejo y el uso de la tecnología en las unidades de producción de bovinos de pastoreo en México se cuantificaron por un cuestionario que permitiera obtener información descriptiva relativa a los datos generales de la explotación, manejo general del hato, instalaciones e infraestructura, manejo de la alimentación, salud y bienestar del hato, medio ambiente, manejo reproductivo, manejo de becerros y una última sección específicamente destinada a los animales cuyo fin zootécnico es la producción de leche o doble propósito.

Para la elaboración de la versión final de la encuesta, se recibieron, consideraron e integraron las correcciones y comentarios de 22 técnicos y ganaderos de diferentes Instituciones y regiones del país. Las encuestas constaron de 83 preguntas y se desarrollaron como entrevistas personales, realizadas por veterinarios o por ingenieros zootecnistas, hechas en su mayoría directamente en las unidades de producción.

El tamaño de muestra se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$n = \frac{z^2 pq}{d^2}$$

El nivel de confianza (z) se estableció previamente en un 95%, con una probabilidad (p) de 50% y un error estimado (d) del 5%.

Una vez calculado el tamaño de muestra, se consideró una corrección para población finita de acuerdo al total de unidades productivas registradas en el censo PROGAN 2009, utilizando la siguiente fórmula:

$$n_{\text{corr}} = \frac{n}{1 + (n-1/pob)}$$

Finalmente, para definir el número de encuestas a realizar por región y por estado, se calculó el porcentaje de representatividad del total de unidades productivas en el estado con respecto al total de la región geográfica correspondiente, considerando los números presentados en el censo PROGAN 2009. Para aquellos estados donde el número de encuestas calculado fue pequeño, se

procuró completar un mínimo de 25 encuestas, considerándose un total de 3158 encuestas a realizar en total en el país. Se completaron un total de 3311 encuestas de las cuales 3280 se utilizaron para la integración de la base de datos final.

Para efectos de este estudio, se consideraron tres tamaños de unidades productivas: chicas (hasta 35 vientos), medianas (36 a 100 vientos) y grandes (más de 100 vientos).

Los resultados se presentan como frecuencias de cada uno de los reactivos incluidos en la encuesta.

ESTADO DE LA GANADERÍA EN EL SISTEMA VACA-CRÍA A NIVEL NACIONAL: PRINCIPALES RESULTADOS DE MANEJO REPRODUCTIVO

Joel Hernández Cerón¹, Everardo González Padilla¹, Arantza Lassala¹, Mariana Pedernera¹ y Carlos G Gutiérrez¹

¹Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Departamento de Reproducción, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, DF. C.P. 04510, México

INTRODUCCION

Las vacas reproductoras representan cerca del 70% de los costos de una explotación y las mejoras en la eficiencia reproductiva impactan directamente en la viabilidad económica y los costos medioambientales de la UPP. Esta sección sintetiza los hallazgos en manejos reproductivos en hatos de cría en pastoreo.

Las vacas de reemplazo proceden en el 80% de los casos del mismo rancho, en el 14% se obtienen en forma mixta, es decir que provienen en parte de la propia unidad de producción y en parte de una compra externa y, sólo el 3% compran todos los reemplazos. La dependencia de reemplazos propios es ligeramente mayor en las regiones tropicales y en los hatos medianos y grandes.

Las causas más frecuentes para el desecho de vacas (Figura 1) es la edad (>60%) y los problemas reproductivos (>20%), seguidas por la necesidad de dinero (<20%). El criterio para eliminar las vacas por edad fue señalado con mayor frecuencia en la región templada y en el centro del país; las fallas reproductivas tuvieron un mayor peso en la península y la necesidad económica fue relativamente más importante como causa de desecho en los ejidos, en los hatos chicos y en las unidades de producción ubicadas en municipios de muy alta marginalidad. En los hatos especializados en producción de carne (C), los problemas reproductivos fueron más importantes y el desecho por necesidad de dinero fue menor que en los de doble propósito (DP).

Uso de suplementos energéticos o proteínicos para el ganado

En las unidades encuestadas, el 67.3% ofrece suplemento energético o proteínico a sus animales (Figura 2).

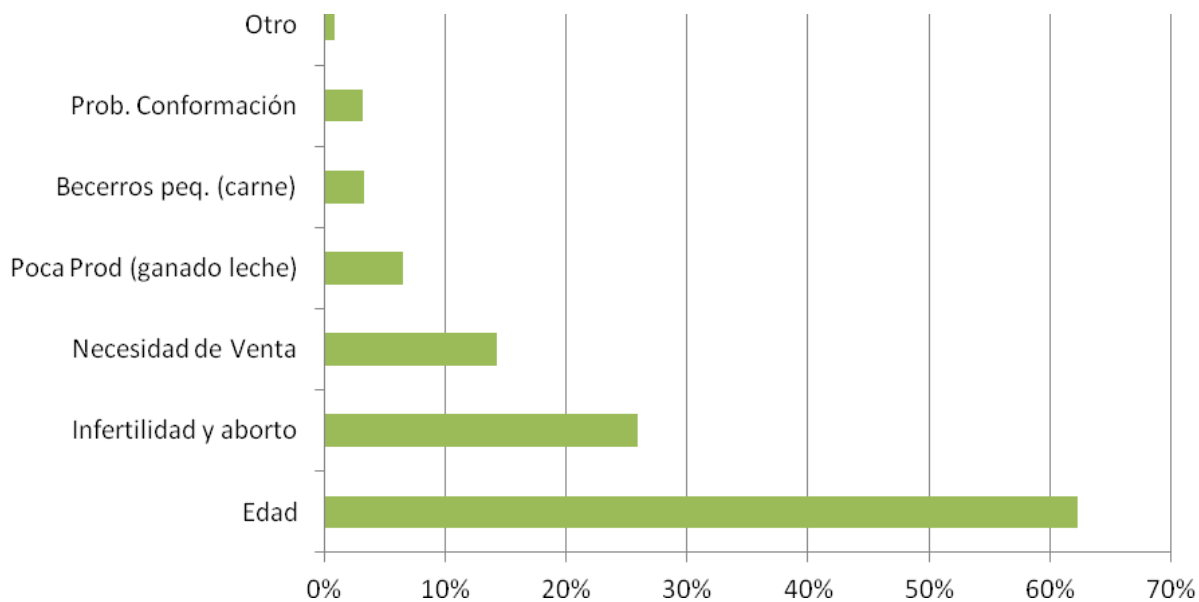


Figura 1. Principales causas de desecho de vacas en las unidades productivas encuestadas en México.

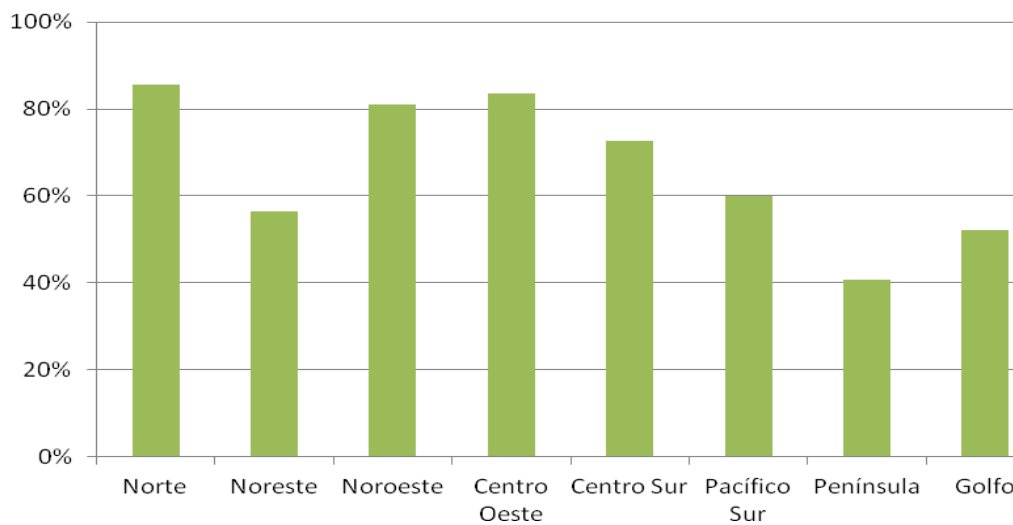


Figura 2. Proporción de unidades productivas que ofrecen suplemento energético a sus animales en las distintas regiones geográficas del país.

Vacunación

El 98.5 % de las unidades productivas encuestadas declara utilizar algún tipo de vacunación, indicando que la frecuencia de vacunación más usada es de seis meses, seguida por un año (72.3% vs. 27.8% respectivamente).

El uso de vacuna contra *Brucella abortus* va de un 30% en la región noroeste a un 7% en la región centro-sur (Figura 3). De acuerdo a los resultados, se puede apreciar que los productores de ganado en pastoreo en México otorgan especial importancia a vacunar contra aquellas enfermedades que tienen un alto índice de mortalidad, pero no vacunan contra enfermedades que afectan la reproducción.

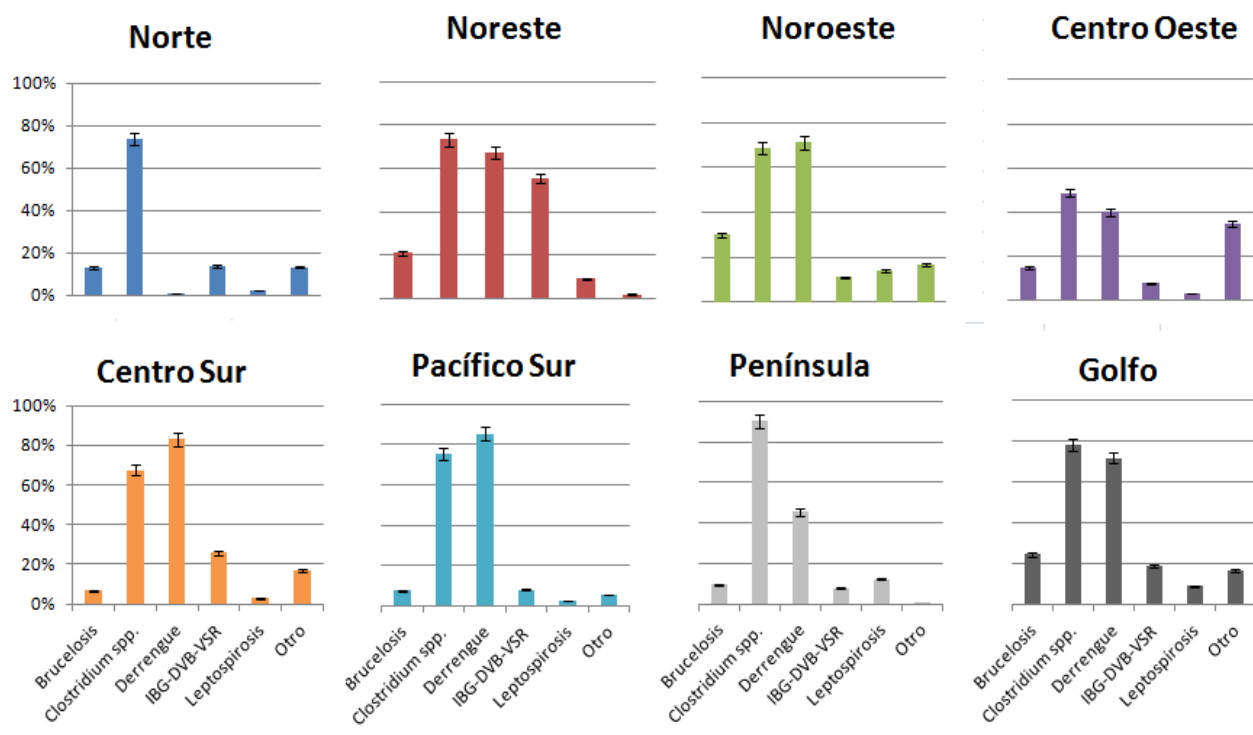


Figura 3. Frecuencia de vacunación contra diferentes agentes etiológicos a nivel nacional.

Evaluación y remplazo del semental

El 57.6% de los ganaderos nunca revisa la fertilidad de los toros y el 32.9% lo hace exclusivamente al momento de la compra. Únicamente el 4.6% y el 2.9% de los productores evalúan a sus sementales de forma anual o antes del empadre respectivamente. Además, el

diagnóstico para enfermedades venéreas en los toros previo a la época de empadre tampoco es una práctica común, ya que se realiza sólo en el 20.7% de los casos. Específicamente, las pruebas diagnósticas para Brucelosis, que es una enfermedad de campaña, son las que se utilizan con mayor frecuencia (17.8%). Sin embargo, los estudios para el diagnóstico de otras enfermedades venéreas causantes de infertilidad y abortos, se efectúa sólo en el 3.3% de las unidades productivas.

Tipo de empadre

El empadre continuo es el más comúnmente utilizado en México (93.2%), independientemente de la región. El empadre estacional se usa apenas en el 6.3% de las explotaciones y el empadre bianual es muy poco común (0.5%).

Primer servicio novillas

Los datos muestran que sólo 28% de las unidades productivas le dan servicio a las novillas antes de los 2 años de edad. De hecho, el 67.2% de los productores sirven por primera vez a sus novillas entre los 2 y los 3 años de edad, lo cual deriva en un inicio muy tardío de la vida productiva de sus animales.

Servicios en novillas y vacas

El método más frecuentemente utilizado para dar servicio tanto a las novillas como a las vacas en las unidades productivas en México es la monta directa del toro en el potrero (95%) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Distribución de los métodos de servicio en novillas y vacas en México.

Método	Novillas (%)	Vacas (%)
Monta en potrero	95.2	95.3
Monta dirigida	2.5	1.4
Inseminación	4.1	5.2

Diagnóstico de gestación

El 51.9 % de las unidades productivas no utiliza ningún método de diagnóstico de gestación. El 16.5% de los ganaderos afirma que diagnostica la gestación de sus vacas mediante el “no retorno al estro”. La palpación rectal como método de diagnóstico de gestación se observa en el 29.9% de los hatos (rango 20.2 a 38.3%) y, en el 78.2% de los casos, esta práctica es llevada a cabo por un profesionalista. Únicamente el 0.5% de las unidades productivas hacen el diagnóstico de gestación por ultrasonografía. En el cuadro 2 se indica la frecuencia de uso de los diferentes métodos para el diagnóstico de gestación en las regiones geográficas del país.

Cuadro 2. Distribución de los métodos de diagnóstico de gestación que se utilizan en las diferentes regiones del país.

Método de diagnóstico	Norte (%)	Norest e (%)	Noroest e (%)	Centro-Oeste (%)	Centro-Sur (%)	Pacífico Sur (%)	Peníns ula (%)	Golf o (%)
No se hace	44	26.4	59.7	55.5	67.4	51.7	63.2	47.5
Palpación	37.8	36.9	28.8	20.5	20.5	25.9	31.2	38.4
No regreso a calor	17.9	33.1	8.8	24.9	11.6	19.5	4.4	12.2
Ultrasonido	0	1	1	0.4	0	0.5	0	0.7

Manejo vacas vacías

El 48.9% de los ganaderos indica que intenta gestar nuevamente a las vacas vacías y el 9% afirma esperar al siguiente empadre. Sin embargo, en el 19.4% de las explotaciones no se realiza ningún manejo en particular y, en el 22.6% de los hatos encuestados, la vaca que no está gestante es enviada al rastro.

Uso de métodos de sincronización

A nivel nacional, sólo 9.4% de las unidades productivas utilizan algún método para sincronizar los estros como herramienta para el manejo reproductivo. No existen diferencias en la proporción de unidades productivas que emplean métodos de sincronización cuando se

considera al fin zootécnico. Sin embargo, hay regiones geográficas donde esta práctica está más difundida que en otras (Figura 4).

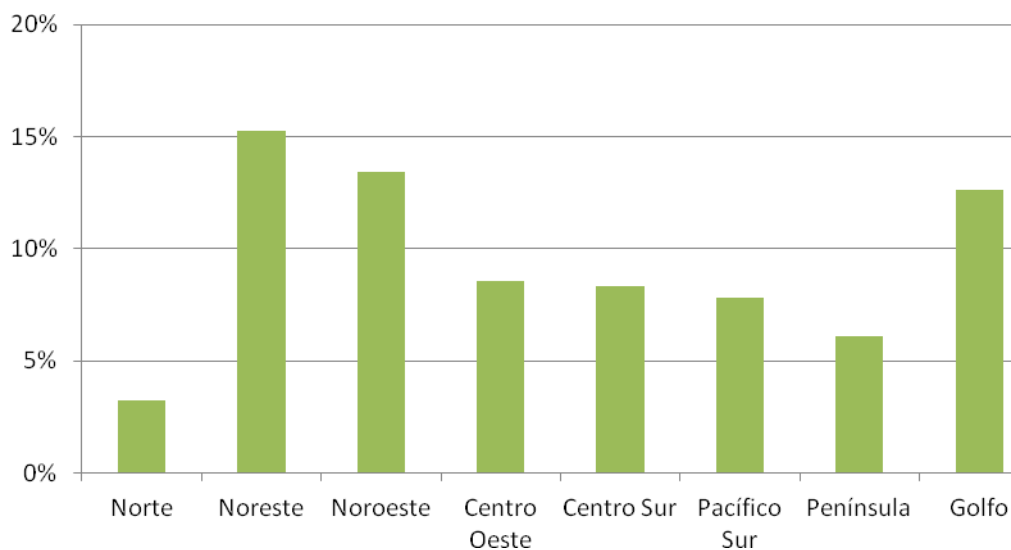


Figura 4. Proporción de unidades productivas que emplean métodos de sincronización en las distintas regiones del país

Detección de calores

Acorde con el bajo porcentaje observado en el uso de monta dirigida e inseminación artificial para el servicio de las vacas y novillas en las unidades productivas de México, la detección de estros es una práctica poco utilizada en el país (23.4%).

Destete de becerros

El destete temprano se realiza en una proporción muy baja de las explotaciones (1.5%) y alcanza un porcentaje acumulado de apenas un 7.75% antes de los 5 meses de edad. Los ganaderos destetan a sus becerros entre los 6 meses y el año de edad en el 84.6% de las unidades productivas y en el 7.7% después del año de edad.

La práctica más comúnmente utilizada para destetar a los becerros es el retiro total (69.7%), las galletas o narigueras se usan en el 16.8% de las unidades productivas y el retiro parcial en el 13.5% de los hatos.

Conclusiones y áreas de oportunidad

En cuanto al manejo de pie de cría, más del 80% de las UPP dependen de sus propios animales para reemplazar a las vacas que se eliminan, práctica que es recomendable desde el punto de vista sanitario para prevenir la introducción de enfermedades ajenas al hato. El análisis de las causas del desecho de las vacas de cría, denota que hay muy poca presión de selección para mejorar algunos parámetros de crecimiento, calidad o rendimiento de carne. De hecho, alrededor del 90% del desecho es por edad y por infertilidad y abortos. Por otro lado, más del 11% de los productores manifestaron tener que vender a sus hembras de pie de cría por apremios económicos, situación que es más frecuente entre los propietarios con economías más débiles, como lo son los del sector social y los que tienen menos animales. Bajo esas condiciones, la mayor parte de la mejora genética se hace a través de la introducción de toros, que se reemplazan primeramente para limitar la consanguinidad y por edad. En efecto, la introducción de toros es muy importante para el mejoramiento genético del hato, porque la baja tasa reproductiva y la venta de becerras para producir carne limita la renovación de las hembras de vientre, con lo que se amplía el intervalo entre generaciones, lo que hace más lento el avance genético obtenido mediante selección.

De acuerdo con los resultados de la encuesta, los sistemas de producción de cría (carne y doble propósito) en México, tienen deficiencias en el manejo reproductivo de orden primario. El 95 % de los productores utiliza la monta directa tanto en novillas como en vacas; sin embargo, 57.6% de los ganaderos no hace pruebas para conocer la fertilidad de los toros; asimismo, solamente un 20.7% hace el diagnóstico para enfermedades venéreas en los toros. Por otra parte, no más del 30% de los productores vacuna contra *Brucella abortus*. Lo anterior cobra importancia ya que la infertilidad y el aborto representan el 25.9% de las causas de desechos en los hatos encuestados.

El diagnóstico de gestación se realiza en sólo el 51.9% de las unidades de producción, lo cual es un indicador de la ausencia de servicios profesionales veterinarios. El desconocimiento del estado reproductivo de las novillas y de las vacas es parcialmente el motivo del envío inadvertido de hembras gestantes a sacrificio y, además, limita la toma de decisiones apropiadas para el manejo de la unidad de producción.

Los datos arriba presentados denotan áreas de oportunidad para el mejoramiento de la eficiencia reproductiva de los hatos bovinos y más importante aún, para el aumento de los ingresos de los productores.

ESTADO DE LA GANADERÍA EN EL SISTEMA VACA-CRÍA A NIVEL NACIONAL; PRINCIPALES RESULTADOS DE INFRAESTRUCTURA Y ASPECTOS AMBIENTALES

Carlos González Rebeles¹, Everardo González Padilla¹, Arantza Lassala¹ y Carlos G. Gutiérrez¹

¹Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Departamento de Reproducción, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, DF. C.P. 04510, México

INTRODUCCIÓN

La mayoría de las Unidades de producción pecuaria (UPP) utilizan cercos, ya sean estos perimetrales o para divisiones internas, con el objeto de delimitar los potreros. Alrededor del 93% utiliza cercos de alambre (Cuadro 3), a los que les siguen en orden de frecuencia los de piedra, los eléctricos, los cercos vivos y muy esporádicamente se usan los elásticos, que finalmente son también de alambre. Los cercos de piedra son más comunes en el Norte y Centro del país, así como en las zonas A-SA y templada. También se encuentran más frecuentemente, aunque en los predios con hatos grandes de propiedad privada, ubicados en los municipios con menor marginación, aunque en una proporción menor al 20%. Un hecho a destacar es la baja utilización de cercos vivos, aún en las zonas del trópico húmedo donde su uso se declaró en menos de 10% de las UPP.

Para los hatos de cría en pastoreo es de vital importancia las fuentes y formas de suministro de agua para los animales. En el Cuadro 4 se resumen los datos sobre las distintas fuentes de agua de las que dependen las UPP, agrupados conforme a los criterios con los que se establecieron las variables independientes. El uso de corrientes superficiales es más común en las UPP del trópico húmedo y de las zonas templadas, en el Centro y región Pacífico y en las ubicadas en municipios de alta y muy alta marginación, donde hay menos infraestructura de pozos y para almacenamiento de agua de lluvia (bordos). Los bordos son más importantes en la zona Arido-Semiárido. En el Norte del país, alrededor de dos terceras partes de las UPP cuentan con infraestructura para almacenamiento de agua de lluvia. El caso de la región de la Península de Yucatán es especial por su orografía y edafología; prácticamente no hay corrientes superficiales, la caliza del suelo es muy permeable y los mantos acuíferos son muy someros, por lo que la mayoría de las UPP dependen de pozos. En general, las UPP con acceso a más recursos económicos cuentan con una mayor proporción de bordos, pozos y capacidad para recolección de agua de lluvia (45%).

Toda vez que la distribución de aguajes en el predio es un elemento clave para el aprovechamiento más eficiente de los pastos, evitando áreas de sobrepastoreo y otras con poca utilización, la encuesta aplicada abordó este aspecto en particular. Se observa en el Cuadro 5 que no todas las divisiones (potreros) dentro de un predio cuentan con oferta de agua para los animales, ubicándose entre el 20 y el 30% de las UPP que tienen uno o más potreros sin acceso al agua de bebida, con números por debajo de eso en el trópico húmedo y muy por encima (45%) en la región peninsular, donde comúnmente los animales se encierran durante el día o noche en un corral provisto de bebedero.

El sitio donde abreven los animales es importante porque se asocia con la calidad del agua que beben, la superficie de las áreas de sacrificio en los agostaderos y la transmisión de enfermedades contagiosas, en especial los parásitos internos. Abrevar directamente en un represo (bordo), implica no solo el deterioro de esa infraestructura, sino el riesgo de que se atasquen en el lodo animales débiles y que el agua almacenada se contamine con heces y orina. En el Cuadro 5 se observa que de una tercera parte hasta más de la mitad de las UPP declaran que sus animales tienen acceso a abrevar directamente en los bordos o represas. Sin embargo, la forma más frecuente de oferta de agua a los animales, independientemente de la fuente, es en bebederos, particularmente en la región Península, por las razones antes mencionadas.

El 84.5% de las UPP en el país declaran proporcionar sombra a sus animales, con una variación de 50% en la región norte a 96% en el pacífico-sur. El sistema de pastoreo más utilizado a nivel nacional es la rotación de potreros (60.7%), seguido por el continuo (37%); en contraste, las formas ambientalmente sostenibles como los sistemas silvoparsoriles han sido escasamente adoptados (1.2% en el noroeste, 0.94% golfo y 0.2% centro-oeste). El control de malezas tuvo una respuesta muy variable a nivel nacional, resaltando que el 68.4 % se realiza de forma manual y un 42.5% es a través de la aplicación de químicos.

El 58.2% de las UPP a nivel nacional, mencionan que excluyen de la producción áreas específicas para la protección de flora y fauna nativas, principalmente en las regiones del pacífico sur, golfo y península (Figura 5).

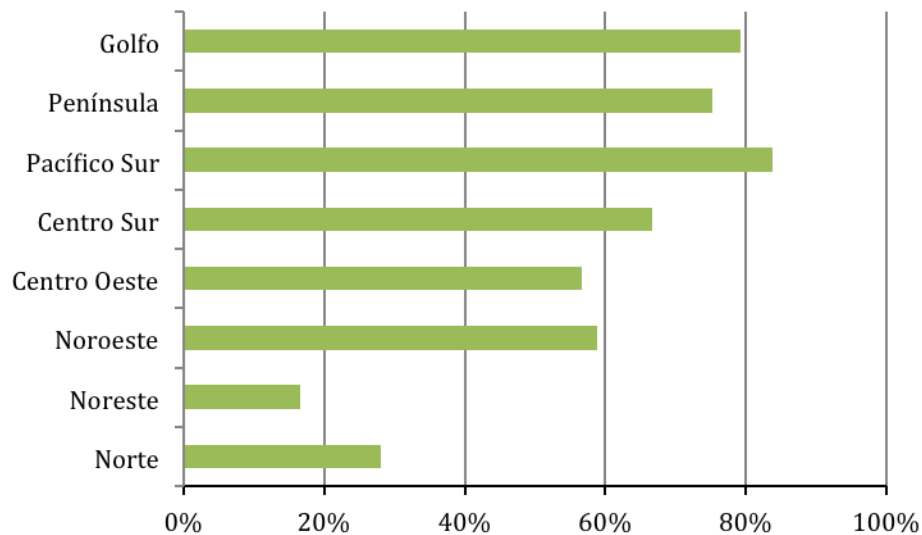


Figura 5. Frecuencia de unidades productivas con áreas de exclusión para la protección de flora y fauna silvestres en las diferentes regiones del país.

El 95% de las UPP declara conservar árboles grandes en sus potreros y en todas las regiones los ganaderos conocen especies nativas vegetales que son utilizadas como forraje (Figura 6).

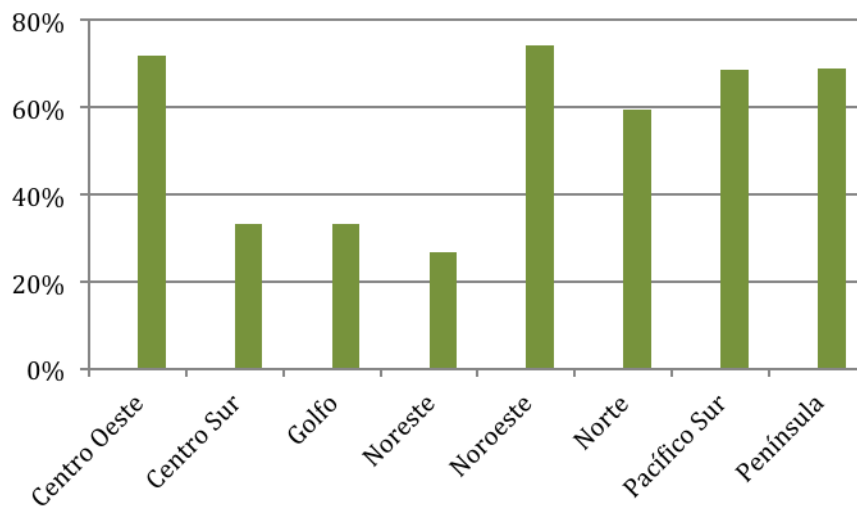


Figura 6. Frecuencia de unidades productivas que usan especies nativas de vegetación para la alimentación del ganado en las diferentes regiones del país.

En el 64.9% de las UPP el estiércol se queda en los potreros donde los animales lo depositan, en una proporción reducida (24.8%) los desechos son utilizados como fertilizante en el propio rancho; pero en general, no existen prácticas específicas para su manejo. La proporción de

UPP que dejan los cadáveres de ganado en los potreros es alta (60.6% en el noreste, 60.9% en el norte, 32.2% en el golfo y 29.5% en el pacífico sur), con un número bajo de ganaderos que los entierran o los queman (32.9% y 23.9% respectivamente).

CONCLUSIONES Y ÁREAS DE OPORTUNIDAD

La ganadería es una actividad preponderante al ser una fuente importante de alimentos y al formar parte de los procesos socioeconómicos de las comunidades humanas. No obstante, cuando las prácticas zootécnicas pierden el balance entre la productividad del sistema y los servicios ambientales provistos por la UPP, se puede acarrear el deterioro de los ecosistemas. Es necesario aclarar que en el caso de México, la depredación y desmonte de zonas tropicales se propició en buena medida por la necesidad legal de darle uso económico a las tierras para que no fueran clasificadas como ociosas y sujetas de afectación agraria para fines de reparto a campesinos solicitantes.

Hay que considerar que por un lado, conforme la actividad ganadera se tecnifica e industrializa, se requiere la movilización, procesamiento y concentración de diversos insumos que directa o indirectamente afectan al ecosistema, pero por el otro, la intensificación puede liberar tierras que se dediquen a proveer servicios ecosistémicos. Recientemente se ha generado además una mayor conciencia de la necesidad de promover prácticas de manejo que limiten el impacto negativo y promuevan formas de producción ambientalmente sostenibles.

De acuerdo con los registros del Padrón Ganadero Nacional (PGN), la mayoría de las UPPs tienen pocas cabezas de ganado (entre el 80% y el 90% de las UPPs tienen menos de 10 cabezas a unas cuantas decenas). Como se mencionó en el artículo acompañante, las UPPs presentan carencias de asesoría y de apoyos financieros, por lo que tanto los servicios ambientales que prestan como la diversificación productiva se ven restringidos. En particular, en zonas marginadas, donde predomina la presencia de hatos de doble propósito, la infraestructura para la producción y manejo higiénico de la leche es muy limitada. Todo lo anterior, brinda las oportunidades para mejoras en los sistemas de producción, que pueden dirigirse hacia una reconversión ganadera ambientalmente sostenible (en particular para las regiones áridas y tropicales).

Los tipos de cercos para delimitar los predios y establecer divisiones entre potreros se hace en más del 9% de las UPP con alambre de púas, que ahora es tradicional y en el Siglo XIX se consideró un gran avance (13); aún persisten los antiguos cercos de piedra en las regiones donde hay mayor disponibilidad de estos materiales. Las cercas de piedra ofrecen beneficios ecológicos, como refugio de fauna silvestre. Sin embargo, este tipo de divisiones resultan demasiado onerosas en la actualidad. Llama la atención la penetración que han tenido tecnologías como el uso de cercos eléctricos en la región del Golfo y en general en las zonas tropicales, sobre todo en propiedades privadas. El uso de cercos eléctricos fue promovido como un elemento para el uso más intensivo de praderas mejoradas, de donde se puede suponer el interés en este renglón que se corrobora con el hecho de que la mayoría de las UPP del trópico han incorporado pastos mejorados, sobre todo en la región del Golfo (14, 15), aunque aún hagan bajo uso de fertilizantes. Un aspecto destacable, que amerita ser corroborado y analizado, es la escasa utilización de cercos vivos en las zonas tropicales, donde esta práctica tiene gran potencial no solamente como elemento práctico, de bajo costo relativo, sino como posibilidad de uso múltiple de la tierra, reforestación, mejoramiento del paisaje y otros servicios ambientales potenciales. Aquí hay un campo que requiere de investigación y de esfuerzos específicos de desarrollo.

Debe fomentarse un mejor manejo del agua a través de sistemas de captación y almacenamiento del agua de lluvia (en particular en las zonas áridas); así como la construcción de bebederos para el ganado, para evitar la contaminación del agua.

Una de las prácticas más aceptadas como amigables ambientalmente es el uso de sistemas silvopastoriles (SSP). Curiosamente este estudio mostró una adopción muy baja de los mismos, lo cual pudo deberse a que por lo general los productores, y muchos técnicos, sólo reconocen bajo este modelo a los “SSP intensivos de alta densidad” con *Leucaena*, que en efecto es un sistema empleado con muy baja frecuencia. Sin embargo, existe un rango muy amplio de formas SSP que van desde el pastoreo en monte y acahuals (que puede quedar incluido en la forma de pastoreo continuo registrado por el estudio), hasta esquemas estacionales de algunas zonas que responden a los mismos principios. Con base en lo anterior es probable que el uso de prácticas SSP sea mayor, aunque de manera no intencional; considerando la alta proporción de UPP, que practican un pastoreo continuo, que al mantener el estiércol en los potreros favorecen una fertilización orgánica, las que mantienen árboles en

sus potreros y las que utilizan forraje de especies nativas. Luego entonces, es importante estudiar, desde esta óptica, los sistemas SSP del país para orientar los programas de extensión y asistencia técnica.

Un aspecto a considerar es fomentar el control selectivo de malezas en forma manual o mecánico, preservando las especies forrajeras nativas deseables y regular el control químico indiscriminado. Asimismo, promover más la fertilización orgánica a partir de los mismos ejemplares en pastoreo o disposición de excretas de sistemas estabulados.

Finalmente, existe una gran variación en cuanto al manejo de cadáveres. El manejo más frecuente es el dejar a los animales a cielo abierto donde son consumidos por carroñeros. Por ello, y de acuerdo con la prevalencia de enfermedades infecciosas en la zona, es importante promover manejos de cadáveres que impidan la diseminación de infecciones.

En resumen, el aplicar prácticas amigables con el ambiente en la ganadería, además de fomentar servicios ambientales, genera en su conjunto un valor agregado. Una de las tareas de los grupos de interés (ganaderos, ecologistas, investigadores) es proponer indicadores y parámetros en los cuales basar incentivos para las UPP (*e.g.*, pago por servicios ambientales, bonos de carbono, deducción tributaria, programas especiales de financiamiento).

ESTADO DE LA GANADERÍA EN EL SISTEMA VACA-CRÍA A NIVEL NACIONAL; PRINCIPALES RESULTADOS DEL SISTEMA DOBLE PROPÓSITO

Miguel Angel. Alonso Díaz², Manuel D. Corro Morales², Everardo González Padilla¹, Arantza Lassala¹ y Carlos G Gutiérrez¹.

¹Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Departamento de Reproducción, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, DF. C.P. 04510, México

² Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Ganadería Tropical, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México, Km. 5.5 Carretera Federal Tlapacoyan-Martínez de la Torre, C.P. 93600, Martínez de la Torre, Veracruz, México.

INTRODUCCIÓN

Casi un tercio (32.82%) de las unidades encuestadas mencionó el sistema de producción de doble propósito (DP) como el objetivo principal de sus operaciones. Los principales productos de venta declarados para estas UPPs fueron leche y becerros de destete y, en una menor proporción, animales de media ceba, finalización, y pie de cría. El sistema de doble propósito se encuentra principalmente (77.54%) en la costa del Golfo de México y el Pacífico. La mayoría (70.85%) se localizan dentro de la región tropical, donde los principales tipos de climas se clasifican como trópico seco y húmedo. Casi la mitad (48.71%) de las unidades doble propósito informaron tener menos de 35 vacas. La mitad (50.15%) de todas las unidades de DP se manifestaron como propiedad privada mientras que el resto como propiedad social.

Crianza artificial y edad al destete

En la ganadería lechera especializada, la leche se destina directamente a la venta, y los becerros son criados de manera artificial. En contraste, en la ganadería de doble propósito, lo común es que los becerros sean amamantados por las vacas antes o después del ordeño. No obstante, es probable que el avance de la industrialización de la producción lechera ocasione que las tecnologías utilizadas en los sistemas intensivos sean adoptadas por la lechería en pastoreo.

Los resultados muestran que la crianza artificial es poco utilizada por la ganadería en pastoreo en México (5.5%). De hecho, su uso no rebasa el 8% en la mayoría de las regiones del país,

a excepción de la región centro-oeste, en la que la crianza artificial es usada por el 23% de las unidades productivas (Figura 7).

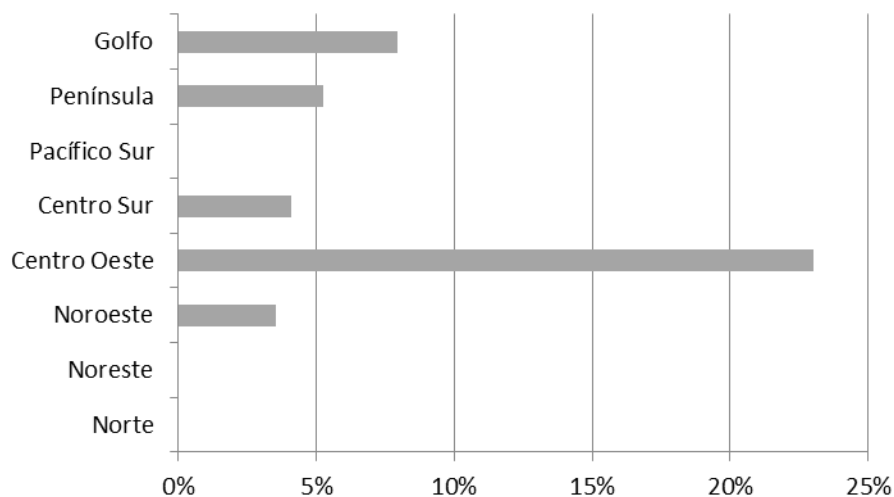


Figura 7. Frecuencia de unidades productivas que crían artificialmente a los becerros en las diferentes regiones geográficas de México

Dado que en una proporción importante de las explotaciones lecheras de pastoreo en México el amamantamiento del becerro convive con la ordeña, por lo que la edad al destete de los becerros es similar a lo que se observa para el ganado de carne (Figura 8).

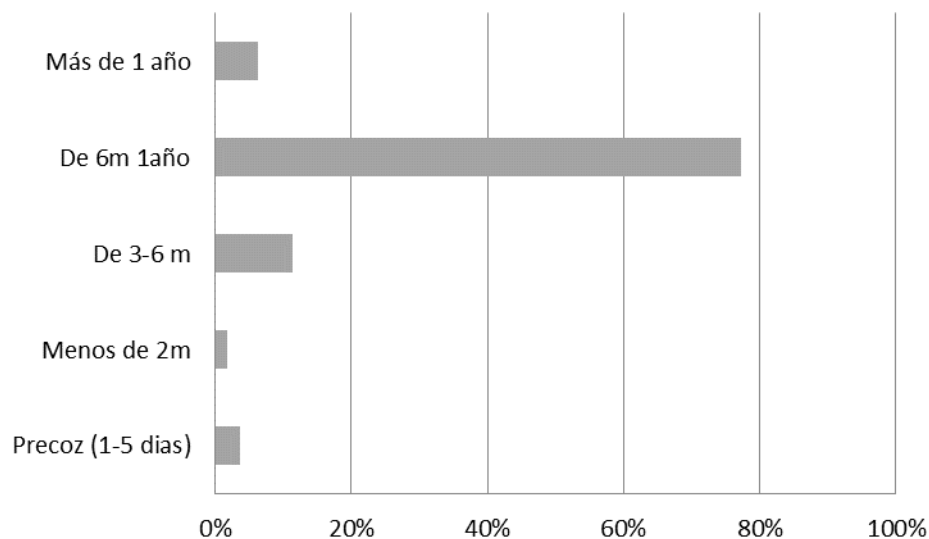


Figura 8. Distribución de la edad al destete en las explotaciones lecheras en pastoreo en México

Cuartos de la ubre para el becerro

Como se mencionó anteriormente, bajo condiciones de pastoreo, las unidades productivas cuyo fin zootécnico es el doble propósito tienen un sistema en el que la ordeña de la vaca coexiste con el amamantamiento del becerro. Específicamente, el 59.2% de los ganaderos dejan un cuarto de la ubre de la vaca sin ordeñar para la alimentación del becerro y el 14.1% dejan dos. Otra práctica común es que el ordeño no se realice a fondo y que se le deje la leche residual al becerro (19.4%) (Cuadro 6).

Cuadro 6. Distribución de los cuartos de la ubre que se dejan para la alimentación del becerro en las explotaciones de doble propósito en pastoreo en México

Ninguno	6.8
Uno	59.2
Dos	14.1
Tres	1.0
Leche residual	19.4

Estímulo para bajar la leche

El tipo racial predominante en México en DP es la cruce cebú X europeo lechero o razas europeas de doble propósito. Debido a la sangre cebuína presente en estas cruces, las vacas no bajan la leche fácilmente, lo que obliga a los ganaderos a utilizar técnicas que estimulen este proceso en la vaca. La presencia del becerro como estímulo durante el ordeño es la práctica más común (71.9%). Sin embargo, este sistema ha impedido que se mecanice la ordeña, ya que la presencia de las vacas con sus crías dificulta el manejo. Para resolver este problema, los ganaderos han optado por utilizar oxitocina (14%), para inducir la bajada de la leche sin la presencia del becerro. Cuando se analiza la frecuencia del uso de la oxitocina dividiendo las unidades productivas en aquellas que realizan ordeño mecánico u ordeño manual, se observa que la frecuencia de uso de oxitocina es mucho mayor entre las UPP con ordeño mecánico (44.5% vs. 11.3% respectivamente) por lo que podría concluirse que el uso de la oxitocina ha promovido la mecanización de la ordeña y probablemente ha fomentado una mayor producción láctea (cuadro 7).

Cuadro 7. Distribución de los métodos para estimular la bajada de la leche en las explotaciones lecheras en pastoreo en México

Nada	9.0
Acondicionamiento becerro	72.0
Oxitocina	14.0
Manual	7.2

Método y frecuencia de ordeña, sellado de pezones y prueba de mastitis

El 85.6% de las unidades productivas con fin zootécnico leche o doble propósito ordeñan manualmente, el 7% tienen ordeñadora fija y el 8% cuentan con una ordeñadora portátil. La frecuencia de ordeño en la mayoría de las explotaciones es una sola vez al día (87.4%), y sólo el 12.8% ordeña dos veces al día. Un 77.5% de los ganaderos limpian los pezones de las vacas antes de la ordeña y sólo el 11.7% usa sellador después de la ordeña (75 a 77%).

El sellado es una práctica que impide que material contaminante penetre por el pezón y cause una infección en la ubre. La falta de sellado de los pezones puede ser parcialmente subsanada cuando el becerro se amamanta posterior al ordeño y hace un vaciado completo de la ubre. Sin embargo, es recomendable que se insista en la implementación del sellado de los pezones en todas las unidades productivas.

No se conoce cuál es la incidencia de problemas de mastitis en la lechería en pastoreo. Se asume que, debido al amamantamiento del becerro y a una menor exposición a condiciones insalubres del ganado en pastoreo, la incidencia es baja. Sin embargo, sólo el 15.8% de los ganaderos realiza diagnóstico de mastitis.

Medición y comercialización de la leche

En México sólo el 7.6% de las explotaciones lecheras en pastoreo tiene algún sistema de enfriamiento de la leche, por lo que los ganaderos se ven obligados a optar por la venta diaria de la leche, lo que podría explicar que el 60.6% de los productores miden la leche diariamente. El 30.6% de los ganaderos declaran no medir la leche y pocos afirman medirla semanal o mensualmente (9% en conjunto). Adicionalmente, la medición de la producción de leche se hace principalmente en forma grupal (84.5%).

El principal canal de comercialización de la leche lo constituyen los queseros, que son los compradores en el (53.6%) de las unidades productivas. Una proporción importante de las explotaciones comercializa la leche vendiendo directamente al público por litro (23.5%) y otra de similar magnitud la procesa y vende como producto lácteo (30.4%). Solamente el 6.5% de los ranchos venden la leche a una cooperativa o empresa pasteurizadora.

Secado de las vacas

El principal criterio que considera el ganadero para determinar el momento de secar a sus vacas es la baja producción de leche (60.6%), la cercanía del parto (7 meses de gestación) le sigue en importancia (34.3%) y luego el tiempo de lactación (12.8%). Solamente en el 1.5% de los casos el secado se realiza por enfermedad de la vaca.

CONCLUSIONES Y AREAS DE OPORTUNIDAD

El presente estudio mostró que el sistema de DP es ubicuo en todas las regiones del país, utilizando en proporciones distintas ganado de cruce de europeo lechero con cebú ó ganado europeo de doble propósito según la región geográfica.

Muchas son las áreas de oportunidad que se presentan en este sistema para mejorar la producción en cuanto a cantidad y calidad de la leche. En su gran mayoría los becerros son amamantados por la vaca y aunque el becerro ayuda a mantener saludable la glándula mamaria, la calidad de la leche obtenida en sistemas de doble propósito con frecuencia es alta en unidades formadoras de colonias bacterianas y/o cambios fisicoquímicos. Este último se puede mejorar implementando prácticas de higiene durante el ordeño y manejo de la leche después del ordeño.

El sistema tradicional de cría de becerros se ha reconocido como un factor importante que puede afectar tanto la eficiencia reproductiva y salud de la ubre de la vaca, como la calidad y cantidad de la leche que ésta produce. El efecto negativo del amamantamiento del becerro sobre los parámetros reproductivos en las vacas es bien conocido, por lo que la adopción de prácticas de manejo como la restricción del amamantamiento o el destete temporal pueden ser utilizadas para minimizar este impacto. En este estudio, casi 85% de unidades de ganado

utilizan crianza de becerro con amamantamiento directo y destete después de los 6 meses; por lo tanto, existe un amplio margen para mejorar los parámetros reproductivos a través de la implementación de estas tecnologías. La mejora de la eficiencia reproductiva podría constituir también uno de los métodos más eficaces para incrementar el inventario nacional de ganado.

Cuando un productor de doble propósito intensifica la producción del sistema tradicional, debe cambiar el sistema de crianza del becerro y el sistema de ordeño. Esto con frecuencia implica adoptar la crianza artificial del becerro (destete precoz) y la mecanización de la ordeña. Cuando esto ocurre, la aplicación de oxitocina facilita que la leche baje y aumenta la cantidad de leche para venta, sobre todo en ganado *Bos indicus*. El efecto de la aplicación de oxitocina en vacas en sistemas de doble propósito es sin embargo controversial, por los posibles efectos negativos en la reproducción y el eventual incremento en los problemas de mastitis subclínica y clínica.

El sistema de producción bovina de doble propósito en México es uno de los más importantes desde el punto de vista socioeconómico. La falta de desarrollo tecnológico que le acompaña representa una ventana de oportunidad para una investigación que impulse un progreso en los procesos, con la consecuente mejora en la calidad de vida de las personas que habitan las zonas con altos niveles de pobreza.

Agradecimientos. Este trabajo fue financiado por la Coordinación de Ganadería (SAGARPA).

Cuadro 3. Tipo de cerco utilizado (% de UPPs*)

	Piedra	Alambre	Eléctrico	Elástico	Vivo
Clima					
Árido y Semiárido	24.8	86.6	4.9	0.4	1.7
Templado	23.0	90.1	1.4	0	3.2
Trópico Seco	7.6	95.8	9.4	0.5	2.2
Trópico húmedo	1.6	95.8	8.3	0.2	8.8
Media poblacional	14.2	92.1	6.0	0.3	4.0
Región					
Norte	33.7	82.1	5.4	0.2	0.2
Pacífico	10.5	95.3	4.5	0.7	3.1
Centro	16.7	93.9	1.9	0	7.7
Golfo	0.7	94.9	18.8	0.3	3.2
Península	3.7	96.8	3.2	0.2	3.4
Media poblacional	13.1	92.6	6.7	0.3	3.5
Tamaño de hato					
Chico	9.5	94.5	3.8	0.3	3.1
Mediano	12.7	93.3	9.2	0.3	4.2
Grande	16.6	90.0	11.0	0.6	2.8
Media poblacional	12.4	91.0	9.7	0.3	4.3
Tipo de tenencia					
Ejidal	9.5	93.0	4.9	0.3	3.5
Comunal	1.3	96.5	2.9	0	1.3
Privada	16.5	92.3	10.1	0.5	3.7
Media poblacional	9.5	93.8	6.6	0.2	3.6
Marginación del municipio					
Muy bajo	12.7	91	6.4	2.0	2.3
Bajo	17.8	92.6	8.3	0.4	0.4
Mediano	14.6	91.3	7.6	0.1	3.7
Alto	3.5	96.1	8.1	0	6.4
Muy Alto	3.8	99.6	3.4	0	3.4
Media poblacional	10.5	94.1	6.8	0.5	3.2
Tipo de producción					
Carne	14.0	92.4	5.7	0.1	3.1
Doble Propósito	8.2	94.4	10.8	0.9	4.2
Media poblacional	11.2	93.4	8.3	0.5	3.6

*La suma de las proporciones en un renglón puede diferir de 100% debido a que los valores presentados son medias mínimas cuadráticas y/o porque en algunas preguntas más de una respuesta era posible.

Cuadro 4. Fuentes de agua y recolección de lluvia en las UPPs (%*)

	Arroyo	Bordo	Cisterna	Pozo	Municipal	Recolecta de lluvia
Clima						
Árido y Semiárido	36.4	54.3	1.9	43.4	1.9	60.4
Templado	51.8	45.0	4.6	22.7	3.2	55.0
Trópico Seco	37.4	36.6	0.7	49.0	1.2	42.1
Trópico húmedo	66.8	25.5	1.7	29.5	0.9	29.3
Media poblacional	48.1	40.4	2.2	36.1	1.8	46.7
Región						
Norte	30.2	65.3	1.8	50.8	1.2	70.0
Pacífico	55.9	33.6	1.0	32.7	2.5	27.4
Centro	60.9	40.2	4.4	17.1	1.9	40.6
Golfo	39.1	49.5	1.0	38.9	1.0	48.4
Península	22.4	4.2	-	83.5	-	15.0
Media poblacional	41.7	38.5	1.6	44.6	1.3	45.0
Tamaño de hato						
Chico	43.4	31.8	1.8	40.6	2.1	36.6
Mediano	45.5	40.5	1.2	39.1	1.4	48.1
Grande	43.3	54.5	1.4	46.5	0.3	59.6
Media poblacional	43.8	39.7	1.1	42.3	1.9	45.9
Tipo de tenencia						
Ejidal	44.9	37.2	1.6	38.9	1.4	41.3
Comunal	36.2	19.7	0.3	59.4	0.6	20.6
Privada	44.5	45.9	1.8	39.9	1.8	53.9
Media poblacional	44.4	35.1	1.2	43.9	1.2	40.3
Marginación del municipio						
Muy bajo	27.8	49.0	1.7	61.4	2.3	48.4
Bajo	42.3	50.5	1.7	38.9	1.7	56.0
Mediano	37.1	41.3	1.3	43.3	1.8	48.7
Alto	59.1	26.4	1.8	35.6	0.5	33.4
Muy Alto	77.9	22.5	1.7	20.8	0.4	25.5
Media poblacional	48.8	37.9	1.6	40.0	1.4	42.4
Tipo de producción						
Came	40.3	41.3	1.6	42.9	1.3	47.7
Doble Propósito	51.9	36.1	1.5	38.5	2.0	40.8
Media poblacional	46.1	38.7	1.5	40.7	1.6	44.3

*La suma de las proporciones en un renglón puede diferir de 100% debido a que los valores presentados son medias mínimas cuadráticas y/o porque en algunas preguntas más de una respuesta era posible.

PRODUCCIÓN DE CARNE DE RES DE CALIDAD EN EL TRÓPICO MEXICANO

María de la Salud Rubio Lozano

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia Universidad Nacional Autónoma de México

RESUMEN

La producción de carne de res en los trópicos mexicanos está basada en la utilización de pastos como principal fuente de alimento y en el uso del *B. indicus* como fuente principal de la genética. En México, la cadena cárnica esta poco diversificada, siendo el mercado de grandes volúmenes de carne magra a “bajo precio” el principal motor de la industria. Un mercado poco exigente, sumado a condiciones agroclimáticas difíciles, hacen que la producción de carne de calidad se este atrasando en nuestro país.

La calidad de la carne es un término complejo que comprende aspectos nutricionales, sensoriales, tecnológicos y sanitarios, entre otros; sin embargo, las características organolépticas de aroma, color, sabor, jugosidad, suavidad son los de mayor influencia en la satisfacción de los consumidores. Para producir carne de calidad se debe contar con animales que tengan la combinación apropiada de sexo, genética, edad, alimentación, con o sin la utilización de promotores y con un manejo ante-mortem idóneo para preservar esa calidad.

Se sabe que a medida que el porcentaje de inclusión *Bos indicus* incrementa hay una tendencia a que la carne sea menos suavidad. Los estudios científicos también han demostrado que no hay grandes diferencias en la suavidad de la carne procedente de machos castrados y no castrados si estos son menores de 16 meses de edad; esto es importante en la producción de carne nacional, ya que la carne distribuida en el país procede mayoritariamente de machos enteros jóvenes (alrededor de 18-20 meses). Sin embargo, es sabido que la carne es más dura a mayor edad de los animales, esto debido al incremento de la cantidad de colágeno insoluble a medida que el animal envejece. Por otro lado, el marmoleo, que ayuda a la jugosidad y aumenta la suavidad de la carne, se incrementa significativamente conforme aumentan los días en corral; en México, por muchas razones, los animales pasan cortos periodos en los corrales de engorda, con lo cual no tienen la oportunidad de depositar la beneficiosa grasa intramuscular. Todos estos factores y algunos mas serán discutidos en esta ponencia de manera que se dará a conocer la calidad de la carne bovina nacional y se propondrán estrategias de producción a aquellos productores que quieran ofertar carne de calidad en el mercado nacional y extranjero.

INTRODUCCIÓN

En México, la ganadería ocupa cerca de 1.1 millones de km² (56% de la superficie del territorio nacional). En 2007, el INEGI reportó que el porcentaje de pastizales inducidos y cultivados en selvas cálido-húmedas era de 64% y este mismo reporte indicó que la selva húmeda tiene un 41.6% de uso ganadero (INEGI, Serie IV, 2007). Las regiones tropicales se han consolidado como la zona de mayor producción ganadera, pues en ella se ubica el 37.1% del inventario nacional y es la de mayor expansión, fundamentalmente en el Golfo de México y en el sureste del país. Los estados que han transformado una mayor superficie de sus ecosistemas para dedicarlos a actividades agrícolas y pecuarias son los ubicados en la costa del Golfo de México y el centro del país: Tlaxcala (cerca del 80% de su superficie), Veracruz (77%) y Tabasco (65%). Por el contrario, los estados con menores superficies agropecuarias eran Baja California Sur (poco menos del 3%), Quintana Roo (6%), Coahuila y Baja California (cada uno con cerca del 8%) (SEMARNAT, 2012). El sureste mexicano se ha convertido en la zona natural proveedora de becerros para engorda en corrales nacionales y de carne en canal para el abasto (SAGARPA, 2006, 2010). El crecimiento de la producción de carne ha sido muy discreto, en contraste con el aumento significativo de las importaciones, provenientes en su mayoría de Estados Unidos (USMEF, 2015). Lo anterior, en conjunto con la no aplicación de aranceles a la carne importada, son aspectos que dificultan el desarrollo de la ganadería bovina nacional, a pesar de la creciente demanda en el mercado interno, derivada en gran medida por el crecimiento de la población Mexicana (INEGI, 2016).

En general, la producción de bovinos de carne en México se hace de forma extensiva engordando en praderas y agostaderos o bien de forma intensiva en corrales de engorda. En 2004, la SAGARPA informó que alrededor del 35% de la carne comercial viene de corrales de engorda distribuidos por todo el país y que llevan sus animales a matanza en rastros Tipo Inspección Federal (SAGARPA, 2004).

En un estudio reciente, el ganado de carne que se comercializan a nivel nacional fue evaluado por Méndez et al. (2009) y observaron que en su mayoría son machos jóvenes sin castrar con algún grado de inclusión *Bos indicus* en sus cruza, lo que influye directamente sobre las características de calidad de la carne, como la suavidad y el marmoleo, ya que de manera generalizada, los machos jóvenes (sin tiempo para engrasar) sin castrar (la castración ayuda al engrasamiento) y la influencia

cebuína se asocian a la pobreza de la calidad de la carne, especialmente a la suavidad, que es una característica fundamental para la satisfacción del consumidor.

El concepto de calidad de carne comprende una combinación de los siguientes aspectos: a) las características organolépticas o sensoriales, tales como la suavidad, el sabor, el aroma, el color y la jugosidad; b) el valor nutricional afectado mayormente por la composición química de la carne, como proteínas, grasa, vitaminas, minerales y carbohidratos) las condiciones higiénico-sanitarias o que implican seguridad del alimento y vida de anaquel, además de las constantes químicas y físicas que presenta la carne como pH, capacidad de retención de agua, conductividad térmica y consistencia, entre otros (McCarthy *et al.*, 2003). Por otro lado son muchos los factores que influyen en la calidad de la carne tales como la influencia del tipo genético, el sexo, o la edad, aunque también pueden existir factores tales como la aplicación o no de promotores de crecimiento, el estrés ante-mortem, etc.

El objetivo de esta presentación es analizar la carne que se produce en el trópico mexicano en el contexto de calidad y los factores que la afectan.

CALIDAD DE LA CARNE

En términos generales el concepto de calidad de carne incluye aquellas características sensoriales (aroma, sabor, color, jugosidad y suavidad) que hacen de ésta un producto apetecible al consumo. Los factores que mas influyen en el aroma y en el sabor de la carne, son el nivel de grasa y la edad del animal. El color está fundamentalmente afectado por la edad, la alimentación y el manejo ante-mortem de los animales y el manejo post-mortem de la canal. En la suavidad, los factores que tienen un mayor impacto son la edad, el sexo, la alimentación, la raza, las condiciones de maduración y los métodos de cocinado, entre otros. De estos factores, la suavidad constituye el parámetro más importante con el que los consumidores en EEUU juzga la calidad de la carne (Boleman *et al.*, 1998), sin embargo en otros países como México, la suavidad no es lo mas importante (Delgado *et al.*, 2005). De hecho, la falta de homogeneidad en la producción de carne suave que presenta la industria cárnica a nivel mundial, ha sido la principal preocupación en el desarrollo de tecnología relacionada con el mejoramiento de la misma desde hace décadas (Savell y Shackelford, 1992). La inconsistencia en la suavidad se debe no solo a la incapacidad de producir de forma rutinaria carne adecuadamente suave, sino a la incapacidad para identificar aquellos animales que poseen una carne más dura y clasificarlas adecuadamente.

Una definición en la que claramente se involucra el tipo y las variables de la producción del animal

y sus consecuencias en la calidad fue la de Santrich (2006) que define la calidad de la carne bovina como “el conjunto de características logradas durante la producción y procesamiento que permiten brindar al consumidor un producto diferenciado con características que satisfacen sus expectativas”.

Abarcar todos y cada uno de los factores que influyen en la calidad de la carne escapa a los límites de este documento, por lo que este trabajo se ha enfocado hacia los aspectos mas relevantes e influyentes en la calidad de carne.

FACTORES QUE INFLUYEN EN LA CALIDAD DE LA CARNE

La experiencia del mercado en muchos países demuestra que la calidad para la mayoría de los clientes finales es fundamentalmente las características sensoriales de la carne; es decir, los atributos que se perciben con los órganos de los sentidos y que inciden en la disposición del consumidor a pagar un buen precio para repetir dicha experiencia.

Las características organolépticas se encuentran influenciadas por varios factores como la raza y edad del animal, el manejo *antemortem* y *postmortem* de las canales, características intrínsecas del músculo y tejido conectivo, la intensidad de la proteólisis de las fibras musculares y la temperatura de cocción de la carne (Prändl et al., 1994; Huffman *et al.*, 1996). Los factores inherentes al propio animal, como la composición tisular, el sexo o la edad a la matanza son altamente influyentes en la calidad final del producto.

Influencia de la composición muscular

La carne mexicana se compone de agua (69-73%), proteínas (21-22%), colágeno (9.7-12 mg/g) grasa (3-6%) y carbohidratos (0.5-1%) principalmente (Delgado et al., 2005). Todos estos componentes influyen en la calidad. En particular, la suavidad de la carne se afecta directamente por la cantidad de tejido conectivo, la cantidad de grasa intramuscular y por la degradación de la fibra (proteica) muscular (Barton-Gade *et al.*, 1988, Smith, 2001). La degradación de la estructura muscular ocurre después de muerto el animal y puede durar un largo periodo siempre que la carne no se contamine y acabe pudriéndose.

Entre las proteínas que mas influyen en la calidad están las citoplasmáticas. Las enzimas citoplasmáticas son las responsables del proceso de maduración (o ablandamiento post-mortem) y

están clasificadas en dos sistemas proteolíticos: catepsinas (lisosomales) y proteasas calcio-dependientes (CDP I-II) o calpeinas (en citosol) (Koohmaraie et al., 1984; Asghar & Bhatti, 1987). Hay que resaltar la presencia de inhibidores, propios del músculo, que controlan la proteólisis y que tienen una activa participación en la degradación postmortem (calpestatinas). Se ha demostrado que el ganado con mas de 25% de *Bos indicus* tiene mayor cantidad de inhibidores de las calpeínas por lo que a la carne proveniente de estos animales se le dificulta el reblandecimiento natural de la carne. En el capítulo sobre genética se explica mas a fondo este concepto.

Por otro lado, al aumentar la cantidad de colágeno (otra proteína muscular) aumenta la dureza de la carne. La cantidad de colágeno en el músculo depende básicamente de la actividad muscular del mismo. Los músculos de gran actividad o aquellos sometidos a mucho esfuerzo contienen mayores cantidades de tejido conjuntivo que aquellos de menor actividad (Ramsbottom et al., 1945). También, al disminuir la solubilidad del colágeno la dureza de la carne aumenta. El incremento en la insolubilidad del colágeno es causado por el aumento del número de "enlaces cruzados" en la molécula de colágeno (Hill, 1966). Un aumento del colágeno insoluble lleva a un aumento de la dureza, pero eso esta relacionado con el avance de la edad de los animales. Afortunadamente el sistema de producción de carne en México se basa en animales jóvenes, por lo que la insolubilidad del colágeno no es algo que nos preocupe en la calidad de la carne mexicana.

De la composición tisular, el marmoleo o tejido adiposo intramuscular se considera como el componente determinante de la jugosidad de la carne al combinarse los lípidos durante la masticación (Judge et al., 1989), aunque Nishimura et al. (1999) y Soria y Corva (2004) y muchos otros trabajos (Jeremiah 1978, Wheeler et al., 1994, Jones y Tatum, 1994, Fiems et al., 2000) revelan que sólo del 10 al 15% de las características de palatabilidad se puede atribuir al marmoleo; estos autores muestran también que el marmoleo explica aproximadamente del 5 al 15% de la variación de la suavidad en el músculo Longissimus toracico y lumbar. Nishimura et al. (1999) han sugerido que este tejido hace la carne más suave al disminuir la dureza en las uniones de las fibras de colágeno del perimio, debido a que el desarrollo de la grasa intramuscular modifica la organización (panal de abeja) del tejido conectivo, haciéndolo más delgado y frágil. De ahí que la acumulación de lípidos en este depósito es un carácter muy deseado y tiene gran influencia en la determinación del valor de la carne. Esta característica se encuentra incluida en los sistemas de graduación y clasificación de canales en países como Japón, Australia y Estados Unidos, donde es

considerado el principal predictor de palatabilidad (Strong, 2004). Es importante resaltar el impacto que tiene el marmoleo sobre el sabor y la jugosidad de la carne, ya que durante la masticación se produce un efecto de lubricación, lo cual estimula la salivación dando la sensación de jugosidad al consumidor (Thompson, 2004).

Influencia de la raza.

La producción de ganado bovino en México ocupa todo el territorio bajo diversas condiciones climáticas. A lo largo de los años, esto ha llevado a la búsqueda de animales que se adapten a estos tipos de climas, lo que ha generado una numerosa variedad en cruza, lo que ha derivado en que la carne actual provenga de ganado con una gran diversidad genética. Numerosos estudios reportan las ventajas en la producción y reproducción de los animales provenientes del cruzamiento de razas *Bos indicus* con ganado europeo para la adaptación a ambientes semitropicales (Johnston *et al.*, 2003; Johnson *et al.*, 1990). Las razas bovinas son parte de dos grandes troncos genéticos *B. indicus* y los *B. Taurus* (Ensminger y Perry, 1997). En el estudio de Méndez *et al.* (2009) se reporta que el 90% de las canales de bovinos que van al abasto tienen algún componente de *B. indicus*. Muchos autores (Koohmaraie *et al.*, 1990, 1995; Wheeler *et al.*, 1994, Barendse *et al.*, 2008; Café *et al.*, 2010, entre otros) coinciden en que la carne proveniente de razas *Bos taurus* es más suave que la proveniente de razas *Bos indicus* al mostrar valores menores de Warner Bratzler (fuerza de corte) y en paneles sensoriales; adicionalmente a esto, los valores de fuerza de corte en el músculo *Longissimus* se incrementan conforme la inclusión del genotipo *Bos indicus* incrementa en las cruza (Crouse *et al.*, 1989, Johnson *et al.*, 1990).

Además se ha comprobado que los genotipos con gran influencia de *Bos indicus* tienen muy poca habilidad para depositar grasa intramuscular (Carpenter *et al.*, 1961; Peacock *et al.*, 1979; Huffman *et al.*, 1990; O'Connor *et al.*, 1997) y producen carne con mayor dureza que las razas en que predomina el *Bos taurus*. En un principio se pensó que el bajo contenido de grasa intramuscular era la causa de los problemas de dureza que presentaba la carne que producían estos animales. Investigaciones posteriores vincularon este fenómeno con la elevada actividad de la calpastatina que posee el genotipo *Bos indicus*, lo que podría causar un retraso del ablandamiento natural de la carne durante la maduración (Wheeler *et al.*, 1989; Wheeler *et al.*, 1990a,b; Whipple *et al.*, 1990; Sherbeck *et al.*, 1995; Pringle *et al.*, 1997; Bidner *et al.*, 2002).

Wheeler *et al.* (1990b) estudiaron los mecanismos asociados con la variación de la suavidad de la carne en ganado de las razas Brahman y Hereford. En este estudio, tanto las mediciones subjetivas

(panel sensorial) como objetivas (fuerza de corte) evidenciaron que la carne proveniente de la raza Brahman tenía una mayor dureza. En estudios experimentales donde se compara la suavidad de lomos procedentes de cruas *Bos indicus* con inclusión $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$ y $\frac{3}{4}$ y lomos procedentes de razas *Bos taurus*, se ha demostrado que no ha habido diferencias significativas en la fuerza de corte cuando la inclusión de *Bos indicus* es menor a $\frac{1}{4}$ (Johnson *et al.*, 1990), es decir, una inclusión de *Bos indicus* por arriba del 25 % se reflejará en carne más dura.

Influencia del sexo

En general, las principales diferencias a partir de los 12 meses entre animales enteros y castrados son, que los primeros producen carne mas dura, mas oscura y con menos grasa subcutánea e intramuscular. En los animales enteros la cantidad de colágeno insoluble es mayor que en los castrados, manifestándose en un detrimento en la calidad de la carne (Cross *et al.*, 1983). Albaugh *et al.* (1975) comprobaron que las canales de animales (16-17 meses) castrados era menos pesada y mas engrasada que las de los enteros; sin embargo, no hallaron diferencias en la cantidad de GIM ni en la madurez entre ambos. En cuanto a las características de palatabilidad, jugosidad, aroma y fuerza de corte, tampoco encontraron diferencias entre los dos grupos, aunque la carne de los animales castrados tendió a obtener una mejor puntuación que la de los enteros. Sin embargo, cuando las muestras fueron evaluadas por un panel entrenado, la carne de los castrados resultó significativamente mas tierna que la de los enteros (Albaugh *et al.*, 1975). En México se tiene predilección a producir machos enteros en lugar de hembras o castrados, ya que si llegan con un peso mayor al rastro, los machos tendrán una ventaja económica mayor sobre las hembras o los castrados. Además, la carne de las hembras tiene una mayor cantidad de grasa, ya que les es más fácil depositar grasa intramuscular (mayor grado de marmoleo), mayor cantidad de grasa subcutánea y un menor rendimiento en la canal Méndez *et al.* (2009), mientras los machos tienen una mayor rendimiento en la canal y menor grasa (Méndez *et al.*, 2009).

Influencia de los días en corral con dietas de alta energía

Los días de engorda influyen en la cantidad de grasa depositada en la canal (visceral, subcutánea, intermuscular e intramuscular) y esta cantidad modifica la calidad final de la carne (especialmente la subcutánea y la intramuscular). Miller *et al.* (1987) descubrieron que la carne de los animales alimentados con dieta alta en energía resultaba mas tierna que la de los animales alimentados con dieta de baja energía. Además confirmaron una mejora en la suavidad de la carne conforme

aumentan de 0 a 56 los días en dieta de alta energía. Schnell *et al.* (1997) describieron que al incrementarse los días de finalización en corral el tejido graso se incrementa. Camfield *et al.* (1997), Short *et al.* (1999) y May *et al.* (1992) reportaron que el contenido de colágeno soluble en el músculo incrementa conforme se incrementan los días de finalización del ganado y con esto aumenta la suavidad. Schnell *et al.* (1997) encontró que la carne en canal es más firme al tacto conforme se incrementan los días de finalización en corral ya que el contenido de humedad en los tejidos blandos decrece y el contenido de tejido graso incrementa en periodos mayores de engorda. En México, dependiendo de la región, los animales se mantienen en dietas de engorda en corral un rango de 70 a 150 días, lo cual no es suficiente para que animales, con tan alto encastamiento indicus, puedan depositar suficiente grasa intramuscular para que se mejore la calidad de la carne.

Influencia de la edad de matanza

Diversos autores han mencionado que los atributos sensoriales de la carne empeoran a medida que el animal envejece (Romans *et al.*, 1965; Walter *et al.*, 1965; Breidenstein *et al.*, 1963 Berry *et al.*, 1974; Mojto *et al.*, 2009). El color de la carne tiende a ser más oscuro conforme la edad del animal incrementa (Plessis, Hoffman, 2007) debido a que los músculos de animales maduros contienen mayor cantidad de mioglobina (Cassens, 1994); además la carne es más dura a mayor edad de los animales (Plessis y Hoffman, 2007, Hill, 1966, Bailey, 1985, McCormick, 1994, Maltin *et al.*, 1998, Cross *et al.*, 1973) esto debido al incremento de la insolubilidad del colágeno a medida que el animal envejece; sin embargo, Shackelford *et al.* (1995) no encontraron diferencias en los valores de fuerza de corte en hembras de un año y dos años. Maltin *et al.* (1998) reportaron que el contenido de grasa intramuscular aumenta conforme incrementa la edad al sacrificio en machos enteros al igual que el incremento del área del ribeye (Bertelli *et al.*, 2011). En México, los animales que pasaron por corral llegan a la matanza jóvenes (18-22 meses) por lo que la calidad se ve favorecida por este factor (Méndez *et al.*, 2009).

Influencia de la maduración post-mortem

La maduración consiste en mantener la carne (obtenida bajo condiciones inocuas, cumpliendo las buenas prácticas de manufactura, empaque limpio y envasado al vacío), en refrigeración durante un periodo variable durante el cual el músculo sufre una serie de cambios físico-químicos derivando en la degradación proteica. La literatura cita que para bovinos, el tiempo necesario y al

que se alcanza el mayor valor de cambio en la suavidad es a los 14 días postmortem (Koohmaraie y Geesink, 2006); sin embargo, existen autores que prolongan este periodo hasta los 21 días (O'Connor, *et al.*, 1997). Se ha citado que como resultado de la maduración a 10 días en lomos de bovino con cruza $\frac{1}{4}$ Bos indicus existe un descenso de los valores de fuerza de corte de un 27%-37%, y cruza con $\frac{1}{2}$ y $\frac{3}{4}$ decrecen 9.4% y 16.7% respectivamente (Johnson *et al.*, 1990). En estudios con paneles sensoriales se ha determinado que los miembros del panel reportan carne más suave y menos tejido conectivo al comer carne madurada (Johnson *et al.*, 1990), por lo que el efecto de esta práctica no sólo es detectable en laboratorio mediante la medición de fuerza de corte Warner-Bratzler, sino que también es una característica detectada por el consumidor. En México la práctica de la maduración no está extendida, en los últimos años se ven en algunos supermercados la maduración en seco de cortes finos. En un reciente estudio realizado por el equipo de Ciencia de la Carne de la FMVZ de la UNAM, usando carne comercial mexicana, se encontró que del día 1 al 3 de maduración la fuerza de corte inicial (7.15 kg) disminuyó 1.21 kg, lo que representa un 41.2 % de la suavidad; sin embargo, del día 3 al 14 solo se disminuyó la fuerza de corte en un 18 % (0.53 kg) y del día 14 al 21 hubo otro gran descenso de 41 % (1.2 kg), teniendo la carne madurada una fuerza de corte final de 4.21 kg (Ruíz, 2016). Como pueden observar, la carne presenta valores de fuerza de corte muy por encima de lo que se reporta como suave en la literatura, incluso después de 21 días de maduración.

CALIDAD DE LA CARNE MEXICANA

Existen estudios en los que se describe la calidad de la carne producida en México así como los atributos de calidad de las canales producidas en el país.

Delgado *et al.* (2005) comparan la composición y calidad de la carne mexicana con muestras de carne importada Choice y sin sello, comercializadas en el mercado formal mexicano. Ellos describen que la calidad de la carne nacional es muy variable, por ejemplo en la región norte la carne presenta los mayores niveles de suavidad (fuerza de corte y evaluación sensorial), lo que la hace muy similar a la carne Choice importada, pero con menor contenido de grasa. En las regiones centro y sur del país, la carne presenta indicadores de calidad más pobres, con bajo contenido de grasa y menor suavidad. Es importante mencionar que la cantidad de grasa intramuscular o marmoleo en la carne es similar en las tres regiones, lo que indica que la carne magra presenta una buena aceptación entre los consumidores mexicanos.

En otro estudio, Rubio *et al.* (2007) evaluaron y compararon la composición química y características sensoriales de dos tipos de músculos de canales provenientes de México y EU, obteniendo que los músculos importados de EU contenían mayor cantidad de grasa intramuscular, menores valores de fuerza de corte y mayor aceptabilidad entre los consumidores que las muestras de carne nacional, las cuales resultaron ser menos jugosas, menos suaves y menos deseables.

Consistentemente se ha confirmado que las razas de origen *indicus* producen carne menos suave que las razas europeas (Marshall, 1999; Shackelford *et al.*, 1995; Koohmaraie, 1996). Este aspecto de relación entre genética y suavidad es de gran relevancia para países como México, debido a la necesidad de explotar este tipo de ganado por cuestiones agroclimáticas. Al respecto, Chávez *et al.* (2012) reportaron menores valores de fuerza de corte en diferentes músculos del cuarto delantero en ganado Charolais con respecto a animales Brahman destinados al consumo de carne en México. Méndez *et al.* (2009) evaluaron la calidad y atributos de rendimiento de las canales que se comercializan a nivel nacional, y obtuvieron que más del 90% del ganado bovino que se comercializa en el país presenta algún grado de inclusión *Bos indicus* en sus cruas, lo que influye directamente sobre las características de calidad de la carne, como la suavidad y el marmoleo. La influencia cebuina se asocia a la pobreza de la calidad de la carne, especialmente para la suavidad, que es una característica fundamental para la satisfacción del consumidor. González *et al.* (2010) encontraron que el contenido de humedad y el porcentaje de pérdida por cocción de muestras de carne nacional e importada no son diferentes; sin embargo, los valores de contenido de grasa fueron mayores y los valores de fuerza de corte menores, en la carne importada en comparación con la de origen nacional. Además concluye, que la carne de bovino de producción nacional tiene composición química que satisface a los consumidores mexicanos, sobre todo por su bajo contenido de grasa; no obstante existen grandes puntos de oportunidad para mejorar su calidad.

En un estudio realizado por el equipo del Laboratorio de Ciencia de la Carne de la FMVZ de la UNAM encontró que el color de la carne es más oscuro (lo cual coincide con Albetí *et al.*, 1993) y el color de la grasa es mas amarillo a medida que la inclusión de *Bos indicus* incrementa en las cruas (Jiménez, 2013). En el mismo estudio encontraron que el marmoleo de la carne fue significativamente menor a medida que el porcentaje de inclusión *B. indicus* incrementó en las cruas, lo cual coincide con lo publicado por Huffman *et al.* (1990) y O'Connor *et al.* (1997). Además, los valores de fuerza de corte para el grupo de animales ½ Cebú fueron los más bajos, por otra parte, la carne de animales 100% Cebú mostró tendencia a mayor dureza aunque no se observó

diferencia significativa de este grupo en comparación con los animales con cruzas $\frac{3}{4}$ y $\leq \frac{1}{4}$ Cebú. Por último, Jiménez (2013) menciona que el grosor de la grasa disminuye ($P < 0.05$) a medida que la inclusión de *Bos indicus* es mayor en las cruzas. Es sabido que las cruzas bovinas con porcentajes altos de inclusión *Bos indicus* depositan menos grasa en comparación con aquellas de mayor porcentaje *Bos taurus* (Carpenter et al., 1961; Peacock et al., 1979; Huffman et al., 1990; O'Connor et al., 1997).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Albaugh A, Carroll FD, Ellis KW, Albaugh R. 1975. Comparison of carcasses from steers, short scrotum bulls and intact bulls. *Journal of Animal Science*, 41(6): 1627-1631.

Albertí P., Sañudo C., Santolaria P., Lahoz F., Jaime J. y Tena R. 1993. Calidad de la canal y de la carne de terneros cebados con dieta de paja tratada. *ITEA*. 12: 640-642.

Asghar, A. and Bhatti, A.R.: Endogenous proteolytic enzymes in skeletal muscle: Their significance in muscle physiology and during postmortem aging events in carcasses. *Adv. Food Res.*, 31:343 (1987).

Bailey AJ. 1985. The role of collagen in the development of muscle and its relationship to eating quality. *J. Anim. Sci.* 60: 1580-1587.

Barendse W.J., Harrison B.E., Bunch R.J. y Thomas M.B. 2008. Variation at the calpain 3 gene is associated with meat tenderness in zebu and composite breeds of cattle. *BMC Genet*; 9:41.

Barton-Gade, P.A., H.R. Cross, J.M. Jones y R.J. Winger. 1988. Factors affecting sensory properties of meat. *Meat Science, Milk Science and Technology*. 5:165.

Berry BW., Smith GC., Carpenter ZL., 1974. Beef carcass maturity indicators and palatability attributes. *J. Anim. Sci.*, 38: 507.

Bertelli SP., Felicio PE. 2011. Moisture and fat content, marbling level and color of boneless rib cut from Nellore steers varying in maturity and fatness. *Meat Science*, 87: 7-11.

Bidner TD., Wyatt WE., Humes PE., Franke DE., Blouin DC. 2002. Influence of Brahman-derivate breeds and Angus on carcass traits, physical composition, carcass pH and temperatures and palatability. *J. Anim. Sci.*, 80:997-1004.

Boleman SL., Morgan WW., Hale DS., Griffin DB., Savel JW. 1998. Natinal beef quality audit 1995: survey of producer-related defects and carcass quality and quantity attributes. *J. Anim. Sci.*, 76: 96-103.

Café L.M., McIntyre B.L., Robinson D.L., Geesink G.H., Barendse W. y Greenwood P.L. 2010. Production and processing studies on calpain system gene markers for tenderness in Brahman cattle: 1. Growth, efficiency, temperament and carcass characteristics. *J. Anim. Sci.* 88: 3047-3058.

Camfield PK, Brown AH Jr, Lewis PK, Rakes LY, Johnson ZB. 1997. Effects of frame size and time-on-feed on carcass characteristics, sensory attributes, and fatty acid profiles of steers. *Journal of Animal Science*, 75:1837–1844.

Carpenter ZL., AZ Palmer, WG Kirk, FM Peacock, M. Koger. 1961. Slaughter and carcass characteristics of Brahman and Brahman-Shorthorn crossbred steers. *J. Anim. Sci.*, 20:336-340.

Cassens RG. 1994. Meat preservation. Preventing losses and assuring safety. Food and Nutrition Press. USA 11-31

Chávez A., Pérez E., Rubio MS., Méndez RD., Delgado EJ., Díaz D. 2012. Chemical composition and cooking properties of beef forequarter muscles of Mexican cattle from different genotypes. *Meat Sci* 91: 160-164

Cross HR., Carpenter ZL., Smith GC. 1973. Effects of intramuscular collagen and elastin on bovine muscle tenderness. *J. of Food Science*, 49: 1021.

Crouse, J.D., Cundiff L.V., Koch R.M., Koohmaraie M. y Seideman S.C. 1989. Comparisons of *Bos indicus* and *Bos taurus* inheritance for carcass beef characteristics and meat palatability. *J. Anim. Sci.* 67:2661.

Delgado EJ, Rubio MS, Iturbe FA, Méndez RD, Cassís L, Rosiles R. Composition and quality of Mexican and imported retail beef in México, *Meat Science* 2005; 69: 465–471

Ensminger ME., Perry RC. 1997. Beef cattle science Animal Agriculture series. Seventh Edition. Interstate Publishers Inc. Danville, 1104 pp.

Fiems L.O., De Campeneere S, De Smet S., Van de Voorde G., Vanacker J.M. Boucque Ch. V. 2000. Relationship between fat depots in carcasses of beef bulls and effect on meat colour and tenderness. *Meat Science* 56: 41-47.

González R.H., Ramos P.A., Valenzuela M., Zamorano G.L., Cumplido B.G., González M.N., Huerta-Leidenz L. 2010. Comparison of physical, chemical and sensorial characteristics between U.S. Imported and Northwestern México Retail. *J. of Food Sci.* 9: C747-C752.

Hill F. 1966. The solubility of intramuscular collagen in meat animals of various ages. *J. of Food Sci.*, 31:161-166.

Huffman KL, Miller MF, Hoover LC, Wu CK, Brittin HC & Ramsey CB. 1996. Effect of beef tenderness on consumer satisfaction with steaks consumed in the home and the restaurant.

Huffman RD., Williams SE., Hargrove DD., Johnson DD., Marshall TT. 1990. Effects of percentage Brahman and Angus breeding, age-season of feeding and slaughter endpoint on feedlot performance and carcass characteristics. *J. Anim. Sci.*, 68: 2243-2252.

INEGI. 2007. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Carta de Uso del Suelo y Vegetación Serie IV (2007), escala 1: 250 000. México. <http://www.beta.inegi.org.mx>.

INEGI. 2016. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. <http://www.beta.inegi.org.mx/app/indicadores/?ind=6204131147&ag=00>.

Jeremiah L.E. 1978. A review of factors affecting meat quality. Tech. bull 1. Research station, Lacombe, Alberta , Canada.

Jiménez Herrera P. Efecto de los días de engorda, el tipo racial y la edad de los animales sobre la calidad de la carne de bovino en México. Tesis de Maestría. FMVZ-UNAM. 13 agosto 2014. <http://132.248.9.195/ptd2014/agosto/301050715/Index.htmlTexto>

Johnston D.J., Reverter A., Ferguson D.M., Thompson J.M. y Burrow H.M. 2003. Genetic and phenotypic characterization of animal, carcass, and meat quality traits from temperate and tropically adapted beef breeds. Meat quality traits. *Australian Journal of Agricultural Research*. 54: 135-147.

Jones B.K. y Tatum J.D. 1994. Predictors of beef tenderness among carcasses produced under commercial conditions. *J. Anim. Sci.* 72:1492-1501.

Judge, M. D., E. D. Aberle, J. C. Porrest, H. B. Hedrick and R A. Merkel. 1989. Principles of Meat Science (2nd Ed.). pp 125-133. Kendall-Hunt Publishing Co., Dubuque, LA.

Koohmaraie, M., Kennick, W.H., Elgasim, E.A. and Anglemeier, A.F.: Effect of post-mortem storage on muscle protein degradation: Analysis by SDS-polyacrylamide gel electrophoresis. *J. Food Sci.*, 49:292 (1984).

Koohmaraie M y Geesink G, 2006. Contribution of postmortem muscle biochemistry to the delivery of consistent meat quality with particular focus on the calpain system. *MeatSci* 74, 34-43.

Koohmaraie M. 1996. Biochemical factors regulating the toughening and tenderization processes of meat. *Meat Sci.* 43:193-201.

Maltin CA., Sinclair KD., Warriss PD., Grant CM., Porter AD y Delday MI. 1998. The effects of age at slaughter, genotype and finishing system on the biochemical properties, muscle fibre type characteristics and eating quality of bull beef from suckled calves. *Anim. Sci.* 66: 341-348.

Marshall DM. 1999. Genetics of meat quality. In: The genetics of cattle. R.F Fries and A. Ruvinsky (Ed.). CABI Publishing. New York. 605 p.

May SG., Dolezal HG., Gill DR., Ray FK., Buchanan DG. 1992. Effects of days fed, carcass grade traits and subcutaneous fat removal on post mortem muscle characteristics and beef palatability. *J. Anim. Sci.*, 70: 444-453.

McCarthy M, De Boer M, O'Reilly S, Cotter L. 2003. Factors influencing intention to purchase beef in the Irish market. *Meat Sci.* 65: 1071-1083.

McCormick RL. 1994. The flexibility of the collagen compartment of muscle. *Meat Sci.* 30: 79-91.

Méndez R.D., Meza C.O., Berruecos J.M., Garcés P., Delgado E.J., Rubio M.S. 2009. A survey of beef quality and quantity attributes in México. *J. Anim. Sci.* 87: 3782-3790.

Miller, R.K., Cross, H.R., Crouse, J.D. and Tatum, J.D.: The influence of diet and time on feed on carcass traits and quality. *Meat Sci.*, 19:303 (1987).

Mojto J., Zaujec K. y Gondeková M. 2009. Effect of age at slaughter on quality on carcass and meat in cows. *Journal of Meat Science.* 42: 34-37.

Nishimura T, Hattori A, Takahashi K. 1999. Structural changes in intramuscular connective tissue during the fattening of Japanese Black cattle: effect marbling on beef tenderness. *J Anim Sci.* 77: 93-104.

O'Connor S.F., J.D. Tatum, D.M. Wulf, R.D. Green y G.C. Smith. 1997. Genetic effects of beef tenderness in *Bos indicus* composite and *Bos taurus* cattle. *J. Anim. Sci.* 75:1822-1830.

Peacock FM., Palmer AZ., Carpenter WJ., Koger M. 1979. Breed and heterosis effects of carcass characteristics of Angus, Brahman, Charolais and crossbred steers. *J. Anim. Sci.*, 49:391-395.

Plessis I., Hoffman LC. 2007. Effect of slaughter age and breed on the carcass traits and meat quality of beef steers finished on natural pastures in the arid subtropics of South Africa. *J. Anim. Sci.* 37 (3).

Prändl O, Fischer A, Schmidhofer T, Sinell HJ. Tecnología e higiene de la carne. Editorial Acribia, 1994: 101-111.

Pringle TD., William SE., Lamb BS., Johnson DD., West RL. 1997. Carcass characteristics, the calpain proteinase system, and aged tenderness of Angus and Brahman crossbred steers. J. Anim. Sci., 75: 2955-2961.

Ramsbottom, J.M., Strandine, E.J. and Koonz, C.M.: Comparative tenderness of representative beef muscles. Food Res., 10:497 (1945).

Riley RR. Savell JW., Murphey SE., Smith GC., Stiffler DM., Cross HR. 1983. Palatability of beef from steers and young bull carcasses as influenced by electrical stimulation, subcutaneous fat thickness and marbling. J. Anim. Sci., 56: 592-597.

Romans JR., Tuma HJ., Tucker WL. 1965. Influence of carcass maturity and marbling of the physical and chemical characteristics of beef. I. Palatability, fiber diameter and proximate analysis. J. Anim. Sci., 79: 1814-1820.

Rubio M.S., Méndez R.D., Huerta-Leidenz N. 2007. Characterization of beef semimembranosus and adductor muscles from US and Mexican origin. Meat Sci. 76: 438-443.

Ruíz López, Fco. Estudio del proceso de maduración en carne de res mexicana. Tesis de Maestría. FMVZ-UNAM, 2016.

Santrich Vacca D. 2006. Evaluacion de la calidad y composicion quimica de la carne de res proveniente de animales de dos grupos de edad en puerto rico. Tesis Maestro En Ciencias Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad De Puerto Rico.

Savell JW y Shackelford SD. 1992. Significance of tenderness to the meat industry. Proc. Recip. Meat Conf, 1992

Schnell TD., Belk KE., Tatum JD., Miller RK., Smith GC. 1997. Performance, carcass, and palatability traits for cull cows fed high-energy concentrate diets for 0,14,28, 42 and 56 days. J. Anim. Sci. 75: 1195-1202.

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2004. Evaluación Nacional de Procesos 2003-2004.

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2006. Situación actual y perspectiva de la producción de carne de bovino 2006. Disponible en:

<http://www.sagarpa.gob.mx/ganaderia/Publicaciones/Lists/Estudios%20de%20situacin>

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación

(SAGARPA). 2010. Estadísticas. Disponible en:
<http://sagarpa.gob.mx/ganaderia/Estadisticas/Paginas/default.aspx>

SEMARNAT, 2012. Ecosistemas terrestres.
http://apps1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_12/pdf/Cap2_ecosistemas.pdf

Shackelford S. D., T. L. Wheeler and M. Koohmaraie, 1995. Relationship between shear force and trained sensory panel tenderness ratings of 10 major muscles from *Bos indicus* and *Bos taurus* cattle. 1995. Journal of Animal Science, Vol 73, Issue 11 3333-3340.

Shackelford S.D., M. Koohmaraie, M.F. Miller, J.D. Crouse y J.O. Reagan. 1991. An evaluation of tenderness of the longissimus muscle of Angus by Hereford versus Brahman crossbred heifers. J. Anim. Sci. 69:171

Sherbeck JA., Tatum JD., Field TG., Morgan JB., Smith GC. 1995. Feedlot performance carcass traits and palatability traits of Hereford and Hereford x Brahman steers. J. Anim. Sci., 73:3613-3620.

Short RE., Grings EE., MacNeil MD., Heitschmidt RK., Williams CB y Bennet GL. 1999. Effects on sire growth potential, growing finishing strategy and time on feed on performance, composition and efficiency of steers. J. Anim. Sci. 77: 2406-2417.

Smith G.C. 2001. Global sources of, and markers for, beef (and perhaps, for buffalo meat); factors affecting palatability of beef and of meat from the water buffalo. VI World Buffalo Congress. 172-201.

Soria LA y Corva PM. 2004. Factores genéticos y ambientales que determinan la suavidad de la carne bovina. Arch. Latinoam. Prod. Anim.12(2): 73-88.

Strong J. 2004. Differences in carcass grading schemes used in the USA, Japan and Australia. Aust J Exp Agric. 44: 675-680.

Thompson JM 2004. The effects of marbling on flavour and juiciness scores of cooked beef, after adjusting to a constant tenderness. Australian Journal of Experimental Agriculture 44(7) 645 - 652

United State Meat Export Federation. USMEF, 2015.
<http://www.usmef.org/international> markets/mexico/.

Walter MJ., Goll DE., Kline EA., Anderson LP., Carlin AF. 1965. Effects of marbling and maturity of beef muscle characteristics. I. Objective measurements of tenderness and chemical properties. Food Technology, 19: 841.

Wheeler T.L., J.W. Savell, H.R. Cross, D.K. Lunt y S.B. Smith. 1990. Mechanisms associated with the variation in tenderness of meat from Brahman and Hereford cattle. *J. Anim. Sci.* 68:4206.

Wheeler TL, Cundiff LV, Shackelford SD, Koohmaraie M. 2001. Characterization of biological types of cattle (Cycle V): carcass traits and longissimus palatability. *Journal of Animal Science*, 79: 1209–1222.

Wheeler TL., Davis GW., Clark JR., Ramsey CB., Ruourke TJ. Composition and palatability of early and late maturing beef breed types. 1989. *Journal Anim. Sci.* 67(1): 142-151 pp.

Wheeler TL., L. V. Cundiff and R. M. Koch, 1994. Effect of marbling degree on beef palatability in *Bos taurus* and *Bos indicus* cattle.. *Journal of Animal Science*, Vol 72, Issue 12 3145-3151.

Whipple G., M. Koohmaraie, M. E. Dikeman, J. D. Crouse, M. C. Hunt and R. D. Klemm, 1990. Evaluation of attributes that affect longissimus muscle tenderness in *Bos taurus* and *Bos indicus* cattle. *Journal of Animal Science*, Vol 68, Issue 9 2716-2728.

SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUCCIÓN AGROPECUARIA SIPA TODOS LOS MOTIVOS PARA INICIARLOS

José Alexandre Agiova da Costa^{*1}, Esaú Pérez Luna², Sergio Giovanni Espinosa Villafuerte³, Armino Neivo Kichel¹, Fernando Alvarenga Reis¹

¹Empresa Brasileira de pesquisa Agropecuária – Embrapa. Av. Rádio Maia nº 830, Zona Rural, CEP 79106-550, Campo Grande, MS.

²Universidad Autónoma de Chiapas-Facultad de Ciencias Agronómicas. esau_0115@hotmail.com

³Centro Agropecuario de Capacitacion y Desarrollo Sustentable CACyDS, Chiapas. sergio.zootecnista82@gmail.com

*Autor correspondente: alexandre.agiova@embrapa.br

INTRODUÇÃO

Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) são estratégias de produção sustentáveis que integram atividades agrícolas, pecuárias e florestais, realizadas na mesma área, em cultivo consorciado, em sucessão ou rotação, buscando efeitos sinérgicos entre os **componentes** do agroecossistema, contemplando a adequação ambiental, a valorização do homem e a viabilidade econômica (Balbino *et al.*, 2011; Kichel *et al.* 2012).

Um dos grandes motivos para a implantação de sistemas de ILPF é a otimização do sistema de uso da terra proporcionada pelo seu uso, que aumenta a produtividade, a qualidade do produto, a qualidade ambiental e a competitividade, sem a necessidade de desmatar novas áreas de florestas nativas. A capacidade de aumentar a produtividade concomitante à conservação será atingida se o manejo dos compartimentos solo-planta-animal estiverem planejados para permitir a ocorrência das interações sinérgicas que são potencialmente capazes de ocorrer (Anghinoni *et al.*, 2012).

A sustentabilidade, outro grande motivo para implantar sistemas integrados, é verificada, segundo Balbino *et al.* (2011), quando atingidos os seguintes **pressupostos**: tecnicamente eficiente; ambientalmente adequado; economicamente viáveis; e socialmente aceito.

Os sistemas integrados são tecnicamente eficientes por preconizarem intervenções agronômicas e zootécnicas baseadas nas condições edafoclimáticas indicadas nas **ecorregiões**, utilizando-se de várias tecnologias sustentáveis de baixa emissão de carbono, desenvolvidas para as condições tropicais e subtropicais para a agropecuária de que o Brasil dispõe (Brasil, 2012), reuplicável nas adequações ambientais de outras localidades. As principais condições na definição de um sistema integrado de produção, que devem ser consideradas ao nível da fazenda são as condições físico-químicas do solo, a topografia, a distribuição pluviométrica, a variação de temperatura e a

exposição do terreno à luminosidade, não menos importante estão a água disponível em quantidade e qualidade adequadas para a dessedentação dos animais e para uso eventual em irrigação.

São ambientalmente adequados porque estimulam o uso de técnicas recomendadas de manejo e conservação do solo e da água; manejo integrado de insetos-praga, de moléstias e plantas daninhas; respeito à capacidade de uso da terra, ao zoneamento climático agrícola e ao zoneamento agroecológico. Promovem a redução da pressão para abertura de novas áreas para produção agropecuária (efeito poupa-terra), Martha Junior; Vilela (2009); a diminuição da emissão de dióxido de carbono (CO₂); o sequestro de carbono; o estímulo ao cumprimento da legislação ambiental (Embrapa, 2017); a preservação dos serviços ambientais; a adoção de boas práticas agropecuárias (BPA) (Valle, 2011); o conforto animal (Pires; Paciullo, 2015), a certificação da produção (Carne Carbono Neutro, Alves *et al.*, 2015), e a ampliação do balanço energético positivo pelo uso dos sistemas.

A viabilidade econômica da ILPF está vinculada a alguns fundamentos básicos como a otimização dos recursos disponíveis à produção (terra, maquinários, mão-de-obra), a sinergia entre as atividades de produção vegetal e animal (utilização de resíduos agrícolas, fixação de nitrogênio pelas leguminosas, reciclagem de nutrientes, aumento da capacidade de uso do solo); diversificação das receitas econômicas (produção e comercialização de grãos, carne, leite, biocombustível, fibras e madeira); redução do custo total de produção (melhor uso da infraestrutura, menor demanda por insumos agrícolas, com redução dos custos decorrentes da utilização dos resíduos agrícolas na alimentação animal e da oferta de pastagens de melhor qualidade); aumento da receita líquida (lucro) do sistema, devido ao aumento das receitas e a redução dos custos totais; maior produtividade total dos fatores (Villafuerte, 2016), maior estabilidade temporal da receita líquida diante das externalidades (Silva, 2015); e dinamização de vários setores da economia, principalmente a regional.

No aspecto social diferentes peculiaridades tornam a ILPF aceita, entre as quais destacam-se: possibilidade do sistema ser empregado por qualquer produtor rural, independentemente do porte da propriedade (pequena, média ou grande); ampliação da inserção social pela melhor distribuição de renda e maior geração de empregos; aumento real da renda do produtor rural; melhoria da imagem da produção agropecuária e dos produtores perante o público urbano, pois concilia atividade produtiva e preservação do meio ambiente; aumento da competitividade do agronegócio; redução do êxodo rural; e estímulo à qualificação profissional.

Os tipos de sistemas de ILPF disponíveis para sua escolha

Os sistemas de integração podem ser classificados e definidos, segundo Balbino *et al.* (2011) e Kichel *et al.* (2014) em quatro grandes grupos, e você deve conhecê-los para escolher qual se adequa a sua propriedade:

- a) Integração Lavoura-Pecuária (ILP) ou Agropastoril: sistema de produção que integra o componente agrícola e pecuário em rotação, consórcio ou sucessão, na mesma área e em um mesmo ano agrícola ou por vários anos, em sequência ou intercalados. Sistema mais comum de integração, facilitado pela flexibilidade da produção animal, de forragem conservada ou de grãos.
- b) Integração Pecuária-Floresta (IPF) ou Silvipastoril: sistema de produção que integra o componente pecuário (pastagem e animal) e florestal, em consórcio. Este sistema de produção é mais direcionado para áreas com dificuldade de implantação de lavouras, por isso, inclui apenas os componentes florestal e pecuário na mesma área.
- c) Integração Lavoura-Floresta (ILF) ou Silviagrícola: sistema de produção que integra o componente florestal e agrícola pela consorciação de espécies arbóreas com cultivos agrícolas anuais ou perenes. Sistema em que as culturas agrícolas proporcionam retornos econômicos antes da colheita de as árvores, que ocorrem em prazos maiores.
- d) Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF) ou Agrossilvipastoril: sistema de produção que integra os componentes agrícola e pecuário em rotação, consórcio ou sucessão, incluindo também o componente florestal, na mesma área. O componente “lavoura” restringe-se, ou não, à fase inicial de implantação do componente florestal.

O tempo de utilização dos componentes (lavoura, pecuária ou floresta) tem grande impacto no agro-ecossistema e na viabilidade dos investimentos realizados (Silva *et al.*, 2012). Estes sistemas podem utilizar a pecuária por períodos curtos de três a cinco meses (pasto safrinha/boi safrinha) (Costa *et al.* 2009a, 2009b;) até cinco anos, que passados, retornam com lavouras por períodos mais ou menos longos, entre um e quatro anos (Macedo, 2009). O componente florestal pode ser utilizado por períodos de seis, doze ou mais anos, para um ou mais cortes, dependendo da espécie utilizada, frequentemente o eucalipto. Em regiões com restrições de infraestrutura e localizadas em

climas e solos marginais para lavoura de grãos, deve-se observar o zoneamento agrícola e restringir os cultivos a espécies mais rústicas, como o sorgo e florestas (Kichel *et al.*, 2014).

Quanto à melhor forma de introdução de um sistema de ILP Salton *et al.* (2013) propõem o uso do Sistema São Mateus que preconiza a introdução de lavouras após a recuperação da pastagem degradada, através da recuperação química (eliminação de alumínio tóxico no perfil), da melhoria da estrutura física e biológica do solo, iniciando-se com a semeadura da planta forrageira e utilização do pasto para a produção de palha em SPD.

O uso do pasto promove o maior aproveitamento da água das chuvas, por meio da eliminação do escoamento superficial e de perdas por erosão, bem como reduz as perdas por evaporação pela manutenção da cobertura do solo e o maior aprofundamento do sistema radicular das plantas cultivadas. O condicionando o solo, pelo uso inicial com pastagem, aumenta o sucesso da cultura da soja, principalmente em solos arenosos, a ressemeadura de pasto safrinha para a produção animal e formação de palha para o próximo plantio da soja, ocorre logo após a colheita da lavoura.

Outras possibilidades de integração que você pode aproveitar

Existem ainda alguns sistemas integrados que tem algumas peculiaridades e que podem ser implantados visando aumento da sustentabilidade dos sistemas de produção, constituindo-se em alternativa de renda e exploração das oportunidades locais de negócio que você pode aproveitar. As associações entre o componente animal, a chamada integração pecuária-pecuária, e associações específicas entre os componentes pecuário e agrícola, como a implantação de sistemas silvipastoris em que as espécies arbóreas são forrageadas pelos animais, são oportunidades para iniciar os sistemas integrados a partir de sistemas convencionais em uso na propriedade.

Outros sistemas pecuários integrados que você pode adotar

O pastejo misto ou também denominado integração “pecuária-pecuária”, é um sistema que permite a consorciação entre mais de uma espécie do componente animal (Reis *et al.*, 2009; Reis *et al.*, 2015), dentro de um sistema de integração, sendo uma opção pouco explorada de produção animal. Essa integração ocorre nos ecossistemas pastoris selvagens onde diversas espécies de herbívoros convivem e se complementam sob uma vegetação comum (Carvalho; Rodrigues, 1997). Carvalho *et al.* (2002) definem o pastejo misto, como um método de pastejo que envolve mais de uma espécie de herbívoro pastejando um mesmo recurso forrageiro, podendo ocorrer simultaneamente ou em

períodos sucessivos, dependendo dos objetivos do manejo e das espécies animais envolvidas. Fundamenta-se na maximização da utilização da forragem, proporcionando aumento de produção animal, que ultrapasse a soma do desempenho produtivo das espécies utilizadas de forma isolada (Carvalho *et al.*, 2005).

Entre as diversas características que exercem efeito sobre o consumo Carvalho *et al.* (2002) citam o tamanho do animal como a mais consistente, constituindo-se numa característica extremamente importante na definição da eficiência com que um determinado alimento pode ser consumido e utilizado, porque traz limitações quanti-qualitativas ao atendimento das exigências nutricionais. Sendo assim, as necessidades energéticas, em termos de metabolismo basal, decrescem de forma não linear com o aumento do peso e, portanto, o requerimento metabólico total aumenta em relação ao peso vivo na potência 0,75, ou seja, o peso metabólico ($pv^{0,75}$) de pequenos ruminantes é proporcionalmente maior que o de grandes ruminantes.

Os efeitos combinados de exigência nutricional, tamanho do animal e características anatômicas relacionadas ao processo de apreensão de forragem compõem as bases da distinção dos nichos alimentares que compõem a dieta dos animais (Carvalho *et al.*, 2005). Estes autores citando Lechner-Doll *et al.* (1995) citam que se poderia esperar que, animais com estratégias de forrageamento semelhantes, teoricamente, pudessem disputar os recursos disponíveis mais intensamente. Esta utilização dos mesmos recursos é chamada de **sobreposição de dieta**, sendo utilizada para determinar o nível de competição por um determinado recurso forrageiro ou, em outras palavras, o **nível de complementaridade** entre espécies.

Em pastagens nativas heterogêneas, resultados de sobreposição de dietas são geralmente maiores para bovinos e ovinos e menores para bovinos e caprinos, embora possam variar grandemente entre os diferentes ecossistemas pastoris (Squires, 1982; Araújo-Filho; Crispim, 2002; Celaya *et al.*, 2007; Celaya *et al.*, 2008). Do ponto de vista do ganho de peso a combinação ovino-caprino é indicada para pastagens nativas (Araújo-Filho; Crispim, 2002; Celaya *et al.*, 2007; Celaya *et al.*, 2008), mas do ponto de vista da tolerância a parasitas, o pastejo misto de ovinos e bovinos pode ser mais apropriado em pastagens cultivadas (Amarante, 2014).

Sustentabilidade na produção animal: um dos grandes motivos para adoção de sistemas de ILPF

A sustentabilidade está na ordem do dia quando se discute produção animal, sendo um motivo muito forte para utilizar sistemas integrados de produção, pois as mudanças climáticas e a interrelação com as emissões de gases de efeito estufa (GEE) decorrentes, principalmente da fermentação entérica dos ruminantes, são apontadas como causas da aceleração do aquecimento global.

ENTENDENDO UM POUCO SOBRE OS EFEITOS DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NA PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA

A produção animal, diante das exigências dos mercados compradores e das mudanças climáticas, deve ser sustentável. No Brasil a agropecuária contribui com cerca de 23% das emissões antrópicas de gases de efeito estufa (GEE) (Observatório do Clima, 2016). As principais emissões do setor se devem à fermentação entérica (metano-CH₄) do gado bovino que representa 60% em CO₂ equivalente (CO₂ eq) e à aplicação de fertilizantes sintéticos em solos agrícolas, com forte emissão de óxido nitroso, que representa 31% em CO₂ eq (Brasil, 2014).

As mudanças climáticas são foco de estudo no mundo. No Brasil estudos (modelos de previsão e cenários) de mudanças climáticas e consequências na biodiversidade já são realizados há algum tempo (Marengo, 2001; Nobre *et al.*, 2004, Marengo, 2006). Tendência de aquecimento em todas as regiões brasileiras, baseado em dados meteorológicos que detectam, desde o início de século XX, taxa de aquecimento principalmente no inverno foram citadas por Marengo (2006). A temperatura mínima tem apresentado maior elevação que a temperatura máxima, em relação à chuva não se detectou tendência muito clara devido a poucos estudos, porém tendências de aumento na frequência dos extremos de chuva, para as regiões Sul, Sudeste e na Amazônia, foram previstas.

Nas interações específicas com a agricultura Pellegrino *et al.* (2007), estudando as principais culturas de grãos brasileiras, estimam no pior cenário de mudanças climáticas, perdas de áreas de plantio em torno de 18% para o arroz, 11% para o feijão, 39% para a soja, 58% para o café e 7% para o milho. Deconto (2008), baseado em estudos de diversos autores, amplia o estudo abrangendo mais de 5.000 municípios, e amplia também as culturas nos estudos baseados no modelo Precip (Providing Regional Climates for Impact Studies, Hadley, Inglaterra). Segundo o autor o

aquecimento global pode comprometer a produção, levando a redução das áreas de baixo risco para quase todas as culturas, as exceções são cana-de-açúcar e mandioca. As perdas econômicas que começariam em torno de R\$ 7,4 bilhões em 2020, chegando a atingir R\$ 14 bilhões em 2070. A cultura mais afetada seria a soja, com perdas que podem chegar a 40% em 2070, no pior cenário, levando a um prejuízo de até R\$ 7,6 bilhões.

Na produção animal os ruminantes são frequentemente lembrados como produtores de gases de efeito estufa, mas pouco lembrados como os transformadores de capim, tipo de recurso não consumido pelos seres humanos, em alimentos nobres e de alto valor nutricional. Estudando impactos na agropecuária frente às mudanças climáticas Deconto (2008) cita que um aumento de temperatura da ordem de 3°C até 2100, pode causar perdas de até 25% da capacidade de suporte das pastagens para bovinos de corte, o que equivale ao aumento de 20% a 45% no custo de produção. A previsão de perda de área de pastagens aptas deve ocorrer pelo acréscimo de 30 a 50 dias no período sazonal de seca. Segundo o autor o custo médio da produção de carne no Brasil é de aproximadamente US\$ 1,60/kg, prevendo-se aumentar para US\$ 2,88/kg no melhor cenário, podendo subir a US\$ 4,16/kg no pior cenário.

As diminuições das áreas agricultáveis e de pastagens podem impactar fortemente na produção animal, com aumento nos custos de produção e diminuição na oferta de grãos para a terminação em confinamento ou semiconfinamento. Em relação à emissão de GEE, especialmente o CH₄, resultados de O'Hara *et al.* (2003) indicam que a emissão desse gás é menor quanto mais produtivo for o animal. Embora as características intrínsecas ao animal, as variações nas emissões devem-se em muito, às diferenças nos sistemas de produção, em que a disponibilidade de forragem exercem um papel importante. A maior disponibilidade implica maior oferta de forragem, que permite maior seletividade em pastejo, proporcionando colheita de forragem de melhor valor nutritivo. Sendo assim, quando as pastagens são formadas em sistemas integrados apresentam pelo menos duas características favoráveis à nutrição animal, quando comparadas às pastagens convencionais, uma maior disponibilidade de matéria seca e um maior valor nutricional da forragem consumida (Almeida; Medeiros, 2015).

Pesquisando a eficiência da produção de alimentos em relação ao impacto climático Smedman *et al.* (2010) testaram a densidade de nutrientes contido em bebidas quanto à avaliação do ciclo de vida, fugindo da tradicional comparação com a energia, proteína e gordura da dieta (Davis *et al.*, 2010; González *et al.*, 2011) e concluíram que o leite possui a maior densidade de nutrientes “per

se” e foi a bebida que apresentou a maior densidade de nutrientes em relação às emissões de GEE, entre as bebidas com as quais foi comparado.

Evidencia-se então, que iniciativas de avaliação de ciclo de vida de produtos de origem animal, quando consideradas as emissões de GEE na sua produção, devem considerar o valor nutritivo do alimento e não meramente kilogramas de GEE emitidos por kilograma de alimento produzido. Esta forma de comparação é útil porque referenda a preferência do consumidor, que opta por produtos de origem animal aos demais alimentos. Elevações de renda levam ao maior consumo de proteína animal (Carvalho; Bacchi 2007), sem relação direta com segurança alimentar ou motivos de saúde (Kido-Cruz, A.; Kido-Cruz, M.T, 2013). Na percepção dos consumidores a carne é considerada fonte de nutrição, mas também oferece sensação de prazer, sendo consumida principalmente pelo aspecto cultural (Zamberlam *et al.* 2008).

O PROBLEMA DA EMISSÃO DE GASES DE EFEITO ESTUFA E A POSSIBILIDADE DE MITIGAÇÃO EM SISTEMAS DE ILPF

Mesmo sendo o setor agropecuário um dos maiores emissores de gases de efeito estufa concorda-se que ele pode ser parte da solução do problema em escala global, e tem potencial de mitigação total das emissões em escala local. O desenvolvimento de sistemas produtivos devem se pautar pela análise das emissões de GEE, sendo adotados os mais eficientes por unidade produzida, como comumente ocorre em combinações de componentes (pecuário, agrícola e florestal) dos sistemas integrados de produção agropecuária (ILPF), que proporcionam acúmulo de carbono no sistema produtivo. Na verdade os sistemas integrados no Brasil são uma evolução de outras tantas tecnologias conservacionistas, incorporadas nos sistemas produtivos ao longo do tempo, como por exemplo, o terraceamento das áreas de lavoura, a rotação e consorciação, o sistema de plantio direto (Landers, 1999; Machado;Freitas, 2004), a recuperação de pastagens degradadas, a melhoria nutricional e reprodutiva do rebanho (mineralização, suplementação a pasto, confinamento, espécies forrageiras adaptadas, seleção de touros, etc).

Resultados de vários autores brasileiros para emissões entéricas foram compilados por Berndt (2010) (Tabela 1) obtidos com a metodologia do gás traçador (SF_6) (Johnson; K.A.; Johnson, D.E, 1995; Primavesi *et al.* 2002) na produção de bovinos de corte. Os resultados mostram, para animais jovens mantidos a pasto, taxas de emissões médias anuais de $47,3 \text{ kg CH}_4.\text{ano}^{-1}$, ante valores *default* de $42 \text{ kg CH}_4.\text{ano}^{-1}$ do IPCC (1996; 2001) e $43 \text{ kg CH}_4.\text{ano}^{-1}$ estimados por Lima *et al.* (2010). Para

animais machos adultos, as médias anuais de Berndt (2010) foram de 51,5 kg CH₄.ano⁻¹ ante 58 e 56 kg CH₄.ano⁻¹ respectivamente para, valor default do IPCC (1996; 2001) e Lima *et al.* (2010).

Tabela 1. Resultados da emissão de metano obtidos por trabalhos realizados no Brasil.

	Peso vivo	Ganho de peso	Fator de emissão	Perda de Energia	Tratamentos
	kg	kg.d ⁻¹	kg CH ₄ .ano ⁻¹	% EBI	
	318	0,340	33,0	5,0	<i>B. brizantha</i> inverno
	333	0,410	34,0	6,3	<i>B. brizantha</i> primavera
	411	0,540	59,0	9,1	<i>B. brizantha</i> verão
	438	0,410	63,0	6,6	<i>B. brizantha</i> outono
Média	375	0,425	47,3	6,8	
	467	0,270	46,0	7,3	100% silagem sorgo
	459	0,330	55,0	6,2	70% sil. sorgo + 30% concentrado
	456	0,310	51,0	5,4	40% sil. sorgo + 60% concentrado
Média	461	0,303	50,7	6,3	
	216	0,220	18,0	4,0	silagem sorgo + 1,2% ureia
	214	0,320	25,0	3,5	silagem sorgo + 60% conc
Média	215	0,270	21,5	3,8	
	402	0,330	49,0	6,2	feno braquiária 15d
	402	0,330	49,0	7,4	feno braquiária 45d
	402	0,340	50,0	9,0	feno braquiária 90d
Média	402	0,333	49,3	7,5	
	800	0,170	51,0	5,8	fenos (80% coast-cross + 20% leucena)
	800	0,160	48,0	5,5	fenos (50% coast-cross + 50% leucena)
	800	0,200	57,0	6,4	fenos (80% coast-cross + 20% leucena) + levedura
	800	0,160	46,0	5,1	fenos (50% coast-cross + 50% leucena) + levedura
Média	800	0,180	51,5	5,7	
	338	0,820	82,5	10,0	<i>B. brizantha</i> + suplemento diário
	338	0,610	92,5	9,5	<i>B. brizantha</i> + suplemento dias úteis
	338	0,580	92,2	11,8	<i>B. brizantha</i> + suplemento dias alternados
Média	338	0,670	89,0	10,4	
Média Geral			51,5 kg CH₄.animal⁻¹.ano⁻¹		

Fonte: Berndt (2010).

Para vacas de corte Martins-Costa *et al.* (2009) estimaram 59 kg CH₄.ano⁻¹ em sistema de produção no estado do Rio Grande do Sul, muito próximo do valor *default* sugerido pelo IPCC (1996) de 58 kg CH₄.ano⁻¹, enquanto Lima *et al.*(2010) obtiveram valor aproximado de 68 kg CH₄.ano⁻¹, com a mesma metodologia.

Para vacas leiteiras Lima *et al.* (2010) obtiveram valor de 68 kg CH₄.ano⁻¹ (tier 2) e de, respectivamente, 55, 5 e 5 kg CH₄.ano⁻¹ (tier 1) para bubalinos, ovinos e caprinos. Para cordeiros avaliados em pastejo em sistema sivipastoril Spasiani (2016) obteve por medições diretas, variação de 7,14 a 9,74 kg CH₄.ano⁻¹, superior aos estimados por Lima *et al.* (2010).

Embora haja concordância nas emissões de metano, para as emissões de óxido nitroso os valores obtidos são aproximadamente 10 vezes menores ao preconizado pelo IPCC (2006), que é de 1%. Os valores ficaram ao redor 0,1% em solos sob culturas em sistema convencional e sistema de plantio direto no sul do Brasil (Jantalia *et al.*, 2008) e no Cerrado (Urquiaga *et al.*, 2010). Bastos (2014) igualmente obtiveram fator de emissão médio 0,11% de N₂O da urina de ovinos em sistema de ILP no Rio Grande do Sul. Segundo estes autores, menores fatores de emissão obtidos em condições tropicais e subtropicais é atribuída à boa drenagem dos solos brasileiros.

Sendo assim a estabilidade da futura produção pecuária, que concentra a produção animal cada vez mais intensificada em áreas já exploradas, eliminando desmatamento e mudança no uso da terra, bem como promovendo o impacto positivo na segurança alimentar e na manutenção de preferências de consumo, deveria ser percebido por ambientalistas e habitantes de centros urbanos, como uma produção mais limpa. Este grande público não associa os efeitos positivos da mitigação das emissões de GEE como um fator promotor de sustentabilidade, dicotomia que deveria ser melhor elucidada pelos estudiosos do tema sustentabilidade na produção agropecuária.

COMO SOLUCIONAR O PROBLEMA: MITIGAÇÃO DAS EMISSÕES NOS SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUÇÃO

As soluções proporcionadas pelos sistemas integrados implicam produção com baixa emissão de GEE, pois são sinérgicas, mitigando as emissões de GEE via de regra com balanço positivo entre sequestros (-) e emissões (+), principalmente quando árvores são utilizadas nos sistemas. Segundo Ofugi *et al.* (2008) sistemas silvipastoris com 250 a 350 árvores de eucalipto.ha⁻¹, para corte entre oito e doze anos de idade, são capazes de produzir 25 m³.ha⁻¹.ano de madeira, o que corresponde a um sequestro anual de cerca de 5 t C.ha⁻¹ ou 18 t CO₂eq.ha⁻¹. Este valor equivaleria à neutralização da emissão de GEE de cerca de 12 bovinos adultos.ha⁻¹.ano. Considerada a taxa de lotação média das pastagens brasileiras que é de 1,2 animal.ha⁻¹, evidencia-se o balanço positivo, com retirada de GEE da atmosfera.

MITIGAÇÃO DE EMISSÕES NO SOLO SOB PLANTIO DIRETO (SPD) E ILP

Embora o sequestro de GEE seja facilitado em sistemas que utilizam árvores (IPF, ILP, ILPF), o sequestro no solo tem papel fundamental no sistema conservacionista de produção brasileiro e na mitigação das emissões de GEE.

O sistema de plantio direto (SPD) alcança 25 milhões de ha no Brasil, sendo prática com potencial para sequestrar carbono (C) no solo, quando combinado a sistemas de cultura adequados, dependendo do tipo espécie vegetal utilizada na rotação, principalmente pela contribuição do sistema radicular e da quantidade e qualidade dos resíduos (Urquiagua *et al.*, 2010; Bayer *et al.*, 2011). Segundo os autores as taxas de armazenamento de C no solo (0-20 cm) sob SPD variam de 0,48 Mg ha⁻¹ C no Sul do Brasil a 0,35 Mg ha⁻¹ C no Centro Oeste, sendo as taxas de sequestro de C em solos brasileiros similares ou maiores do que as verificadas em solos de regiões temperadas, com 0,34 Mg ha⁻¹ C (0-30 cm). Considerando uma taxa média de 0,41 Mg ha⁻¹ C extrapoladas para a área de sob SPD no Brasil, é possível estimar um potencial gigante de mitigação da emissão de CO₂ equivalente a 38 Tg ano⁻¹.

Porém, apesar da capacidade de sistemas conservacionistas acumularem carbono, aumentos significativos de C no solo ocorrem nos sistemas de manejo que envolvem leguminosas. Dados de 14 experimentos de longo prazo em clima subtropical no Brasil foram compilados por Boddey *et al.* (2009), mostrando que as maiores taxas de acúmulo de C foram obtidas quando utilizados adubos verdes em SPD (Figura 1), sendo 60% maiores quando considerada a camada de 0-100 cm, em comparação aos acúmulos obtidas na camada de 0-30 cm.

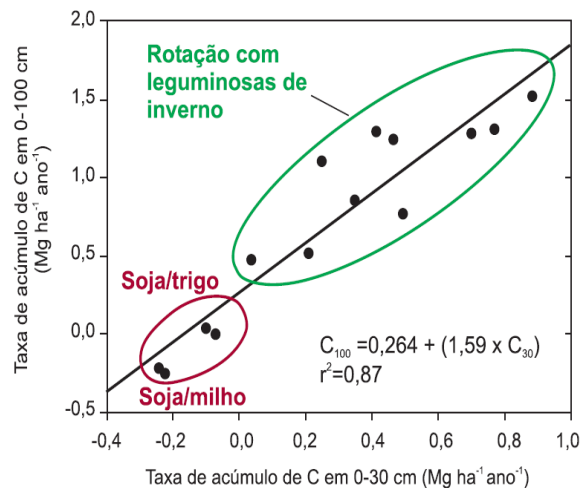


Figura 1. Comparação de taxas de acúmulo de C na profundidade de 0-30 cm e 0-100 cm, incluindo rotação com leguminosas de inverno em SPD.

Fonte: Urquiagua *et al.* (2010).

Estudos de longo prazo em ILP têm dado informações sólidas sobre as interações que ocorrem nos compartimentos do solo (Sousa *et al.*, 1997; Macedo 2009; Salton, 2015). Salton (2015) cita que a MOS é considerada por muitos pesquisadores o principal indicador da qualidade do solo e de sua

capacidade produtiva, porque sua dinâmica está associada aos atributos físicos, químicos e biológicos do solo. Os autores observaram que os teores de MOS (camada de 0 a 5 cm), ao longo de 15 anos, evidenciou o efeito dos sistemas de manejo, em relação à pastagem permanente (*Brachiaria decumbens*) utilizada como referência (Figura 2).

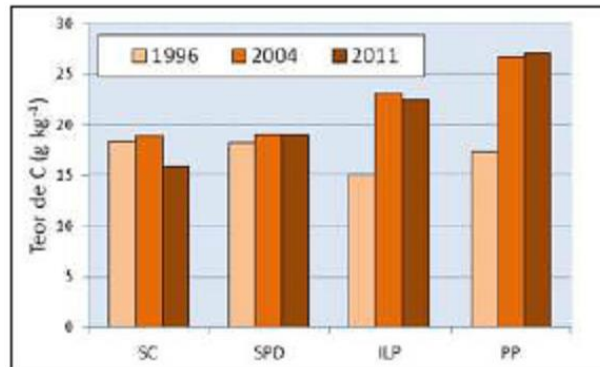


Figura 2. Evolução dos teores de carbono (0 a 5 cm) de um solo argiloso, submetido a sistemas de manejo ao longo dos anos de 1996, 2004 e 2011. Fonte: Salton (2015).

Legenda: sistema convencional (SC), cultura em solo revolvido; sistema de plantio direto na palha (SPD); sistema de integração lavoura-pecuária (ILP), dois anos de cultura e dois de pastagens; pastagem permanente (PP).

Quanto à evolução do estoque de C orgânico no solo (camada de 0-20 cm), diferentes sistemas de cultivo foram adotados em área mantida em PC por 20 anos. Os estoques de C na lavoura de soja, após 10 anos de plantio convencional (L-PC) que continuaram a diminuir linearmente, ao contrário, se estabilizaram em lavoura de soja mantida em plantio direto (L-PD). Observou-se incremento quando utilizado sistema de integração lavoura pecuária (ILP), com 2 anos de soja, alternados com 2 anos pastagem (*Brachiaria decumbens*) e quando foi mantida pastagem permanente (PP) (*B. decumbens*). A vegetação natural (VN), constituída de transição florestal Cerrado-Mata Atlântica, foi utilizada como referência (Figura 3).

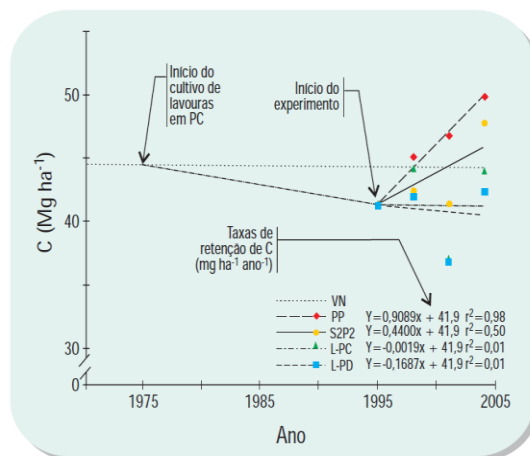


Figura 3. Evolução do estoque de carbono orgânico (0 a 20 cm) de um solo argiloso, submetido a usos e formas de manejo ao longo do tempo. Fonte: Salton, 2015.

Legenda: vegetação natural (VN); lavoura em plantio convencional L-PC, integração lavoura-pecuária ILP e pastagem permanente PP.

MITIGAÇÃO DE EMISSÕES EM SISTEMAS DE ILPF

A pesquisa é mais recente em sistemas de ILPF sendo menor o volume de informações. Nestes sistemas em que o componente arbóreo participa do sistema integrado, a mitigação é facilitada pelo grande acúmulo de carbono. Ao retirar CO₂ da atmosfera no seu crescimento, as árvores geram um saldo positivo para o sistema produtivo, possibilitando a neutralização dos GEE liberados pelos demais componentes, particularmente metano entérico emitido pelos ruminantes em pastejo.

Em estudo de caso de experimento de longa duração (2008-2020) foram introduzidos sistemas de ILPF em 2008, formado com 227 e 357 árvores de eucalipto/ha, em ciclo de 12 anos do componente arbóreo, com esquema de rotação de um ano com lavoura (soja) seguido de três anos com pecuária (recria de bovinos de corte). Aos oito anos da implantação dos sistemas, em 2016, foi feito o desbaste ou corte de 50% das árvores com o objetivo de gerar receita e promover maior incidência de luz entre as fileiras de árvores, favorecendo o crescimento das culturas e forrageiras subsequentes. Aos 12 anos o restante das árvores será cortado para venda de madeira para serraria (Alves *et al.*, 2015). No sistema com mais árvores, 357 árvores.ha⁻¹, o potencial de neutralização passou, respectivamente, de 12,8 UA.ha⁻¹.ano para 17,5 UA.ha⁻¹.ano (Ferreira *et al.*, 2012; Ferreira *et al.*, 2015). No sistema com 227 árvores/ha Gomes *et al.* (2015) obtiveram média de emissão de 66 kg CH₄.cab⁻¹.ano (fêmeas Nelore com peso vivo médio de 471±8 kg), com lotação de 3,3 animais.ha⁻¹ (3,45 UA.ha⁻¹) e Gamarra (2015) GMD de 0,42 kg (423 kg.UA.ha⁻¹.ano). Pode se

constatar que o potencial é de mitigação de 10,8 UA.ha⁻¹.ano, mas o sistema utilizou 3,5 somente UA.ha⁻¹.ano, mostrando que os sistemas integrados de ILPF tem grande potencial de mitigação de GEE, além da alta produção de carne.

Efeitos sinérgicos dos sistemas integrados de ILP e ILPF, um motivo para iniciar-los

Os efeitos sinérgicos que se obtém nos sistemas integrados incrementam a qualidade do solo. Como o solo é a base dos sistemas de produção, este é um motivo importante que pesa à favor da adoção da ILPF. O incremento da qualidade é observado pela melhora dos atributos físicos e biológicos, da macrofauna, da infiltração de água, da diminuição da germinação de plantas daninhas e da recuperação de nutrientes através da ciclagem promovida pelos cultivos.

Qualidade do solo

Melhoria na qualidade do solo em relação às características físicas, química e biológicas é alcançada mesmo em pouco tempo de mudança no manejo do solo. Com o desenvolvimento do Sistema São Mateus-SSMateus Salton *et al.* (2013) observaram que no PC o tamanho e a estabilidade de agregados foi menor, no SSMateus foi superior à pastagem referência (pastagem degradada). Os resultados estão na Tabela 2.

Tabela 2. Atributos físicos do solo na pastagem degradada, na lavoura de soja em plantio convencional (PC) e lavoura de soja em integração lavoura-pecuária (SSMateus), camada 0-10 cm. Fazenda São Mateus, 2011, Selvíria/MS.

Sistema	Tamanho médio de agregados estáveis (mm)		Estabilidade dos agregados (%)
	a seco	em água	
Soja - sistema PC	3,86 ± 0,11*	2,57 ± 0,06	66,7 ± 3,34
Soja - sistema São	4,17 ± 0,01	3,99 ± 0,06	95,7 ± 1,21
Pastagem degradada	3,52 ± 0,13	3,40 ± 0,13	96,4 ± 0,30

* Erro padrão da média

Fonte: Salton *et al.* (2013).

Nas mesmas condições as características microbiológicas massa microbiana (fungos, bactérias e arqueas), que contribuem para a qualidade do solo, no SSMateus também se mostrou eficiente, destaca-se a grande quantidade de carbono presente na massa microbiana no SSMateus (Tabela 3). A macrofauna do solo é também afetada positivamente em sistemas de ILP. Portilho *et al.* (2011) citam que o manejo com rotação de culturas, como os sistemas de ILP e PD, interferem de forma

positiva nos parâmetros ecológicos, na riqueza e na diversidade da comunidade de invertebrados da fauna do solo, bem como na estabilidade de agregados e na fertilidade, destacando-se os sistemas de ILP. Na tabela 4 se encontra a compilação das avaliações da densidade e parâmetros ecológicos da macrofauna de um solo muito argiloso, avaliados por estes pesquisadores.

Tabela 3. Atributos biológicos do solo na pastagem degradada, lavoura de soja em plantio convencional (PC) e lavoura de soja em integração lavoura-pecuária (SSMateus). Fazenda São Mateus, 2012, Selvíria/MS.

Sistema	Carbono na biomassa microbiana do solo	Atividade microbiana C-CO ₂	Quociente metabólico q C-CO ₂
$\mu\text{ C g}^{-1}$ de solo seco			
Soja - sistema PC	533,8	3,84	3,02
Soja – sistema São	704,6	8,46	4,98
Pastagem degradada	352,3	9,86	7,76

Fonte: Salton *et al.* (2013).

Tabela 4. Densidade de indivíduos e parâmetros ecológicos (riqueza, índice de Shannon-Wiener) da comunidade de fauna invertebrada do solo, em sistemas de integração lavoura-pecuária (ILP), sistemas de plantio direto (SPD), sistema convencional (SC), pastagem permanente (PP), Cerrado (CE) e Floresta semidecídua (FS).

Sistemas avaliados	Densidade ^(1,2)	Parâmetros ecológicos ⁽¹⁾	
		Riqueza	Índice Shannon-Wiener
ILP 1	149 b	6,4 ab	2,0 c
ILP 2	121 b	5,6 b	2,0 c
SPD 1	144 b	6,0 b	1,8 de
SDP 2	76 b	5,0 bc	1,7 ef
SPD 3	316 a	6,2 b	1,9 cd
SC	39 c	3,2 c	1,4 g
PP	187 ab	5,6 b	1,6 f
CE	164 ab	7,2 ab	2,2 b
FS	189 ab	8,4 a	2,4 a

⁽¹⁾Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Duncan, a 1%.

Valores médios de cinco repetições. ⁽²⁾Valores transformados em $(x + 0,5)^{0,5}$

Fonte: adaptado de Portilho et al. (2011).

Legenda: **ILP**: ILP1 verão (soja)/inverno (aveia preta) 3anos + pastagem *B. decumbens* 2 anos;
 ILP2 pastagem *B. decumbens* 2 anos+ verão (soja)/inverno (aveia preta) 3 anos
SPD: culturas em plantio direto por 5 anos seguidos, culturas de verão (alternância soja/milho), seguidas de culturas de inverno (alternância trigo/nabo forrageiro/aveia preta)
SC: culturas em plantio convencional por 5 anos seguidos, verão (soja)/inverno (aveia preta)
PP: pastagem permanente de *B. decumbens*; **CE**: Cerrado; **FS**: Floresta semidecidual

Ciclagem de nutrientes

Os animais consomem a forragem e nas excreções retornam quantidades consideráveis de nutrientes ao pasto, os principais são nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre. A

quantidade de nutrientes retornada via fezes e urina dos ruminantes em pastejo pode variar em função da qualidade e quantidade de forragem consumida e também em função da categoria e especialização produtiva (Cavalcante, 2001; Viana *et al.*, 2007), sendo pequena a quantidade retirada em produtos animais (carne, leite, lã, força de trabalho, etc), retornando de 60 a 99% dos nutrientes ingeridos retornam ao pasto na forma de excreta, mas maior em animais em crescimento independente da especialização produtiva, e maior em bovinos leiteiros do que bovinos de corte (Cavalcante, 2001).

A quantidade de nutrientes a ser liberada dos resíduos, após o ciclo de pastejo, é determinada pela quantidade remanescente de pasto e de esterco, e o teor de nutrientes neles contido (Anghinoni *et al.*, 2011). Citando a avaliação realizada por Assmann (2011) em experimento de integração soja-bovinos de corte Anghinoni *et al.* (2011) estimam que a liberação de P e K para a cultura da soja dependente do manejo dos animais. Com a maior intensidade de pastejo as quantidades do resíduo de esterco aumentam, enquanto as do resíduo do pasto diminuem, porém no total, ambas diminuem com a intensidade de pastejo. Na tabela 5 são mostradas as quantidades destes nutrientes nos resíduos. As quantidades de P foram pequenas, a liberação em conjunto em relação às necessidades da cultura da soja, de 50 kg.ha⁻¹ para uma produtividade de 3.000 kg.ha⁻¹, variou de 7 a 14 kg.ha⁻¹, mas foi considerada importante nas fases iniciais de desenvolvimento da cultura. Para as quantidades de K, que variaram de 35 a 78 kg.ha⁻¹, nos pastejos intermediários 70 kg.ha⁻¹ (30 cm) e 45 kg.ha⁻¹ (20 cm), quantidades expressivas para a cultura que necessita 75 kg.ha⁻¹ para a mesma produtividade citada.

Tabela 5- Quantidade de nutrientes nos resíduos da pastagem e do esterco no sistema de integração soja-bovinos de corte, sob intensidades de pastejo em plantio direto.

Altura de manejo do pasto	Resíduo da pastagem			Resíduo do esterco		
	MS	P	K	MS	P	K
Cm	t/ha	-----kg/ha-----		t/ha	-----kg/ha-----	
10	1,33	4	16	1,34	9	33
20	3,24	6	39	0,90	5	21
30	4,64	10	63	0,69	4	20
40	6,24	15	86	0,57	3	17
SP	6,14	18	85	0,00	0	0

Fonte: Anghinoni *et al.* (2011), adaptado de Assmann (2011).

Esta constatação corrobora a observação de Almeida *et al.* (2015), que afirmam que para manter a produtividade em sistemas integrados, além do correto manejo da pastagem e da rotação/sucessão da lavoura utilizada, é necessário manter a reposição de nutrientes. Em pastagens em sucessão a

cultivos anuais a falta da adubação de manutenção leva à queda acentuada de produção animal em pastagens tropicais, já a partir do segundo ano, como pode ser observado na Tabela 6.

Tabela 6- Produtividade animal em pastagens formadas em sucessão a culturas anuais, em Brasília/DF e em Campo Grande/MS, na integração lavoura-pecuária.

Ano após lavoura	<i>P. maximum</i> cv Vencedor ¹	<i>B. brizanta</i> cv Marandu ²	<i>P. maximum</i> cv Mombaça ²
	@/ha/ano		
1°	39,1	28,1	27,9
2°	12,1	17,4	15,9
3°	11,7	----	14,1

¹Após oito anos de lavoura de soja e milho (Vilela *et al.*, dados não publicados).

² Um ciclo de soja/milheto, sendo a forrageira estabelecida em consórcio com milho.

Fonte: Almeida *et al* (2015), baseado em Vilela *et al* (dados não publicados) e Macedo (2001).

Os cultivares de *P. maximum*, por serem mais exigentes, apresentam queda mais expressiva na produtividade em relação ao capim-marandu.

Armazenamento e infiltração da água no solo e a diminuição da erosão em sistemas de ILP

A erosão é muito menor quando o manejo é conduzido sob SPD (Silva; De Maria, 2011) e por consequência em sistemas de ILP que incorporam o SPD como prática conservacionista. Esta é, aliás, umas das primeiras motivações para a adoção do sistema, a menor perda de solo, água e nutrientes por erosão em relação aos sistemas convencionais que revolvem os solo. Schick *et al.* (2000) diminuíram as perdas de solo em SPD em 68 e 52% em relação a dois sistemas convencionais (aração + duas gradagens e escarificação + gradagem) de semeadura. O SPD controla perdas por erosão devido à cobertura morta, que amortece o impacto das gotas de chuva, mantém a capilaridade do solo, aumenta a infiltração da água da chuva, a diminuição da enxurrada, a perda de nutrientes e o teor de carbono orgânico (Cogo *et al.*, 1984; Bertol *et al.*, 2004, Denardin *et al.*, 2008). Tal redução da erosão com o uso do SPD, porém, transmitiu a percepção de que esta prática conservacionista é suficiente por si só para controlar integralmente a erosão hídrica, levando os produtores a eliminarem erroneamente a eliminação dos terraços e outras práticas conservacionistas como a semeadura em contorno, o que não é suficiente para conter o potencial erosivo das chuvas intensas que ocorrem (Denardin *et al.*, 2008).

A influenciam em cinco sistemas (PC- lavoura em monocultivo, SPD- com rotação de culturas, verão soja e milho, no outono/inverno e primavera trigo e aveia para produção de grãos e nabo e aveia para produção de palha, ILP- soja/aveia e pastagem de *B. decumbens*, ILPa- dois anos lavoura, ILPb, dois anos pastagem, e PP-pastagem permanente *B. decumbens*) de manejo na

infiltração de água no solo foi estudada por Tenfen (2014), tendo efeito direto sobre o desencadeamento dos processos erosivos, além de, auxiliar na tomada de decisões de manejo e conservação do solo e da água. As taxas de infiltração variaram de, 216,5 mm.h⁻¹ no PC para 207,3 mm.h⁻¹ no SPD. As áreas com menores valores de infiltração foram, as áreas que receberam pastejo animal em ILPa, em que se obteve 131, 5 mm.h⁻¹, no ILPb foi de 87,9 mm.h⁻¹, seguido de PP com 70 mm.h⁻¹. Em sistemas sob pastejo (ILPb e PP), em função do pisoteio, houve uma redução da qualidade do solo medida por meio dos atributos físicos, com comprometimento na infiltração de água no solo, embora as curvas de retenção (relação em que o teor de água está retido no solo) se mostraram com maior volume de água no solo nos em ILP, seguidos do SPD e PC, nas profundidades de 0-0,05m e 0,05-0,15m. Isto mostra que apesar das alterações nos atributos físicos das camadas superficiais do solo, o sistema como um todo se beneficia da implantação de sistemas integrados.

Ocorrência de pragas em sistemas de ILP

A elevada quantidade de pesticidas e outros insumos químicos utilizados na agropecuária brasileira está associada à condição tropical e aos sistemas intensivos de produção, geralmente em monocultura, que resulta na seleção de pragas, doenças e plantas daninhas mais adaptadas a tais sistemas de produção.

Dentre as pragas encontram-se os nematoides, representados por vários gêneros que incluem algumas dezenas de espécies consideradas parasitos importantes de plantas cultivadas em todo o mundo, sendo pragas muito danosas.

A utilização de sistemas de cultivo integrados aumenta a complexidade de ocorrência de nematoides, assemelhando-se mais ao ambiente natural, com maior diversidade e menor seleção daquelas espécies danosas às plantas cultivadas; assim, o uso de sistemas diversificados favorece o equilíbrio das populações de nematoides. Sereia et al. (2007) estudando a influência de diferentes sistemas de produção agrícola implantados a 8 anos (SC- sistema convencional com monocultivo de soja; SPD- sistema de plantio direto com rotação de culturas; ILP- sistema integrado lavoura-pecuária; PP- pastagem permanente) sobre a população de *R. reniformis*. A média da abundância foi maior no SC com 3.424 nematóides por 300 cm³ de solo, em relação aos demais sistemas não detectou-se nematoides ou valores foram baixos, de máximo de 24 e 4 nematóides por 300 cm³ de solo solo, respectivamente em SPD e ILP. Os resultados sugerem que sistemas mais diversificados de produção agrícola podem limitar o crescimento populacional de *R. reniformis*.

Em relação às plantas daninhas, áreas com longo período de pousio tendem a apresentar composição mais diversa dessas invasoras, reduzindo muito a ocorrência de espécies problemáticas; além disso, a ILP também contribui para a mesma variabilidade em termos de espécies presentes e na equalização do banco de sementes do solo (Figura 4) (Salton *et al.*, 2015). Plantas daninhas gramíneas predominam em áreas de sistema convencional enquanto espécies dicotiledôneas são mais importantes no SPD, sendo que a presença da pastagem e dos animais na área parece afetar o potencial ou a taxa de germinação das sementes de plantas daninhas no banco de sementes do solo.

Sistemas de manejo (SC, SPD, ILP, PP) foram estudados por Concenço *et al.* (2011) e mostram que em geral, áreas que têm gado, continuamente ou periodicamente, têm menor quantidade de ervas daninhas em comparação aos sistemas compostos apenas por culturas de grãos. A presença de animais retardou a emergência das plantas daninhas em ILP, embora os sistemas agrícolas, independentemente da lavoura escolhida, apresentaram alta similaridade em termos de composição de ervas daninhas ao longo do perfil do solo, com maior número de plantas daninhas quando não houve pastejo (Figura 4).

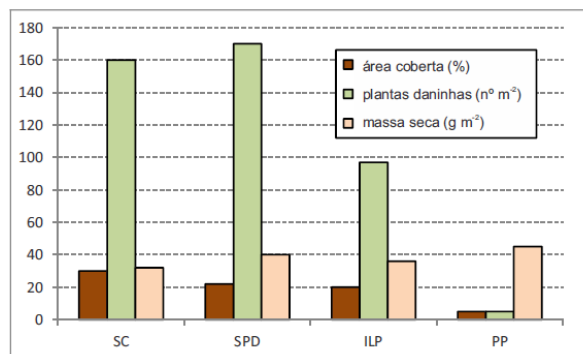


Figura 4. Área coberta, número de indivíduos e massa seca das plantas daninhas encontradas em áreas submetidas a sistemas de manejo durante 16 anos em Dourados, MS. Fonte: Salton (2015) adaptado de Concenço *et al.* (2011).

Produção de forragem e produção animal em sistemas integrados, uma forma de implantação

Sistemas de ILP e ILPF no Brasil frequentemente são implantados em áreas de pastagens degradadas, utilizando-se da agricultura para a recuperação da produtividade. Sistemas de IPF são introduzidos geralmente em áreas marginais para a agricultura, com declividade e solos arenosos. A tecnologia de recuperar pastagens com a implantação de lavouras pode ser mais arriscada, dado que os cultivos de lavouras em solos não condicionados levam frequentemente a baixas produtividades, que eventualmente levam a uma primeira safra de prejuízo econômico. Ao

contrário, a recuperação de pastagem, com a utilização para a produção animal e posterior formação de palhada para cultivo de lavoura em SPD, o Sistema São Mateus, é prática indicada. Neste sistema ocorre o condicionamento químico, físico e biológico do solo, com elevada produtividade animal (Salton *et al.*, 2013), além de diluição dos custos de implantação do sistema de ILP, porque parte do investimento é amortizado com a produção animal.

Produção e valor nutritivo de forragem em sistemas de ILP e ILPF, a escolha certa da espécies forrageiras

No estabelecimento dos consórcios atenção maior deve ser dada para a escolha da espécie ou cultivar forrageira, a qualidade da semente, a taxa, a época e o método de semeadura (Almeida *et al.*, 2009). Em condições climáticas favoráveis geralmente as culturas anuais mantém a produtividade dos consórcios com capins, embora cultivares de porte elevado de *Panicum maximum* exerçam maior competição com a cultura do milho e do sorgo do que as cultivares de *Brachiaria brizantha* (Broch *et al.*, 2007). Em condições de restrição hídrica as cultivares forrageiras passam a competir mais nos consórcios prejudicando a produtividade de grãos (Resende *et al.*, 2008; Costa *et al.*, 2009a; Villafuerte, 2016), embora nestas situações de adversidades climáticas, os consórcios se constituam num excelente seguro na produção animal, porque mesmo com a frustação da safra, produz-se forragem para a produção animal, o que compensa, pelo menos em parte, a renda da propriedade. Em consórcio de capins e milho safrinha, quando se perdeu a lavoura de milho (precipitação de 18 mm de 13/2 a 9/3), a produtividade das gramíneas manteve-se relativamente alta no período seco, com acúmulo 4,6, 3,8 t e 3,3 t MS.ha⁻¹, respectivamente para os capins mombaça e piatã, ruziziensis e tanzânia e decumbens, marandu e xaraés. (Costa *et al.*, 2009a). Em consórcio de milho e guandu Villafuerte (2016) obteve produtividade de forragem para a confecção das silagens de milho e milho consorciado com guandu de 44 e 40 t/ha de matéria natural e os teores de matéria seca foram de 14.470 e 13.200 kg/ha, respectivamente. Nos vinte primeiros dias de plantio, houve estiagem de 25 dias (precipitação de 23 mm antes e após semeadura), que fizeram com que o guandu competisse com o milho na fase de estabelecimento. Em sistemas de ILPF a escolha das forrageiras para compor os sistemas deve considerar a tolerância ao sombreamento, sendo a competição de luz preponderante neste processo. Em relação às variáveis afetadas pelo sombreamento destacam-se a produtividade e o valor nutritivo da forragem.

A produtividade de forragem é afetada pela menor luminosidade incidente, mesmo em cultivares forrageiras de média tolerância, a intensidade e o nível de competição entre os componentes são determinados pelo clima, manejo, tipo de solo e espécies envolvidas no sistema (Paciullo *et al.*, 2011). Segundo Almeida *et al.* (2013) as gramíneas forrageiras são mais sensíveis ao sombreamento na fase de estabelecimento do que na fase produtiva, sendo que, para níveis de sombreamento de 30% a 50%, as gramíneas *Brachiaria brizantha* (cv. Marandu, cv. Xaraés e cv. Piatã), *B. decumbens* (cv. Basilisk) e *Panicum maximum* (cv. Aruana, cv. Mombaça, cv. Tanzânia e cv. Massai) são consideradas tolerantes e com produção satisfatória em sistemas de ILPF.

O valor nutritivo, via de regra, aumenta em ambientes parcialmente sombreados. Em consórcios de ILP, capins e milho (cultivar BRS 2020), Costa *et al.* (2009b), Neves *et al.*, 2015) obtiveram maior teor de PB para folhas dos capins massai, marandu, ruzizizensis, piatã e decumbens, embora quando considerados os demais parâmetros nutritivos, DIVMO, FDN, FDA e Celulose estes foram menores para os capins decumbens e ruziziensis, sendo intermediário para o capim-piatã, os demais capins (massai, marandú, tanzânia, xaraés e mombaça) tiveram valores pouco inferiores. Paciullo *et al.* (2007) observaram aumento no teor de PB, FDN e DIVMS nas lâminas foliares de *B. decumbens* mantida sob a copa das árvores.

São recomendadas para ILP os capins *Brachiaria ruzizienis* e *B. decumbens*, *B. brizantha* (capins marandu, xaraés, piatã), *Panicum máximo* (capins, massai, mombaça.) (Costa *et al.*, 2009a, 2009c; Kichel *et al.*, 2009a, 2009b). Ressalva-se que os capins decumbens e ruziziensis não são tolerantes às cigarrinhas típicas de pastagens, tendo seu uso restrito em locais de ocorrência das pragas, o capim-mombaça deve ser manejado com dosagem de herbicida quando em consórcio com culturas. O capim-tanzânia foi utilizado muito tempo, mas devido a suscetibilidade ao fungo *Bipolares maydis* (helmitosporiose) (Martinez *et al.* 2010).

Em condições de sombreamento moderado em ILPF Almeida *et al.* (2015) e Paciullo *et al.*, (2015) recomendam, entre outros capins, *Brachiaria ruzizienis* e *B. decumbens*, *B. humidicola*, *B. brizantha* (capins marandu, xaraés, piatã), *Panicum máximo* (capins tanzânia, massai e vencedor).

Produção animal em sistemas, compilação dos resultados de um protótipo

Na recuperação de pastagens com ILP a utilização da forragem geralmente ocorre no período seco para as condições do Brasil Central, em sucessão à colheita da cultura anual (soja) ou em consórcio de safrinha (sorgo ou milho). Nesta época verifica-se perda de peso ou ganhos próximos a $200\text{g.animal}^{-1}.\text{dia}$ para bovinos mantidos a pasto, suplementados com mistura mineral. Em pastagens recuperadas com ILP, os ganhos de animais recriados têm sido pelo menos duas vezes maiores (Almeida *et al.*, 2015). A amplitude de ganho de peso vivo em pasto de primeiro ano formado em ILP tem variado de 20@/ha/ano a 40@/ha/ano e de 9@/ha/ano a 15@/ha/ano , respectivamente, devido a variação nas condições edafoclimáticas e de manejo nos diferentes locais onde foram implantados os sistemas (Martha Júnior *et al.*, 2007).

Um protótipo de ILP foi implantado em pastagem de *Brachiaria decumbens*, com produtividade média de 4@/ha/ano na recria de bovinos. A área foi dividida em quatro módulos de 2 ha, com praça central de alimentação. No sistema de sucessão/rotação de culturas, dois módulos permaneciam 14 meses com pastagem, sendo 2 anos consecutivos de capim-piatã e 2 com capim Mombaça. Após este período um módulo era sucedido com lavoura de soja na safra (5 meses) e pastagem (7 meses) e o outro com lavoura de soja na safra (5 meses) e milho na safrinha em consórcio por com pastagem (7 meses). Sendo assim na primavera-verão a lavoura ocupou 50 % da área (safra de soja) e 50% com capim; no outono a área de lavoura foi reduzida para 25% (safrinha de milho consorciado com capins) e os demais 25% foram semeados com capim; no período seco (inverno) 100% da área permaneceu com pastagem. Kichel *et al.* 2011). As pastagens reformadas com ILP foram utilizadas para recria e engorda de bovinos, com peso vivo inicial variando de 170 a 200 kg, que após um ano de pastejo, saíam da área com 370 a 400 kg de peso vivo médio. O ganho médio diário foi de 548 g/animal e a lotação média obtida nos quatro anos foi de $3,3\text{ UA ha.ano}^{-1}$; a lotação máxima foi obtida no quarto ano com $5,4\text{ UA/ha}$; o GMD máximo foi de 680 g/animal, obtido com capim-piatã. As produções de soja foram satisfatórias com 58 sacas ha.ano^{-1} , enquanto o milho cultivado na safrinha apresentou produções reduzidas de 37,7 sacas ha.ano^{-1} (Kichel *et al.*, 2011), tendo em vista que a região é considerada área marginal para essa cultura, principalmente se houver um pequeno atraso na semeadura de segunda safra.

Resultados econômicos em sistemas integrados de produção

Com o crescimento populacional e o consequente aumento na demanda por alimentos, intensifica-se a necessidade de produzir mais alimentos e energia na mesma área de terra. A integração

lavoura-pecuária resulta num aumento da complexidade em que a avaliação econômica sob condições de risco torna-se um requisito fundamental para auxiliar no planejamento e na gestão de sistemas agrossilvipastoris (Silva *et al.*, 2012). Os autores utilizaram um modelo elaborado que considerou uma propriedade nas com 500 hectares, sendo 385 hectares para soja e pecuária de corte e 115 hectares para o cultivo do eucalipto. Foram levantados os custos de produção e elaborado um fluxo de caixa único para as três atividades, com base no método de Monte Carlo, em que as decisões tomadas apresentam mais de 50% de probabilidade de estarem corretas, se comparadas com àquelas tomadas com métodos tradicionais de avaliação econômica . As entradas (*inputs*) que mais contribuíram para a variabilidade e instabilidade das saídas (*outputs*) do projeto proposto foram a produtividade do eucalipto, o preço do boi gordo, a lotação no período chuvoso e o preço de aquisição dos animais. Os resultados indicam que há um risco baixo na implantação do projeto com probabilidade de apenas 8,8% que o valor presente líquido (VPL) fique abaixo de zero. Como o VPL determina a viabilidade econômica de um projeto pela diferença positiva entre as receitas e os custos atualizados a uma taxa de desconto, quanto maior o seu valor, mais atrativo é o projeto, e quando negativo, o projeto será inviável economicamente. A taxa interna de retorno (TIR) dos investimentos tem 63,1% de probabilidade de ficar acima da taxa de caderneta de poupança (6% ao ano) e abaixo da Taxa Interna de Retorno (TIR=19,9%) esperada para o projeto (Silva *et al.*, 2012).

Para avaliação econômica de um protótipo de ILP Kichel *et al.* (2011) consideraram os custos de produção e a receita bruta do sistema, sendo utilizados os valores de mercado nos anos de 2009 e 2010 (Tabela 7). Para cada R\$ 1,00 de receita líquida obtida com a cultura da soja a pecuária de corte proporcionou R\$ 1,71 na cria e engorda de bovinos. Os animais foram destinados ao abate com dois anos de idade, com 60 dias de confinamento, sendo que em sistemas extensivos eles são abatidos, entre 3,5 e quatro anos de idade (Kichel *et al.*, 2011).

Tabela 7- Resultados obtidos em um sistema de ILP em comparação á pastagem referência (*B. decumbens* degradada). Campo Grande/MS.

Atividade	Produtividade (ha/ano)	Custo (R\$/ha/ano)	Receita bruta (R\$/ha/ano)	Receita líquida (R\$/ha/ano)
Soja	58 sc	1.200,00	2.030,00	830,00
Milho safrinha	37,7 sc	570,00	592,00	22,00
Pastagem com ILP	31,4 @	1.361,00	2.826,00	1.465,00
Pastagem degradada	4 @	280,00	360,00	80,00

Adaptado de Kichel et al (2011).

Costa *et al.* (2012) avaliaram três sistemas de ILPF, sendo o sistema de ILP baseado em pastagem de *Brachiaria* sp. recuperada com lavoura de soja no verão e plantio de capim-piatã (*B. brizantha* cv. BRS Piatã) para a produção animal na safrinha; Sistema ILPF1 equivalente a iLP, com implantação de mudas de eucalipto em linhas simples, com espaçamento de 22 metros entre linhas e dois metros entre plantas, totalizando 227 árvores/ha; Sistema ILPF2 equivalente a iLPF1, exceto pelo espaçamento entre linhas do eucalipto, neste caso de 14 metros, totalizando 357 árvores/ha. Na avaliação econômica usaram-se os princípios da análise de investimentos, dado que os sistemas incluem custos de implantação e se desenvolvem em um horizonte de longo prazo (12 anos). Foi elaborado fluxo de caixa, computando-se o VPL e a razão benefício/custo (B/C). O sistema de ILP teve custos 19% e 27% menores em relação ILPF1 e ILPF2, exigindo menos capital inicial, além de mostrar resultado líquido positivo já no primeiro ano. O VPL foi maior para o ILPF2 do que para o ILPF1.

A análise de sensibilidade mostrou que os sistemas que envolvem o componente arbóreo são menos sensíveis a quebras de produção de carne, de soja ou até mesmo de madeira, mantendo valores positivos de VPL e, frequentemente, superiores aos obtidos em iLP. A integração lavoura-pecuária-floresta exige maior investimento para implantação, o que pode ser uma barreira à adoção desses sistemas, embora o perfil de longo prazo desses sistemas, que inclui significativas receitas geradas pelo eucalipto, resulta em alto retorno para o capital investido.

Silagem milho e guandu na terminação de cordeiros, um exemplo de utilização buscando aumento da sustentabilidade

Aumento na sustentabilidade de sistemas integrados é alcançado com a incorporação de leguminosas ao sistema (Boddey *et al.*, 2009), a utilização de leguminosas arbustivas como o Guandu, tanto para produção de silagem no consórcio com culturas anuais como milho ou sorgo, como na associação com gramíneas para pastejo direto, são uma opção que visa melhorar o teor proteico da dieta dos animais. A utilização desta associação tem sido estudada, tanto na resposta animal, quanto na viabilidade econômica, com vista à redução dos custos de produção (Villafuerte, 2016).

No estudo Villafuerte (2016) terminou cordeiros em confinamento, utilizando como volumoso a silagem de milho e milho+guandu Mandarin, e em semi-confinamento, em pastagem de capim-piatã consorciada com guandu Mandarin, formada em sistema de ILP ou pastagem vedada de

capim-piatã, sendo utilizada concentrado proteico-energético equivalente a 2% pv. As silagens produzidas tiveram fermentação normal, mesmo a silagem de milho e guandu, quando este contribuiu com 20% da forragem conservada, tendo efeito positivo no teor na PB para a silagem (9,1 versus 8,0% na silagem de milho puro), porém ambas com teores abaixo do reportado por Quintino et al. (2013) com 13%, em decorrência da baixa resposta à adubação nitrogenada aplicada no milho causado pela falta de chuva. As produtividades de 44 t/ha para milho e 40 t/ha para milho+guandu foram boas. Maiores ganhos de peso total médio, 11,9 kg de pv e ganho médio diários de 0,17 kg, foram obtidos nos sistemas de confinamento a base de silagem de milho, milho e guandu e ILP, em relação à pastagem vedada.

O sistema ILP de produção de silagem e rebrote do pasto consorciado de capim-piatã+guandu para uso em pastejo, demonstrou ser operacional e economicamente viável, sendo alternativa na terminação para cordeiros nas condições edafoclimáticas da região Central do Brasil.

AMBIÊNCIA E CONFORTO NA PRODUÇÃO ANIMAL, UMA EXIGÊNCIA DE MERCADO QUE DEVE AUMENTAR

Além da produção sustentável, há um progressivo interesse na aquisição de produtos de origem animal produzidos em ambientes que proporcionem bem-estar animal. Segundo Porfírio-da-Silva (2009) sistemas silvipastoris são de grande aplicabilidade devido às dimensões ocupadas por pastagens e às possibilidades em termos de serviços de proteção dos rebanhos e das pastagens, frente a extremos climáticos. Nas condições do noroeste paranaense (microrregião de estado brasileiro) foram registradas, na posição sob as copas de renques arbóreos em noite de inverno, temperaturas do ar em até 2° C mais elevadas, bem como até 8° C de diferença na temperatura do ar, entre as posições sombreadas e ensolaradas. As árvores aumentam o conforto térmico para o rebanho (Porfírio-da-Silva *et al.*, 1998).

Os bovinos alteram o comportamento sob estresse de calor, mudam a postura para aproveitar a dissipação de calor pelo vento, ficam mais quietos e com movimentação reduzida, com objetivo de diminuir o calor gerado pelos movimentos. Também modificam o padrão de ingestão de alimentos incluindo redução no tempo de ingestão e tempo dedicado à ruminação que afetam a produtividade do animal. Passam as horas quentes do dia descansando e ruminando e, por volta do meio-dia, a maioria das atividades é interrompida, alterando o pastejo para o período noturno. Nos trópicos e subtropicais, em pastagens com poucas ou ausência total de árvores, os bovinos, principalmente os

de origem europeia e seus mestiços, sofrem nas horas mais quentes do dia, diminuindo o tempo de pastejo diurno, uma resposta característica do estresse calórico (Franke; Furtado, 2001). O pastejo noturno pode representar até 60% do tempo total dedicado à alimentação (Ferreira, 2005). Segundo o mesmo autor, os sistemas silvipastoris são uma forma de fornecer conforto térmico aos animais devido à sombra natural proporcionada pelas árvores, o que promove redução na frequência respiratória e aumento na produção de leite.

Estudos avaliando os ganhos de peso de novilhas leiteiras mestiças em sistema silvipastoril comparados aos obtidos em pastagem de braquiária foram conduzidos por Paciullo *et al.* (2009). Os maiores ganhos foram observados no sistema silvipastoril, provavelmente devido a diferenças nutricionais da forragem a favor da pastagem arborizada e ao conforto térmico. Em condições de sombreamento, foi observado no período da tarde, a atenuação da temperatura do ar (1°C) e da carga térmica radiante em relação ao sol pleno, evidenciando que o fornecimento de sombra na pastagem é um método eficiente para reduzir a radiação, incidente sobre o animal, melhorando seu conforto térmico.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O aumento da sustentabilidade de sistemas integrados quando comparado aos sistemas convencionais de produção é evidenciado pelo aumento da produtividade e da renda e pela adoção dos sistemas de integração em inúmeras fazendas espalhadas nas regiões brasileiras. O acúmulo de carbono nos sistemas integrados, que em última instância representam a mitigação de GEE produzidos na atividade agropecuária da própria fazenda e mesmo por emissões atmosféricas decorrentes de outros setores produtivos também corroboram para atestar uma maior sustentabilidade, motivando o uso de sistemas integrados de produção.

A agricultura conservacionista, como o SPD, a rotação e a sucessão com leguminosas, foram incorporados nos sistemas integrados de produção, dando importante contribuição na conservação do solo e da água, o que também aumenta a sustentabilidade no decorrer do desenvolvimento da agricultura tropical brasileira. Contudo só os sistemas integrados de ILPF, aumentam a produtividade onde antes se encontravam pastagens degradadas, propiciam a produção de componentes madeiráveis e não-madeiráveis em solos muito arenosos ou declivosos onde antes ocorria baixa produtividade animal, aumentaram a renda do produtor rural pela produção de grãos, fibras, lenha, energia, carne e leite, etc, ou pela economia na aquisição de insumos no mercado.

Outras consequências positivas ainda decorrentes da adoção destes sistemas de produção advêm de uma série de efeitos desejáveis neles observados, como o abate de animais jovens, que diminuem o montante de emissões entéricas, o efeito poupa-terra, que possibilita dobrar a produtividade fazendo “duas propriedades em uma”, a valorização os imóveis rurais, que aumenta o patrimônio dos produtores, a segurança produtiva em relação às adversidades climáticas, a possibilidade de atender a um mercado futuro de serviços ambientais e a eliminação do desmatamento para aumentar a produção agropecuária.

Todas estas vantagens decorrentes diretamente ou indiretamente da implantação dos sistemas integrados compõem os motivos, mais que justificados, da adoção de sistemas integrados de produção, principalmente em condições de produção agropecuária em clima tropical e subtropical, garantindo a produção para um mundo que aumenta continuamente a demanda por alimentos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Almeida, R.G., Costa, J. A. A., Kichel, A.N., Zimmer, A.H. 2009. Taxas e métodos de semeadura para *Brachiaria brizantha* cv. BRS Piatã em safrinha. Comunicado Técnico Embrapa Gado de Corte No. 113: 12.

Almeida, R.G., Macedo, M.C.M., Zimmer, A.H., Kichel, A.N., Araújo, A.R. 2015. Simpósio sobre manejo da pastagem, 27. **Anais**. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Roberto_Almeida2/publication/308929330_Sistemas_mistos_como_alternativa_para_a_intensificacao_da_producao_animal_em_pastagens_integracao_lavoura-pecuaria_e_lavoura-pecuaria-floresta/links/57f8027908ae886b898364ad/Sistemas-mistos-como-alternativa-para-a-intensificacao-da-producao-animal-em-pastagens-integracao-lavoura-pecuaria-e-lavoura-pecuaria-floresta.pdf. Acesso em: 28.jun.2017.

Almeida, R.G., Medeiros, S.R. 2015. Emissão de gases de efeito estufa em Sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta. In: Alves, F.V.; Laura, V.A.; Almeida, R.G. Sistemas agroflorestais: a agropecuária sustentável. Brasília: Embrapa, pp208.

Alves, F.V., Almeida, R.G., Laura, V.A. 2015. Carne Carbono Neutro: um novo conceito para carne sustentável produzida nos trópicos. In: **Alves, F.V.; Almeida, R.G.; Laura, V.A. (eds)**. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, Documentos Embrapa Gado de Corte No. 210). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/158193/1/Carne-carbono-neutro.pdf>. Acesso em: 13.jun.2017.

Anghinoni, I., Assmann, J.M., Martins, A.P., Costa, S.E., Carvalho, P.C.F. 2011. Ciclagem de nutrientes em integração lavoura-pecuária. In III Encontro de Integração Lavoura-Pecuária no Sul do Brasil, **Revista Synergismus Scientifica UTFPR** Pato Branco: UTFPR, v. 6, n. 2, p. 8.

Anghinoni, I., Moraes, A., Carvalho, P.C.F.; *et al.* 2012. Benefícios da integração lavoura-pecuária sobre a fertilidade do solo em sistema plantio direto. In: Fonseca, A., F.; Caires, E., F.; Barth, G. **Fertilidade do solo e nutrição de plantas no sistema plantio direto**. Ponta Grossa, PR: AEACG/Inpag.

Araújo Filho, J.A., Crispim, S.M.A. 2002. Pastoreio combinado de bovinos, caprinos e ovinos em áreas de caatinga no Nordeste do Brasil. In: CONFERÊNCIA VIRTUAL GLOBAL SOBRE PRODUÇÃO ORGÂNICA DE BOVINOS DE CORTE, 2002, Concordia: SC. **Anais**. Corumbá, MS: Embrapa pantanal. p.1-7. Disponível em: http://www.caprivilvirtual.com.br/Artigos/pastoreio_combinado_ov_cap_bov.pdf. Acesso em: 29.jun.2017.

Balbino, L. C., Barcellos, A. O., Stone, L. F. (Eds.). 2011a. **Marco referencial: integração lavoura pecuária floresta**. Brasília, DF: Embrapa. 132p.

Balbino, L. C., Porfírio-da-Silva, V., Kichel, A.N. *et al.* 2011b. Manual orientador para implantação de unidades de referência tecnológica de integração lavoura-pecuária-floresta. – URT iLPF. Planaltina, DF : Embrapa Cerrados. 48 p.

Barioni, L. G., Lima, M. A., Zen, S. *et al.* 2007. A baseline projection of methane emissions by the Brazilian beef sector: preliminary results. In: GREENHOUSE GASES AND ANIMAL AGRICULTURE CONFERENCE, **Proceeding** Christchurch, New Zealand p. xxxii-xxxiii.

Bastos, D.F. 2014. Emissão de gases de efeito estufa em solo sob integração lavoura-pecuária com ovinos no Sul do Brasil. Porto Alegre: UFRGS. (Dissertação de mestrado). 68 p. Disponível em:

<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/106448/000943375.pdf?sequence=1>.

Acesso em: 29.jun.2017.

Bayer, C., Amado, T.J.C., Tornquist, C. G., Cerri, C. E. C., Dieckow, J., Zanatta, J. A., Nicoloso, R. S. 2011 Estabilização do carbono no solo e mitigação das emissões de gases de efeito estufa na agricultura conservacionista. **Tópicos Ci. Solo.**, n11, v. 7, p. 55-118.

Berndt, A. 2010. Impacto da pecuária de corte brasileira sobre os gases do efeito estufa. **IN: Simpósio de produção de gado de corte**, V, 7. P. 121-147.

Bertol, I., Albuquerque, J. A., Leite, D., Amaral, A. J., Zoldan Junior, W. A. 2004. Propriedades físicas do solo sob preparo convencional e semeadura direta em rotação e sucessão de culturas, comparadas às do campo nativo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, p.155-163.

Boddey, R.M., Jantalia, C.P., Conceição, P.C. *et al.* 2009. Carbon accumulation at depth in Ferralsols under zero-till subtropical agriculture. *Global Change Biology*, v. [16](#), n. [2](#), p.784-795.

BRASIL. 2012. **Plano setorial de mitigação e de adaptação às mudanças climáticas para a consolidação de uma economia de baixa emissão de carbono na agricultura: plano ABC** (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono) / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Ministério do Desenvolvimento Agrário, coordenação da Casa Civil da Presidência da República. – Brasília : MAPA/ACS, 173 p. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/sustentabilidade/plano-abc/arquivo-publicacoes-plano-abc/download.pdf>. Acessado em: 15.mai. 2017

BRASIL. 2014. **Estimativas anuais de gases de efeito estufa no Brasil** / Ministério da Ciência e Tecnologia. Disponível em: http://sirene.mcti.gov.br/documents/1686653/1706227/LIVRO_MCTIC_EstimativaDeGases_Publica%C3%A7%C3%A3o_210x297mm_FINAL_WEB.pdf/61e78a4d-5ebe-49cd-bd16-4ebca30ad6cd. Acessado em: 13.mai. 2017.

Brevilieri, R.C., Mendes, P.B., Macedo, E. *et al.* 2012. Resposta da soja à adubação fosfatada em latossolo sob diferentes manejos. In: **Congreso Latino americano de la ciência del suelo, 19**. Congreso argentino da la ciência del suelo, 23, 2012. Latinoamerica unida protegendosus suelos. Mar del Plata: [s.n.], CD-ROM.

Broch, D.L., Barros, R., Ranno, S.K. 2008. Consórcio milho safrinha/pastagem. In: **Tecnologia e produção: milho safrinha e culturas de inverno**, 2008. Maracaju: FUNDAÇÃO MS; COOAGRI, 2007. p. 15-29.

Carvalho, T.B., Bacchi, M. R.P. 2007. Estudo da elasticidade –renda da demanda de carne bovina, suína e de frango no Brasil. **Anais.. Londrina**: 18. Disponível em: <http://www.anpec.org.br/encontro2007/artigos/A07A160.pdf>. Acesso em: 29.jun.2017.

Carvalho, P.C.F., Rodrigues, L.R.A. 1997. Potencial de exploração integrada de bovinos e outras espécies para utilização intensiva de pastagens. In: **Peixoto, A.M.; Moura, J.C.; Faria,**

V.P. (Eds.). Simpósio sobre manejo de pastagens: produção animal a pasto, 13, Piracicaba: SP. p.275-301.

Carvalho, P. C. F., Pontes, L. S., Barbosa, C. M. P. *et al.* 2002. Pastejo misto: alternativa para a utilização eficiente das pastagens. In: **Silva, J. L. S.; Gottschall, C. S.; Rodrigues, N. C. (eds.).** Ciclo de Palestras em Produção e Manejo de Bovino, VII. Porto Alegre, 2002, v. VII, p. 61-94.

Carvalho, P. C. F., Santos, D. T., Barbosa, C. M. P. *et al.* 2005. Otimizando o uso da pastagem pela integração de ovinos e bovinos **Anais da ZOOTEC 2005**. Campo Grande: MS, 30 p. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/gpep/documents/capitulos/Otimizando%20o%20uso%20da%20pastagem%20pela%20integra%C3%A7%C3%A3o%20de%20ovinos%20e%20bovinos.pdf>. Acesso em 12. Mai. 2017.

Cavalcante, M.A.B. 2001. Reciclagem de excreções na pastagem. 11 p. 2001. Disponível em: <http://forragicultura.com.br/arquivos/reciclagemexcrecoesanimaisnaspastagem.pdf>. Acesso em: 09.jul.2017.

Celaya, R., Benavides, R., Garcia, U., Ferreira, L. M. M., Ferre, I., Martinez, A., Ortega-Mora, L. M., Osoro K. 2008. Grazing behaviour and performance of lactating suckler cows, ewes and goats on partially improved heathlands. **Animal & The Animal Consortium**, vol. 2, n.12, p. 1818–1831.

Celaya, R., Oliván, M., Ferreira, L.M.M., Martínez, A., García, U. Osoro, K. 2007. Comparison of grazing behaviour, dietary overlap and performance in non-lactating domestic ruminants grazing on marginal heathland áreas. **Livestock Science**, v.106, p. 271–281.

Cogo, N. P., Moldenhauer, W. C., Foster, G. R. 1984. Soil loss reductions from conservation tillage practices. **Soil Science Society American Journal**, v.48, p.368-373.

Concenço, G., Salton, J.C., Brevilieri, R.C. *et al.* 2011. Soil seed bank of plant species as a function of long-term soil management and sampled depth. *Planta Daninha*, v. 29, n.4, p. 275-736. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-83582011000400002. Acesso em: 10.jul.2017.

Costa, F. P., Almeida, R. G., Pereira, M. A., Kichel, A. N., Macedo, M. C. M. 2012. Avaliação econômica de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta voltados para a

recuperação de áreas degradadas em Mato Grosso do Sul. In: CONGRESSO LATINOAMERICANO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS PARA A PRODUÇÃO PECUÁRIA SUSTENTÁVEL, 7, 2012, Belém, PA. **Anais:** CATIE; CIPAV. p. 1-5. 1 CD-ROM. Disponível em:

https://www.researchgate.net/profile/Roberto_Almeida2/publication/263376882_Avaliacao_economica_de_sistemas_de_integracao_lavoura-pecuaria-floresta_voltados_para_a_recuperacao_de_areas_degradadas_em_Mato_Grosso_do_Sul/links/00b7d53ab026615ca9000000/Avaliacao-economica-de-sistemas-de-integracao-lavoura-pecuaria-floresta-voltados-para-a-recuperacao-de-areas-degradadas-em-Mato-Grosso-do-Sul.pdf. Acesso em: 10.jul.2017.

Costa, F.P., Cezar, I.M., Melo Filho, G.A., Bungenstab, D.J. 2011. Custo-benefício dos sistemas de produção em integração In: **Bungenstab, D.J.** (ed.). **Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta: a produção sustentável.** Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte. P. 209-216.

Costa, J.A.A., Gonzalez, C.I.M. 2014. Sheep farming for mutton production under integrated systems. In: **BUNGENSTAB, D. J.; ALMEIDA, R. G.** (eds.). Integrated crop-livestock-forestry systems: a brazilian experience for sustainable farming. Brasília: Embrapa. p.197-204.

Costa, J. A. A., Gonzalez, I. M. 2011. Produção de ovinos de corte em sistemas de integração. In: **Bungenstab, D.J.** (ed.). **Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta: a produção sustentável.** Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte. p. 189-198.

Costa, J. A. A., Kichel, A. N., Almeida, R. G. 2009a. Produtividade e valor nutritivo de forrageiras tropicais em cultivo simultâneo com milho safrinha. In: **Seminário Nacional Milho Safrinha, 10. Anais Goiás: Rio Verde.** p. 540-547.

Costa, J. A. A., Kichel, A. N., Almeida, R. G. 2009b. Produtividade de grãos e de forragem em sistema de cultivo simultâneo de capins com milho na safra. In: WORKSHOP INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA NA EMBRAPA, 2009, Brasília, DF. Resumos e palestras apresentados. Brasília, DF: Embrapa, 4 p, CD-ROM.

Davis, J., Sonesson, U., Baumgartner, D.U., Nemecek, T. 2010. Environmental impact of four meals with different protein sources: Case studies in Spain and Sweden. Food Research International, v. 43,p. 1874-1884.

Deconto (coord.). 2008. Aquecimento global e a nova geografia da produção agrícola no Brasil. Embrapa, Unicamp, 2008. (produzida a partir do estudo “aquecimento global e Cenários Futuros da agricultura Brasileira”). 84 p. Disponível em:

http://www.agritempo.gov.br/climaagricultura/CLIMA_E_AGRICULTURA_BRASIL_300908_FINAL.pdf. Acesso em : 17.mai.2017.

Denardin, J.E., Kochhann, R.A., Faganello, A., Sattler, A., Manhago, D.D. 2008. “Vertical mulching” como prática conservacionista para manejo de enxurrada em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.2847-52.

EMBRAPA. Código florestal- contribuições para a adequação ambiental da paisagem rural. Disponível em: <https://www.embrapa.br/codigo-florestal>. Acesso em : 15.mai.2017.

Ferreira, R.A. 2005. **Maior produção com melhor ambiente para aves, suínos e bovinos**. Viçosa, MG: Aprenda Fácil. 371p.

Ferreira, A.D., Almeida, R.G., Araújo, A.R., Macedo, M.C.M., Bungenstab, D. J. 2015. Yield and environmental services potential of eucalyptus under ICLF systems. In: WORLD CONGRESS ON INTEGRATED CROP-LIVESTOCK-FOREST SYSTEMS. Brasília, DF. **Proceedings...** Brasília, DF: Embrapa, 2015. 1 p.

Ferreira, A.D., Almeida, R.G., Macedo, M.C.M., Laura, V.A., Bungenstab, D.J., Melotto, A.M. 2012. Arranjos espaciais sobre a produtividade e o potencial de prestação de serviços ambientais do eucalipto em sistemas integrados. In: CONGRESSO LATINOAMERICANO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS PARA A PRODUÇÃO PECUÁRIA SUSTENTÁVEL, Belém, PA. **Anais...** Belém, PA: CATIE; CIPAV, 2012. p. 1-5.

Franke, I.L.X., Furtado, S.C. 2001. **Sistemas silvipastoris**: fundamentos e aplicabilidade. Rio Branco: Embrapa Acre. Série Documentos No. 74

Gomes, R.C., Berndt, A., Macedo, M.C.M., Almeida, R.G. 2015. Enteric methane emission of Nelore cattle in extensive grazing or integrated systems. In: WORLD CONGRESS ON INTEGRATED CROP-LIVESTOCK-FOREST SYSTEMS, 2015, Brasília, DF. **Proceedings...**Brasília, DF: Embrapa, 1 p.

González, A.D., Frostell, B., Carlsson-Kanyama. 2011. A. Protein efficiency per unit energy and per unit greenhouse gas emissions: Potential contribution of diet choices to climate change mitigation. *Food Policy*, v. 36, n. 5, p 562–70.

IPCC. 1996. Intergovernmental Panel on Climate Change. **Revised IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories: reference manual**. Cambridge:University Press, 297p.

IPCC. 2006. Intergovernmental Panel on Climate Change. Revised 2006 IPCC **Guidelines for national greenhouse gas inventories** , chapter 11. N₂O emissions from managed soil, and CO₂ emissions from lime and urea application. Reference Manual. (IPCC/OECD/IEA: Paris).

IPCC. 2001. Intergovernmental Panel on Climate Change. **Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories: Chapter 4** Cambridge: University Press.

Jantalia, C.P., Santos, H.P. dos., Urquiaga, S., Boddey, R. M., Alves, B.J.R. 2008. Fluxes of nitrous oxide from soil under different crop rotations and tillage systems in the South of Brazil. **Nutrient Cycling in Agro-ecosystems**, v. 81, p. 161-173.

Kichel, A.N., Almeida, R.G., Costa, J.A.A. 2011. Pecuária sustentável com base na produção e manejo de forragem. In: CONGRESSO SOBRE MANEJO E NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 10, Campo Grande, MS. **Anais....** Campo Grande, MS: CBNA, p. 40-51.

Kichel, A.N., Almeida, R.G., Costa, J.A.A. 2012. Integração lavoura-pecuária-floresta e sustentabilidade na produção de soja. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 6, 2012, Cuiabá, MT. **Anais...** Cuiabá, MT: Embrapa; Aprosoja, p. 1-3. 1 CD-ROM

Kichel, A.N., Costa, J.A.A., Almeida, R.G. *et al.* 2014. Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) – experiências no Brasil. *Indústr. Anim.*, Nova Odessa,v.71, n.1, p.94-105.

Kido-Cruz, A., Kido-Cruz, M.T. 2013. Incorporación de un índice de salud para estudiar el comportamiento del consumo en el mercado de carnes en México mediante el uso de un modelo de demanda casi ideal (1980 a 2008). **Universidadeyciencia**, v. 29, n.1. p. 11-18.

Lal, R. 2013. Principles of Soil Management. In: LAL, R.; STEWART, B. A. (Ed.). **Principles of Sustainable Soil Management in Agroecosystems**. Boca Raton: CRC Press. p. 1-18.

Landers, J.N. 1999. How and why the Brazilian Zero Tillage explosion occurred. In: D.E. Stott, R.H. Mohtar and G.C. Steinhardt (eds). 2001. Sustaining the Global Farm. p 029-039. (Selecte papers from the Proceedings 10th International Soil Conservation Organization Conference).

Lima, A.M.N., Silva, I.R., N.J.C.L. *et al.* 2008. Frações da matéria orgânica do solo após três décadas de cultivo de eucalipto no Vale do Rio Doce-MG. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 32, p.1053-1063.

Disponível

em:

https://www.researchgate.net/profile/Eduardo_Mendonca2/publication/250033966_Fracoas_da_materiaorganica_do_solo_apos_tres_decadas_de_cultivo_de_eucalipto_no_Vale_do_Rio_Doce-MG/links/0a85e536850daee2e4000000/Fracoas-da-materia-organica-do-solo-apos-tres-decadas-de-cultivo-de-eucalipto-no-Vale-do-Rio-Doce-MG.pdf. Acesso em: 21.maio.2016.

Macedo, M.C.M. 2009. Integração lavoura e pecuária: o estado da arte e inovações tecnológicas. **R. Bras. Zootec.**, v.38, p.133-146, 2009 (supl. especial).

Machado, P.L.O.A., Freitas, P.L. 2004. No till farming in Brazil and its impact on food security and environmental quality. In: Lal, R.; Hobbs, P.; Uphoff, N.; Hansen, D. **Sustainable Agriculture and the Rice-Wheat System**. (eds.). Marcel Dekker, Inc. p. 291-310.

Marengo, J.A. 2001. Impactos das Condições Climáticas e da Variabilidade e Mudanças do Clima sobre a Produção e os Preços Agrícolas: Ondas de Frio e seu Impacto sobre a Cafeicultura nas Regiões Sul e Sudeste do Brasil. In: Lima, M. A. de, Cabral, O. M. R., Miguez, J. D. G.(Eds.). Mudanças Climáticas Globais e a Agropecuária Brasileira. Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP, pp. 97-123.

Marengo, J.A. 2006. Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade: caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI. Brasília: MMA, 2006. 212 p.: il. color ; 21 cm. (Série Biodiversidade, v. 26).

Martha Junior, G.B., Vilela, L. 2009. Efeito poupa-terra de sistemas de integração lavoura-pecuária. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados (Comunicado Técnico, 164). 4 p.

Martinez, A. S., Franzener, G., Stangarlin, J.R. 2010. Dano causado por *Bipolaris maydis* em *Panicum maximum* cv. Tanzânia. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 31, n. 4, p. 863-870.

Martins-Costa, T.V., Tourrand, J.F., Piketty, M.G. 2009. Custos de produção e emissões de gases de efeito estufa na pecuária de corte do Rio Grande do Sul/Brasil: uma aplicação do modelo Apripec. Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural. **Anais...** Porto Alegre, 20 p. Disponível em: <http://www.sober.org.br/palestra/13/460.pdf>. Acesso em: 29.jun.2017.

MÉXICO. 2012. México: el sector agropecuario ante el desafío del cambio climático. Secretaría de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación – SEGAPA. VOL I, II e III. 439 p. 2012.

MÉXICO. 2016. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. **Vulnerabilidad al cambio climático en los municipios de México.** Disponível em: <http://www.gob.mx/inecc/acciones-y-programas/vulnerabilidad-al-cambio-climatico-en-los-municipios-de-mexico?idiom=es>. Acesso em: 16.mai.2017.

Neves, A.P., Costa, J.A.A., Villafuerte, S.G.E., Feijó, G.LD., Reis, F.A., Catto, J.B. 2015. Forage availability and nutritional value of paiguás-grass and piatã-grass for lamb finishing systems. In: WORLD CONGRESS ON INTEGRATED CROP-LIVESTOCK-FOREST SYSTEMS; INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON INTEGRATED CROPSYSTEMS, 3rd. 2015. **Anais...** Brasília, DF: Embrapa. (Resumo). Disponível em: <<http://wcclf2015.com.br/home/?lang=en>>. Acessado em: 14 de julho de 2015. Acessado em: 14 de julho de 2015.

Nobre C.A., Oyama, M.D., Oliveira, G. S., Marengo, J.A. et al. 2004. Impact of climate change scenarios for 2100 on the biomes of South America. *First International CLIVAR Conference*, Baltimore, USA.

OBSERVATÓRIO DO CLIMA. 2016. **Análise das emissões de GEE Brasil (1970-2014) e suas implicações para políticas públicas e a contribuição brasileira para o acordo de Paris** (Documento síntese). 44p. Observatório do clima: sistema de estimativa de gases de efeito estufa-SEEG. Disponível em: <http://seeg.eco.br/wp-content/uploads/2016/09/WIP-16-09-02-RelatoriosSEEG-Sintese.pdf>. Acesso em: 13.mai.2017.

Ofugi, C., Magalhães, L.L., Melido, R.C.N. et al. 2008. Integração lavoura-pecuária (ILPF), sistemas agroflorestais (SAFs). In: TRECENTI, R. et al. (Ed.). **Integração lavoura-pecuária-silvicultura**: boletim técnico. Brasília: MAPA/SDC, p.20-25.

O'Hara, P., Freney, J., Uliatt, M. 2010. Abatement of agricultural non-carbon dioxide greenhouse gas emissions: a study of research requirements. (MAFF: Wellington, NZ) Disponível em: <http://www.maf.govt.nz/mafnet/rural-nz/sustainable-resource-use/climate/abatement-of-agricultural-greenhouse-gas-emissions/greenhouse-gas-emissions.pdf> . Acesso em: 5.jun.2010.

Matos, J.F., Faria, C.M., Salton, J.C. *et al.* 2013. Caracterização do banco de sementes de áreas sob sistemas de preparo de solo, Dourados, MS. In: Seminário Nacional de Milho Safrinha, 12, 2013. Dourados. Estabilidade e produtividade. Anais...Brasília, DF: Embrapa.

Paciullo, D.S.C., Carvalho, C.A.B., Aroeira, L.J.M. *et al.* 2007. Morfofisiologia e valor nutritivo do capim-braquiária sob sombreamento natural e a sol pleno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.04.

Paciullo D.S.C., Castro, C.R.T., Gomide, C.A.M. *et al.* 2011. Performance of dairy heifers in a silvopastoral system. **Livestock Science**, v.141, p.166-172.

Pellegrino, G.Q., Assad, E.D., Marin, F.R. 2007. Mudanças Climáticas Globais e a Agricultura no Brasil. **Rev. Multiciência**, n. 8, p 139-162.

Pires, M.F.A., Paciullo, D.S. 2015. Bem-estar animal em sistemas integrados. In: Alves. F.V.; Laura, V.A.; Almeida, R.G. (eds). p. 117-136. Brasília : Embrapa, 2015. 208 p. : il. color.

Porfírio-da-Silva, V., Vieira, A.R.R., Caramori, P.H., Baggio, A.J. 1998. Sombras e ventos em sistema silvipastoril no noroeste do Estado do Paraná. In: Congresso Brasileiro em sistemas agroflorestais, 2, 1998, Belém. **Anais...** Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, p. 215-218.

Porfírio-da-Silva, V., Medrado, M.J.S., Nicodemo, M.L.F., Dereti, R.M. 2009. **Arborização de pastagens com espécies florestais madeireiras: implantação e manejo**. Colombo: Embrapa Florestas, 48p. il.

Portilho, I.I., Crepaldi, R.A., Borges, C.D. *et al.* 2011. Fauna invertebrada e atributos físicos e químicos do solo em sistemas de integração lavoura-pecuária. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.46, n.10, p.1310-1320.

Portilho, I.I., Salton, J.C., Mercante, F.M. 2013. Fauna invertebrada do solo em sistemas de integração lavoura-pecuária In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 34, 2013. **Anais...** Viçosa: MG. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo.

Quintino A.C., Zimmer, A. H., Costa, J.A.A., Almeida, R.G., Bungenstab, D.J. 2013. silagem de milho safrinha com níveis crescentes de forragem de guandu. In: **Simpósio de Produção Animal a Pasto**, 2. Londrina: 3f.

Reis, F. A., Fernandes, L. H., Feijó, G.L.D., Jacinto, M.A.C. 2009. Pastejo associado de ovinos e bovinos em pastagens tropicais. **Anais... EZOOMS**. 9 p. Disponível em:

<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/26976/1/AAC-PASTEJO-ASSOCIADO-DE-BOVINOS-E-OVINOS-EM-PASTAGENS-TROPICAIS.pdf>. Acesso em: 2.jun.2017.

Reis, F.A., Gomes, R.C., Costa, J.A.A., Ítavo, L.C.V., Ítavo, C.C.B.F. 2015. Sistemas integrados e a produção de ovinos de corte. **In: Ribeiro, E. L. A. et al. (eds.)**. Simpósio de Ovinocultura (1, 2 e 3): 2015 Londrina : UEL. Livro digital. : Il. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/137946/1/CNPC-Sistemas-integrados.pdf>. Acesso em: 2.jun.2017.

Rocha, A.T., Duda, G. P., Nascimento, C.W.A., Ribeiro, M.R. 2005. Fracionamento de fósforo e avaliação de extratores de P-disponível em solos da ilha de Fernando de Noronha. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, n. 2, p. 178-184.

Salton, J.C. (ed. tec.). 2015. **20 anos de experimentação em Integração Lavoura-Pecuária na Embrapa Agropecuária Oeste - Relatório 1995–2015**. Dourados, MS: Embrapa Agropecuária Oeste (Comunicado Técnico, 134). 172 p il.

Salton, J.C., Kichel, A.N.; Arantes, M. *et al.* 2013. Sistema São Mateus- sistema de integração lavoura-pecuária para a região do Bolsão Sul-matogrossense. Dourados, MS: Embrapa Agropecuária Oeste (Comunicado Técnico, 186). 6 p.

Schick, J., Bertol, I., Batistela, O., Balbinot J.R., A. A. 2000. Erosão hídrica em Cambissolo Húmico alumínico submetido a diferentes sistemas de preparo e cultivo do solo: I. Perdas de solo e água. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, p.427-436.

Sereia, A.F.R., Asmus, G.L., Fabricio, A.C. 2007. Influência de diferentes sistemas de produção sobre a população de *Rotylenchulus reniformis* (Linford & Oliveira, 1940) no solo. **Nematologia Brasileira**, v. 31, n. 1, p. 42-45. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/126816/1/42-45-co.pdf>. Acesso em: 10.julho.2017.

Silva, R.L., De Maria, I. C. 2011. Erosão em sistema plantio direto: Influência do comprimento de rampa e da direção de semeadura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.6, p.554–561.

Silva, L.T. 2015. **Viabilidade econômico-financeira de terminação de cordeiros**. Dissertação de mestrado. 2015. Programa de mestrado profissional em produção e gestão industrial. Campo Grande, MS: Universidade Anhanguera-Uniderp. 81 p.

Silva, M.V., Lampert, V.N., Leite, R.C. *et al.* 2012. Viabilidade econômica sob condição de risco da implantação de um sistema agrossilvipastoril no Bolsão Sul-mato-grossense. Anais UEMS. 2012. Disponível em: <https://anaisonline.uems.br/index.php/enic/article/view/1901/1782>. Acesso em: 15.mai.2017.

Smedman, A., Månsson-Lindmark, H., Drewnowski, A., Edman, A. M. 2010. Nutrient density of beverages in relation to climate impact. **Food & Nutrition Research** , v. 54, p. 5170-5177.

Sousa, D.M.G., Vilela, L., Rein, T.A., Lobato, E. 1997. Eficiência da adubação fosfatada em dois sistemas de cultivo em um latossolo de Cerrado. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 26. Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: SBCS. CD-ROM.

Spasiani, P.P. 2016. **Metano entérico e consumo de ovinos em sistema silvipastoril com diferentes espaçamento arbóreos**. 52 p. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista: Jaboticabal.

Squires, V.R. 1982. Dietary overlap between sheep, cattle, and goats when grazing in common. **Journal of Range Management**, v. 35, 116–119.

Urquiaga, S., Alves, B.J.R., Jantalia, C.P., Boddey, R.M. 2010. Variações nos estoques de carbono e emissões de gases de efeito estufa em solos das regiões tropicais e subtropicais do Brasil: uma análise crítica. **Informações Agronômicas**, n. 130, p. 17 –21. Disponível em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/880398/1/BRUNOARTIGODEDIVULGA_CAOVARIACOESNOESTOQUEDECINFORM.AGRONOMICAS.pdf. Acesso em: 19.maio.2017.

Villafuerte. S.G.E. 2016. Sistemas de terminação de cordeiros do grupo genético pantaneiros (dissertação do mestrado). Universidade Federal de Goiás, Escola de Veterinária e Zootecnia. p. 82

Zamberlan, L., Sparemberger, A., Büttgenbender, P.L. *et al.* 2008. As atitudes do consumidor de carne: um estudo exploratório das percepções e o papel da cultura no consumo. In: **Encontro ANPAD**, 32. Rio de Janeiro, 16 p. Disponível em: <http://www.anpad.org.br/admin/pdf/GCT-D2718.pdf>. Acesso em: 19.mai.2017.

EFICIENCIA DE LA PRODUCCIÓN BOVINA EN PASTOREO EXTENSIVO. ¿DÓNDE ESTÁ?

¹Adrian Raimundo Quero Carrillo ¹Leonor Miranda Jiménez

¹Profesor investigador Colegio de posgraduados en Ciencias Agrícolas, campo montecillos, ganadería, km 36.5 carret. Mexico –Texcoco Montecillos. Texcoco estado de Mexico C.P 56230 queroadrian@colpos.mx

RESUMEN

La ganadería en pastoreo en sistemas de producción de destetes para la venta es la de menor demanda de tecnología y eficiencia productiva (la más fácil) y ésta permea en todo el país. La ganadería en estos sistemas vaca: becerro en México se encuentra muy lejos de alcanzar parámetros de eficiencia competitiva, altamente demandados por un mercado global. Los parámetros de hato prácticamente no existen en la literatura (no se toman registros) y los que podemos consultar, indican un rezago enorme que afecta al país dado que genera actualmente pobreza económica (bajos niveles de cosecha) y ecológica (altos costos ecológicos –erosión). Los ganaderos deben desarrollar estrategias para lograr elevada eficiencia productiva, tomando datos del hato y desarrollando planes para la consolidación de praderas de leguminosas (en, al menos 20% del rancho), especialmente arbóreas, que les ayuden a soportar el estiaje en el trópico y, en zonas áridas, mejorar la densidad y vigor de las gramíneas con el uso de arbustivas invernales y descanso de potreros de gramíneas en épocas de nulo crecimiento del pasto (secas e invierno). Los pastos crecen en respuesta a condiciones adecuadas: calor, humedad, nutrientes, principalmente; por tanto, el ganadero debe ser avezado en decidir el momento óptimo de entrada y salida del potrero, del ganado: esto es, debe aprender a cosechar eficientemente el pasto “brincando” con el cerco eléctrico hacia las áreas con mejor cantidad y calidad de forraje. La mitad del territorio mexicano es propiedad compartida y este sector presenta el más serio retraso en eficiencia productiva y la producción ocurre a costa del detrimento de los recursos forrajeros; lo anterior, es una manifestación, de que no hemos logrado incidir con tecnología productiva ni de conservación de los bienes productivos por falta de acompañamiento integral a los productores: se requiere planeación y acompañamiento de sociólogos que integren a la comunidad en el cuidado y mejora de los pastizales. El ganado no debe perder condición durante las épocas críticas del año, dado que implica muchos costos recuperarlo para que logre condiciones fisiológicas productivas: detrimento

de la pradera, tiempo, alimento, parámetros productivos bajos por varios años, entre los más notorios. El ganadero debe reconocer la importancia de tomar datos del ganado; lo anterior, debido a que ante la falta de información, no podrá verificar la pertinencia de uno u otro manejo o tecnología y, por tanto, no podrá identificar aquella de alto impacto en la productividad de su hato, para promoverla. Existe tecnología que puede apoyar la toma de decisiones sólidas para el manejo del rancho ganadero. Los programas para el teléfono celular constituyen una tecnología novedosa al alcance de cualquier productor (o miembros jóvenes de su familia arraigados en la comunidad) que se debe aprovechar.

Se comentan a continuación brevemente diversos aspectos en los que se encuentra encerrada la rentabilidad ecológica y económica (pertinencia social) de los ranchos ganaderos bajo pastoreo en sistemas vaca: becerro.

La producción en pastoreo extensivo

Los sistemas extensivos de pastoreo en México (y el mundo) poseen amplia diversidad en diferentes aspectos, entre los que se incluyen tres grandes rubros. 1) Fisiográfico, 2) Propiedad de la tierra y 3) Tipo de productores: 1) Los ecosistemas bajo pastoreo ocurren prácticamente en todo el país: desde hiper-árido (Sonora, Coahuila, Chihuahua y la península de Baja California), al muy húmedo en el sureste del país; lo anterior, con diferentes combinaciones de potencial productivo, latitud altitud, origen de suelo, topografía, luminosidad, cantidad y distribución de la lluvia, entre otros de importancia que las definen; 2) Tipos de tenencia de la tierra: privados, coloniales, comunales, ejidales. Al respecto, la mitad del país se encuentra bajo propiedad social (ejidal, comunal y colonial) y el resto es privado y de áreas naturales protegidas. Lo anterior, resulta en una gama de condiciones y necesidad de acciones en las relaciones sociales de producción, para el uso y conservación adecuada del recurso vegetal bajo pastoreo, principalmente en terrenos de propiedad compartida. Similarmente, los terrenos privados no tienen la condición ecológica y productividad deseables debido a diversos factores que incluyen la baja capacitación rampante de los ganaderos, en todos los sistemas y 3) Diversidad de productores: entusiastas, educados, con/sin capacidad de riesgo (capital de inversión), interesados/desinteresados en la condición del hato o sus potreros, entre otros aspectos.

Estas variantes fisiografía/tenencia/productor, resultan en amplia gama de condiciones del producción, muy difícil de entender y atender tecnológicamente, tanto por los programas oficiales de apoyo, los cuales no pueden tener la gama de especificidad para atender las necesidades

tecnológicas y productivas de la gama de ranchos ganaderos; como por los profesionales de la producción en pastoreo (técnicos asesores o agentes de cambio), lo cual afecta seriamente la efectividad de ambos, para ser asertivos e incidir con recursos económicos y tecnología de impacto. Lo anterior, reduce la oportunidad de que los usuarios (ganaderos) asimilen tecnología disponible y la apliquen, afectando su capacidad de lograr la máxima productividad y estabilidad ecológica de los sistemas bajo pastoreo.

La constante dominante, es que en muchos de estos sistemas de producción resultante, como consecuencia de la combinación de estos tres y otros factores, de forma consciente o inconsciente, los productores mantienen, de manera generalizada, una elevada ineficiencia productiva en pastoreo, con la consecuente mala condición ecológica de estos ecosistemas, en muchos casos en riesgo de desertificación y eterna baja cosecha de bienes que beneficien sólidamente la economía familiar para su desarrollo. Pocos ganaderos tienen planes de análisis y desarrollo de eficiencia en el uso de sus bienes productivos a corto, mediano y largo plazo y la mayoría se suman a las legiones de ganaderos que requieren una acción sólida de revisión de la funcionalidad de su sistema y condiciones de producción para generar una reacción tecnológica consecuente que resulte en un plan estratégico de desarrollo de su explotación bajo pastoreo. Esto es, criticar asertivamente la forma en que producen actualmente, generando planes de mejora para lograr rentabilidad ecológica y económica sanas: competitividad.

La presente discusión se enfoca a un sistema común de producción en pastoreo, el más simple (porque no requiere grandes inversiones ni cuidados) de todos y, por tanto, el más difundido, el denominado: “vaca/becerro”. Este sistema ocurre de forma predominante sobre otros sistemas en el país; similarmente, es el que posee menor demanda de atención, inversión y planeación de la producción. En este sistema, el de mayor dependencia del pastoreo directo, una elevada cosecha anual de becerros destetados o añojos (listos para la finalización en corral/pastoreo con suplementación) es el objetivo principal y esta cosecha refleja de forma directa la rentabilidad económica de la explotación ganadera. Aunque otros sistemas de producción poseen oportunidades de optimizar la rentabilidad, este es el más difundido en el mundo.

Eficiencia productiva se entiende como la utilización óptima, máxima sostenida posible, sin deterioro de los recursos productivos (rancho, ganado, ganadero), hacia el logro de un producto (becerros) en la máxima cantidad posible.

Para desarrollar este ejercicio, se consideran los siguientes aspectos: 1) Acuerdo sobre la condición actual (diagnóstico inicial) y 2) Analizar la condición y oportunidades de aprovechamiento de sus

macrocomponentes, esto es, incidir en su escrutinio, de los factores de producción y cómo eficientar su uso, con el objetivo de lograr mayor cantidad de becerros destetados por año: 2a) el rancho y sus instalaciones 2b) las praderas y su utilización óptima, 2c) el hato madre 2d) administración y sanidad.

Acuerdo necesario para entrar en discusión

El rancho no crece. La cosecha obtenida es y siempre será variable. La variabilidad productiva queda condicionada a la respuesta de la interacción ganadero- clima - condición de bienes productivos: praderas, ganado e infraestructura; lo anterior, en respuesta a la capacidad del ganadero de encaminar la calidad y cantidad de recursos (intelectuales principalmente) hacia la producción eficiente, en interacción con el ambiente y la economía del rancho, como principales condicionantes. Es importante, por tanto, estar conscientes de que hay diversos aspectos a mejorar en la explotación ganadera. Y por otra parte, la mayor cosecha de becerros con buen peso al destete es reflejo de una ganadería eficiente o de un ganadero profesional, que cuida la condición del rancho y los parámetros productivos. No hay de otra.

Ni el ganado ni el ecosistema van a dar respuestas fáciles a un mal manejo del pastoreo. El ecosistema se degrada de forma constante y paulatina, reduciendo la producción de forraje y su capacidad de soportar ganado en condiciones productivas durante el año, la maleza espinosa se establece lentamente e invade áreas en manchones, reduciendo la productividad del pasto valioso. Por otra parte, el ganadero que no toma datos de su hato no tiene idea de sus niveles de eficiencia productiva. Ganadero etimológicamente, se deriva de la palabra “ganar”, lo que ocurre al aprovechar los recursos naturales del rancho; sin embargo, debido a que el sol y la lluvia no tienen costo y otros costos implícitos (predial) son simbólicos, los propietarios no tienen presión de eficiencia productiva, en la mayoría de los casos y pueden ganar poco del rancho, sin que tenga impacto en su economía, dado que muchos de los propietarios privados y sociales mantienen fuentes alternativas de ingresos. Esto es, resulta bueno ganar diez centavos o diez pesos, dado que siempre es “ganar”.

En general, en México, carecemos de datos en primer lugar y, en los pocos reportados, de parámetros de productividad de hato eficientes; esto es, nuestros índices de producción en sistemas vaca: becerro dejan mucho que desear.

En condiciones tropicales, está ampliamente comprobado que el uso de leguminosas arbóreas mejora la condición del ganado durante todo el año y, por tanto, la productividad del hato. En el

trópico existen pocos planes de desarrollo de la proporción de leguminosas (de 10 a 20% de la superficie del rancho sería adecuado) o pastos específicos para cada área del rancho (áreas inundables, de suelos someros, de suelos ácidos, entre otras, dado que hay una especie para cada condición de producción); lo anterior, a mediano y largo plazo (Quero *et al.*, 2007).

Por otra parte, en zonas áridas y semiáridas no se promueve el elevado vigor y la elevada densidad de pastos perennes para el mejor aprovechamiento de las lluvias en las épocas de crecimiento activo; lo anterior y en respuesta a un sobrepastoreo consuetudinario, resulta en que ocurran consistentemente elevados porcentajes de mortandad de pastos perennes valiosos (son los que soportan condiciones extremas de sequía y bajas temperaturas), resultando en la entrada de arbustivas espinosas invasoras, predominancia de herbáceas y especies anuales (frágiles ante eventos de alta intensidad y baja frecuencia –sequías/heladas extremas) y con elevados porcentajes de suelo desnudo. Similarmente, no se promueve el incremento de arbustivas forrajeras valiosas para el invierno y estiaje.

La condición comentada para zonas tropicales y áridas son indicativas de que, sin importar la región geográfica, los ganaderos muestran una baja capacidad, en términos generales, para planear hacia el uso eficiente de recursos de producción: el logro de la pradera ideal (leguminosas, arbustivas de invierno, alta densidad y vigor de pastos) y consolidarse como ganaderos profesionales (parámetros de hato; Quero *et al.*, 2007). Del uso eficiente de los recursos productivos depende la capacidad del ranchero o propietario para aprovechar adecuadamente estos, planear para alcanzar su mejor funcionalidad y desarrollar un plan de crecimiento en infraestructura a mediano o largo plazo, conforme su capacidad de riesgo lo permita.

Si usted tiene 100 hectáreas, será de elevado esfuerzo lograr ahorrar para comprar otras 10 ó 100 hectáreas más, de ahí la importancia de utilizar bien la capacidad instalada. Además de la superficie del rancho (principalmente de praderas), en el mismo se tiene bodega, cerco perimetral, suplementaderos, cerco eléctrico, pozo(s) y bordos de agua, corrales, báscula, baño garrapaticida, ganado, casa para vaqueros (responsabilidad de sostener personal jornaleros y vaqueros fijos y variables, muchas veces con familia), entre los principales. Lo anterior, implica serias inversiones en las que se debe maximizar su uso para lograr la mayor cantidad de becerros de venta. Superando las condiciones que limitan el uso del rancho en pastoreo (como distribución de aguajes y división de potreros en el Norte y Sur de México), los recursos del rancho deben utilizarse en forma eficiente.

La pradera

Los pastos (Poaceae) son la base de la alimentación de rumiantes, dado su crecimiento modular y su capacidad de rebrote como respuesta evolutiva al pastoreo; lo anterior, durante millones de años (Quero *et al.*, 2007). Lo anterior, seguirá así por muchos años. El ecosistema bajo pastoreo es dinámico e incluye los procesos de producción, cosecha y transformación en producto animal, procesos que actúan en forma integral y dinámica, lo que dificulta el efecto de acciones aisladas en cada proceso (da Silva y Sbrissia, 2001).

El pastoreo en condiciones de agostadero o potrero de temporal está sujeto a la disponibilidad de forraje en buena cantidad y calidad durante el año. Debido al clima, se presentan durante el año épocas de crecimiento acelerado del forraje (calor y lluvias) y épocas de escasez de forraje (sequías y bajas temperaturas invernales –en todo el país; sures, nortes y nubosidad en el trópico). El pastoreo se debe ajustar a estas épocas de abundancia/escasez, lo cual resulta difícil, si no se aplica tecnología ampliamente disponible: ensilado, henificado, descarga de potreros, siembra de arbustivas o arbóreas forrajeras, entre otras.

Muchos ganaderos no aplican manejo y se ven forzados a comprar suplemento alimenticio para estas épocas, para mantener a su ganado. Al comprar suplemento y mantener cargas animal elevadas, la rentabilidad del rancho se va directamente a apoyar la rentabilidad de otras empresas (productores y comercializadores de alimento). En pastoreo, se debe eliminar, casi por completo, la suplementación con alimento comercial. Al no eliminarlo, la combinación de sequía y pisoteo en suelo seco, reduce el tamaño de agregados y lo exponen a erosión por viento y escorrentía; similarmente, agotando las reservas nutritivas de plantas valiosas y matándolas por inanición, permitiendo la invasión de arbustivas espinosas; lo anterior, en zonas áridas. En el trópico, se reduce la cantidad y calidad del forraje y se promueve el establecimiento de matorrales espinosos y la consecuente reducción de la producción de forraje de calidad.

Los pastos crecen rápidamente en respuesta a elevada temperatura, disponibilidad de humedad y nutrientes del suelo; condiciones que ocurren, normalmente durante una época limitada del año: tres meses en el trópico seco y seis a siete meses en el trópico húmedo; en zonas semiáridas, con tipos vegetativos adaptados a condiciones de aridez, la disponibilidad de forraje queda limitada a tres o cuatro meses del año.

Sin importar la zona fisiográfica, el principio universal en praderas establecidas ya sea naturales o inducidas, para cada rebrote, el área foliar remanente (después de un corte o pastoreo) en los pastos,

los capacita, mediante procesos fotosintéticos, a transformar la energía luminosa en energía química y las hojas constituyen el área foliar activa, mismas que son producidas mediante desarrollo genético programado, bajo la influencia directa de factores del medio: humedad, nutrientes, luminosidad y defoliación (manejo). La tasa de elongación de hoja y tallo así como la longevidad de estos definen el índice de área foliar y los atributos estructurales del dosel de la pradera (Chapman y Lemaire, 1993).

El manejo de corte o pastoreo afecta directamente las características de la planta forrajera y el uso de la interceptación luminosa como referencia de manejo del rebrote permite que el forraje pueda cosechado siempre en una misma condición fisiológica (Pedreira *et al.*, 2007); lo anterior es importante, dado que está intrínsecamente asociado a la reconstitución del área foliar óptima, posterior al corte o pastoreo, determinante para la productividad y duración de una pradera (Santos *et al.*, 2004; Santos *et al.*, 2011; Fig. 1).

En una pradera madura de pastos nativos/inducidos amacollados en zonas áridas hay espacio para 40 o 60 mil macollos por hectárea (Quero-Carrillo *et al.*, 2014; Quero-Carrillo *et al.*, 2016). En un rancho ganadero con menos o como la mayoría de las áreas de pastoreo en estas regiones, con mucho menos macollos por hectárea, la primera tarea es lograr de 40 a 60 mil macollos vigorosos y, posteriormente, se pueden aplicar técnicas de pastoreo en base a altura de forraje y durante la época de crecimiento del pasto, como consecuencia de la interceptación luminosa. El principio es universal; lo anterior, durante la época de crecimiento activo en zonas semiáridas (Junio-Septiembre y en años con lluvias invernales en Marzo-Abril).

Por tanto, la utilización de un parámetro que lleve a la cosecha a un punto fisiológico común y constante, como la interceptación luminosa: altura de inicio del pastoreo/altura de rastrojo remanente post-pastoreo, nos dará información sólida sobre el comportamiento de una variedad (información sobre el genoma del pasto o variedad) en la diversidad de condiciones de suelo, nubosidad, temperatura, velocidad del viento, disponibilidad de nutrientes y manejo del pastoreo, que permean en la producción en pastoreo. Esto es importante por la amplia combinación de condiciones fisiográficas, manejo y disponibilidad de humedad y nutrientes, etc., como se comentó anteriormente.

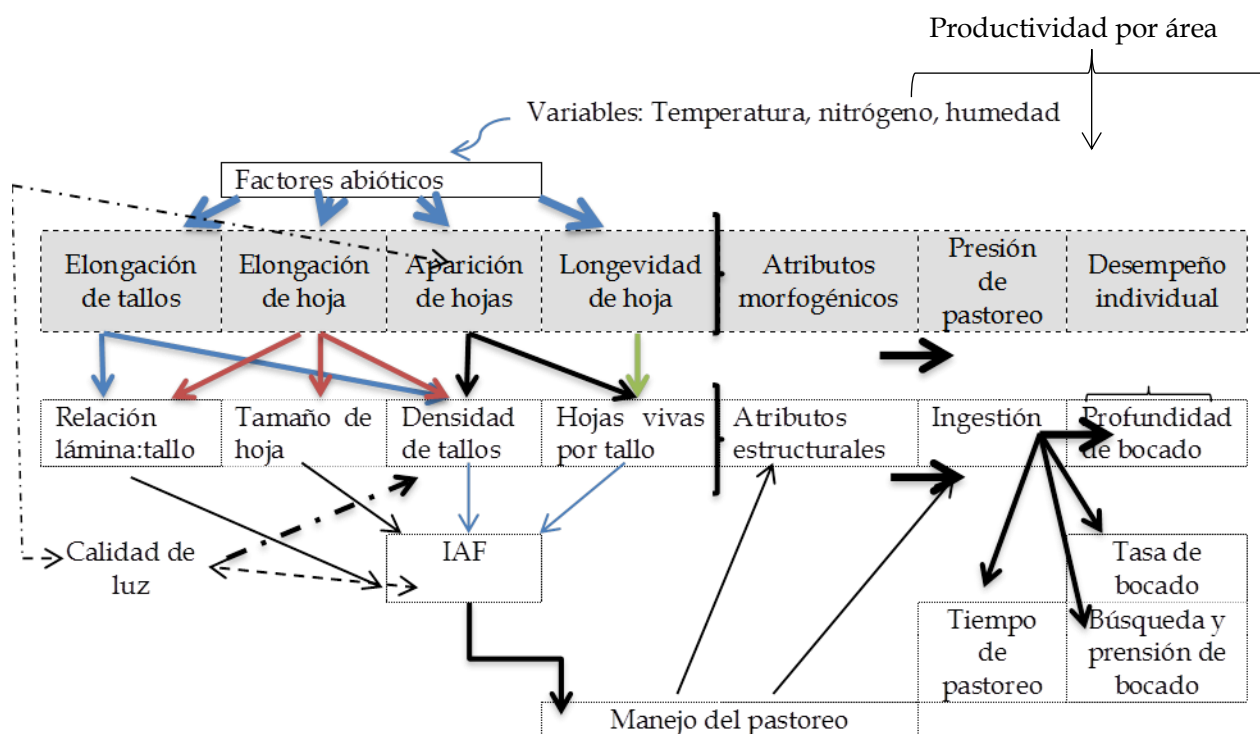


Figura 1. Factores que influyen en la respuesta de la planta para conformar la estructura de la pradera y factores de estructura de la pradera que condicionan la respuesta animal en pastoreo (da Silva y Sbrissa, 2001).

Los métodos de programación del pastoreo/descanso basadas en días gregorianos para la cosecha de pastos tropicales resultan extremadamente inflexibles y generalistas, lo que los hace no comparativos. Por su parte, la interceptación luminosa puede ser la base de la optimización de la productividad de los sistemas de producción en pastoreo (Carnevali *et al.*, 2006). La disponibilidad adecuada de humedad, temperatura y nutrientes condicionan la velocidad del rebrote. Entre los factores climáticos, la temperatura tiene mayor influencia sobre la velocidad de rebrote, cuando los otros factores son adecuados. Otro factor climático es la intensidad luminosa, que también influencia la velocidad de crecimiento.

Los resultados basados en evaluaciones en días gregorianos en el uso de la pradera (pasto), como ocurre actualmente en México, resultan regionales y difícilmente extrapolables, reduciendo el entendimiento de las relaciones causa y efecto del comportamiento de pasturas y animales en pastoreo, elementos básicos para la planeación y manejo sustentable (da Silva y Nascimento, 2007). De esta forma, los ensayos de pastoreo quedan desvinculados con los estados fisiológicos de las plantas, resultando en recomendaciones generalistas caracterizadas por baja consistencia en la

diversidad de ambientes aún dentro de una misma variedad; lo anterior, resultó en una desvinculación de estas recomendaciones con la biología de las plantas forrajeras y el ganado. Un ejemplo: una rotación del pastoreo de uso con descanso de 21 días del rebrote, no encontrará al pasto en la misma etapa fisiológica, para el mismo mes de Junio del mismo año en Tabasco, Tamaulipas, Nayarit o Guerrero, bajo las mismas condiciones de trópico seco, factores como luminosidad, sequía, nutrientes del suelo, etc. modifican el estado fisiológico del pasto aún en la misma variedad; por tanto, los resultados de producción, se vuelven anecdóticos y no comparables (Quero, 2013).

En un desarrollo histórico del manejo tecnificado del pastoreo en Brasil Sila y Nascimento (2007), indican que se demostró que el crecimiento de los forrajes se relaciona con la interceptación luminosa del dosel, con el área foliar y el alcance de una tasa constante de acumulación de materia seca con forraje suficiente para interceptar prácticamente toda la luz incidente. Después del corte o pastoreo, el rebrote del forraje se comporta en tres etapas (Fig. 2a): 1) la tasa de acumulación de forraje aumenta exponencialmente con el tiempo y ocurre a costa de las reservas de la planta, factores de crecimiento (nutrientes, humedad, temperatura) y de la capacidad fotosintética del forraje remanente. 2) crecimiento con tasas medias constantes de acumulación de forraje (fase linear), cuando se aproxima a la interceptación total de la luz incidente ocurre competencia en el dosel. 3) las tasas de crecimiento se reducen y se ocasiona menor crecimiento como consecuencia de la acumulación de hojas senescentes que alcanzan el límite de longevidad y por el sombreado a las hojas inferiores (Fig. 2b). Estudios diversos promovieron el uso del índice de área foliar (IAF) y de acumulación de carbohidratos no estructurales como base del manejo del pastoreo y rebrote, promoviendo que se postularan estrategias que consideraran el IAF remanente y las reservas de carbohidratos, como la base del manejo eficiente del pastoreo; posteriormente, se incluyó a tres factores: 1) disponibilidad y movilidad de reservas orgánicas 2) crecimiento radical y 3) desarrollo del IAF y de interceptación luminosa.

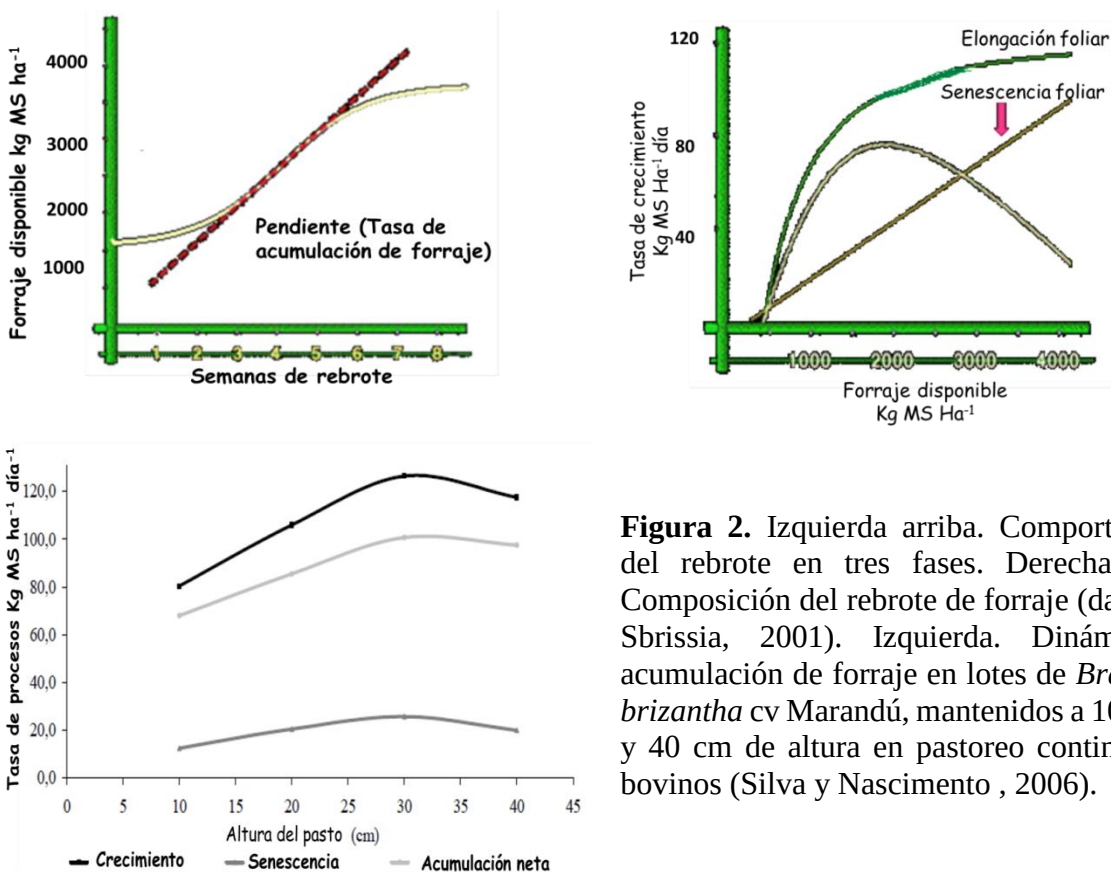


Figura 2. Izquierda arriba. Comportamiento del rebrote en tres fases. Derecha arriba. Composición del rebrote de forraje (da Silva y Sbrissia, 2001). Izquierda. Dinámica de acumulación de forraje en lotes de *Brachiaria brizantha* cv Marandú, mantenidos a 10, 20, 30 y 40 cm de altura en pastoreo continuo, con bovinos (Silva y Nascimento, 2006).

Cuando la disponibilidad de forraje y el potencial genético del ganado no son limitantes, la calidad del forraje queda definida por la producción por animal y queda directamente relacionada con el consumo voluntario y con la disponibilidad de nutrientes del forraje (Reis y Rodrigues, 1993). Lo anterior, es indicativo de que se debe utilizar el forraje en el momento cuando la tasa de senescencia es baja y la disponibilidad de forraje es máxima y, cuando esta senescencia se incrementa, inmediatamente se debe iniciar el pastoreo. Lo anterior, ocurre como principio universal, cuando la altura del forraje intercepta el 95% de la luz solar incidente, misma que se correlaciona con altura del forraje (de la hoja de mayor altura). En la práctica, el uso eficiente de los potreros a esta interceptación se logra moviéndose ágilmente con el cerco eléctrico. *i.e.* el cerco eléctrico es para “brincar” con el ganado en el potrero que alcance la altura de interceptación de luz señalada (al alcanzar la altura correspondiente) y utilizando el pasto de forma ligera, para que este tenga buen IAF remanente y se recupere del pastoreo, lo más rápidamente posible.

Un buen manejo del pastoreo por este principio, resulta en ciclos de pastoreo/descanso cortos en la época de crecimiento activo del pasto y prolongados en la época de crecimiento lento del mismo.

A la larga, se lograrán mayores ciclos de pastoreo sin detrimento de la condición de la pradera y siempre con la máxima calidad de forraje.

El ganado

Los ganaderos de los sistemas vaca: becerro, olvidan consistentemente dos aspectos fundamentales en la viabilidad económica y ecológica de sus ranchos: 1) el ganado debe mantener condición corporal productiva; esto es, en el potrero, el ganado debe estar delgado, pero jamás flaco y 2) nunca se debe suplementar más allá de temporadas cortas y estratégicas y nunca ante fenómenos naturales, como la sequía. La tarea tecnológica es: no permitirles que olviden estas dos premisas fundamentales.

En el sistema vaca: becerro, el propósito con el ganado en pastoreo siempre debe ser producir un becerro del mejor peso al nacer y al destete, cada año. El ganado es, pero siempre en segundo término, una alcancía o un recurso de seguridad para otros propósitos económicos; lo anterior, debido a que el ganado debe ser reconocido como una “máquina de comer” y, en caso de que reduzca la producción de becerros, continuará consumiendo forraje sin producir destetes y, en caso de sobrepastoreo, promoverá el deterioro de la condición y vigor de la vegetación, afectando los parámetros de salud de la economía del hato y de la vegetación. Por instinto, cada vaca trata de no sufrir hambre y el ganado tiene necesidades de consumir forraje en niveles que alcanzan hasta 5 toneladas de materia seca por cada vaca adulta por año; esto es, si el pasto fresco tiene 25% de materia seca, una vaca consumirá 20 toneladas de forraje tal como se presenta en la pradera. Este consumo lo alcanzarán sin importar si producen o no, un becerro nacido y destetado por año.

Debido a los ciclos de abundancia/escasez de forraje que determinan la cantidad y calidad de alimento disponible en el potrero; cíclicamente, el hato madre (las vacas en condición de parir) aumenta/pierde peso durante el año y en concordancia a factores de crecimiento de la vegetación: lluvia/sequía (calor/frío; verano/invierno). Al perder peso en la época de sequía y baja temperatura invernal, el ganado (hato madre y vaquillas de reemplazo) pierde condición corporal, afectando su aptitud fisiológica de producción reproductiva.

Antiguamente, los rumiantes silvestres solucionaron esta situación mediante la trashumancia y su relación con depredadores conservaba el hato joven y bien nutrido, debido a una menor presión de pastoreo. Al quedar eliminados estos, la situación ha cambiado drásticamente y es la capacidad del

ganadero para entender al sistema integral de producción en pastoreo, lo que puede mantener una buena capacidad fisiológica de producción del ganado.

La condición corporal de un animal se correlaciona directamente con la aptitud fisiológica y productiva del ganado y esta condición es una estimación de la cantidad relativa de reservas energéticas en el ganado (Stevenson *et al.*, 2003). Existen varios clasificadores, de condición corporal, pero todos se basan en la apreciación combinada de tacto y visión, van desde rangos de extremadamente flaco a extremadamente gordo, con calificaciones de uno a cinco o uno a diez e incluso subdivisiones, dependiendo de la especialización lograda en el sistema de producción: leche, genética, entre los principales. Wilson (s/f), indica tres categorías: Flaco (1, 2, 3), delgado (4, 5 y 6) y gordo (7, 8, 9), siendo nueve un nivel de finalización de corral de engorda, ausente en pastoreo y uno un ganado extremadamente flaco. Idealmente, la condición del ganado debe ser de 6 al parto y de 5 al empadrear. Wilson (s/f) indica que cuando el ganado pasa de condición cinco a cuatro, puede perder 30% de sus posibles tasas de preñez (Fig. 3a); esto es, si usted tiene un ganado en condición cinco con 92% de preñez y lo deja que baje de peso, el ganado va a reducir $92 * 0.3 = 27.6\%$; esto es $92 - 27.6 = 64.4\%$. Su nueva tasa de preñez será de 64.4%. En palabras llanas, esto significa que cuatro vacas de cada diez, van a consumir alimento sin producir un becerro parido y destetado, por año; lo anterior, es una pérdida enorme en recursos económicos y forrajeros del rancho, como se indica más adelante.

Los registros de condición corporal del ganado deben realizarse tres veces al año: al destetar, 90 d antes del parto y al empadrear, con el fin de ajustar el uso de potreros, descargas, suplementación, entre otros manejos de forma adecuada.

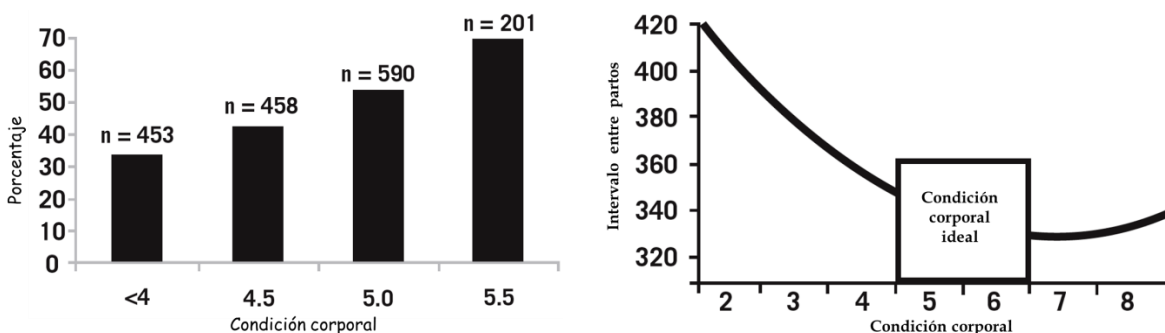


Figura 3. Izquierda. Porcentaje de vacas ciclando a diferentes rangos de condición corporal (Stevenson *et al.*, 2003). Derecha. Intervalo entre parto en días, en relación a la condición corporal (Patterson, 1993).

Stevenson *et al.* (2003) indican que los días postparto y la condición corporal de las vacas influenciaron la presencia de calores en 3, 269 vacas estudiadas, donde únicamente 54% se encontraron ciclando; lo anterior, comprobado mediante la medición de la concentración de progesterona sérica. Los mismos autores indican que por cada punto de incremento en la condición corporal (entre 3.6 y 6) el incremento en la presentación de celos fue linear y, similarmente, la respuesta a la inducción de celos fue mayor.

El periodo biológicamente y económicamente más eficiente y viable para mejorar la condición corporal del ganado ocurre entre el destete y el parto, siendo más difícil en otras etapas de producción, como del parto al empadre. Por tanto, revisar frecuentemente la condición del ganado es la mejor manera de incrementar la tasa de pariciones en el hato, dado que cerca del 90% del ganado en condición corporal óptima al parto resumirá la actividad de celos cíclicos a 60 días postparto (Wilson, s/f)

Bajo condiciones de buen manejo, en sistemas de pastoreo vaca: becerro, no se debe suplementar al ganado durante las amplias etapas de sequía o invernales; ante estas, se debe descargar inmediatamente el potrero (preferentemente, de forma programada y no precipitada), vendiendo destetes, toros vacas viejas o aquellas con bajas tasas de preñez. Manteniendo únicamente hembras con buena capacidad de producir becerros. El apoyo alimenticio (suplementación) al ganado debe ser dirigido hacia aquellos animales que la requieren de forma estratégica: vacas que han producido buenos pesos al destete por producción elevada de leche (que han reducido su condición corporal) o vaquillas de reemplazo que alcanzarán tasas de preñez por arriba de 280 kg de peso vivo y pueden perder la época de empadre, entre los principales.

El objetivo sempiterno del ganadero es que sus hembras en el hato madre (hato reproductivo) no pierdan condición corporal y, similarmente, evitarlo al máximo y sin comprar alimento suplementario, debe ser su máximo orgullo; esta condición, la puede alcanzar utilizando tecnología disponible ya mencionada. Cuando la suplementación al ganado se vuelve generalizada al hato estará apoyando la rentabilidad de las plantas productoras de alimento balanceado en lugar del propio rancho ganadero.

¿Qué pasa cuando el ganado pierde condición corporal? Como se indicó el ganado pierde marcadamente capacidad reproductiva. Sin embargo, se presentan otras pérdidas, que no son visualizadas por el ganadero: 1) Costo ecológico. Se pierde potencial productivo del potrero. El ganado pierde condición corporal como respuesta a la escasez de forraje en cantidad y calidad

adecuadas; por tanto, el potrero también pierde su condición productiva adecuada, por sobrepastoreo y permite el ingreso de maleza espinosa no deseada. 2) Costo de mantener el ganado en condición productiva a través de la suplementación (comprar alimento) o recuperación de la condición productiva del potrero (controlar maleza o resembrar praderas). Como se indicó anteriormente, es más difícil y costoso (tiempo y alimento) recuperar la condición de vacas adultas que llevar a añejos a una condición adecuada; por tanto, siempre es más barato no dejar caer la condición del ganado. 3) Tiempo requerido para recuperar la condición del potrero y del ganado. Como se indicó las medidas correctivas indican inversión en el potrero y el ganado; sin embargo, no es inmediata la recuperación, lo que implica que el rancho ganadero estará en ineficiencia financiera por varios años, a partir de que el ganadero se decide a invertir para eficientar sus bienes productivos.

La tenencia de la tierra

Aproximadamente la mitad del país es de propiedad social (ejidal, comunal y colonia), donde la tierra es propiedad de la nación y los habitantes reconocidos legalmente tienen el derecho de usufructo heredable y no son sujetos de crédito bancario privado, por lo que deben recibir avío de parte de programas oficiales de desarrollo. En este tipo de propiedad social, por diversas razones, los usufructuarios tienden a cosechar de manera desordenada y abusiva los recursos (Quero, 2013); por tanto, resulta difícil controlar la condición de las tierras comunes de pastoreo; en estas, ha sido una tradición un pastoreo descontrolado, bajo una visión exclusivamente (naturalmente) extractiva; lo cual, ha resultado en una degradación del ecosistema con el fin de obtener las mayores ganancias a partir de la vegetación (Olson, 1965), convirtiéndose en la mejor expresión de la “tragedia de los comunes” (Hardin (1968), donde se socializan las pérdidas: menor productividad primaria, más tolvaneras, pobreza, erosión, menor promoción de la abundancia bienes naturales –panales, agua, cobertura vegetal, pescado, pasto, entre otras; y se privatizan las ganancias: mayor ganado de los caciques locales, mayor uso del terreno de pocos y ningún provecho para muchos, entre otros.

Al respecto, se ha postulado que la propiedad social puede administrarse de forma eficiente mediante acción colectiva (Pretty, 2003), misma que requiere de enfoques específicos para su habilitación efectiva (Ostrom, 2011), dado que las condiciones que se encuentran en la diversidad de ecosistemas, tipo de productores y propiedad de los recursos son altamente variables y se requiere que el individuo copropietario sacrifique su beneficio o interés individual de corto plazo

por el bien común sustentable, a largo plazo (Rudd, 2000); además, los valores compartidos fortalecen el éxito de integración de capital social hacia el manejo de los recursos (Pretty, 2003): etnicidad, status económico, religión, educación, tradición, entre otros que confluyen en afecto, confianza mutua, normas efectivas y redes sociales.

Se han establecido tres tipos de capital social: adhesión, puenteo y unión. La adhesión del capital social incluye la cohesión social dentro de los grupos que se obtiene de grupos con similitudes diversas: étnicas, de estatus social, valores compartidos o localidad de origen (vecindad); el capital social de puenteo se plantea como las estructuras y redes relacionales que conectan grupos mediante colaboración, coordinación, apoyo social o información compartida; el capital social de unión define la capacidad de grupos diferentes de colaborar por un objetivo común: grupos de barrios diferentes, grupos económicamente diferentes, entre otros (Pretty, 2003).

La intromisión de fuerzas externas como el capital y fuerzas del mercado, pueden hacer fallar la acción colectiva. Diversos autores han indicado la importancia de grupos organizados funcionales y activos dentro de la comunidad para el pastoreo sustentable, indicando que a mayor cantidad de organizaciones funcionales dentro de la comunidad ocurre mayor contribución al manejo del pastoreo y se desarrollan y aplican mejores sistemas punitivos para el abuso.

Wade (1987), indicó que la probabilidad de una relación sustentable en el uso de los recursos y los usuarios incluye los atributos del recurso y del grupo usuario, facilidad de identificar a los usuarios no autorizados usando el recurso, relación de los usuarios con la autoridad y la presencia de capital social.

Los recursos de propiedad compartida se diferencian de un recurso para todos (piense en el agostadero vs. una mesa llena de mangos) en el acceso y salida (es fácil organizar una mesa), cosecha, manejo, exclusión y alienación de bienes de fondo común como la atmósfera, el aire, la energía del sol; los recursos comunes (agostadero, océano, atmósfera), se manejan bajo un orden común manejado de forma colectiva y con una dinámica complicada para la conservación del recurso (Schlager y Ostrom, 1992).

En el manejo de los recursos comunes bajo un esquema participativo aspectos como la confianza (entre ellos y con las instituciones), redes familiares, amistad, normas comunes, entre otras, resultan de gran importancia en el éxito del manejo de recursos comunes y estas se han definido como capital social (Putman, 1993), indicando que se debe trabajar en la forma de ligar grupos iguales y puentear la conexión entre grupos heterogéneos que componen a los propietarios de las áreas

comunes de pastoreo, por el bien del ecosistema y de los usufructuarios. Por tanto, se debe caracterizar: 1) heterogeneidad/homogeneidad social, económica, cultural, religiosa, educacional, etc. en el grupo 2) la dinámica de grupos mutualistas u organizaciones locales de apoyo y su funcionamiento y 3) evaluar la dinámica de grupos ajenos NGO o de microfinanciamiento y financiamiento externo (SAGARPA, Estado, etc.) sus dinámicas e impactos.

En el caso de los propietarios privados, existe una gama de situaciones en la condición de la vegetación bajo pastoreo y está directamente relacionada con la dependencia económica de la condición los potreros y de la productividad. Muchos ranchos ganaderos en el trópico húmedo, principalmente lecheros o de doble propósito, están directamente manejados por los propietarios y estos se encuentran bien inmersos en el quehacer productivo; sin embargo, aún requieren de revisar sus esquemas de producción de forma periódica, para mejorarlos. En el caso de zonas áridas y trópico seco, gran parte de los propietarios privados no viven en los ranchos ganaderos y tienen, en muchos casos, menor inmersión en el quehacer productivo. Muchos propietarios privados no dependen de la condición del agostadero y por tanto, de la productividad del rancho, para el sostén familiar, dado que poseen capacidad de diversificación del ingreso familiar; por tanto, la rentabilidad óptima de la empresa ganadera no es fundamental.

La inversión económica y en tecnología debe ir con asesoría y acompañamiento, tanto tecnológico como de especialistas promotores de la integración social (sociólogos) sobre la importancia de la conservación del recurso vegetal bajo pastoreo y su enaltecimiento; similarmente, estableciendo rutas funcionales para lograr la mayor rentabilidad económica y ecológica de los bienes productivos.

El ganadero

Las constantes 1) planeación y 2) estrategias de capacitación y desarrollo para el ganadero y el rancho son fundamentales y de extrema importancia; las cuales están consistentemente ausentes del panorama de desarrollo del ganadero. Es fundamental que el ganadero tome su responsabilidad para lograr la rentabilidad del rancho, en los puntos mencionados (Quero, 2013). Lo anterior, sin importar la tenencia de la tierra en la que esté inmerso el ganado en pastoreo. En áreas de propiedad compartida cualquier no propietario o “avecindado” puede poner ganado en el agostadero, lo cual hace que muchos ganaderos posean ganado sin interesarles la condición de la vegetación. Como eje central, el ganadero tiene que desarrollar actividades de salud, nutrición mineral, nutrición del

ganado y pastoreo para promover la eficiencia reproductiva y producir más kilogramos de becerros destetados, objetivo de la empresa ganadera.

Respecto a la condición de la pradera

En el trópico, un ganadero debe mantener la presión de pastoreo adecuada durante el año, planear el establecimiento de leguminosas arbustivas (las de mayor persistencia y menor costo) en una buena proporción del rancho (hasta un 20% de la superficie sería adecuado), dado que estas le ayudarán a librar las épocas de estiaje y, similarmente, planear para el establecimiento de la especie de gramínea adecuada para cada parte representativa del rancho, mantener libre de maleza espinosa los potreros (mediante un buen manejo del pastoreo). En zonas áridas, los ganaderos deben alcanzar primeramente la densidad adecuada de pastos perennes por hectárea (40 a 60 mil por hectárea) y aprender a cosechar, durante el crecimiento activo del pasto (Junio a Octubre), la cantidad de forraje necesario para mantener al ganado durante todo el año, manteniendo el vigor de las especies forrajeras lo mejor posible, para el momento en que regresen las lluvias y el pasto pueda responder rápidamente a éstas. Existe una amplia variación en la capacidad de carga de los potreros en el norte de México; al respecto Gutiérrez *et al.* (2008), indicaron para Zacatecas una variación de cinco a 20 hectáreas por unidad animal; lo anterior, proporciona una idea de la condición del pastizal y que esta podría mejorar aún más, como consecuencia de un buen manejo.

Ciertamente este manejo requiere planeación y cambio de paradigmas, tanto para el trópico como para zonas áridas. Sin embargo, Australia es un ejemplo brillante del uso de leguminosas forrajeras para el pastoreo (Quero-Carrillo *et al.*, 2014a) y, por su parte, los países de latitudes elevadas al norte y al sur del mundo, son ejemplo de cosecha veraniega de forraje para todo el año y el resguardo del mismo con el ganado en condiciones de estabulación. Las bajas temperaturas y la nieve han representado una barrera que obliga a los ganaderos a aprovechar el verano y estabular el ganado para su alimentación en pesebre durante el invierno.

En zonas áridas de México, se debe pastorear el potrero de gramíneas únicamente en verano y reducir o preferentemente, eliminar la presión de pastoreo cuando llega el invierno y el estiaje; lo anterior, implica tener potreros de arbustivas en alta densidad, para el pastoreo de invierno o eliminar totalmente el pastoreo invernal y mantener al ganado con el forraje cosechado en verano, ensilado, henificado y arbustivas en potreros cerriles. La constante es: se requiere planeación y

trabajo dirigido para mejorar la disponibilidad de forraje para el ganado durante el año. No importa la región ecológica del lugar de pastoreo.

Los parámetros de hato

Por otra parte, el ganadero requiere tomar datos del hato en pastoreo. Lo que no se escribe no existe y dejar a la memoria el comportamiento productivo del hato ganadero vuelve anecdótica la información y no puede ser base sólida de la toma de decisiones. Estos datos serán la base para tomar acciones y planear estrategias para saber cómo se quiere estar en cinco, diez o veinte años. Comenzar a la brevedad resultará en mayor productividad.

Existen pocas políticas serias de toma de información del hato en pastoreo; sin embargo, el acompañamiento con asesoría ha incrementado los parámetros productivos del hato en pastoreo. González (1998), indica la falta de registros como la principal problemática para el monitoreo de la eficiencia productiva del hato. En Coahuila (Hernández *et al.*, 2010), reportaron pesos al destete de 157kg y un porcentaje extremadamente bajo en pariciones (26%). Al respecto Ibarra *et al.* (2010), indican que en Durango, los parámetros de hato mejoraron con asesoría, de 2008 a 2010 pasaron de 53 a 61% de pariciones anuales, con pesos al destete de 162 a 190 kg. García (2006), reportó los parámetros productivos de hato en un rancho experimental, indicando 85% de preñez anual y pesos ajustados al destete de 245 kg; lo anterior, en 621 registros, indicando similarmente 375 días de intervalo entre partos. Estos últimos parámetros de hato son los que deben permear entre todo tipo de ganaderos en México: de propiedad social compartida o privados; sin embargo, la ausencia de información provoca que no se visualice esta ineficiencia y se logre la productividad a costa de los pastizales bajo pastoreo.

En Europa del Este Szavo *et al.* (2012) reportan datos similares a los de García (2006) en Coahuila, México; sin embargo, los promedios de reportados por estos autores para pesos al destete incluyen más de 42 000 datos, lo que es indicador de la mayor confiabilidad de esta información. Para Brasil y Uruguay (Espasandin *et al.*, 2011) reportan pesos al destete de 173 kg con más de 70 000 registros para ganado Angus (tradicionalmente de pesos conservadores y alta calidad de cortes). Sin embargo, es contundente la demostración empresarial de la ganadería Estadounidense, donde se reporta una tasa de preñez de 92% y pesos al destete ajustados a 205 días de 245kg (Noble Foundation, 2016; <http://www.noble.org/ag/livestock/herdmeasureup/>). El impacto de ingresos y pérdida de productividad en un hato promedio nacional con un hato bajo buen manejo (todavía

mejorable), son contundentes sobre la producción que se pierde por falta de registros y visión empresarial de la explotación ganadera (Cuadro 1).

Cuadro 1. Parámetros óptimos en un rancho de 100 vientres, comparado con un rancho de eficiencia promedio nacional.

	Óptimo	Peso producido	Nacional	Peso producido
Edad al primer parto	24 meses		36 meses	
Parición anual (%)	95%		60%	
Peso al destete (% destetes= 100%= 95)	250 kg	23 750 kg	140 kg	8 400 kg
Diferencia en kg producidos entre los dos tipos productivos (kg destetados)				15 350kg
Edad al mercado	18 meses		36 meses*	
Peso de venta	350 kg		60 (0.7)= 42 crías * 350=	
Kg producidos a la venta (cero mortandad)		33 250 kg		<u>14 700 kg</u>
Diferencia por ineficiencia productiva		18 550 kg a edad de venta y perdidos		
Diferencia anual por ineficiencia productiva		33 250/1.5 -14 700/1.5)= 22 167 - 9 800= 12 366 kg anuales perdidos por mal manejo y por cada cien vientres en edad productiva		

*únicamente una proporción de los destetes alcanzarán precio de mercado a 36 meses (un año de consumo extra 18 meses+12 meses= 30 meses, para el cierre de este cálculo, digamos 70%).

El cuadro anterior compara parámetros adecuados en un rancho bien manejado y aún con requerimientos de mejora: raza, porcentajes de preñez, pesos al nacer, pesos al destete, entre otros; lo anterior, contra los datos promedios nacionales estimados. Los promedios nacionales quedan muy abajo debido a la pérdida de condición corporal de los vientres, calidad del alimento y manejo durante el estiaje, entre otros aspectos ya comentados. Si en lugar de cien vientres comparásemos un rancho de 5000 hectáreas contra otro de similar superficie uno bien manejado y capacidad de carga de pastoreo, por tanto, muy superiores a un rancho promedio con la misma superficie, las pérdidas son aún mucho mayores.

La tecnología

Diversas tecnologías han cambiado en los últimos años; entre estas, las de la información y comunicación se encuentran entre las de mayor avance. Piense usted en el año 2000, pocas personas tenían acceso a internet y menos aún a su propio teléfono celular. Junto con tecnologías

computacionales, avances en genética y otras ciencias, las tecnologías de la comunicación cambian en forma consistente. Antiguamente, la tecnología para la ganadería se basaba en saber lazar, castrar y manejar el ganado. Paulatinamente fue cambiando esta situación.

Para el control eficiente de los parámetros de hato se debía tatuar a los becerros, aretarlos y en cada manejo del ganado verificar pesos y avances en pariciones, comportamiento de crías, para dichos trabajos se requería llenar formatos en tarjetas y analizar la información. Posteriormente, se desarrollaron programas para el manejo de la información y se podía vincular una fotografía a un “macro“, generalmente de Excel y poder seguir el desarrollo de parámetros de cada animal identificado.

Actualmente, el celular es una herramienta valiosísima, se desarrollan programas (gadgets) específicos para una amplia gama de usos:

Ubicación geográfica. Altitud y coordenadas geográficas, las cuales son altamente informativas para los técnicos especializados.

Fotografías con ubicación geográfica vinculables a Excel. Con una fotografía podemos vincular el número de animal, su fecha de nacimiento, peso al nacer, peso al destete, número de pariciones, becerros paridos por año y toda la información que podamos generar para la diversidad de ganado. El principio aquí es que si alimentamos el programa con basura, vamos a obtener información basura.

Medición precisa de potreros. Lo cual, en combinación con un muestreo de disponibilidad de forraje nos dará la oportunidad de definir el número de días que el ganado puede estar en un potrero. Lo anterior se realiza mediante posicionamiento por satélite de nuestro celular en campo.

Clima. La precisión climática en la información nos dará oportunidad de realizar manejos al forraje y al ganado. Piense usted en diez días sin lluvia en el trópico, donde no se puede heneificar el forraje abundante por el exceso de humedad.

Fisiografía. Información a la mano de plagas, suelo (tipo y manejo), especies forrajeras, etc.

Mercado de insumos. Para informar sobre los precios de los insumos y existencias en diferentes mercados.

Mercado de la carne. Información sobre los precios en diferentes lugares, sobre la compra de ganado en diferentes lugares.

Mercadotecnia. Comparación de precios de transporte (para compra y venta de insumos o ganado)

Maquinaria y equipo. Disponibilidad de equipo y maquinaria nueva y usada en diversas regiones.

Diversidad de asesoría tecnológica a bajo costo: Control del hato en pastoreo, servicios de balanceo de raciones, consulta en línea (agronómica, veterinaria, entre otras).

La ganadería es global y es la principal fuente de ingresos en regiones aisladas no aptas para una agricultura competitiva; por tanto, deben eliminarse los parámetros de ineficiencia que permean en ésta.

CONCLUSIONES

La ganadería en sistemas vaca: becerro en México es compleja y requiere de la interacción de varios especialistas.

Se deben aprovechar al máximo los bienes productivos del ganadero, con el fin de obtener mayores bienes para el desarrollo de la familia rural

El ganadero debe planear siempre la condición futura de su rancho y debe tomar datos del hato si desea mejorar su productividad.

México requiere de integrar especialistas de diversas áreas que promuevan el uso eficiente y conservación de los bienes naturales.

Los parámetros de hato son extremadamente bajos en México y deben mejorarse respetando y mejorando la condición de los potreros.

Existe tecnología de fácil acceso para el ganadero y las instituciones de apoyo que tendrá un impacto sólido para lograr una ganadería económica y ecológicamente viable.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Carnevalli, RA, SC da Silva, AAO Bueno, MC Uebele, FO Bueno, GN Silva, JP Moraes, J.P. 2006. Herbage production and grazing losses in *Panicum maximum* cv. Mombaça under four grazing managements. Tropical Grasslands, v.40, p.165-176, 2006.

Chapman, D., G Lemaire. 1993. Morphogenetic and structural determinants of plant regrowth after defoliation. In: MJ Baker (ed.). Grasslands for our world. Wellington: SIR Publishing. pp: 95-104.

Espasandin, AC, JI Urioste, L Talavera C y M Mello de A. 2011. Genotype x country interaction for weaning weight in the angus populations of Brazil and Uruguay. Rev. Bras. de Zoot. 40 (3): 568-574.

García, ER.2006. Factores nutricionales y de manejo que afectan la eficiencia productiva de vacas charolais y hereford en agostadero. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Subdirección de Postgrado. Programa de Zootecnia. Buenavista, Saltillo, Coahuila. 121p.

González, ORI. 1998. Diagnóstico y programación de actividades 1997. GGAVATT “Napawika”. INIFAP-CIRNOC-CE Sierra de Chihuahua. INIFAP-Fundación Produce Chihuahua AC. Gobierno de Chihuahua. 19p.

Hernández, RP, GR Vázquez y C Ríos Q. 2010. Impacto de la asistencia técnica y capacitación en el uso de tecnología e indicadores productivos y económicos del sistema bovino carne bajo la estrategia de la unidad técnica especializada de INIFAP. *In: Memorias de la XLVI Reunión de Investigación Pecuaria*. Campeche, Campeche. pp. 343.

Ibarra, FJM, OG Nuñez M, FJ González G, J Carreón J. 2010. Impacto de la transferencia de tecnología pecuaria a través del DPAI y UTEP en Durango. *Memorias de las Reuniones de Investigación e Innovación Agroalimentaria y Forestal en México*. Campeche 2010. pp. 320.

Gutiérrez, LR, G Medina G, MD Amador R. 2008. Carga Animal del Pastizal Mediano Abierto en Zacatecas (Invierno 2007-2008). INIFAP-CIRNOC-CE Zacatecas. Folleto Informativo 49. 36p.

Hardin, Garrett. 1968. The Tragedy of the Commons. *Science* 163 (3859): 1243–1248.

Lima, SN, M Vieira A, FH Meneguello de S, R Andrade R, AC Ruggieri. 2011. Factores ambientales e de manejo na qualidade de pastos tropicais. *Enciclopédia Biosfera CC Conhecer*. Goiania 7(13): 531-549.

Olson, M. 1965. The logic for collective action: Public goods and the theory of groups. *Harvard Economic Studies* Vol. CXXIV. Harvard University Press. 186p.

Ostrom, Elinor. 2011. “Background on the Institutional Analysis and Development Framework.”

Policy Studies J. 39(1): 7–27.

Paterson, J.A. 1983. Effects of body condition on reproductive performance *In: 1992-1993*

Regional Beef Meetings. Management for Efficient Reproduction. University of Missouri Press. 32p.

Pedreira, BC, CG Silveira P e SC da Silva. 2007. Estructura do dosel e acúmulo de forragem de *Brachiaria brizantha* cultivar Xaraés em resposta a estratégias de pastejo. *Pesq. Agrop. Brasil* 42(2): 281-287.

Pretty, J. 2003. Social capital and the collective management of resources. *Science* (New York, N.Y.) 302 (5652): 1912–1914.

Putnam, RD. 1993. The Prosperous community: Social capital and public life. *The American Prospect* 13: 35-42.

Quero Carrillo, AR, JF Enríquez-Quiroz y L Miranda-Jiménez. 2007. Evaluación de especies forrajeras en América tropical, avances o *status quo*. *Interciencia-Venezuela*. 32 (8): 566-571.

Quero, CAR. 2013. A manera de Prólogo. *In*: AR Quero C (ed.) Gramíneas introducidas. Importancia e impacto en ecosistemas ganaderos. COLPOS-SOMMAP-IICA, UACH. Serie Biblioteca Básica de Agricultura. Texcoco, Edo. de México pp. I-V.

Quero-Carrillo, AR, L Miranda-Jiménez, FJ Hernández-Guzmán, FA Rubio-Aguirre. 2014. Mejora del establecimiento de praderas de temporal. Folleto Técnico. Colegio de Postgraduados. 31p.

Quero-Carrillo, AR, L Miranda-Jiménez, FJ Hernández-Guzmán. 2014a. *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit en México, bases para su utilización en la alimentación de rumiantes. Folleto Técnico. Colegio de Postgraduados. Texcoco, Estado de México. 32p.

Quero-Carrillo, AR, FJ Hernández-Guzmán, M Velázquez-Martínez, HG Gámez-Vázquez, P Landa-Salgado y P Aguilar-López. 2016. Métodos de establecimiento de pasturas en zonas áridas de México utilizando semillas crudas o cariósides. *Tropical Grasslands- Forrajes Tropicales* 4: 29-37.

Rudd, MA. 2000. Live long and prosper: collective action, social capital and social vision. *Ecol. Economics* 34 (1): 131–44.

Santos Jr., JDG, FA Monteiro, J Lavres Jr. 2004. Análise de crescimento do capim-Marandú submetido a doses de nitrogenio. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 33(6): 1985-1991.

Santos, MER, DM Fonseca, MA Magalhaes, SP Silva, DR Casagrande, V Gomes M. 2011. Estrutura e valor nutritivo do pasto diferido de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk durante o período de pastejo. Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável. 1(1): 112-122.

Schlager, E, and E Ostrom. 1992. Property rights regimes and natural resources: A conceptual analysis. Land Economics 68(3): 247–65.

Silva da, SC, AFA Sbrissia. 2001. A planta forrageira no sistema de producao. In: Anais Simpósio sobre manejo de pastagem. 17. Piracicaba, Brasil pp: 71-88p.

Silva da, SC, D Nascimento Jr. 2007. Avancos na pesquisa com plantas forrageiras tropicais em pastagens: características morfofisiológicas e manejo do pastejo. Revista Bras de Zootecnia. 36 Suppl. Esp.: 121-138.

Stevenson, JS, SK Johnson, and GA Milliken. 2003. Postpartum anestrus in suckled beef cattle: treatments to induce estrus, ovulation, and conception. The Professional Animal Scientist. 19:124-134.

Szavo, F, E Szabó, and S Bene. 2012. Statistic and genetic parameters of 205-day weaning weight of beef calves. Archiv Tierzucht 55(6): 552-561.

Wade, R. 1987. The management of common property resources: finding a cooperative solution. The International Bank for Reconstruction and Development.” The World Bank Research Observer 2(2): 219–234

Wilson, T. s/f. Assigning a body condition scores for beef cattle. <http://bradford.ifas.ufl.edu/documentsAssigningabodyconditionscoreforbeefcattle.pdf>. Fecha de consulta. Junio 21, 2017.

LA PRODUCCIÓN DE LECHE OVINA UNA ACTIVIDAD EMERGENTE EN MÉXICO

Arturo Ángel Trejo González¹, Marisela Peralta Lailson², María Eréndira Reyes García² y Héctor Sánchez Pineda².

¹Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán.

²Universidad Autónoma de Chiapas. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.

INTRODUCCIÓN

Los ovinos fueron de los primeros animales en domesticarse hace más de 10,000 años en Mesopotamia, debido a su docilidad y variedad de satisfactores que brindan al humano. La producción de ovinos en el mundo, se sostiene en cuatro ejes principales que son la producción de carne, la producción de lana, la producción de leche y en menor escala pero con rápido crecimiento la producción de abonos orgánicos, estos elementos se mencionan en el orden de importancia económica en México.



Figura 1. Mosaico Bizantino con la figura de una oveja
(Museo de mosaicos, Estambul. Circa 395 dC)

PRODUCCIÓN DE LECHE OVINA EN EL MUNDO

La leche ovina en el mundo tiene poca importancia económica ya que solamente representa el 1.3% de la producción de leche a nivel mundial, sin embargo la FAO lo estimula ya que cumple con algunos aspectos sociales como arraigar a las personas a sus territorios así como dar un valor agregado a la producción al elaborar quesos y derivados artesanales con denominación de origen (FAO).

En la tabla 1, se presenta la producción de leche ovina por regiones

Tabla 1. Producción de leche de oveja en el mundo

REGIÓN	PRODUCCIÓN (LITROS X 10 ³)	PORCENTAJE DE PRODUCCIÓN
Mundo	8,974,689	100
Asia	4,094,883	45.6
Europa	3,053,751	34.0
África	1,790,384	19.9
América	35,670	0.4

Datos tomados de FAO., (2009).

En la tabla 2 aparecen los principales países productores de leche ovina en el mundo y se puede apreciar que la mayor cantidad de ellos están en la cuenca del mar Mediterráneo.

Tabla 2. Principales países productores de leche ovina en el mundo

PAÍS	PRODUCCIÓN (MILES DE TONELADAS)
China	925,000
Italia	850,000
Turquía	785,000
Grecia	670,000
Irán	549,000
Siria	475,000
Sudan	465,000
Somalia	430,000
Rumania	348,000
España	306,000

Datos tomados de FAO., (2009).

LA OVINOCULTURA EN MÉXICO

La producción ovina en el país, se ha concentrado en la producción de carne, para 2016 se estimó una producción de carne en canal de 60,362 toneladas, para lana y leche no existen datos. La carne se consume principalmente bajo el rubro de la barbacoa, sin embargo abrir mercados diferentes para la carne ovina es un reto pendiente en México, aunque existen esfuerzos al respecto estos mercados aún son poco explorados y menos atendidos. Sin embargo las unidades dedicadas a la leche y queso artesanal van en aumento y actualmente se encuentran en al menos cuatro estados

que son: México, Puebla, Guanajuato y Querétaro, en San Luis Potosí en la universidad se desarrolló un proyecto sobre producción y calidad de leche de la oveja Rambouillet y en Chiapas se trabaja en el sector social para el consumo de la leche y algunos productos de la oveja Chiapas. En la figura 2, se presenta un mapa con los principales desarrollos.

PRODUCCIÓN DE LECHE OVINA EN MÉXICO



Figura 2. Principales Estados con producción de leche ovina en México

En México, los sistemas están separados, o se produce carne o se produce leche, pero no se ha establecido una unidad de producción que combine la engorda con la producción de leche, por lo que habría que trabajar en ese sentido

Los principales sistemas de producción dependen en primer lugar de la ubicación geográfica y el clima y se han agrupado de la siguiente manera para la producción de leche ovina:

Sistema extensivo y semi-extensivo, se caracteriza por mantener de 500 a 3000 ovejas 1 a 4 por hectárea. (Figura 3).



Figura 3. Sistema extensivo de producción de leche de oveja en México

Sistema intensivo en praderas mantiene de 6 a 20 animales por hectárea y suelen manejar de 1000 a 3000 hembras. (Figura 4).



Figura 4. Ovejas lecheras mantenidas en pasturas

Sistema intensivo arable cuenta con terrenos para agricultura, se siembran praderas y gramíneas y se ofrecen cortadas en el comedero mantiene por año de 6 a 20 ovejas por hectárea y se estima su capacidad en 100 a 1000 ovejas por hectárea. (Figura 5).



Figura 5. Sistemas arables para la producción de leche ovina.

Estos sistemas se encuentran en México aunque generalmente no sobrepasan las 500 ovejas siendo su tamaño actual de 100 a 500 ovejas lecheras (Caja y Such, 1991).

Los motivos que estimulan la producción de oveja en México, se resumen en los puntos siguientes:

- ❖ Las importaciones que quesos de oveja a precios elevados.
- ❖ El alto valor de la leche de oveja, aunque en la actualidad muy pocos productores la venden, esta adquiere un buen precio al ser transformada en queso.

❖ Cuando en una unidad de producción ovina se aprovecha la leche, se obtiene un ingreso extra que puede representar hasta el 75%. De acuerdo a los análisis realizados, se demuestra que con producciones de 150 mililitros por oveja se requieren 75 hembras para que un proyecto sea rentable (Valdez, 2017).

LAS RAZAS OVINAS LECHERAS EN MÉXICO

Las siguientes razas lecheras se encuentran en México, actualmente existe escases de hembras lecheras de raza pura debido a que algunas fronteras como la de Canadá y Estados Unidos están parcialmente cerradas y de otros países como Australia y Nueva Zelanda el costo de importación es elevado

RAZA EAST FRIESIAN.

Esta es la raza lechera por excelencia, originaria de Alemania, puede ser de color blanco o negro la cola es deslanada por lo que se le denomina como cola de rata su prolificidad es alta con promedio de 2.25 corderos por parto. Producción de leche promedio de 500 a 700 kg por lactación con un contenido de grasa de 6 a 7% (Cuéllar, et al., 2014).

RAZA AWASSI.

Es una raza proveniente de la región del Mediterráneo, generada en Israel, produce de 300 a 700 litros en lactaciones de 210 días.

RAZA CHURRA.

De origen español, se ha traído semen de esta raza a México, sin embargo no existen unidades de producción estables y el germoplasma se ha diseminado y diluido principalmente en el estado de México, los rendimientos promedio de las ovejas son de 129 litros con una ordeña de 120 días.

RAZA LEUCANE

Es originaria de Francia y su leche se utiliza para producción de queso Roquefort que es de los más caros del mundo. Su promedio de producción es de 270 litros en una ordeña posdestete iniciando a los 25 días de parida y con una ordeña de 165 días.

RAZA ASSAF

Es una raza sintética proveniente de Israel en la que se combinan genes de la East Friesian y de la Awassi. Produce en promedio 400 litros en ordeñas de 200 a 240 días.



Figura 6. Principales razas ovinas productoras de leche en México

Existen otras razas, que no existen en este momento en el país por lo que solamente serán mencionadas: British Milk Sheep, Castellana, Manchega, Latxa, Sarda y Chios.

Otras razas se han aprovechado, ordeñándolas como un complemento de ingresos o con fines de Estudio. En la raza Ramboillet, en la universidad de san Luis potosí se observó que los corderos tenían un rápido crecimiento, se amamantaban y aun así quedaba leche en la glándula mamaria, cuando utilizaron un sistema de media leche para ordeñar las ovejas encontraron picos de lactación con inicio de 0.5 litros y finalizaron a los 84 días en 0.2 litros (Ochoa et al., 2007). Con ovejas de raza Columbia se obtuvieron picos de lactación de 0.550 litros y las ovejas llegaron a 0.200 litros en una ordeña de 84 días (Trejo et al, 2002). Para la oveja Chiapas con fines de selección para cubrir deficiencias nutricionales en niños se obtuvo un pico de lactación de 0.350 litros con muy baja persistencia, llegando a 0.050 litros a los 112 días de ordeña (Peralta et al., 2001).

Debido a esta dificultad para comprar ovejas lecheras y debido al largo proceso que implica una cruce absorbente, es factible desarrollar líneas con algunas características deseables como capacidad para producir leche, la prolificidad que también afecta la cantidad de leche producida a

partir de las ovejas disponibles, en la Facultad de Estudios Superiores se trabajó durante 12 años para establecer y evaluar una línea a partir de ovejas Columbia y carneros de las razas East-Friesian y Romanov como se aprecia en la figura 7.



Figura 7. Formación de una línea de ovejas lecheras

LA GLÁNDULA MAMARIA Y EL ORDEÑO

La glándula mamaria es un órgano exclusivo de los mamíferos, es una estructura cutánea de tipo exocrino, se clasifica como túbulo-alveolar, siendo la unidad funcional el alveolo donde es producida la leche. Su función principal es el aporte de nutrientes a las crías, siendo el calostro indispensable para los corderos recién nacidos.

Sin embargo existen diferencias entre especies, siendo importante el hecho de que la oveja produce más leche durante el período de secreción a la hora del ordeño que otras especies domésticas como se puede observar en la tabla 3.

CAPACIDAD DE ALMACEN DE LECHE EN LA GLANDULA MAMARIA		
Genero	Leche cisternal	Leche alveolar
	60 al 70 %	25 al 30 %
	20 al 25 %	50 – 70 %
	10 al 15 %	25 – 80 %

Tabla 3. Comparación del almacén y la bajada de la leche en rumiantes domésticos.

CARACTERÍSTICAS DE LA LECHE OVINA

Una de las razones por las cuales la mayoría de leche de oveja sea utilizada para la elaboración de quesos se debe a su alto contenido de sólidos totales, que es un factor determinante en el rendimiento quesero que, permite obtener 1 Kilo de queso por cada 4 Litros de leche; cosa que no sucede con la leche de cabra y vaca de las que se necesitan hasta 10 L de leche para obtener esta misma cantidad de queso (Boylan, 1991).

En la tabla 4, se presentan la composición comparativa de la leche de los diferentes animales domésticos.

Tabla 4. Composición promedio de la leche en los distintos rumiantes domésticos.

GENERO	OVINO	CAPRINO	BOVINO
Grasa	7.2	3.8	3.2
Proteína	6.2	2.9	3.2
Caseína	5.1	2.4	2.6
Lactosa	3.7	4.0	4.7

Cenizas	0.9	0.7	0.7
Proteínas del suero	0.8	0.4	0.6
Total de solidos	18.3	8.7	9.0
Calcio	0.16	0.19	0.18
Fosforo	0.14	0.27	0.23
Cloro	0.27	0.15	0.10

SITUACIÓN DEL MERCADO NACIONAL

El mercado de leche y queso de ovejas en México es una nueva oportunidad de agregar valor a las unidades de producción, sin embargo existen algunos frenos que hay que revertir.

- ❑ Específicamente en contra de la producción láctea de oveja se tiene que, los hábitos de consumo en México se dirigen a la preferencia por los quesos frescos y suaves de vaca.
- ❑ La condición socioeconómica de los productores paradójicamente les dificulta el administrar una suplementación energética a los animales en producción, para obtener un recurso económico adicional de estos animales (Arévalo y Tórtora, 1999)

Sin embargo además del queso, existen otros usos culinarios de la leche de oveja, como son postres que además de cremosos, mejoran la palatabilidad, existen algunos Restaurantes de comida española que los ofrecen a su clientela.

FACTORES QUE AFECTAN LA PRODUCCIÓN DE LECHE OVINA

La ordeña de ovejas, tiene algunas características que la hacen diferente a otras especies, por lo tanto a nueva cultura ovina requiere de los conocimientos de la fisiología de la glándula mamaria de la oveja, por lo que se hará breve referencia a los factores intrínsecos del animal y los extrínsecos que determinan la producción.

Factores intrínsecos al animal.

Efecto raza

No existen animales especializados en la producción de leche en México, los de raza pura, se cuentan por cientos sin embargo se sabe que razas como la Rambouillet, la Suffolk, la Dorset y la Columbia, puede producir por arriba de medio litro en el pico de lactación por lo que se recomiendan como razas base para iniciar cruzamientos y sin duda alguna la investigación determinará que razas o cruas son adecuadas en cada región del país.

Actualmente existen sementales de la raza East Friesian, que se están usando como base para absorber la raza o generar nuevos genotipos adaptados a las diferentes regiones de México. Algunos pocos sementales de Awassi ya también se encuentran en México y unas cuantas ovejas descendientes de la raza Leucane.

Número de lactación

La producción de leche ovina, tiene una alta repetibilidad, por lo que al ordeñar a la oveja en su primera lactación, se puede conocer su potencial de producción, este potencial llegará a su máximo entre la cuarta y quinta lactación, tiempo en el cual los animales tienen que ser renovados.

Duración de lactación

Pérez-Rocha, 2009. Menciona con diferentes cruza con East Friesian Lactancias de 250 días promedio, en ese período el promedio de lactación diaria es de 720 ml, lo cual podría parecer poco, sin embargo algunas ovejas alcanzan picos cercanos a los dos litros, por lo que la producción estimada por lactación por oveja es de 180 litros. Esto representa al costo actual de la leche de \$ 20.00 por litro por 180 litros un ingreso por oveja de \$3600.00 además de los corderos producidos, lo cual es una rentabilidad nada despreciable.

Tipo de parto.

Se sabe que a mayor número de corderos nacidos, existe mayor tejido alveolar, por lo que se incrementa la leche de las ovejas, entonces es ventajoso utilizar métodos que permitan aumentar el número de cordero.

ANATOMÍA Y MORFOLOGÍA DE LA UBRE

La ubre ovina presenta una serie de características morfológicas y fisiológicas que determinan la facilidad o dificultad del ordeño, ya que las ovejas presentan dificultad para su ordeño a mano se prefiere la ordeña con máquina, por lo tanto existe una clasificación de acuerdo a su facilidad de ordeño de la siguiente manera:

Por la profundidad de la ubre, se distingue la cantidad de leche que puede producir una oveja, calificando con mayor puntaje la glándula mamaria con mayores ventajas

Puntuación lineal: 1. Profundidad de ubre
(De la Fuente *et al.*, 1996; Tomado de Caja, 2004)

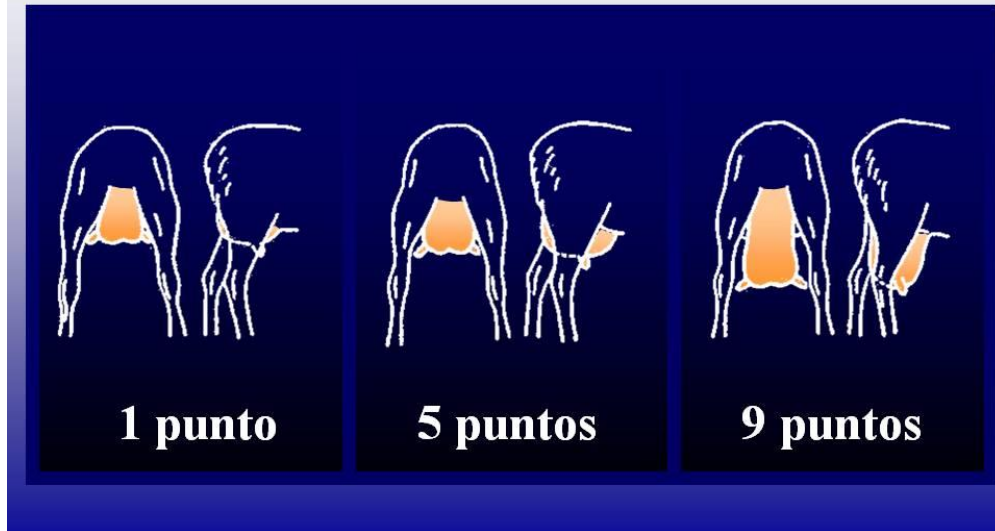


Figura 8.

Por el ángulo del pezón, es importante implementar un programa de selección ya que facilita o dificulta la aplicación de las pezoneras de la máquina ordeñadora, por lo tanto la calificación de 9 puntos es lo ideal.

Puntuación lineal: 3. Ángulo del pezón
(De la Fuente *et al.*, 1996; Tomado de Caja, 2004)



Figura 9.

El tamaño de los pezones es otra de las características importantes para facilitar el ordeño, en el mismo sentido los pezones largos se prefieren a los cortos.

Puntuación lineal: 4. Tamaño pezones
(De la Fuente *et al.*, 1996; Tomado de Caja, 2004)



Figura 10.

CINÉTICA DE EMISIÓN DE LECHE.

La ubre de las ovejas, suele liberar la leche en dos picos durante la misma ordeña, por lo tanto es recomendable al terminar la tanda de ordeña dar una repasada a máquina a las ovejas, Caja, 2004, recomienda no terminar el ordeño a mano ya que además de irritar los pezones y aumentar el riesgo de mastitis, el tiempo hombre-trabajo no justifica la leche adicional obtenida de esa manera.

Factores extrínsecos

Dentro de los factores que no dependen directamente del animal y que por lo tanto se consideran extrínsecos destacan:

Lactancia artificial y Edad al destete

Para la producción de leche ovina existen varios sistemas que a continuación se mencionan:

Cero amamantamiento. No hay contacto directo con la ubre, a los corderos se les proporciona el calostro con mamila y se alimentan con sustitutos de leche durante 60 días, en este sistema se vende toda la leche, pero existen gastos de personal, instalaciones y el sustituto que es especial para

corderos debido a las características ya tratadas de la leche de oveja. Este sistema se recomienda en ovejas con producciones altas y que requieran ordeñarse dos veces al día.

Amamantamiento de la madre hasta los 30 días, aquí se inicia la ordeña, sin embargo el cordero requiere todavía de proteínas y grasa butírica, por lo que los alimentos que se ofrecen en el Creep-feeding deben contener leche, lo que eleva su precio.

Amamantamiento normal al pie de la oveja, durante 60 días y al destetar se inicia el ordeño, aunque el ordeño es tardío, se aprovecha el pico de lactación, se reduce la cantidad de leche para venta pero no hay gastos adicionales y se puede proporcionar alimento que no contenga derivados lácteos lo que reduce costos.

El sistema conocido como de media leche, consiste en separar los corderos por la tarde-noche para que la glándula mamaria sintetice leche y las ovejas puedan ser ordeñadas por la mañana, después del ordeño los corderos maman a las ovejas por un período aproximado de seis horas antes de que vuelvan a separarse para la ordeña del día siguiente, en la figura 11 se presentan en forma gráfica estos sistemas.

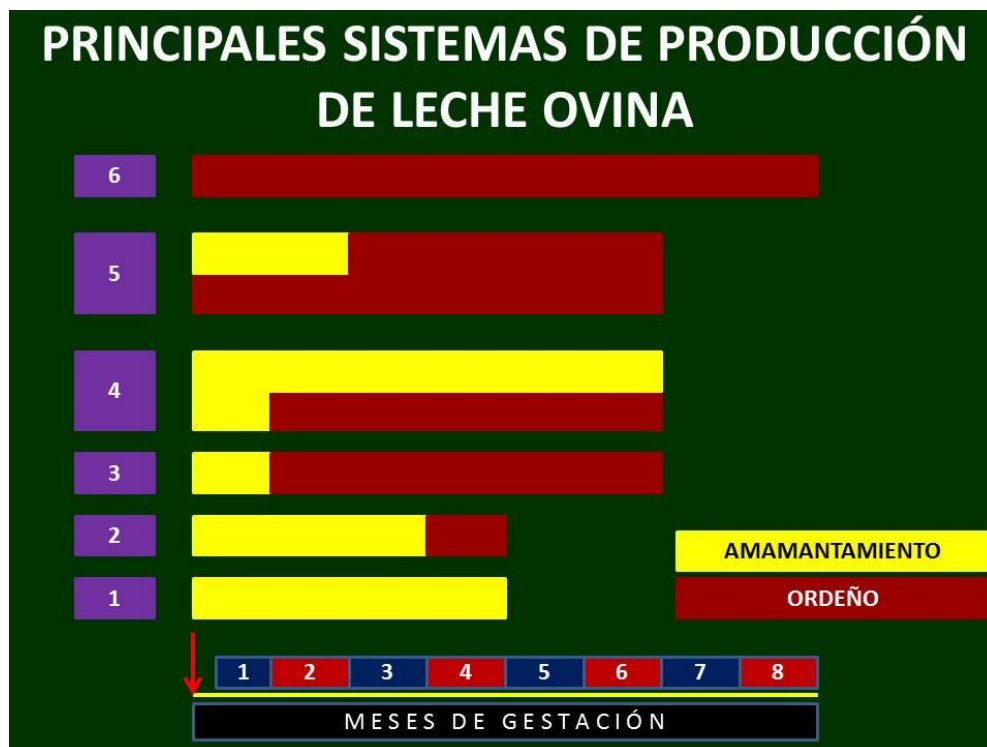


Figura 11. Principales sistemas de ordeña en ovinos

El ordeño

Las condiciones de ordeño son diferentes para las ovejas, por lo que las máquinas deben estar calibradas para ellas como se muestra en la tabla 5.

Tabla 5. Requerimientos de la máquina ordeñadora para los diferentes rumiantes domésticos

CARACTERÍSTICA	Vaca	Cabra	Oveja
Nivel de vacío (Kpa)	44	37	44
Valor de pulsaciones (ppm)	60	70-90	90-120
Relación de las pulsaciones	50:50	50:50	50:50

El nivel de vacío, expresado en kilo pascales (Kpa) es de 44, por lo que no se puede compartir con cabras. Las pulsaciones por minuto aumentan en la oveja requiriendo de 90 a 120.

Alimentación

Otro factor clave es la alimentación de la oveja, ya que se tienen diferentes requerimientos a lo largo de la lactancia, como se presenta en la figura 4 la producción de leche depende del tipo de parto.

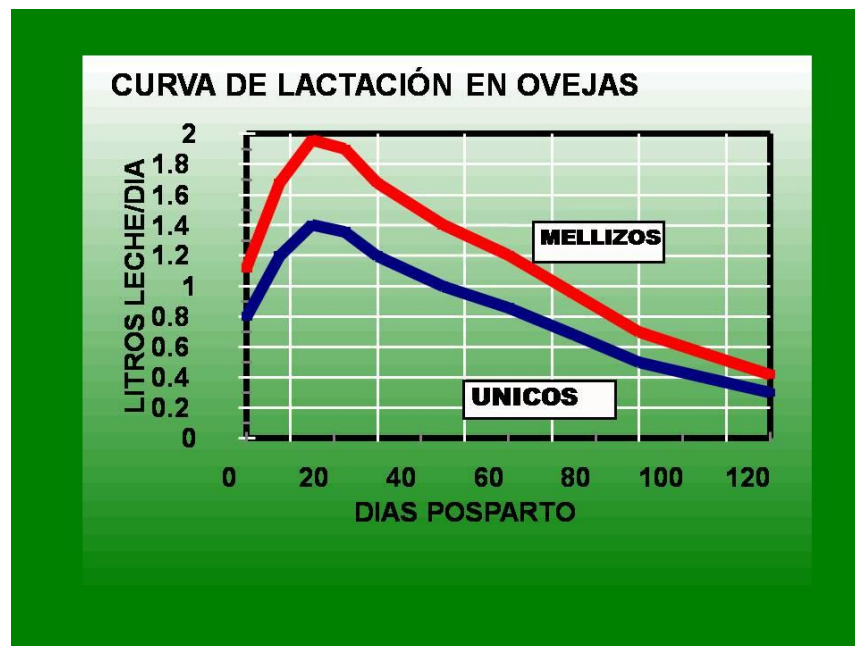


Figura 12. Curva promedio de lactación en ovejas con uno o dos corderos
(Tomado de Kremer, 2009)

El cálculo de energía para una oveja, puede realizarse de acuerdo a la tabla 6 con el fin de simplificar el proceso, de la siguiente manera:

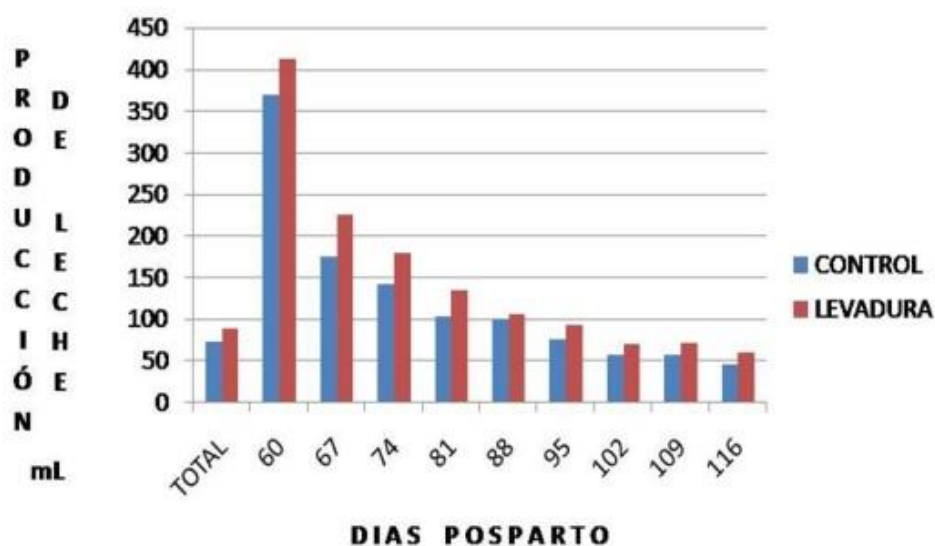
	PESO CORPORAL 50 Kg		PESO CORPORAL 70 kG	
	MANTENIMIENTO	GEMELOS	MANTENIMIENTO	GEMELOS
MATERIA SECA	1.0 Kg	2.4 Kg	1.2 Kg	2.8 Kg
PORCENTAJE	2.0	4.8	1.7	4.0
ENERGÍA (TND)	0.55 Kg	1.56 Kg	0.66 Kg	1.82 Kg
ENERGÍA DIGESTIBLE	2.4 Mcal	6.9 Mcal	2.9 Mcal	8.0 Mcal
ENERGÍA METABOLIZABLE	2.0 Mcal	5.6 Mcal	2.4 Mcal	6.6 Mcal
PROTEÍNA CRUDA	95 g	389 g	113 g	420 g
CALCIO (g)	2.0	10.5	2.5	11.0
FOSFORO (g)	1.8	7.3	2.4	81
OVEJAS LACTANTES			PESO CORPORAL 60 Kg	
			PRODUCCIÓN 1 Kg	PRODUCCIÓN 3 Kg
MATERIA SECA (Kg)			1.3	2.8
ENERGÍA METABOLIZABLE (MJ)			15.6	32.2
PROTEÍNA METABOLIZABLE (g)			146	297
Adaptado de: Young, W. P. y Haenlein. G. F. W., (2006). Handbook of milk of non-bovine mammals				

Tabla 6. Requerimientos de energía en ovejas lecheras

Como norma general se señala que una oveja en producción de leche debe ser mantenida con una condición corporal de 6 en una escala del 1 al 10.

Se ha recomendado el uso de levaduras para mejorar la producción de leche de oveja, sin embargo aunque el volumen de leche aumenta, los sólidos totales disminuyen por lo que el rendimiento quesero es menor Carrillo, et al., 2009.

PRODUCCIÓN DE LECHE EN OVEJAS COLUMBIA ALIMENTADAS CON O SIN LEVADURA CON SELENIO



Producción total = promedio/día

No existieron diferencias significativas "t" de Student ($P > 0.05$)

Figura 13. Producción de leche en ovejas alimentadas con o sin levaduras

Calidad de la leche de oveja

Desde el punto de vista genético, los valores de heredabilidad para las principales características de la leche de oveja van de medios a altos, por lo que es factible mejorar la calidad de leche a través de la selección.

HEREDABILIDAD (LÍNEA DIAGONAL) Y CORRELACIONES ENTRE CARACTERÍSTICAS DE LA LECHE OVINA					
	PRODUCCIÓN DE LECHE	PRODUCCIÓN DE GRASA	PRODUCCIÓN DE PROTEÍNA	CONTENIDO DE GRASA	CONTENIDO DE PROTEÍNA
PRODUCCIÓN DE LECHE	0.32				
PRODUCCIÓN DE GRASA	0.82	0.29			
PRODUCCIÓN DE PROTEÍNA	0.92	0.91	0.27		
CONTENIDO DE GRASA	- 0.34	0.24	- 0.05	0.62	
CONTENIDO DE PROTEÍNA	0.47	- 0.05	- 0.10	0.75	0.53

Tabla 7. Heredabilidad y correlaciones entre las características de la leche ovina

La leche de oveja, produce un queso de sabor fuerte, esto es debido a la cantidad de grasa que contiene, sin embargo presentan estas grasas algunas ventajas.

COMPOSICIÓN PROMEDIO DE LIPIDOS POR CADA 100 (g) DE LECHE				
	LECHE OVINA (g)	LECHE BOVINA (g)	PORCENTAJE OVINO VS BOVINO	PORCENTAJE OVINO VS HUMANO
ÁCIDOS GRASOS SATURADOS	4.60	2.08	221	229
ÁCIDOS GRASOS MONOINSATURADOS	1.72	0.96	179	104
ÁCIDOS GRASOS POLIINSATURADOS	0.31	0.12	258	105
COLESTEROL	11 (mg)	13 (mg)	85	55



Tabla 8. Principales lípidos en la leche ovina

Posee más ácidos mono insaturados que el bovino, así como más ácidos grasos poliinsaturados y presenta menos colesterol por lo que es considerada nutraceutica, es decir benéfica para la salud.

Se han reportado seis proteínas como las principales en la leche ovina. Las caseínas son las proteínas responsables de la coagulación o cuajado de la leche y se han determinado cuatro de estas proteínas en la leche ovina con un total de 17 isoformas, siendo el genotipo de caseína alfa 1 CC el que parece producir mejor rendimiento quesero.

Caseína A – 1 A, B, C, D, E, F.

Caseína A – 2 A, B, Rápida.

Caseína B A, B, C.

Caseína K A, B.

A Lacto Albúmina A, B.

B Lacto Albúmina A, B, C

La leche ovina es la más baja en lactosa entre las especies domésticas, La lactosa es importante para la fermentación de la leche como es el caso del yogurt. Así mismo se ha recomendado en aquellas personas que sufren de intolerancia a la lactosa.

En cuanto a los minerales, todas las leches son ricas en ellos, sin embargo la leche de oveja tiene mayor cantidad de calcio y fosforo que son importantes para la formación de huesos.

Otras cualidades de la leche de oveja es que debido a su alto contenido de lípidos y proteínas, es posible congelarla y después descongelar para elaborar productos. También sus glóbulos de grasa son más pequeños que los de la leche de bovino porque es más digestible.

Como todas las leches de consumo humano, es un excelente medio de cultivo bacteriano por lo que su manejo debe ser cuidadoso y adecuado para evitar contaminaciones y las células somáticas en la leche recién ordeñada sirven como una evaluación secundaria de la inocuidad de la leche ya que son células de defensa y su correlación es negativa con el número de bacterias, se ha observado que la temperatura de almacenamiento de la leche ovina debe estar en los menos 15 grados centígrados y no almacenarse por más de 12 meses.

EFECTO DE LA PRESENCIA DE LAS CÉLULAS SOMÁTICAS SOBRE LA CALIDAD DE LA LECHE OVINA			
	C É L U L A S S O M Á T I C A S/ml		
	< 100,000	100,000 – 1,000,000	>1,000,000
SÓLIDOS TOTALES	16.69	16.84	14.38
PORCENTAJE DE GRASA	5.49	5.67	4.86
PORCENTAJE DE PROTEÍNA	4.90	4.98	4.69
PORCENTAJE DE CASEÍNA	3.99	3.97	3.72
CASEÍNA/PROTEÍNA	81.43	79.72	79.32
RELACIÓN CASEÍNA: GRASA	0.73	0.70	0.77

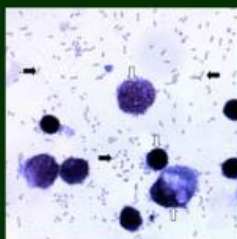


Tabla 9. Células somáticas y calidad de la leche ovina

COROLARIO

En base a lo anteriormente expuesto, México cuenta con las condiciones adecuadas para la producción ovina y entre ella la producción de leche y queso de oveja.

Se tiene un mercado poco explorado, pero sin duda insatisfecho y más adelante existe la posibilidad de exportar estos productos.

Como siempre ha sido, la organización de los productores para unificar la calidad y el precio es un factor importante para reducir riesgos de mercado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arévalo, P. S. y Tórtora, P. J. (1999). Ensayo preliminar de producción de leche ovina con las razas Rambouillet y Pelibuey. X Congreso Nacional de Producción Ovina.

Barillet, F., (1997). Genetics of Milk Production

Boylan, W. J. (1991). An alternative Mexican enterprise dairy sheep. Memorias Conferencias Magistrales IV Congreso Nacional de Producción Ovina. Universidad Autónoma de Chiapas.

Caja, G., (2004). Actualidades sobre la anatomía y fisiología de la ubre y del ordeño. Memorias del Primer Simposio Internacional sobre Producción de Leche de Oveja en México. Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

Caja, G. y Such, Y., (1991). Situación de la producción de leche de oveja en España. Principales sistemas de producción. Ovis 14: 11-27.

Carrillo-Rosales D. A., Servin Rivera R. J., Trejo González A. A. (2010). Efecto de la levadura ligada a selenio y otros minerales sobre la producción de leche y el rendimiento quesero de ovejas. XVI Congreso Nacional de Producción Ovina. Universidad Benito Juárez del Estado de Tabasco.

Cuéllar, O.J.A., García, L.E. y De la Cruz, C.H.A., (2014). Manual práctico del campesino para la cría Ovina lechera. Fundación por el Desarrollo Regional y la Competitividad.

FAO., (2009). El estado mundial de la agricultura y la alimentación. ISSN 0251-1371.

Gutiérrez, O.C., Blanco, O.M.A. 1996. Evaluación de la producción láctea de ovejas en un sistema de producción intensivo, obtenida por ordeño manual y por el pesaje del cordero antes y después de amamantarse. Memorias del XX Congreso de Buiatría. Acapulco, Gro., México. pp. 491-497

Haenlein, G.F.W. 2001. Present and future perspectives of small ruminant dairy research. J. Dairy Sci. 84:2097-2115.

Kremer, R., (2009). Alimentación de la oveja lechera. Memorias del Curso Precongreso. Leche Ovina y Elaboración de Queso. VI Congreso de la Asociación Latinoamericana de Especialistas en Pequeños Rumiantes y Camélidos Sudamericanos. Universidad Nacional Autónoma de México. Querétaro, México.

Ochoa, C.M.A., (2004). Importancia y perspectivas del sistema de producción de leche de oveja en México. Memorias del Primer Simposio Internacional sobre Producción de Leche de Oveja en México. Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

Ochoa, C.M.A., Torres, H.G., Díaz, G. M.O., Moron, C.F. y Namdeville, P., (2007). Curvas de lactación de ovejas Rambouillet de acuerdo al sistema de crianza. Memorias del V° Congreso de Especialistas en Pequeños Rumiantes y Camélidos Sudamericanos. Mendoza, Argentina.

Park. Y. W. y Haenlein. F. W., (2006). Handbook of milk of non bovine mammals.

Peralta, L.M., Pedraza, V.P., Ayala, V.E. 1997. Estudio comparativo de tres diferentes técnicas de ordeño en la borrega Chiapas.1. Desempeño de la hembra. Memoria IX Congreso Nacional de Producción Ovina. Querétaro, Qro. México. p.156-160

Peralta, L.M., Trejo, G.A.A., Vázquez, P.C. 2001. Estudio de los factores que afectan la producción de leche diaria en la oveja Chiapas. II Congreso Latinoamericano de Especialistas en Pequeños Rumiantes y Camélidos Sudamericanos y XI Congreso Nacional de Producción Ovina. Mérida, Yucatán. México

Peralta, L.M., Trejo, G.A.A., Vázquez, P.C. 2001. Determinación de la curva de lactación en la oveja Chiapas. II Congreso Latinoamericano de Especialistas en Pequeños Rumiantes y Camélidos Sudamericanos y XI Congreso Nacional de Producción Ovina. Mérida, Yucatán. México

Pérez-Rocha, J., (2009). Producción de leche de oveja y su valor agregado. Memorias del VI Congreso de la Asociación Latinoamericana de Especialistas en Pequeños Rumiantes y Camélidos Sudamericanos. Universidad Nacional Autónoma de México. Querétaro, México.

Trejo, G.A., (2009). Aspectos generales de la producción de leche ovina. Memorias del Curso Precongreso. Leche Ovina y Elaboración de Queso. VI Congreso de la Asociación Latinoamericana de Especialistas en Pequeños Rumiantes y Camélidos Sudamericanos. Universidad Nacional Autónoma de México. Querétaro, México.

Trejo, G.A.A, Romero, S.R., Dueñas, S.Ma.C., Cervantes, R.Ma.T. y Pérez, R.Y. (2002). Producción láctea y rendimiento quesero en ovejas Columbia de primer parto.

Trejo. G. A., (2009). Importancia en la producción de leche ovina. Memorias del Congreso de Medico Veterinarios Zootecnistas Especialistas en rumiantes. Apizaco Tlaxcala.

Valdez, M., (2017). Evaluación económica del ordeño posdestete de ovejas de razas cárnicas (Dorset) en el altiplano de México. En prensa.

EFFECTO DEL ESTRÉS POR CALOR EN EL METABOLISMO DE AMINOÁCIDOS EN ANIMALES

A. Morales, E. Avelar y M. Cervantes*

Instituto de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma de Baja California, Mexicali, México

* Correspondencia: miguel_cervantes@uabc.edu.mx

RESUMEN

La producción animal en México se lleva a cabo en áreas donde la temperatura ambiente, temporal o permanentemente, es superior a la zona termo-neutral (TN) de animales, provocando estrés por calor (EC). La reducción en el consumo voluntario de alimento por animales en EC es el aspecto de mayor impacto en la producción animal. Además, el incremento en la temperatura corporal, asociado a cambios en el flujo sanguíneo hacia la periferia y a órganos internos, son algunas de las principales respuestas fisiológicas de cerdos en EC. El aumento en el flujo sanguíneo a tejidos periféricos ayuda al animal a eliminar calor corporal al ambiente, pero la reducción en el flujo de nutrientes y oxígeno a órganos internos provoca alteraciones en el epitelio del intestino delgado que, a su vez, pueden afectar el metabolismo de nutrientes, especialmente de glucosa y aminoácidos. Los animales desarrollan mecanismos adaptativos para contrarrestar los efectos negativos del EC mediante la construcción de diversas proteínas incluyendo las de choque térmico, mucinas, y agentes antioxidantes. Lo anterior implican el desvío de algunos aminoácidos hacia esos procesos en lugar de la síntesis de proteína muscular. La concentración sérica de algunos aminoácidos en cerdos, durante las fases de absorción y post-absorción parecen confirmar el impacto negativo del EC en su metabolismo. La disminución en el consumo de alimento combinada con la afectación del metabolismo aminoácidos en animales en EC podría resultar en una reducción en la disponibilidad de nutrientes para su crecimiento. En esta revisión se incluyen datos recientes relacionados con el metabolismo y disponibilidad de aminoácidos en cerdos en EC.

Palabras clave: aminoácidos, metabolismo, estrés por calor, animales

INTRODUCCIÓN

Cada vez más, y debido al calentamiento global, la producción animal en México y el mundo, se lleva a cabo en regiones donde la temperatura ambiente (TA) supera la temperatura de confort de los animales, elevando su temperatura corporal (TC) y generando estrés por calor (EC). La exposición de animales a TA elevada les provoca estrés por calor (EC), el cual les modifica su conducta, fisiología y metabolismo para conservar la homeostasis. La reducción en el consumo

voluntario de alimento (CVA) es el cambio más crítico que le ocurre a cerdos en EC (Huynh et al., 2005; Patience et al., 2005). En humanos, el EC incrementa el flujo sanguíneo hacia la periferia (Ooue et al., 2007) en asociación con la elevación en la temperatura de órganos internos. Estos cambios parecen estar diseñados para reducir la producción de calor dentro del cuerpo y para promover la eliminación del calor corporal al ambiente. Se reconoce que la ingesta de alimento favorece la producción de calor corporal de cerdos en condiciones de confort, y recientemente observamos que ese fenómeno también ocurre en animales expuestos a condiciones de EC.

La disminución en el CVA de cerdos en EC se traduce en una menor disponibilidad de nutrientes, especialmente aminoácidos (AA). Por otra parte, el aumento en el flujo sanguíneo hacia la periferia observado en humanos (Ooue et al., 2007) puede disminuir el suministro de oxígeno y nutrientes hacia los tejidos del sistema digestivo. Ambos, hipoxia y deficiencia de nutrientes pueden provocar daños al epitelio intestinal que se evidencian principalmente por la reducción en el tamaño de las vellosidades intestinales (Liu et al., 2009). Asimismo, se han observado cambios en la proliferación celular (Sonna et al., 2002), en la función de membranas de células intestinales (Morales et al., 2014) y en la concentración sanguínea de especies reactivas de oxígeno (ROS; Kikusato and Toyomizu, 2013) en células musculares en EC. El daño al epitelio intestinal en cerdos debido al EC podría reducir la capacidad de absorción de AA que combinada con el incremento en el uso de algunos AA para contrarrestar el efecto negativo de ROS podría a su vez disminuir la disponibilidad de AA para su crecimiento. En esta revisión se presenta información reciente relacionada con el efecto de la exposición de cerdos a TA elevada capaz de generar estrés por calor en el metabolismo de AA. Especial énfasis se pone en el metabolismo de AA reconocidos por las funciones que desempeñan más allá de ser usados como bloques de construcción durante la síntesis de proteínas (*e.g.*, arginina, metionina, treonina).

TEMPERATURA CORPORAL

La temperatura corporal (TC) es una medida usada como indicador para determinar si un animal se encuentra bajo condiciones de EC (Wilson and Crandall, 2011); esta se ha medido generalmente en recto (Pearce et al., 2014), superficial en la piel (Yu et al., 2010), subcutánea (Morales et al., 2016a), óptica (Morales et al., 2016b) y en órganos internos (Morales et al., 2015; 2016c). Los cerdos tienen la capacidad para transferir el calor de órganos internos hacia la superficie para conservar inalterada la TC (Huynh et al., 2005) mediante el incremento en la tasa respiratoria (Pearce et al.,

2013a; 2013b). En estudios recientes se han observado incrementos de hasta 200% en la tasa respiratoria de cerdos en EC (Morales et al., 2016a; Pearce et al., 2014). Además, independientemente del sitio donde se mide la TC, la exposición de cerdos a condiciones de EC incrementa su TC.

En varios estudios recientes hemos observado consistentemente una relación estrecha entre la TA a la que se exponen los cerdos con su TC (Morales et al., 2015; Morales et al., 2016a; 2016b). Por ejemplo, en la Figura 1 se muestra la forma en que la TC de cerdos en EC refleja los cambios en la TA a lo largo de un día típico de verano en el valle de Mexicali (Cervantes et al., 2017). La TA más baja se registra durante las primeras horas de la mañana, entre las 0600 h y las 0800, y en ocasiones llega a disminuir a niveles cercanos a la TA de confort de cerdos en crecimiento. Sin embargo, a medida que avanza el día, la TA se eleva constantemente hasta alcanzar el valor máximo entre las 1500 h y las 1800 h; posteriormente se inicia el periodo de disminución hasta llegar a su valor más bajo en la mañana siguiente, y esto se repite todos los días durante el verano. En esta misma figura se observa la manera en que la TC fluctúa del mismo modo que lo hace la TA a lo largo del día. De hecho, existe una correlación muy elevada ($r = 0.98$) y altamente significativa entre la TA y la TC de cerdos. La TC en las horas de la mañana cuando se registraron los valores más bajos en la TA fue de 38.1 °C, la cual está dentro del rango normal en cerdos. Pero sorprendentemente, la TC en las horas en que los cerdos estuvieron expuestos a la TA más elevada del día fue 2.5 °C superior a la registrada previamente durante la mañana de ese mismo día. Además, es interesante notar que en un mismo día la TA cambia hasta 12 °C (desde 30 hasta 42 °C) mientras que la TC solo se modifica en 2.5 °C. Más interesante aún resulta el hecho de que la TA en otros estudios (Morales et al., 2015) llega a superar hasta en 13 °C la TC normal sin afectar la sobrevivencia de los animales. Otros autores (Yu et al., 2010; Pearce et al., 2013a; 2014) observaron una relación semejante entre TA y la temperatura rectal. La observación de estos resultados genera las preguntas siguientes: a) cómo le hace el animal para conservar la homeostasis bajo estas condiciones? b) qué modificaciones metabólicas realiza para eliminar calor y mantenerse vivo? Las respuestas a estas preguntas, con base en estudios recientes, indican que el metabolismo de AA juega un papel muy importante en los mecanismos que el animal emplea para protegerse contra los efectos negativos del EC.

Cuando la TA alcanza valores críticos el aumento en la tasa respiratoria no es suficiente para mantener la TC sin cambios por lo que esta se eleva (Arce et al., 2013; Pearce et al., 2014). En un

estudio reciente (Morales et al., 2016c) se midió la temperatura ileal de cerdos expuestos a TA que fluctuó diariamente desde el confort (aprox. 24 °C) a valores superiores a los 40 °C, y en cerdos alojados en condiciones constantes de confort. En promedio, la temperatura ileal de cerdos en EC fue 1.6 °C superior a la de los alojados en confort. Aún más, la TC de cerdos en EC registrada entre las 1600 y 2000 h fue 2.8 °C superior que en los cerdos confort. Estos incrementos se han observado de manera consistente en otros estudios realizados en este laboratorio (Morales et al., 2015; 2016b; 2016c). Asimismo, incrementos similares (aprox. 1.5 °C) en la temperatura rectal fueron publicados también por otros autores (Yu et al., 2010; Pearce et al., 2013b; 2014), quienes además observaron daños en el epitelio intestinal de los cerdos en EC. Estos daños pueden afectar la integridad del epitelio intestinal y en consecuencia su capacidad digestiva y de absorción de nutrientes, lo cual es ampliamente discutido en otro documento incluido en este mismo compendio por Morales y colaboradores.

Por otra parte, es bien conocido que el acto de consumir el alimento, el proceso de digestión y la absorción-metabolismo de los nutrientes resultantes generan calor adicional. Bajo condiciones de confort, la TC post-prandial de cerdos se eleva ligeramente. En un estudio reciente realizado en nuestro laboratorio se alojaron cerdos entre 50 y 60 kg de peso vivo bajo condiciones de termoneutralidad (20 ± 2 °C), a los que se les implantaron en íleon terminal termógrafos programados para medir y registrar la TC cada 5 min. Los cerdos se alimentaron con una dieta típica trigo-pasta de soya, en dos niveles diferentes (1.2 y 1.8 kg/d), 2 veces/día (0700 y 1900 h) durante 10 d. En promedio, como se muestra en la Figura 2, la TC se elevó entre 0.6 y 0.7 °C inmediatamente después de consumir su ración alimenticia y se conservó elevada durante aproximadamente 5 horas después de la comida matutina. El aumento inicial en la TC se atribuye a la actividad física relacionada con la acción de consumir el alimento además de los movimientos típicos de animales ayunados previo a su alimentación. Por su parte, el sostenimiento de la TC elevada durante las 5 h post-prandial se atribuye a las reacciones químicas relacionadas con la digestión y absorción de los nutrientes. Wilfart et al. (2007) publicaron que el tiempo promedio de tránsito de la digesta a través del estómago y el intestino delgado en cerdos alimentados con dietas cereal-pasta de soya es de aproximadamente 1 y 4 h respectivamente. Asimismo, con base en estudios previos (Morales et al., 2016b), determinamos que la digestibilidad ileal estandarizada de AA es alrededor del 90%. Por tanto, se estima que la mayor parte del alimento ofrecido en la mañana se digirió en el intestino delgado y los nutrientes resultantes se absorbieron durante las primeras 5 horas post-prandial, lo

cual coincide con el sostenimiento del incremento en la temperatura intestinal. Esta hipótesis la respalda la reducción en la temperatura intestinal observada a partir de las 1300 h (6 horas postprandial). Por tanto, el incremento en la temperatura intestinal iniciado por la actividad física de los cerdos parece mantenerse por el calor producido durante la digestión del alimento, la absorción y el metabolismo de los nutrientes resultantes. Más interesante aún es el hecho de que la TC de los cerdos que consumieron 1.8 k/d de alimento fue alrededor de 0.3 °C superior que la de los que recibieron 1.2 kg/d. Por lo anterior, la pregunta obligada es la siguiente: la ingestión y digestión de alimento elevan también la TC de cerdos que expuestos a TA elevada generadora de EC?

Si el incremento en la TC discutido en el párrafo anterior ocurriera también en cerdos en EC su TC se elevaría adicionalmente intensificando aún más los efectos negativos del EC. Sin embargo, el efecto del consumo y digestión de alimento por cerdos en EC no ocurre todo el tiempo. En la Figura 1 se observa que la TC disminuye aún después de consumir su ración alimenticia vespertina. En este estudio, cerdos en EC se alimentaron dos veces diariamente, a las 0700 y 1900. De las 0600 a las 0900 h, la TC se incrementó a una tasa semejante a la que se elevó la TA. Sin embargo, la TC registrada entre las 1800 y 2100 h disminuyó al reducir la TA, independientemente de que la ingesta de alimento ocurrió a las 1900 h; en ese momento la TA ya era superior a la TC de cerdos en confort. Esta respuesta parece indicar que la TA ejerce un mayor efecto en la TC que la misma ingestión y digestión del alimento. Asimismo, especulamos que la TC postprandial de cerdos en EC no se eleva más allá de lo observado en cerdos en condiciones de confort; en lugar de eso, creemos que cerdos en EC “deciden” reducir su consumo de alimento, hasta un punto en el que su capacidad de eliminación de calor corporal llega a su límite. Debido a que el efecto más significativo del EC en los cerdos es la reducción marcada (hasta 50%) en el CVA (Huynh et al., 2005; Morales et al., 2015), su exposición a TA elevada, más que el calor de la digestión-metabolismo del alimento consumido, parece ser la principal causa de la reducción en el CVA.

METABOLISMO DE AMINOÁCIDOS

La principal función de los AA en las células y tejidos de los animales consiste en servir como unidades de construcción de las proteínas tanto funcionales como estructurales. Sin embargo, la mayoría de los AA también tienen funciones específicas, más allá de la síntesis de proteína (Wu et al., 2009) que se hacen críticas en condiciones de EC. Algunos AA actúan en forma libre participando en la regulación de algún proceso metabólico en particular (*e.g.*, arginina, histidina,

metionina, glutamina-glutamato, leucina, triptófano, etc.) mientras que otros lo hacen como componentes de algunas proteínas funcionales (e.g., lisina, metionina, treonina, etc.). La concentración sérica (CS) de AA libres en muestras de sangre colectadas durante las primeras 2 a 3 h post-prandial refleja la magnitud de su absorción (Yen et al., 2004; García-Villalobos et al., 2012), mientras que la CS después de 8 horas de la última ingesta de alimento refleja la magnitud de la toma de esos AA por la células para su metabolismo (Reverter et al., 2000; Yen et al., 2004). A continuación se presentan y discuten algunos hallazgos relacionados con la CS de AA en animales expuestos a condiciones de EC y el funcionamiento de algunos AA, tanto en forma libre o como componentes de proteínas funcionales, y el impacto que el EC tiene en su actividad.

Síntesis de proteína muscular

La síntesis de proteínas en las células es un proceso muy complejo controlado por diversos factores, incluyendo la presencia de todos los AA que actúan como bloques de construcción además de AA específicos actuando como unidades funcionales (Myasaki and Esser, 2009). Leucina, por ejemplo, actúa como AA funcional estimulando la síntesis de proteínas globales a través de la activación de un complejo de proteínas funcionales denominado blanco de la rapamicina en mamíferos o master regulador de la síntesis de proteína (mTOR; Drumond et al., 2008). Los músculos de los animales están formados por cuatro diferentes tipos de fibras designadas por la isoforma de miosina de cadena pesada (MyHC) predominante (I, IIa, IIx and IIb; Yang et al., 2007). Estas isoformas de MyHC poseen características metabólicas y contráctiles particulares, y son distribuidas de manera diferenciada entre los músculos; es decir, la distribución de las MyHC parece estar relacionada con su función (Lefaucher et al., 2002). Las fibras MyHC IIb son las más abundantes en cerdos y parecen ser las fibras determinantes del crecimiento diferenciado de los músculos. Estas fibras constituyen alrededor del 80% del total de las fibras musculares (Czerwinski and Martin, 1994) y se expresan de manera extensa in los músculos semitendinoso y largo dorsal de cerdos (Lefaucheur et al., 2002).

Lisina es un AA catiónico, el más abundante en las proteínas musculares (Mahan y Shields, 1998), pero el más limitante en dietas típicas para cerdos. En un estudio realizado en nuestro laboratorio analizamos el efecto del nivel de lisina en la dieta sobre la expresión de miosina en los músculos semitendinoso y largo dorsal de cerdos; los niveles de lisina evaluados fueron: deficiente, adecuado y exceso (Morales et al., 2015). En ese estudio, la expresión de las fibras IIb de MyHC en el

músculo largo dorsal no se afectó por la cantidad de lisina consumida, pero en el músculo semitendinoso se expresó 6.6 veces más en cerdos que recibieron una cantidad adecuada de lisina, en comparación con los que recibieron niveles deficientes de lisina. La reducción en el consumo voluntario de alimento por cerdos en EC se traduce en un consumo deficiente de lisina equivalente al nivel deficiente evaluado en el estudio arriba discutido. En coincidencia, Brodsky et al. (2004) reportaron que la restricción en el consumo de proteína por humanos produce un cambio en la distribución de las isoformas de MyCH a través de mecanismos post-traducción. Por tanto, la disminución en la ingesta de AA, especialmente de lisina indica que los AA pueden regular de manera diferenciada el crecimiento de los diferentes músculos de los animales.

El incremento en la expresión de la isoforma Iib de la MyHC provocado por el aumento en el contenido de lisina en la dieta en ese estudio, indica que lisina estimula la síntesis de proteína corporal, en asociación con el efecto anabólico ejercido por leucina. Es importante hacer notar que ambos, leucina y lisina, son los AA más abundantes en las proteínas musculares de los animales (Bikker et al., 1994). La expresión de la isoforma Iib de MyHC tuvo una correlación positiva y muy elevada con el nivel de lisina en la dieta, la ganancia diaria de peso muscular y la acumulación de proteína muscular. Estos resultados indican que lisina puede estimular, directa o indirectamente, la transcripción de MyHC Iib. Más aún, de acuerdo con algunos autores (Park et al., 2009), la abundancia de MyHC Iib está correlacionada con el nivel de su mRNA, indicando que la síntesis de miosina es controlada a nivel de transcripción. Igualmente, Morales et al. (2014) realizaron un estudio en el que evaluaron el efecto del EC en la CS de AA y la expresión de MyHC Iib en cerdos alimentados con una misma dieta y una misma ración diaria. En este estudio observamos una menor CS de lisina asociada a una mayor expresión de MyHC Iib y menor ganancia de peso. Es decir, lisina parece tener una función muy importante en el control de la síntesis de proteína corporal, más allá de actuar como unidad de construcción, y en consecuencia en el crecimiento muscular de los animales. Por tanto, y debido a que la síntesis de proteína implica que estén presentes al mismo tiempo los 20 AA que constituyen las proteínas, el EC parece impactar de manera directa o indirecta el metabolismo de todos los AA en los animales.

Proteínas de choque térmico

El estrés por calor activa mecanismos compensatorios para evitar o al menos minimizar el daño celular y proteger órganos vitales. Estos incluyen, además de la reducción en el consumo voluntario de alimento e incrementos en la tasa respiratoria y flujo sanguíneo periférico, un aumento en la síntesis de las proteínas de choque térmico (heat shock proteins – Hsp), las cuales ayudan a las proteínas recién sintetizadas a adquirir y conservar el ensamblaje (estructura secundaria-terciaria) apropiado (Kiang and Tsokos, 1998). Estos cambios pueden modificar las rutas metabólicas de los AA, incrementando sus necesidades para mantenimiento y desviando estos AA para uso diferente al crecimiento muscular de los animales. El estrés por calor induce un incremento rápido en la síntesis de la familia de las Hsp (Lacetera et al., 2006). En un estudio realizado por Morales et al. (2014), la abundancia del mRNA para la Hsp-90 fue 12 veces mayor en cerdos en EC que sus contraparte alojados en condiciones termo neutrales, aún y cuando ambos grupos tenían el mismo nivel de consumo de alimento. Resultados similares fueron publicados por Theodorakis and Morimoto (1987) en estudios in vitro en los que se expusieron células a condiciones de EC, comparadas con células no estresadas. Estos resultados indican que animales en EC pueden desviar una cantidad importante de AA hacia la síntesis de Hsp, en lugar de destinarlos al crecimiento muscular y en consecuencia contribuir a reducir su ganancia de peso, más allá del efecto provocado por la disminución en el consumo voluntario de alimento.

Proliferación celular

Arginina es un AA catiónico relativamente abundante en la proteína corporal de los animales. Además, arginina es precursor de varios compuestos que participan en el control de diversas funciones de células y tejidos. En un estudio realizado con cerdos por Morales et al. (2016b), el EC redujo la CS de los AA esenciales, y este efecto fue más pronunciado para arginina, citrulina, ornitina y prolina. Arginina es un precursor importante de la síntesis de poliaminas (espermina, espermidina, putresina), las cuales son reconocidas por su función como estimulantes de la proliferación celular (Tan et al., 2010), sugiriendo una mayor demanda de arginina en el intestino de cerdos en EC durante la fase de absorción. Aproximadamente el 40% de arginina ingerida por los cerdos en confort no ingresa a circulación sistémica debido a que es utilizada por las células intestinales (Wu y Morris, 2009). En virtud de que el EC disminuye la integridad intestinal de los cerdos (Pearce et al., 2013), se especula que la menor CS de arginina en cerdos en EC fue provocada

por su elevado uso para conservar el crecimiento e integridad normal de las vellosidades intestinales. Arginina es sintetizada en riñón empleando a citrulina como su principal precursor (Wu and Morris 1998). A su vez, citrulina es sintetizada en el enterocito a partir de glutamina, glutamato y prolina (Curis et al., 2007), y luego liberada en la circulación y tomada por las células del riñón (Wu et al., 2009). La mayoría de la citrulina circulante proviene de enterocitos. La disminución de citrulina circulante (aprox. 25%) en cerdos en EC es semejante a la disminución en la CS de prolina (aprox. 20%), lo cual indica que la exposición al EC reduce la síntesis endógena de arginina. Por otra parte, ornitina es un metabolito intermediario del catabolismo de arginina en el ciclo de la urea (Durante et al. 2007) y también sirve como sustrato para la síntesis de poliaminas. La CS de ornitina en cerdos en EC igualmente reduce en aprox. 25%, lo cual también está asociada con la disminución en valores séricos de arginina, prolina, citrulina y urea, y puede indicar un aumento en el uso de ornitina para la síntesis de poliaminas en cerdos en EC.

Uno de los efectos más notorios del EC en animales es el incremento en el flujo sanguíneo hacia los tejidos periféricos (Ooue et al., 2007). Este mecanismo parece estar diseñado para incrementar la pérdida de calor corporal hacia el ambiente exterior, y ocurre en respuesta al incremento en la relajación del tejido endotelial de los vasos periféricos. El óxido nítrico es un radical libre con funciones de señalización responsable de la relajación del tejido endotelial, y arginina es el precursor de su síntesis (Wu et al., 2009). Por tanto, arginina es un regulador indirecto del flujo sanguíneo y, presumiblemente, es responsable del incremento en la pérdida de calor corporal en animales en EC lo que podría indicar un aumento en la necesidad de arginina. Histidina sirve como precursor para la síntesis de histamina (Shahid et al., 2011), el cual también funciona como mediador de la vasodilatación, secreción de moco, y alteraciones en la presión sanguínea e isquemia (Maintz and Novak 2007). Todas esas funciones se afectan sustancialmente en cerdos en EC (Ogoh et al., 2013). El incremento en la permeabilidad intestinal provocado por lipopolisacáridos y el desarrollo en la inflamación debido al EC (Pearce et al., 2013b) parece modular la actividad de la enzima L-His decarboxilasa, la cual cataliza la síntesis de histamina (Dy et al. 1981). La CS de histidina se reduce cuando animales se exponen a condiciones de EC (Morales et al., 2016c), lo cual se especula que sea debido al mayor uso de este AA en la síntesis de histamina.

Glutamina, por otra parte, es la principal fuente de energía para enterocitos y precursor de la síntesis de citrulina y poliaminas (Wu, 2013). Citrulina, como precursor de la síntesis de arginina en riñón contribuiría a cubrir las necesidades adicionales de arginina de cerdos en EC. La recuperación del tamaño y función normal de las vellosidades intestinales erosionadas por el EC (Yu et al., 2010) implica mayor síntesis de poliaminas y suministro de energía durante todo el tiempo en que los animales se exponen a EC. El daño provocado a las vellosidades por el destete de cerditos se corrige con la adición de arginina extra en la dieta (Wu et al., 2010), por tanto es comprensible suponer que arginina y glutamina podrían estimular la proliferación de células intestinal de cerdos en EC, lo cual incrementaría la necesidad de ambos AA.

Por otro lado, existen evidencias de que el EC eleva la secreción de mucinas (Pierce et al., 2014), proteínas ricas en treonina y prolina producidas por células secretoras del intestino para protegerse contra agentes patógenos o no deseables contenidos en el quimo (Faure et al., 2002). El EC agudo incrementa sustancialmente la secreción de mucina-2 en cerdos (Pearce et al., 2014). Las mucinas son gluco-proteínas ricas en treonina, contienen aprox. 34%, además de prolina y serina (Faure et al., 2002). Esto indica que cerdos en EC utilizan una mayor cantidad de estos AA recientemente absorbidos, en comparación con cerdos en confort. De hecho, recientemente reportamos una mayor pérdida de treonina endógena en cerdos en EC, comparado con cerdos en confort (Morales et al., 2015), indicando una mayor secreción de mucina. Asimismo, la CS de prolina y serina disminuye en porcentajes semejantes cuando los cerdos se exponen a EC. Lo anterior supone incrementos en la necesidad de treonina y prolina de cerdos en EC para conservar la integridad intestinal.

Protección celular

La generación de radicales libres de oxígeno (ROS) es consecuencia natural del metabolismo que si no se controla puede provocar daño celular (Kikusato y Toyomizy, 2013). En respuesta, la célula posee un mecanismo antioxidante especializado en bloquear la actividad de ROS a través de enzimas como la superóxido dismutasa, catalasa y glutatión-peroxidasa (Slimen et al., 2014). Además, AA como metionina, histidina y arginina actúan de manera directa o como precursores de antioxidantes. Metionina actúa en forma libre y como componente de algunas proteínas del sistema redox (Moscovitz et al., 2001) o como precursor de cisteína para sintetizar glutatión, el sistema antioxidante más importante de la célula (Lu, 2013). Histidina es precursor de los antioxidantes carnosina y anserina Yang et al., 2014). Carnitina es otro antioxidante celular

importante (Lawler et al., 2002) en cuya formación contribuyen arginina y metionina (Wu et al., 2009). La síntesis de creatina involucra metionina como donador de un grupo metilo; creatina, aparentemente, consume más grupos metilo de metionina que todas las demás reacciones de metilación (Brosnan and Brosnan, 2007). Aún más, metionina libre o como parte de algunas proteínas parece funcionar como antioxidante al proteger proteínas y otras macromoléculas mitocondriales contra ROS. Metionina en proteínas es de los AA más susceptibles de oxidación, pero el residuo metionina-sulfoxido resultante puede reducirse (recuperarse) por la acción de la enzima metionina-sulfóxido reductasa (Moskovitz et al., 2001). Metionina es abundante en la superficie de proteínas ligadas a ácidos nucleicos mitocondriales, las cuales son expuestas a flujos altos de agentes oxidantes (Bender et al. 2008). Interesante de notar, la CS de homocistina en la fase post-absorción, la cual resulta de la oxidación de dos homocisteínas, se incrementa sustancialmente (cerca del 100%) en cerdos bajo condiciones de EC. Homocisteína se puede sintetizar mediante trans-metilación reversa de metionina en las células, seguida de su conversión en cisteína, el cual es el sustrato que limita la síntesis de glutatión, el principal antioxidante intracelular especialmente bajo condiciones de EC. Histidina es precursor de la síntesis de carnosina (β -alanina-L-histidina), el cual también funciona como antioxidante (Boldyrev et al., 2013) y cerdos en EC tienen mayor CS de carnosina asociada a una menor CS de histidina. Por tanto, la función antioxidante de arginina, histidina y metionina explica parcialmente su marcada reducción en la CS de cerdos en EC. Debido al incremento sustancial de ROS en cerdos en EC, el metabolismo de arginina, histidina y metionina se podría convertir en elemento crítico del sistema antioxidante celular. Por tanto, es posible que estos AA contribuyan a controlar la sobre-generación de ROS y su adición en niveles extra en la dieta podría ayudar a corregir ese problema en cerdos en EC.

La proteólisis es una actividad esencial en las células para eliminar proteínas regulatorias (Marfany et al., 2008) o defectuosas que resultan de errores durante su síntesis o dañadas por diversos factores incluyendo a la actividad de ROS; estas proteínas son rápidamente digeridas dentro de la célula y los AA resultantes son parcialmente re-utilizados (Lecker et al., 2006). Así, aunque la destrucción de ese tipo de proteínas es un proceso metabólico normal que ocurre constantemente (Marfany et al., 2008), factores como el EC y el consecuente incremento en la producción de ROS pueden afectar la tasa normal de degradación de proteínas celulares. De hecho, el EC incrementa la degradación de los miotúbulos de pollitos expuestos a 41°C comparados con otros alojados a 37°C

(Nakashima et al., 2004); la TC de cerdos en EC puede llegar a superar los 41°C. Los metabolitos 3-methyl-histidina (Elia et al., 1981) e OH-prolina (Sakamoto et al., 2015) son indicadores de la hidrólisis de colágeno y fibras de actina-miosina, respectivamente. La OH-lisina (como galactosil-OH-lisina) es también un indicador de la degradación de colágeno óseo (Al-Dehaimi et al., 1999). En un estudio realizado por Morales et al. (2016), la CS post-absorción de 3-methyl-histidina incrementa en 24%, OH-prolina en 20%, y la de OH-lisina en 60% en cerdos en EC. Un incremento similar en la CS de 3-methyl-histidina se observó en ganado lechero expuesto a EC (Lamp et al., 2015). Estos resultados indican que el EC incrementa la tasa de degradación de proteínas musculares.

En resumen, la respuesta fisiológica y metabólica de los animales al EC es muy compleja. Entre otros aspectos, los cerdos en EC incrementan su TC, elevan su flujo sanguíneo hacia la periferia para disipar parte del calor corporal, elevan la generación de agentes oxidantes a nivel celular, comprometen la integridad celular y reducen su capacidad para absorber AA. La respuesta metabólica incluye el empleo de algunos AA para contrarrestar los efectos del calor aumentando la síntesis de proteínas de choque térmico, la síntesis de poliaminas para estimular la proliferación celular, la relajación del endotelio de vasos sanguíneos periféricos y la síntesis de moléculas con actividad antioxidante. Sin embargo, este desvío de AA provoca un aumento en las necesidades de AA para funciones de mantenimiento que en consecuencia reduce la disponibilidad de AA para crecimiento de los animales. El reto para futuros estudios consiste en definir con mayor claridad el o los AA que deban enriquecerse en las dietas para animales en EC, de manera que puedan defenderse eficazmente contra el EC sin que se comprometa la disponibilidad de AA para crecimiento. Por tanto, esta información pretende convertirse en base para plantear trabajos futuros de investigación que involucren la intervención nutricional para hacer que los animales sean más capaces de aclimatarse a TA elevadas, al mismo tiempo que brindan una oportunidad extraordinaria para mejorar la formulación de dietas de animales expuestos a condiciones de EC.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Conacyt y a la Universidad Autónoma de Baja California por el financiamiento de algunos de los trabajos referidos en esta revisión. Asimismo, se agradece la participación de estudiantes de posgrado asociados al Cuerpo Académico de Nutrición Animal de esta universidad

(H. García, M. Cota, N. Arce, F. Grageola, G. Castillo, N. Ibarra, L. Buenabad, M. Pérez, L. Vázquez, N. Vásquez, T. Gómez, M. Chávez, A. Suárez, A. Valle, D. Antoine).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Al-Dehaimi, A.W., Blumsohn, A., Eastell, R. 1999. Serum Galactosyl Hydroxylysine as a Biochemical Marker of Bone Resorption. *Clin. Chem.* 45:676-681.

Arce, N., Cota, M., Araiza, B. A., Cervantes, M., Morales, A. 2013. Heat stress affects the intestinal temperature in growing pigs. *J. Anim. Sci.* 91(E-Suppl. 2):344. (Abstr.).

Bender, A., Hajieva, P., Moosmann, B. 2008. Adaptive antioxidant methionine accumulation in respiratory chain complexes explains the use of a deviant genetic code in mitochondria. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 105:16496–16501. doi:10.1073/pnas.0802779105.

Boldyrev, A., Aldini, G., Derave, W. 2013. Physiology and pathophysiology of carnosine. *Physiol. Rev.* 93:1803–1845. doi:10.1152/physrev.00039.2012.

Brodsky, I. G., Suzara, D., Hornberger, T. A., Goldspink, P., Yarasheski, K. E., Smith, S., Kukowski, J., Esser, K., Bedno, S.. 2004. Isoenergetic Dietary Protein Restriction Decreases Myosin Heavy Chain IIX Fraction and Myosin Heavy Chain Production in Humans. *J. Nutr.* 134: 328–334.

Broer, S., 2008: Amino acid transport across mammalian intestinal and renal epithelia. *Physiological Reviews* 88, 249–286.

Brosnan, J. T., Brosnan, M. E. 2007. Creatine: Endogenous metabolite, dietary, and therapeutic supplement. *Annu. Rev. Nutr.* 27:241–261. doi:10.1146/annurev.nutr.27.061406.093621.

Cervantes, M., Arce, N., García, H., Cota, M., Htoo, J.K., Morales, A.. 2015. Expression of genes coding for selected amino acid transporters in small intestine, liver, and skeletal muscle of pigs fed excess branched-chain amino acids. *Genet. Mol. Res.* 14:9779–9792. doi:10.4238/2015.August.19.11.

Cervantes, M., Ibarra, N., Vásquez, N., Reyes, F., Avelar, E., Espinoza, S., Morales, A. 2017. Serum concentrations of free amino acids in growing pigs exposed to diurnal heat stress fluctuations. *J. Thermal Biol.* 69:69–75.

Curis, E., Crenn, P., Cynober, L. 2007. Citrulline and the gut. *Curr. Opin. Clin. Nutr. Metab. Care* 10:620–626. doi:10.1097/MCO.0b013e32829fb38d.

Czerwinski, M., Martin, J.M. (1994). Effect of somatotropin on myosin expression in pigs. *J. Anim. Sci.* 72: 1204-1208.

Drummond, M., Glynn, E.L., Fry, C.S., Timmerman, K.L., et al. (2010). An increase in essential amino acid availability upregulates amino acid transporter expression in human skeletal muscle. *Am J Physiol.* 298, E1011–E1018.

Durante, W., Johnson, F.K., Johnson, R.A.. 2007. Arginase: A critical regulator of nitric oxide synthesis and vascular function. *Clin. Exp. Pharmacol.* 34:906–911. doi:10.1111/j.1440-1681.2007.04638.x.

Dy, M., Lebel, B., Kamoun, P., Hamburguer, J. 1981. Histamine production during the anti-allograft response: Demonstration of a new lymphokine enhancing histamine synthesis. *J. Exp. Med.* 153:293–309. doi:10.1084/jem.153.2.293.

Elia, M., Carter, A., Bacon, S., Winearls, C. G., Smith, R. 1981. Clinical usefulness of urinary 3-methylhistidine excretion in indicating muscle protein breakdown. *Brit. Med. J.* 282:351-354.

Faure, M., Moënnnoz, D., Montigon, F., Fay, L.B., Breuillé, D., Finot, P.A., Ballèvre, O., Boza, J. 2002. Development of a rapid and convenient method to purify mucins and determine their in vivo synthesis rate in rats. *Anal. Biochem.* 307:244–251. doi:10.1016/S0003-2697(02)00048-9.

García-Villalobos, H., Morales-Trejo, A., Araiza-Piña, B.A., Htoo, J.K., Cervantes-Ramírez, M., 2012. Effects of dietary protein and amino acid levels on the expression of selected cationic amino acid transporters and serum amino acid concentration in growing pigs. *Arch. Anim. Nutr.* 66, 257-270.

Hinnebusch, B.F., Ma, Q., Henderson, J.W., Siddique, A., Archer, S. Y., Hodin, R.A. 2002. Enterocyte response to ischemia is dependent on differentiation state. *J. Gastrointest. Surg.* 6:403–409. doi:10.1016/S1091-255X(01)00076-2.

Huynh, T.T., Aarnink, A.J., Verstegen, M.W., Gerrits, W.J., Heetkamp, M.J., Kemps, B., Canh, T.T. 2005. Effects of increasing temperatures on physiological changes in pigs at different relative humidities. *J. Anim. Sci.* 83, 1385–1396.

Kiang, J.G.; Tsokos, G.C. 1998: Heat Shock Protein 70 kDa: Molecular Biology, Biochemistry, and Physiology. *Pharmacology & Therapeutics.* 80, 183–201.

Kregel, K.C., Moseley, P.L. 1996: Differential effects of exercise and heat stress on liver HSP70 accumulation with aging. *Journal of Applied Physiology* 80, 262–277.

Kikusato, M., Toyomizu, M. 2013. Crucial role of membrane potential in heat stress-induced overproduction of reactive oxygen species in avian skeletal muscle mitochondria. *PLoS One* 8(5):e64412. doi:10.1371/journal.pone.0064412.

Lacetera, N., Bernabucci, U., Scalia, D., Basiricò, L., Morera, P., Nardone, A. 2006. Heat stress elicits different responses in peripheral blood mononuclear cells from Brown Swiss and Holstein cows. *J Dairy Sci.* 89:4606-12.

Lamp, O., Derno, M., Otten, W., Mielenz, M., Nürnberg, G., Kuhla, B. 2015. Metabolic Heat Stress Adaption in Transition Cows: Differences in Macronutrient Oxidation between Late-Gestating and Early-Lactating German Holstein Dairy Cows. *PLoS ONE* 10(5): e0125264. doi:10.1371/journal.pone.0125264.

Lawler, J. M., Barnes, W. S., Wu, G., Song, W., Demaree, S. 2002. Direct antioxidant properties of creatine. *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 290:47–52. doi:10.1006/bbrc.2001.6164.

Lecker, S. Goldberg, H.A.L., Mitch, W.E. 2006. Protein degradation by the ubiquitin–proteasome pathway in normal and disease states. *J. Am. Soc. Nephrol.* 17:1807-1819. doi: 10.1681/ASN.2006010083.

Lefaucheur, L.R. Hoffman, K., Gerrard, D.E., Okamura, C.S., Rubinstein, N., Kelly, A. Evidence for Three Adult Fast Myosin Heavy Chain Isoforms in Type II Skeletal Muscle Fibers in Pigs. *J. Anim. Sci.* 1998. 76:1584–1593.

Liu, F., Yin, J., Du, M., Yan, P., Xu, J., Zhu, X., Yu, J. 2009. Heat-stress-induced damage to porcine small intestinal epithelium associated with down regulation of epithelial growth factor signaling. *J. Anim. Sci.* 87:1941–1949. doi:10.2527/jas.2008-1624.

Lu, S. C. 2013. Glutathione synthesis. *Biochim. Biophys. Acta* 1830:3143-3153.

Mahan, D.C., Shields Jr., R.G. 1998: Essential and nonessential amino acid composition of pigs from birth to 145 kilograms of body weight, and comparison to other studies. *Journal of Animal Science* 76:513–521.

Maintz, L., Novak, N. 2007. Histamine and histamine intolerance. *Am. J. Clin. Nutr.* 85:1185–1193.

Marfany, G., Farras, R., Salido, E., Xirodimas, D.P., Rodríguez, M.S. 2008. Much to know about proteolysis: intricate proteolytic machineries compromise essential cellular functions. *Biochem. Soc. Trans.* 36:781-785. doi: 10.1042/BST0360781.

Miyasaki, M., Esser, K.A. 2009. Cellular mechanisms regulating protein synthesis and skeletal muscle hypertrophy in animals. *Journal of Applied Physiology* 106, 1367-1373.

Morales, A., Grageola, F., García, H., Arce, N., Araiza, B., Yáñez, J., Cervantes, M. 2014. Performance, serum amino acid concentrations and expression of selected genes in pair-fed growing pigs exposed to high ambient temperatures. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 98, 928-935.

Morales, A., Buenabad, L., Castillo, G., Arce, N., Araiza, B.A., Htoo, J.K., Cervantes, M. 2015. Low protein-amino acid supplemented diets for growing pigs: Effect on expression of amino acid transporters, serum concentration, performance and carcass composition. *J. Anim. Sci.* 93:2154–2164. doi:10.2527/jas.2014-8834.

Morales, A., Hernández, L., Buenabad, L., Avelar, E., Bernal, H., Baumgard, L., Cervantes, M. 2016a. Effect of heat stress on the endogenous intestinal loss of amino acids in growing pigs. *J. Anim. Sci.* 94:165–172. doi:10.2527/jas.2015-9393.

Morales, A., Cota, S. E. M., Ibarra, N. O., Arce, N. Htoo, J. K., Cervantes, M. 2016b. Effect of heat stress on the serum concentrations of free amino acids and some of their metabolites in growing pigs. *J. Anim. Sci.* 94:2835-2842.

Morales, A., Pérez, M., Castro, P., Ibarra, N., Bernal, H., Baumgard, L.H., Cervantes, M. 2016c. Heat stress affects the apparent and standardized ileal digestibilities of amino acids in growing pigs. *J. Anim. Sci.* doi:10.2527/jas2016-0571.

Moskovitz, J., Bar-Noy, S., Williams, W.M., Requena, J., Berlett, B.S., Stadtman, E.R. 2001. Methionine sulfoxide reductase (MsrA) is a regulator of antioxidant defense and lifespan in mammals. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 98:12920–12925. doi:10.1073/pnas.231472998.

Nakashima, K., Nonaka, I., Masaki, S., Yamazaki, M., Abe, H. 2004. Myofibrillar proteolysis in chick muscle cell cultures during heat stress. *Anim. Sci. J.* 75:353-360. doi: 10.1111/j.1740-0929.2004.00197.x.

Ogoh, S., Sato, K., Okazaki, K., Miyamoto, T., Hirasawa, A., Morimoto, K., Shibasaki, M. 2013. Blood flow distribution during heat stress: Cerebral and systemic blood flow. *J. Cereb. Blood Flow Metab.* 33:1915–1920. doi:10.1038/jcbfm.2013.149.

Ooué, A., Ichinose-Kuwahara, T., Shamsuddin, A.K.M., Inoue, Y., Nishiyasu, T., Koga, S., Kondo, N. 2007. Changes in blood flow in a conduit artery and superficial vein of the upper arm during passive heating in humans. *Eur. J. Appl. Physiol.* 101:97–103. doi:10.1007/s00421-007-0478-8.

Park, S.K., Gunawan, A.M., Scheffler, T.L., Grant, A.L., Gerrard, D.E. 2009. Myosin heavy chain isoform content and energy metabolism can be uncoupled in pig skeletal muscle. *J. Anim. Sci.* 2009. 87:522–531.

Patience, J.F., Umboh, J.F., Chaplin, R.K., Nyachoti, C.M. 2005. Nutritional and physiological responses of growing pigs exposed to a diurnal pattern of heat stress. *Livestock Prod. Sci.* 96, 205-214.

Pearce, S.C., Gabler, N.K., Ross, J.W., Escobar, J., Patience, J.F., Rhoads, R.P., Baumgard, L. 2013a. The effects of heat stress and plane of nutrition on metabolism in growing pigs. *J. Anim. Sci.* 91:2108–2118.

Pearce, S.C., Mani, V., Weber, T.E., Rhoads, R.P., Patience, J.F., Baumgard, L.H., Gabler, N.K. 2013b. Heat stress and reduced plane of nutrition decreases intestinal integrity and function in pigs. *J. Anim. Sci.* 91, 5183–5193.

Pearce, S.C., Sanz, F.M.V., Hollis, J.H., Baumgard, L.H., Gabler, N.K. 2014. Short-term exposure to heat stress attenuates appetite and intestinal integrity in growing pigs. *J. Anim. Sci.* 92, 5444–5454.

Renaudeau, D., Anais, C., Tel, L., Gourdière, J.L. 2010. Effect of temperature on thermal acclimation in growing pigs estimated using a nonlinear function. *J. Anim. Sci.* 88, 3715–3724.

Reverter, M., Lundh, T., Gonda, H.L., Lindberg, J.E. 2000. Portal net appearance of amino acids in growing pigs fed a barley-based diet with inclusion of three different forage meals. *Br. J. Nutr.* 84:483–494.

Sakamoto, H., Watanabe, K., Koto, A., Koizumi, G., Satomura, T., Watanabe, S., Suye, S-I. 2015. A bienzyme electrochemical biosensor for the detection of collagen L-hydroxyproline. *Sens. Bio-Sens. Res.* 4:37-39. doi:10.1016/j.sbsr.2015.03.002.

Shahid, M., Tripathi, T., Khardori, N., Khan, R.A. 2011. An overview of histamine synthesis, regulation and metabolism, and its clinical aspects in biological system. In: M. Shahid, N. Khardori, R. A. Khan, and T. Tripathi, editors, *Biomedical aspects of histamine*. Springer, New York. p. 3–13.

Slimen, I.B., Najar, T., Ghram, A., Dabbebi, H., Mrad, M.B., Abdrabbah, M. 2014. Reactive oxygen species, heat stress and oxidative-induced mitochondrial damage. A review. *Int. J. Hyperthermia*. 30:513-23.

Sonna, L.A., Fujita, J., Gaffin, S.L., Lilly, C.M. 2002. Effects of heat and cold stress on mammalian gene expression. *J. Appl. Physiol.* 92, 1725–1742.

Tan, B., Yin, Y., Kong, X., Li, P., Li, X., Gao, H., Li, X., Huang, R., Wu, G. 2010. L-Arginine stimulates proliferation and prevents endotoxin-induced death of intestinal cells. *Amino Acids*. 38(4):1227-35.

Theodorakis, N.G., Morimoto, R.I. 1987. Posttranscriptional regulation of hsp70 expression in human cells: effects of effects of heat shock, inhibition of protein synthesis, and adenovirus infection on translation and mRNA stability. *Mol. Cell. Biol.* 1987, 7(12):4357. DOI: 10.1128/MCB.7.12.4357.

Wilfart, A., Montagne, L., Simmins, H., Noblet, J., van Milgen J. 2007: Digesta transit in different segments of the gastrointestinal tract of pigs as affected by insoluble fibre supplied by wheat bran. *British Journal of Nutrition* 98, 54–62.

Wilson, T.E., Crandall, C.G. 2011. Effect of thermal stress on cardiac function. *Exerc. Sport. Sci. Rev.* 39, 12–17.

Wu, G. 2013. Functional amino acids in nutrition and health. 2013. *Amino Acids*.

Wu, G., Morris, S.M. 1998. Arginine metabolism: Nitric oxide and beyond. *Biochem. J.* 336:1–17. doi:10.1042/bj3360001.

Wu, G., Bazer, F.W., Davis, T.A., Kim, S.W., Li, P., Rhoads, J.M., Satterfield, M.C., Smith, S.B., Spencer, T.E., Yin, Y. 2009. Arginine metabolism and nutrition in growth, health and disease. *Amino Acids* 37:153–168. doi:10.1007/s00726-008-0210-y.

Wu, X., Ruan, Z., Gao, Y., Yin, Y., Zhou, X., Wang, L., Geng, M., Hou, Y., Wu, G. 2010. Dietary supplementation with L-arginine or N-carbamylglutamate enhances intestinal growth and heat shock protein-70 expression in weanling pigs fed a corn- and soybean meal-based diet. *Amino Acids*. 39(3):831-9.

Yang, P., Hao, Y., Feng, J., Lin, H., Feng, Y., Wu, X., Yang, X., Gu, X. 2014. The Expression of Carnosine and Its Effect on the Antioxidant Capacity of Longissimus dorsi Muscle in Finishing Pigs Exposed to Constant Heat Stress. *Asian-Australas J Anim Sci.* 27(12):1763-72.

Yang, L., Tan, G., Fu, Y.Q., Feng, J.H., Zhang, M.H. 2010. Effects of acute heat stress and subsequent stress removal on function of hepatic mitochondrial respiration, ROS production and lipid peroxidation in broiler chickens. *Comp. Biochem. Physiol. - Part C: Toxic. Pharm.* 151:204-208.

Yen, J.T., Kerr, B.J., Easter, R.A., Parkhurst, A.M. 2004. Difference in rates of net portal absorption between crystalline and protein-bound lysine and threonine in growing pigs fed once daily. *J. Anim. Sci.* 82:1079–1090.

Yu, J., Yin, P., Liu, F., Cheng, G., Guo, K., Lu, A., Zhu, X., Luan, W., Xu, J. 2010. Effect of heat stress on the porcine small intestine: A morphological and gene expression study. *Comp. Biochem. Physiol. A Mol. Integr. Physiol.* 156, 119–128.

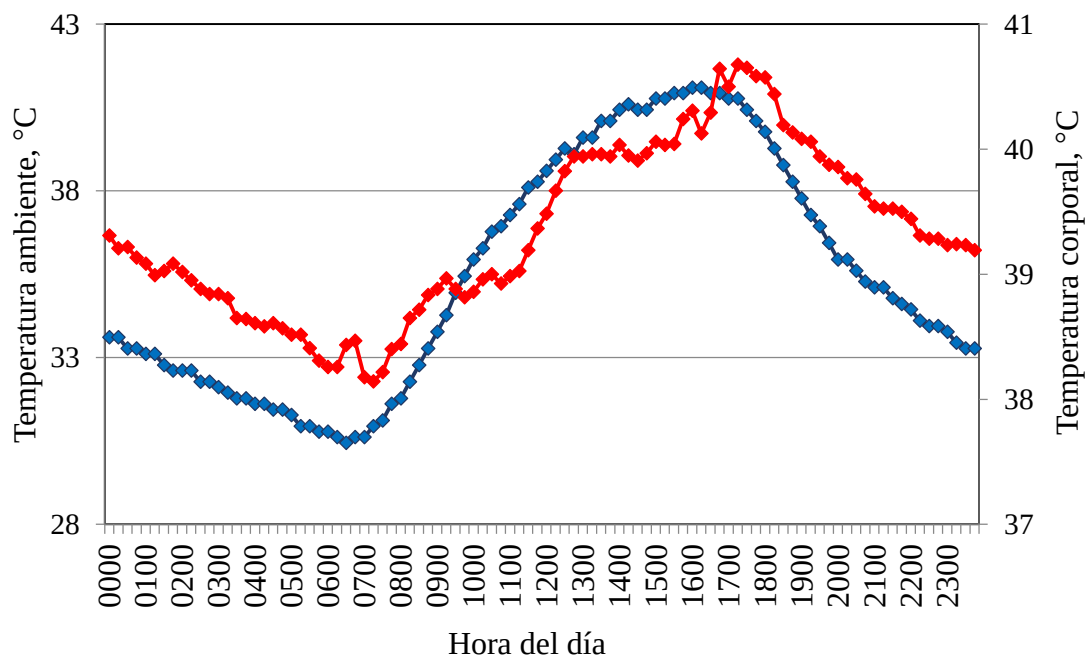


Figura 1. Variaciones en la temperatura corporal (rojo) de cerdos alojados en condiciones de estrés por calor, en respuesta a cambios en la temperatura ambiente (azul) durante un día típico del verano del año 2015 en el valle de Mexicali (Cervantes et al., 2017).

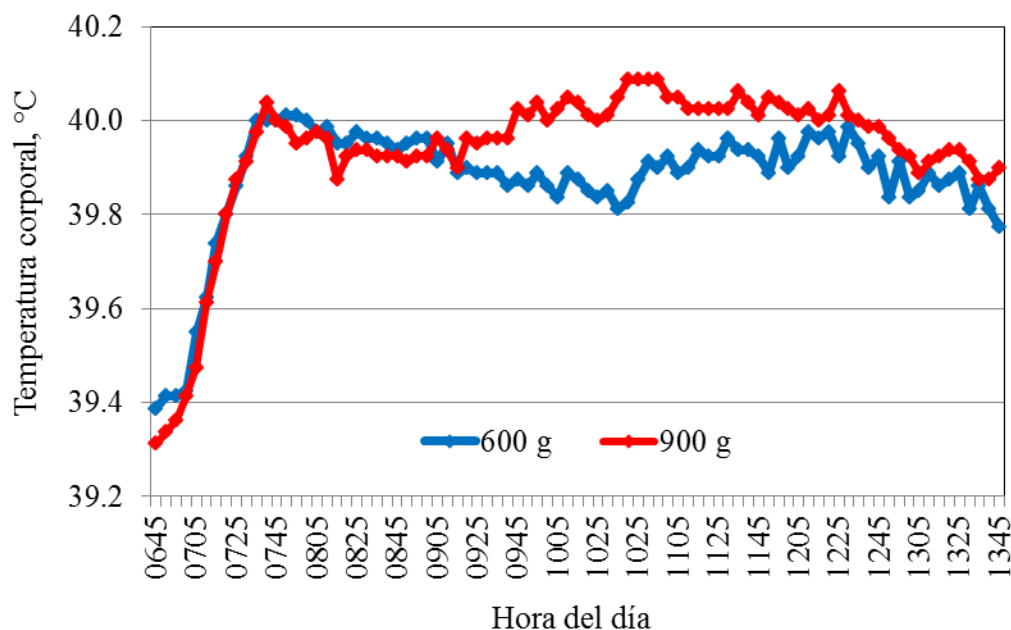


Figura 2. Temperatura corporal promedio registrada cada 15 min, 15 min antes y 5 h después de que se ofreció el alimento a las 0700 h, durante tres días consecutivos. El alimento se consumió en menos de 30 min.

Cuadro 1. Concentración sérica ($\mu\text{g/mL}$) de aminoácidos libres indispensables en la fase de absorción de cerdos alojados en condiciones de confort o estrés por calor ¹

Aminoácidos	Confort	Estrés calor	EEM	P-valor
Arginina	53.92	39.33	2.42	0.005
Histidina	15.60	13.75	0.68	0.100
Isoleucina	24.27	20.68	1.68	0.182
Leucina	33.80	30.48	0.90	0.040
Lisina	40.02	32.22	1.49	0.010
Metionina	9.74	8.78	0.85	0.450
Fenilalanina	23.54	20.11	0.92	0.038
Treonina	43.30	31.76	3.41	0.050
Triptofano	11.40	8.55	0.67	0.024
Vallina	49.45	41.21	2.94	0.095

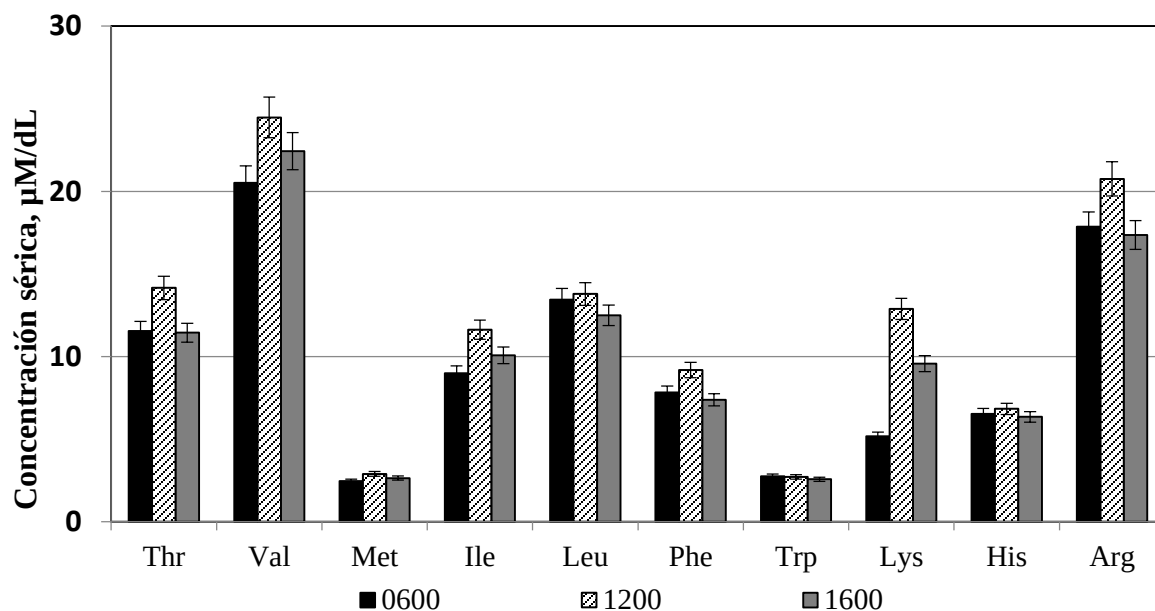
¹ La concentración de aminoácidos se analizó en suero de sangre colectada 2.5 h después de la alimentación matutina. Ambos grupos de animales consumieron la misma cantidad de alimento.

Cuadro 2. Concentración sérica ($\mu\text{g/mL}$) de aminoácidos libres indispensables en la fase de post-absorción de cerdos alojados en condiciones de confort o estrés por calor

Aminoácidos	Confort	Estrés calor	EEM	P-valor
Arginina	23.64	28.14	1.25	0.034
Histidina	8.40	11.71	0.21	<0.001
Isoleucina	17.33	16.61	0.92	0.595
Leucina	21.12	22.16	0.47	0.154
Lisina	9.07	8.84	0.90	0.861
Metionina	3.13	5.06	0.29	0.001
Fenilalanina	14.25	15.33	0.50	0.166
Treonina	19.23	18.74	1.82	0.855
Triptofano	6.81	7.06	0.34	0.618
Vallina	30.58	33.01	1.25	0.207

¹ La concentración de aminoácidos se analizó en suero de sangre colectada 10.5 h después de la alimentación matutina. Ambos grupos de animales consumieron la misma cantidad de alimento.

Figura 3. Concentración de aminoácidos en suero colectado una hora antes (0600 h), y 5 (1200 h) y 9 (1600 h) h después de la alimentación matutina de cerdos en estrés por calor



CAPÍTULO II.

CAMBIO CLIMÁTICO



EMISION DE GASES DE EFECTO INVERNADERO POR EL GANADO BOVINO, TÉCNICAS DE MEDICIÓN Y ESTRATEGIAS DE MITIGACIÓN

Gloria Stefanny Hernández Pineda¹, Octavio Alonso Castelán Ortega^{1*}

¹Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma del Estado de México. Campus El Cerrillo Piedras Blancas, Toluca, Estado de México.

*E-mail: oaco2002@yahoo.com.mx

INTRODUCCIÓN

Los gases que contribuyen al efecto invernadero son principalmente el dióxido de carbono (CO₂), el metano (CH₄) y el óxido nitroso (N₂O). El primero es considerado como el más abundante y el que en la actualidad tiene un mayor aporte en el incremento del calentamiento global. El gas metano es uno de los agentes causantes del deterioro en la capa de ozono. El aumento en la producción de ganado, el uso y la extracción de combustibles fósiles y la producción de arroz son las principales fuentes de CH₄ antropogénico. Para mitigar el impacto ambiental generado por las explotaciones ganaderas se han realizado diferentes estudios sobre la alimentación para el ganado bovino y el uso de diversos compuestos naturales con el objeto de que disminuya la producción de CH₄ (Cuartas *et al.*, 2013). En este mismo sentido se han buscado diferentes métodos que puedan medir con precisión y con cierta exactitud las emisiones de metano generadas por el ganado bovino, yendo desde la medición de gas *in vitro* hasta las cámaras de respiración de calorimetría indirecta de diferentes tipos (Suzuki *et al.*, 2008). El objetivo del presente trabajo es discutir la importancia del ganado bovino como una de las principales fuentes de emisión de metano a partir de la fermentación entérica, describir los procedimientos para medir la emisión y concluir sobre algunas estrategias que existen para mitigar las emisiones de este gas.

El papel de los gases efecto invernadero sobre el cambio climático

El cambio climático a nivel mundial representa la mayor preocupación de diferentes organizaciones como la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC), la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), entre otras, que trabajan en aras de mejorar la calidad del ambiente (Steinfeld *et al.*, 2009).

El efecto invernadero es causado por la presencia creciente en el aire de una serie de gases que capturan el calor e impiden su salida al espacio exterior. El calor atrapado es transmitido por estos gases al resto de la atmósfera provocando un incremento en la temperatura. Cuanto mayor sea la presencia de gases efecto invernadero (GEI) en la atmósfera, mayor será su capacidad para retener energía y generar más calentamiento en el planeta (Santillán *et al.*, 2013).

Se ha evidenciado que las actividades humanas como los procesos industriales, la agricultura, la silvicultura y la producción de arroz emiten GEI, lo cual ocasiona su continuo deterioro. La cantidad de GEI liberados por medio de la actividad humana se ha elevado significativamente en los últimos años, provocando el aumento del efecto invernadero natural y el cambio climático global (Bonilla y Lemus, 2012). Algunas proyecciones indican que la temperatura media global podría aumentar entre 1,4 °C y 5,8 °C para el año 2100 (CMNUCC, 2005).

El protocolo de Kyoto (1998), indica que entre los GEI más potentes se encuentran el CO₂, el N₂O, los hidrofluorocarbonos (HFC), los perfluorocarbonos, (PFC), el hexafluoruro de azufre (SF₆) y el CH₄. El aumento de la concentración mundial de CO₂ se debe principalmente a la utilización de combustibles de origen fósil y a los cambios de uso de la tierra. El aumento de CH₄ ha sido menor después de los años noventa en relación con las emisiones totales que han sido relativamente constantes durante ese período (IPCC, 2014).

Principales gases efecto invernadero

El CO₂ es el gas que más aporta al calentamiento global puesto que sus emisiones y concentraciones son más altas que las de otros gases (Montzk *et al.*, 2011)a. Las cantidades de carbono que provienen del planeta, a través de la fotosíntesis y la respiración son enviadas a la atmósfera, estas grandes cantidades (alrededor de 50 miles de millones de toneladas/año) producen oscilaciones en las concentraciones de CO₂ atmosférico. Estos flujos biológicos de carbono en un año son diez veces más altos que la cantidad de carbono liberada en la atmósfera por la quema de combustibles fósiles (4 – 5 miles de millones de toneladas/año). Así, las adiciones netas de carbono a la atmósfera se estiman entre 4500 y 6500 millones de toneladas al año (Steinfeld *et al.*, 2009).

El sector agrícola también afecta el balance de carbono, produciendo el 9% de las emisiones de CO₂, principalmente por las tierras destinadas a la producción de cultivos forrajeros que

cubren dos terceras partes del total de la superficie agrícola (IPCC, 2014). Cerca del 70% de las tierras de pastoreo en las zonas áridas están degradadas, principalmente a causa del exceso de pastoreo, la compactación de la tierra y la erosión causadas por el ganado, contribuyendo indirectamente a la liberación de grandes cantidades de carbono a la atmósfera (Blas *et al.*, 2008).

El CH₄ es el segundo gas efecto invernadero más importante. Después de ser emitido permanece en la atmósfera aproximadamente de 9 a 15 años. De esta manera las concentraciones atmosféricas de CH₄ se han incrementado aproximadamente un 150 % desde la era preindustrial (Steinfeld *et al.*, 2009).

Las emisiones de este gas proceden de una variedad de fuentes, como los rellenos sanitarios, los sistemas de petróleo y gas natural, las actividades agrícolas, la minería del carbón, la combustión de fuentes móviles y fijas, el tratamiento de aguas residuales y ciertos procesos industriales (EPA, 2010). Se calcula en 320 millones de toneladas CH₄/año la cantidad global de CH₄ antropogénico, esto es, 240 millones de toneladas de CO₂/año equivalente (Aardenne *et al.*, 2001).

La ganadería también es responsable del 53% de CH₄ antropogénico, del total del sector agrícola, el cual en su mayor parte es proveniente del proceso fermentativo que ocurre en la digestión entérica de los rumiantes (Charmley *et al.*, 2016).

El N₂O es el tercer GEI con mayor potencial para el calentamiento global. No obstante está presente en la atmósfera en cantidades muy reducidas, su capacidad de retención de calor es 296 veces superior a la del CO₂ y su tiempo de permanencia en la atmósfera es de 114 años aproximadamente (Aardenne *et al.*, 2001).

Este gas es considerado de larga vida, es químicamente estable y persistente en la atmósfera desde décadas hasta siglos o más, de modo que su emisión ejerce influencia en el clima a largo plazo. Debido a su larga vida el N₂O se mezcla bien en la atmósfera, mucho más rápido de lo que puede ser eliminado, los datos de su concentración mundial se puede calcular con exactitud en pocas localidades pues su cantidad en el aire es leve y poco perceptible (IPCC, 2007).

La agricultura en la emisión de gases de efecto invernadero

La producción pecuaria y la agricultura aportan grandes emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera, principalmente CH₄, CO₂, y N₂O, causando calentamiento de la superficie terrestre y la destrucción de la capa de ozono en la estratósfera (Montenegro, 2000). Un incremento en el rendimiento tanto de la producción pecuaria como de los cultivos forrajeros, mediante el mejoramiento genético, la manipulación de las dietas y el uso eficiente de praderas puede reducir las emisiones de GEI provenientes de la deforestación y la degradación de los pastizales, puesto que un control adecuado de todos estos parámetros pueden mejorar el rendimiento de la producción agropecuaria y la calidad del aire (Knapp *et al.*, 2014).

Las emisiones directas del ganado derivan de los procesos respiratorios en forma de CO₂. Asimismo, los rumiantes, y en menor medida los monogástricos emiten CH₄ como parte del proceso digestivo donde ocurre la fermentación microbiana de los alimentos fibrosos. El estiércol animal también es fuente de emisiones de CH₄, CO₂ y N₂O, dependiendo el grado de emisión de la modalidad de producción y de su manejo (Cassandro *et al.*, 2013). Se considera que un incremento en el rendimiento tanto de la producción pecuaria como de los cultivos forrajeros, mediante el mejoramiento genético, la manipulación de las dietas y el uso eficiente de praderas puede reducir las emisiones de GEI provenientes de la deforestación y la degradación de los pastizales (Knapp *et al.*, 2014).

El papel del ganado en la emisión de gases de efecto invernadero

Los rumiantes poseen un sistema digestivo que les permite aprovechar materias primas que otras especies no pueden consumir, ya que tienen la capacidad de convertir el material fibroso en alimentos de alta calidad nutritiva como la carne y/o leche. Anatómicamente su sistema digestivo presenta cuatro compartimentos gástricos: rumen, retículo, omaso y abomaso, éstos forman un solo estómago que ocupa casi tres cuartas partes de la cavidad abdominal; las tres primeras divisiones son consideradas como proventrículos o bolsas esofágicas, están revestidos por una membrana mucosa cubierta de epitelio escamoso desprovisto de glándulas. El abomaso o estómago verdadero posee una membrana mucosa glandular (Blas *et al.*, 2008). Por su parte, el intestino delgado posee tres características que lo hacen importante en el sistema digestivo, sus pliegues mucosos que mezclan la ingesta, la *villi* y la *microvilli* ayudan a la digestión química. El intestino grueso absorbe

ácidos grasos volátiles (AGV), los movimientos peristálticos y antiperistálticos del ciego y el colon proximal proyectan y mezclan la ingesta hacia el colon distal (Shimada, 2009).

El alimento que el animal ingiere entran al rumen y allí se fermentan parcialmente, produciendo piruvato, AGV, CH₄, células microbianas y CO₂. Los AGV son absorbidos en su mayoría a través de la pared ruminal y los gases son expulsados mediante el eructo (Blas *et al.*, 2008), como se presenta en la figura 1, la cual describe el flujo de carbono en el rumen.

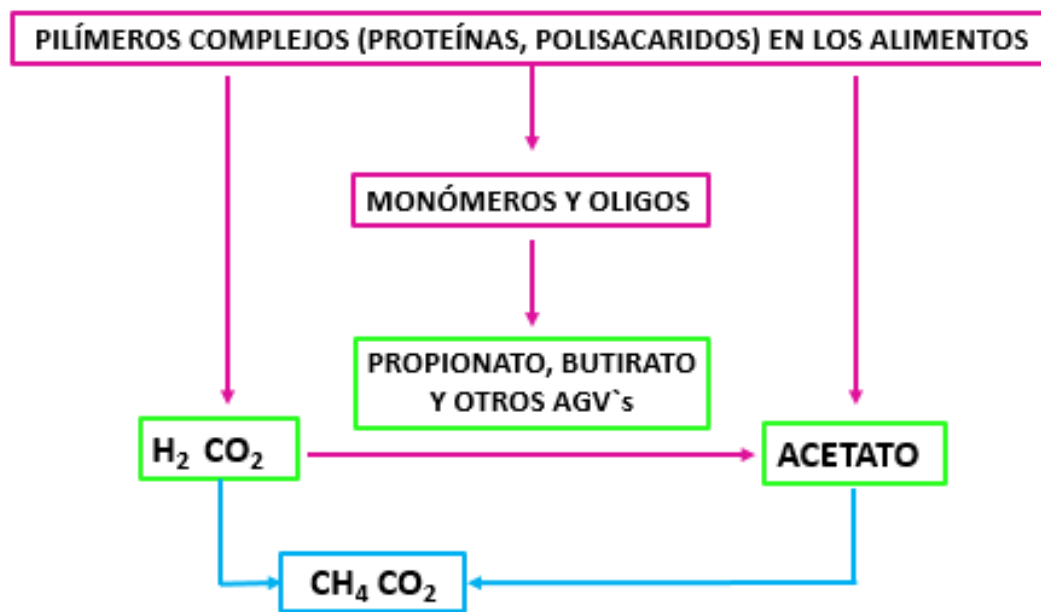


Figura 1: Flujo de carbono a CH₄ y CO₂ en el rumen

La producción de CH₄ en la naturaleza se da principalmente por dos vías:

1. $4\text{H}_2 + \text{CO}_2 \longrightarrow \text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$
2. $\text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}^+ \longrightarrow \text{CH}_4 + \text{CO}_2$

En el rumen se produce por la segunda vía. Se estima que en los sistemas de producción tecnificados, la producción anual de CH₄ se encuentra entre 60 y 180 kg/vaca lechera. La liberación de CH₄ vía eructo en el ganado empieza aproximadamente a las cuatro semanas de vida, cuando el alimento sólido comienza a ser retenido en el retículo-rumen, incrementándose la fermentación de gases a medida que este se va desarrollando (Carmona *et al.*, 2005).

El CH₄ es producido en el rumen como resultado de la actividad de un grupo de bacterias metanogénicas (*Archaea*), que forman parte, junto con bacterias protozoos y hongos de un diverso ecosistema microbiano hallado en el rumen, estas adquieren energía mediante la producción del CH₄ al descomponer la fibra que el animal ingiere. La generación de este gas no es realmente el objetivo de las arqueas, en realidad la función de este proceso metabólico es la obtención de energía en forma de Adenosín Trifosfato (ATP), o de moléculas destinadas para la biosíntesis. Esta reacción se logra a partir de CO₂ y de hidrógeno (H₂), donde el CO₂ es un aceptor de electrones que es reducido gracias a los electrones suministrados por H₂ (Shimada, 2009). Dadas sus características, estos organismos tienen una gran importancia, puesto que intervienen en la degradación de la materia orgánica en la naturaleza y en ciclo del carbono. En los diferentes habitats anaerobios, se han identificado cerca de 70 especies de microorganismos metanogénicos pertenecientes a 21 géneros, sin embargo solo *Methanobacterium formicium*, *Methanobacterium bryantii*, *Methanobacterium mobile*, *Methanorevibacter ruminantium*, *Methanorevibacter smithii*, *Methanosarcina barkeri* y *Methanoculleus olentangyi* han sido aisladas del rumen. (Sosa *et al.*, 2007).

Estrategias para reducir las emisiones de metano por la ganadería

La manipulación de la dieta del ganado bovino se considera una posible alternativa para mitigar la producción de CH₄ y a su vez disminuir las pérdidas energéticas del animal en este proceso, puesto que entre mejor calidad tenga el alimento menos tiempo permanecerá en el rumen, así el proceso digestivo no gastara mayores cantidades de energía y la producción de CH₄ será menor (Aluwong *et al.*, 2011).

En algunos países tropicales como Sudáfrica y Brasil, en donde se ubica la mayor parte de la población mundial de ganado vacuno, los sistemas de producción ofrecen como alimentación principalmente pasturas y residuos de cosecha de poco valor nutritivo. En estas condiciones la productividad de los animales es baja y a su vez se incrementan los niveles de CH₄ emitidos por fermentación entérica, lo cual se debe a la baja digestibilidad y a la deficiencia de nutrientes esenciales que se presenta en este tipo de forrajes, cuya utilización se puede mejorar modificando la fermentación ruminal con la manipulación de la dieta, el uso de leguminosas o afectando de manera selectiva las poblaciones de microbios en el rumen (Abreu *et al.*, 2003).

Existen evidencias (Blummel *et al.*, 2005; Cassandro *et al.*, 2013; Kumar *et al.*, 2014) que plantean que la tasa de emisión de CH₄, por fermentación entérica está relacionada con el alimento consumido. Igualmente se muestra que entre los factores que influyen en su producción están las características químicas y físicas del alimento como la cantidad de materia seca (MS), que en grandes dosis produce más fermentación, la proteína, los carbohidratos, la cantidad de materia orgánica (MO), la celulosa, la hemicelulosa, la cantidad de haces vasculares, que a mayor cantidad mayor contenido de lignina, entre otros que perjudican el nivel de consumo y la constancia de alimentación. Por tanto, una subnutrición contribuye a incrementar los niveles de emisión de CH₄ ya que el alimento de mala calidad contiene mayor cantidad de fibra, por ende permanecerá más tiempo en el rumen y la producción de gases será más alta (Carmona *et al.*, 2005).

La defaunación en el rumen se ha considerado como una alternativa para reducir la metanogénesis, puesto que se han descrito interacciones específicas de los protozoos ciliados con bacterias metanogénicas endo y ectosimbióticas (Leng, 2014). No obstante, considerando las dificultades que implica la defaunación total, se ha propuesto la reducción en vez de la eliminación total de ciliados del rumen como una opción para mejorar la productividad con dietas tropicales y reducir la emisión de CH₄ (Abreu *et al.*, 2003).

Grainger *et al.* (2010) evaluaron los efectos de semilla de algodón sobre la producción de CH₄ implementando en dietas de vacas lecheras a una tasa de 2,6 kg MS / vaca / día durante 12 semanas. Estos autores, observaron una reducción de 5,1 % (g / kg de MS), en la primera semana, y un incremento de 14,5 % en la semana 12.

Las emisiones de CH₄ (g de CH₄ /kg de materia seca ingerida) están influenciadas por el tipo de forraje. Animales que consumen leguminosas generalmente emiten menos CH₄ en comparación con otras pasturas consumidas como heno. McCaughey *et al.* (1999) observaron en ganado de carne una reducción del 10% en la producción de CH₄ cuando la dieta fue de 100% heno y se sustituyó por alfalfa: heno (70: 30). Así mismo, Benchaar *et al.* (2001), mostraron que la sustitución de heno de *Phleum pratense* por alfalfa reduce la emisión de CH₄ en un 21% (expresado en % de energía digestible).

En este sentido, ha sido estudiado (Wina *et al.*, 2005; Guimaraes *et al.*, 2006; Williams *et al.*, 2011) el uso de metabolitos secundarios de algunas plantas como estrategia de mitigación de CH₄. Las plantas contienen metabolitos secundarios que las protegen de los ataques de hongos, bacterias, insectos y herbívoros. El efecto de estos compuestos sobre la metanogénesis ruminal es altamente variable. La mayoría de trabajos se refieren a la utilización de taninos, saponinas y aceites esenciales. Cuando altos niveles de estas sustancias son ingeridas pueden ocasionar efectos adversos sobre el rendimiento y la salud de los animales, pero en concentraciones moderadas, son capaces de mejorar el proceso de fermentación en el rumen (Williams *et al.*, 2011).

Algunos de estos compuestos se conocen por provocar una reacción violenta e inmediata, otros pueden causar efectos más dañinos después de la ingestión. Dichos efectos pueden ser la disminución del consumo de alimento y la disminución del proceso digestivo, esto origina una inhibición en el crecimiento del animal y daño en los órganos vitales. Es por esto que a dichos compuestos se les llama antinutrimientales, esto no necesariamente significa que sea una característica intrínseca del compuesto, más bien esto depende del proceso digestivo una vez que el compuesto es ingerido por el animal (Piluzza *et al.*, 2013).

A pesar del gran valor nutritivo de estos arbustos y árboles forrajeros existe una toxicidad presente en ellos. El bajo consumo, la digestibilidad reducida y la posibilidad de causar trastornos digestivos en los animales es uno de los problemas presentes en su uso como alimento para el ganado. Tales efectos son causados por compuestos no involucrados en el metabolismo esencial de las plantas, ya que se encuentran solamente en determinadas especies de plantas, entre los compuestos que se reconocen están los taninos, glucósidos cianógenos, saponinas, aminoácidos no proteicos, fitoemaglutinas, alcaloides y ácido oxálico (Wina *et al.*, 2005).

Por ejemplo, los taninos pueden llegar a reducir el consumo de plantas a causa de una disminución en la gustosidad o por afectar negativamente la digestión del animal. También producen una sensación de astringencia, causada por la formación de complejos entre taninos y glucoproteínas salivales, esto puede incrementar la salivación y disminuir la gustosidad. Se conoce que los taninos hidrolizables son compuestos tóxicos para los rumiantes. Las lesiones principales asociadas con dicha toxicidad son gastroenteritis hemorrágica, necrosis hepática y daño renal con necrosis tubular proximal (Patra y Saxena., 2010). Estos efectos dependen de la concentración de taninos en la

planta y también de otros factores, tales como tipo de tanino, especies animales, el estado fisiológico de la planta y la composición de la dieta (Makkar, 2003). Sin embargo, la presencia de niveles moderados de taninos, en particular los condensados en el rumen se relaciona con la protección de la proteína frente a la degradación por microorganismos ruminales, asociado a un aumento en el flujo de la proteína dietética para ser absorbida en los intestinos (Guimaraes *et al.*, 2006).

El uso de metabolitos secundarios para reducir la producción entérica de metano

El término “metabolito secundario” se utiliza para describir una amplia gama de compuestos químicos que contienen las plantas, estos son sintetizados por las mismas y cumplen funciones no esenciales en ellas. Los metabolitos secundarios intervienen en las interacciones entre la planta y su hábitat (Patra y Saxena., 2010).

El estudio de los metabolitos secundarios se inició aproximadamente hace 200 años (Hartmann, 2007). La investigación sobre estos se inicia a partir de que se les empieza a ver cierto potencial en el uso médico y en la preservación de alimentos. Las concentraciones de los diferentes metabolitos secundarios que puedan tener las plantas dependerán de la variedad, familia y especie de la misma, condiciones climáticas, tiempo de recolección, entre otros parámetros.

Aproximadamente 200.000 estructuras de metabolitos secundarios se han identificado (Hartmann, 2007), algunos de estos han mostrado un gran potencial en cuanto a la reducción de la producción de CH₄ generado por los rumiantes, por tanto los estudios con diferentes metabolitos secundarios se han vuelto de vital importancia para el sector agropecuario. A continuación se describen los que se han empleado en la reducción de la emisión de CH₄.

Saponinas

Existen una gran variedad de plantas que poseen saponinas en diferentes concentraciones. Las saponinas son metabolitos secundarios tóxicos, su nivel de toxicidad probablemente proviene de la capacidad que tienen de formar complejos con esteroides, por lo que pueden interferir en la asimilación de estos (Kumar *et al.*, 2014). Sin embargo, para lograr un efecto tóxico en un animal, se requiere suministrar una alta cantidad de saponinas, lo cual normalmente no se hace para lograr un efecto positivo en la disminución de la emisión de CH₄.

El efecto de las saponinas en las bacterias metanogénicas ruminales es diverso, por ejemplo Guo *et al.* (2008), encontraron que las saponinas de té, en pruebas *in vitro* (0,4 mg/ml) no tuvo efecto sobre el crecimiento, en particular del cultivo de bacterias metanógenas como *Methanobrevibacter ruminantium*. Por otro lado, Goel *et al.* (2008), reportaron una reducción de 21% en la población de metanógenas al utilizar en pruebas *in vitro* saponinas de *Knautia*, por lo que se puede decir que el uso de saponinas para lograr una disminución en la producción de CH₄ es relativa y dependerá del animal, la especie de la planta con contenidos de saponinas y las diversas condiciones ruminales.

En cuanto a las investigaciones realizadas *in vivo* encontramos que por ejemplo al utilizar extracto de *Manihot esculenta*, con un contenido de 8-10% de saponinas, suministrado a ovejas, en la dieta a dosis de 13,8 g/kg de consumo no mostró una disminución en la producción de CH₄ (Pen *et al.* 2007). Asimismo, al utilizar *Y. schidigera* que contiene 6% de saponinas, suministrado en vacas lecheras durante 28 días no tuvo repercusión en la producción de CH₄, esto posiblemente debido a la adaptación de la microflora ruminal a las saponinas (Holtshausen *et al.*, 2009).

Algunos estudios han indicado que la producción de CH₄ puede ser afectada por las saponinas al limitar la velocidad de la metanogénesis como tal, a través de la disminución de la actividad de algunos cultivos de bacterias metanogénicas (Guo *et al.*, 2008). Por otra parte, las saponinas pueden influir sobre la metanogénesis de forma indirecta por medio de la inhibición de protozoos del rumen (Goel *et al.*, 2008).

Taninos

Los taninos son sustancias polifenólicas con diferentes pesos moleculares y complejidad, siendo clasificadas en hidrolizables (TH) y condensados (TC). Los taninos tienen capacidad de formar complejos, principalmente con las proteínas. Estos se producen en muchos árboles, arbustos, frutas, cereales, legumbres y granos. La actividad antimetanogénica de los taninos se ha atribuido principalmente al grupo de los TC (Piluzza *et al.*, 2013).

La disminución en la degradabilidad de la proteína en el rumen es provocada por la formación de complejos-uniones tanino-proteína, que previene que la proteína sea atacada por los microbios ruminales. Este proceso es benéfico para el animal puesto que aprovecha mejor la proteína ingerida

a nivel intestinal (Mueller-Harvey, 2006). Los taninos también pueden reducir la metanogénesis al disminuir el número de protozoarios y de bacterias metanogénicas. (Patra y Saxena., 2010).

La acción de los TC en la metanogénesis puede deberse a la inhibición directa sobre las bacterias metanogénicas, dependiendo de su especie y de la estructura química del TC ofertado al animal (Makkar 2003). La acción de los taninos sobre la inhibición del crecimiento de las bacterias metanógenas dependerá del tipo de tanino y de las dosis suministradas. Asimismo, se observa que los resultados obtenidos en la disminución de la producción de CH₄ dependerá de la planta, de su especie y de su familia (Piluzza *et al.*, 2013). La toxicidad de los taninos sobre los protozoos del rumen es menor frente a los efectos tóxicos de las saponinas (Bodas *et al.*, 2012).

Los efectos de los taninos del quebracho adicionado en un nivel de 10 a 20 g/kg MS al líquido ruminal de vacas en pastoreo alimentadas con trigo, por 63 días redujo la emisión de CH₄ de 25 a 51%, sin embargo no se mostró ningún efecto de los taninos en las bacterias metanogénicas (Min *et al.*, 2006). Por el contrario, Beauchemin *et al.* (2007) no encontraron ningún efecto sobre la metanogénesis cuando se le oferto a ganado de carne de 10 a 20 g/kg MS de tanino de quebracho por 28 días.

Al incluir taninos en la dieta animal se podría observar una disminución en la digestibilidad de la fibra, lo que podría causar la reducción en la producción de CH₄. Los taninos realizan acciones anti-microbianas en el rumen (Patra y Saxena, 2009), que muestran diferentes efectos sobre la fermentación ruminal y la digestión de los alimentos, sin embargo los microbios del rumen pueden desarrollar mecanismos de adaptación para hacerse resistentes a los efectos de los taninos a través de la desintoxicación de taninos y la síntesis de polímeros formadores de complejos (Smith *et al.*, 2005).

Las concentraciones de taninos superiores al 5% en las dietas ofertadas podrían afectar de forma negativa el consumo voluntario del animal. Diversos estudios (Bhatta et al, 2009 Grainger et al, 2009) han demostrado, en pruebas *in vitro* e *in vivo* que los taninos reducen la digestibilidad de los alimentos, por ello una concentración de taninos superior al 5% en la dieta no solo puede afectar el consumo voluntario sino también la utilización de nutrientes del alimento y por tanto la productividad animal, por lo cual es de suma importancia considerar el estudio de dosis apropiadas

de taninos a suministrar en una dieta para lograr la reducción de la producción de CH₄ sin tener una afección en el metabolismo ruminal. Estos efectos claramente dependerán del tipo de tanino y la concentración de estos en la planta utilizada (Waghorn, 2008),

Métodos para la medir la producción de metano en el ganado bovino

Desde hace aproximadamente 100 años han surgido diferentes métodos desarrollados para medir y estimar las emisiones de CH₄ de los rumiantes. Estos métodos tienen diferentes modos de aplicación, tienen ventajas y desventajas, ninguno es perfecto puesto que algunos son caros otros más económicos, otros se adaptan a los animales en pastoreo, entre otras cosas. Todos estos factores afectan los resultados de las emisiones y su interpretación, de allí la importancia de conocer todas las posibilidades y limitantes de cada método (Storm *et al.*, 2012)

Dos métodos principales se han empleado para medir las emisiones de CH₄: las cámaras de respiración y el hexafluoruro de azufre (SF₆) como gas trazador. El primer método generalmente se utiliza en laboratorios adecuados para realizar esta medición con animales estabulados, el segundo se utiliza para animales en pastoreo. El método de gas trazador es el más apropiado, puesto que es más cómodo para el animal, la medición se puede hacer mientras el animal se encuentra en pastoreo, sin embargo el método de las cámaras de respiración es utilizado con mayor frecuencia debido a que sus datos son altamente confiables (Pinares *et al.*, 2011).

La medición directa de emisiones de CH₄ por animal utilizando alguna de estas dos técnicas requiere una inversión considerable en infraestructura, equipos y apoyo técnico, para asegurar el bienestar del animal y el buen desarrollo de los proyectos que se lleven a cabo para la medición de las emisiones de CH₄ producidas por el ganado (Tomkins *et al.*, 2011).

Gases trazadores

Este método es relativamente nuevo, fue descrito por primera vez en 1993 y 1994 por Johnson *et al.* (1994). El principal propósito de este método consiste en evaluar la eficacia energética de animales en sistemas de pastoreo. Anteriormente se consideraba poco factible transporlar el sistema de medición de las cámaras de respiración hacia los animales en campo. Desde hace más de dos décadas es utilizado ampliamente en Canadá, Australia y Estados Unidos, también en países del norte de Europa. La idea detrás de este método es que la emisión de CH₄ puede ser medida si se

conoce la emisión de otro gas desde el rumen, para este propósito se necesita de un gas estable, no tóxico e inerte físicamente (Johnson *et al.*, 1992). Este gas debe ser mezclado con el aire del rumen del mismo modo que el CH_4 . Es por ello que para esta técnica se escoge el Hexafluoruro de azufre (SF_6) puesto que es un gas estable, económico y tiene un alto índice de detección, puesto que es cinco veces más pesado que el aire (Storm *et al.*, 2012)

El SF_6 se llena en pequeños tubos impermeables y se calcula la tasa de difusión de este colocándolo en agua a 39 °C y se mide cuanto peso pierde el tubo, hasta que esté estable, posteriormente este tubo es ubicado en el rumen de un animal experimental. Seguidamente se inicia la recolección de aire con un aparato que consiste en una cánula de recolección, un tubo de cabestro y entubación capilar, la cual es ubicada en la nariz del animal y conectada con la cánula de recolección, esta entubación regula la tasa de recolección. El tiempo de recolección por lo general tiene una duración de un día. La concentración de CH_4 y SF_6 en la cánula se determina por cromatografía de gases. Este método da más variación en los resultados sobre la emisión de CH_4 que los resultados obtenidos con cámaras de respiración, sin embargo es el único método existente hasta el momento para realizar mediciones de CH_4 con animales en pastoreo (Pinares *et al.*, 2011).

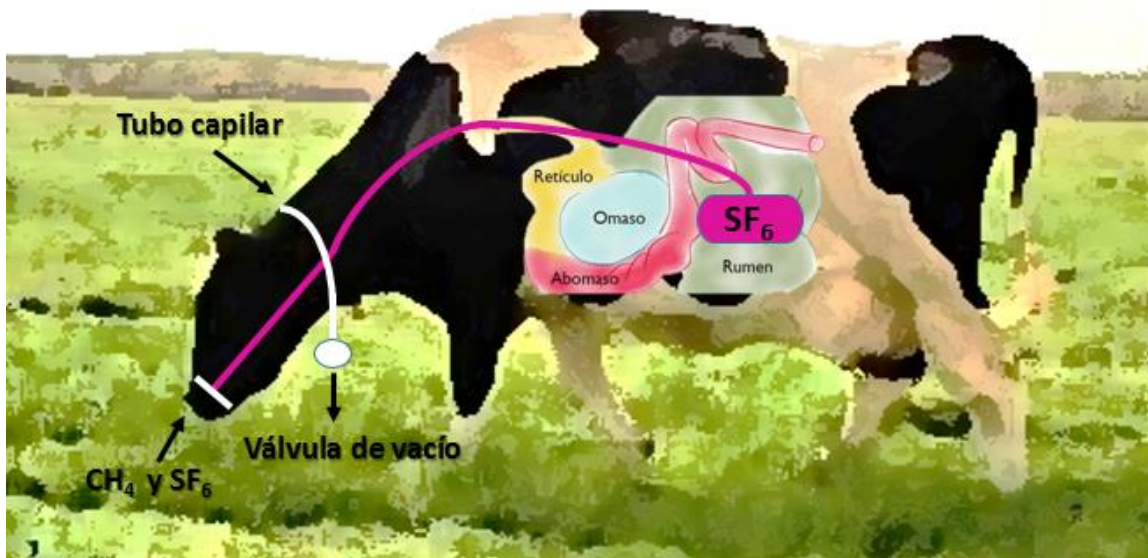


Imagen 1. Ilustración de la técnica del marcador SF_6 .

Métodos *in vitro*

Estas técnicas han sido usadas para simular la fermentación ruminal del alimento (Rymer *et al.*, 2005). Con el interés sobre el incremento de los gases invernadero emitidos por la agricultura los métodos *in vitro* han sido modificados para evaluar la medición de la producción de CH₄ (Pellikaan *et al.*, 2011).

La base del sistema *in vitro* es fermentar el alimento bajo condiciones controladas de laboratorio utilizando microbios naturales del rumen, por ejemplo los alimentos que se usan para tratamientos diferentes son encubados a 39 °C con mezcla de fluido de rumen, buffer y minerales, por un cierto periodo de tiempo, normalmente 24, 48, 72, 96 o 144 horas (Storm *et al.*, 2012). La cantidad de gas total producida es medida y su composición es analizada generalmente por cromatografía de gases, para obtener los datos sobre la producción *in vitro* de CH₄. Del mismo modo, es posible obtener la degradación *in vitro* de la muestra de alimento determinando así, si la reducción de la producción de CH₄ está relacionada con la degradación total del alimento (Rymer *et al.*, 2005).

Existen varios sistemas *in vitro* empleados para la determinación de la producción de CH₄ por ejemplo con jeringas, rusitec, recipientes especiales para fermentación como se aprecia en la imagen 2 y sistemas automatizados (Pellikaan *et al.*, 2011). Dependiendo de las condiciones del laboratorio se pueden hacer diferentes incubaciones paralelas que permitirían múltiples repeticiones en los experimentos que podrían sustentar estadísticamente las diferencias significativas en los diferentes tratamientos de alimentación.

Los resultados de estudios que reportan la producción de CH₄ tanto *in vitro* como *in vivo* muestran que existen similitudes en el uso de ambos procedimientos experimentales (Patra y Saxena., 2010). Una clara desventaja de éste método es que solo simula la fermentación ruminal de la alimentación pero no las emisiones ni la digestibilidad del animal completo (Storm *et al.*, 2012).



Imagen 2. Técnica de producción de gas *in vitro*

Cámaras de respiración

Hay un renovado interés en la medición del metabolismo energético basado en respirometría de circuito abierto como consecuencia indirecta de la preocupación de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero por el ganado. La respirometría de circuito abierto es un método de calorimetría indirecta que consiste en medir el intercambio de gases asociado con la oxidación de sustratos de energía y la determinación de la producción de calor asociado (Fernández *et al.*, 2012) a través del uso de una cámara de respiración como la que se muestra en la imagen 3.

Tomkins *et al.* (2011) reportan que los valores de las emisiones de CH₄ con el método de cámaras de circuito abierto fue de $29,7 \pm 3,70$ g de CH₄/Kg de MS en ovinos. Emisiones calculadas utilizando algoritmos alternativos existentes oscilaron desde 82,7 hasta 112,7 g de CH₄/d. Aproximadamente, 5,5 al 6,5 % de la ingesta de energía bruta se convierte en CH₄, sin embargo, las mediciones realizadas en las cámaras de calorimetría indirecta han mostrado una amplia variación en la emisión de CH₄ debido a la alimentación, los requerimientos energéticos, el nivel de consumo, el estado fisiológico y la raza del animal, puesto que a pesar de que los animales experimentales se seleccionen en condiciones similares pueden existir variables respecto a las condiciones mencionadas anteriormente (Johnson *et al.*, 1995).



Imagen 3. Cámara de respiración de circuito abierto del Laboratorio de Ganadería, Medio Ambiente y Energías Renovables de la Universidad Autónoma del Estado de México

Cámara de respiración del tipo caja de cabeza

La cámara de respiración tipo caja de cabeza o Head Box (por sus siglas en inglés), la cual se muestra en la imagen 4, es una cámara de respiración que funciona con el principio de calorimetría indirecta. Comúnmente esta cámara consta de una jaula de cabeza, diseñada para ser hermética, excepto por la parte donde se anexa la capucha para que los animales ingresen su cabeza, una unidad de muestreo y análisis de gases, una capucha ajustable para permitir el ingreso de animales de diferentes tamaños y una unidad de procesamiento de datos, tal como se muestra en la imagen 1 (Pedraza *et al.*, 2016).

Suzuki *et al.* (2008) realizaron la construcción de una cámara de este tipo para llevar a cabo un experimento y así estimar el balance de energía de ganado Brahman con un peso corporal de 372.8 ± 34.4 , alimentado con pasto Pangola. Las tasas de recuperación de CO_2 estuvieron entre 96,5 % y 101,8 %. El volumen medio de la producción de CH_4 era de 228,3 L/día y la pérdida de energía en forma de CH_4 fue de 9.7% respecto a la ingesta de energía bruta.



Imagen 4. Caja de cabeza del Laboratorio de Ganadería, Medio Ambiente y Energías Renovables de la Universidad Autónoma del Estado de México

CONCLUSIONES

Dada la creciente preocupación por los efectos causados a el medio ambiente por los gases efecto invernadero, en este caso por los emitidos por el ganado bovino, dado que la ganadería es responsable del 53% de CH₄ emitido (Charmley *et al.*, 2016), es de suma importancia seguir estudiando las diversas formas de mitigar la producción de estos gases por medio de plantas, compuestos secundarios de las mismas, aceites esenciales, una oferta de fibra adecuada en la dieta, entre otros factores alimenticios que puedan contribuir a una disminución en la producción de dichos gases y a una buena alimentación que cubra los requerimientos del animal. Asimismo, es necesario buscar la implementación de métodos de medición que permitan una adecuada cuantificación de la producción de metano en pastoreo, si bien los métodos hasta ahora desarrollados nos permiten medir en pastoreo y en estabulación, no se cuentan con muchos estudios sobre la emisión de metano en pastoreo, lo cual es de suma importancia dado que la mayor parte del ganado de México está en condiciones de pastoreo.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Abreu A., Carulla J. E., Kreuzer M., Lascano C. E., Díaz T. E., Cano A., Hess H. D. 2003. Efecto del fruto, del pericarpio y del extracto semipurificado de saponinas de *Sapindus saponaria* sobre la fermentación ruminal y la metanogénesis *in vitro* en un sistema RUSITEC. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias. 16: 147-154.
- Andrade RE, Martínez AR, Castelán OA, Rios QJ, Pacheco OY, Estrada JG. 2012. Producción de metano utilizando plantas taníferas como substrato en fermentación ruminal *in vitro*

y efecto de extractos fenólicos en la microflora ruminal. *Tropical and Subtropical Agrosystems*; 15:301-312.

Aluwong T., Wuyep P. A., Allam L. 2011. Livestock-environment interactions: Methane emissions from ruminants. *African Journal of Biotechnology*. 10: 1265-1269.

Benchaa C., Pomar C., Chiquette J. 2001. Evaluation of dietary strategies to reduce methane production in ruminants: a modelling approach. *Can J Animal Science*. 19: 563-574.

Beauchemin, K.A., McGinn, S.M., Martinez, T.F., McAllister, T.A., 2007. Use of condensed tannin extract from quebracho trees to reduce methane emissions. *Jurnal Animal Science* 85, 1990–1996.

Blas C., García-R. P., López M. C., Torres A. G. 2008. Contribución de los rumiantes a las emisiones de gases con efecto invernadero. XXIV Curso de Especialización FEDNA. Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal.

Blummel M., Givens D. I., Moss A. R. 2005. Comparison of methane produced by Straw feed sheep in open-circuit respiration with methane predicted by fermentation characteristics measured by an in vitro gas produce. *Animal feed Science and Technology*. Pp. 379-390.

Bodas R, Prieto N, Garcia-Gonzales R, Andres S, Giraldez FJ, Lopez S. 2012. Manipulation of rumen fermentation and methane production with plant secondary metabolites. *Animal feed Science and Technology*. 176:78-93.

Cassandro M., Mele M., Stefanon B. 2013. Genetic aspects of enteric methane emission in livestock ruminants. *Italian Journal of Animal Science*. 12: 450-458.

Carmona J. C., Bolívar D. M., Giraldo L. A. 2005. El gas metano en la producción ganadera y alternativas para medir sus emisiones y aminorar su impacto a nivel ambiental y productivo. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*. 18: 49-63.

Charmley E, Williams R, Moate P, Hegarty R, Herd R, Oddy H, Reyenga P, Staunton K, Anderson A, Hannah M. 2016. A universal equation to predict methane production of forage-fed cattle in Australia. *Animal Production Science*. 56: 2-3.

CMNUCC. Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. 2005. sexta recopilación y síntesis de las comunicaciones nacionales iniciales de las partes no incluidas en el anexo I de la convención. Disponible en: http://unfccc.int/portal_espanol/esencial_background/feeling_the_heat/items/3303.php.

EPA. Agencia Federal de Protección Ambiental. 2010. Methane and Nitrous Oxide Emissions from Natural Sources. EE.UU. Washington, DC, EE.UU.

Fernández C., López M. C., Lachica M. 2012. Description and function of a mobile open-circuit respirometry system to measure gas Exchange in small ruminants. *Animal Feed Science and Technology*. 1-5.

Goel G, Makkar HPS, Becker K. 2008. Changes in microbial community structure, methanogenesis and rumen fermentation in response to saponin-rich fractions from different plant materials. *Journal Applied Microbiology* 105: 770-777.

Grainger C., Williams R., Clarke T., Wright AD., Eckard RJ. 2010. Supplementation with whole cottonseed causes long-term reduction of methane emissions from lactating dairy cows offered a forage and cereal grain diet. *Dairy Science* 93: 2612-2619.

Guimaraes B. P. M., Berchielli T. T., Beelen R., Filho J. A., Oliveira S. G. 2006. Characterization of condensed tannins from native legumes of the Brazilian northeastern semi-arid. *Revista de Ciencias Agrícolas (Piracicaba, Brazil)*. 13: 522-528.

Guo YQ, Liu JX, Lu Y, Zhu WY, Denman SE, McSweeney CS. 2008. Effect of tea saponin on methanogenesis, microbial community structure and expression of *mcrA* gene, in cultures of rumen micro-organisms. *Letters Applied Microbiology* 47:421-426.

Hartmann T. 2007. From waste products to ecochemicals: fifty years research of plant secondary metabolism. *Phytochemistry*. 68: 2831-2846.

Holtshausen, L., Chaves, A.V., Beauchemin, K.A., McGinn, S.M., McAllister, T.A., Odongo, N.E., Cheeke, P.R., Benchaar, C., 2009. Feeding saponin-containing *Yucca schidigera* and *Quillaja saponaria* to decrease enteric methane production in dairy cows. *Journal Dairy Science*. 92, 2809–2821.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Summary for Policymakers. En: *Climate Change Mitigation of climate change*. 2014. Contribution of Working Group III to the fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.

Johnson K., Huyler M., Westberg H., Lamb B., Zimmerman P. 1994. Measurement of methane emissions from ruminant livestock using a SF₆ tracer technique. *Environ Science and Technology* 28: 359–362.

Johnson K. A., Huyler M., Pierce C.S., Westberg H., Lamb B., Zimmerman P. 1992. The use of SF₆ as an inert gas tracer for use in methane measurements. *Animal Science*. 70: 302.

Johnson K. A., Westberg H. H., Michal J. J., Cossalman M. W. 1995. The SF6 Tracer Technique: Methane Measurement from Ruminants. In *Measuring Methane Production from Ruminants*. 73: 2483-2492.

Knapp J. R., Laur G. L., Vadas P. A., Weiss W. P., Tricarico M. J. 2014. Invited review: Enteric methane in dairy cattle production: Quantifying the opportunities and impact of reducing emissions. *American Dairy Science Association*.

Kumar S., Carro M. D., Griffith G. W., Dagar S. S., Puniya M., Calabro S., Ravella S. R., Dhewa T., Upadhyay C. R., Sirohi S. K., Kundu S. S., wanapat M., Puniya A. K. 2014. New aspects and strategies for methane mitigation from ruminants. *Appl Microbiol Biotechnol*. 98: 31–44.

Leng R. A. 2014. Interactions between microbial consortia in biofilms: a paradigm shift in rumen microbial ecology and enteric methane mitigation. *Animal Production Science*. Pp. 519–543.

Makkar H.P.S. 2003. Effect and fate of tannins in ruminant animals, adaptation to tannins, and strategies to overcome detrimental effects of feeding tannin-rich feeds. *Small Ruminant Research*. 49: 241-256.

McCaughy W. P., Wittenberg K., Corrigan D. 1999. Impact of pasture type on methane production by lactating beef cows. *Can Jurnal Animal Science*.

Montenegro J., Abarca S. 2000. Fijación de carbono, emisión de metano y de óxido nitroso en sistemas de producción bovina en Costa Rica. En: *Intensificación de la ganadería en Centroamérica: beneficios económicos y ambientales*. CATIE – FAO – SIDE.

Montzka S. A., Dlugokencky E. J., Butler J. H. 2011. Non-CO₂ greenhouse gases and climate change. *Journal Nature*.

Mueller-Harvey, I. 2006. Unravelling the conundrum of tannins in animal nutrition and health. *Jurnal Science Food Agriculture*. 86, 2010–2037.

Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC). 2007. Informe de Síntesis.

Patra, A. K., Saxena J. A. 2010. New perspective on the use of plant secondary metabolites to inhibit methanogenesis in the rumen. *Phytochemistry*. 71: 1198–1222.

Pedraza-Beltrán PE, Hernández-Pineda GS, Benaouda M, González-Ronquillo M, Arredondo-Ramos J, Ku-Vera JC, Zaragoza-Guerrero R, Molina TL, Castelán-Ortega OA. 2016. Construction and operation of the first low cost ventilated-hood system for methane measurements

in cattle in Mexico. In Proceedings of the 6th Greenhouse Gas and Animal Agriculture Conference, Melbourne, Australia, February 14 to 18, PO 07.

Pellikaan W. F., Hendriks W. H., Uwimana G., Bongers L. J. G. M., Becker P.M., Cone J. W. 2011. A novel method to determine simultaneously methane production during in vitro gas production using fully automated equipment. *Animal Feed Science and Technology*. 168: 196–205.

Piluzza G., Sulas L., Bullitta S. 2013. Tannins in forage plants and their role in animal husbandry and environmental sustainability: a review. *Grass and Forage Science*. 69: 32-48.

Pinares C.S., Lassey K. R., Martin R. J., Molano G., Fernández M., MacLean S., Sandoval E., Luo D., Clark H. 2011. Assessment of the sulphur hexafluoride (SF₆) tracer technique using respiration chambers for estimation of methane emissions from sheep. *Animal Feed Science and Technology* 167: 201–209.

Rymer C., Huntington J. A., Williams B. A., Givens D. I. 2005. In vitro cumulative gas production techniques: History, methodological considerations and challenges. *Animal Feed Science and Technology*. 124: 9–30.

Santillán S. N., García O.R.C., Benítez S. O., Limón N. V., Núñez M. Q., Schorr M. 2013. Greenhouse gases mitigation against climate change: United States-México border study case. Instituto de Ingeniería, Universidad Autónoma de Baja California. Tesis de Maestría.

Shimada Miyasaka Armando. 2009. Trillas. *Nutrición Animal*. Pp 397.

Smith, A.H., Zoetendal, E.G., Mackie, R.I. 2005. Bacterial mechanisms to overcome inhibitory effects of dietary tannins. *Microbial Ecology* 50: 197–205.

Sosa A., Galindo J., Bocourt R. 2007. Metanogénesis ruminal: aspectos generales y manipulación para su control. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. 41: 105-114.

Steinfeld H., Pierre G., Tom W., Vincent C., Rosales M., Haan C. 2009. La larga sombra del ganado. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO. Informe técnico. Pp. 87-139.

Storm I. L. D., Hellwing A. L. F., Nielsen N. I Madsen J. 2012. Methods for Measuring and Estimating Methane Emission from Ruminants. *Animals*. 183: 160-183.

Suzuki T., Phaowphaisal I., Pholsen P., Narmsilee R., Indramanne S., Nitipot P., Chaokaur A., Sommart K., Khotprom N., Panichpol V., Nishida T. 2008. In Vivo Nutritive Value of Pangola

Grass (*Digitaria eriantha*) Hay by a Novel Indirect Calorimeter with a Ventilated Hood in Thailand. JARQ. 42:123–129.

Tomkins N.W., McGinn S.M., Turner D.A., Charney E. 2011. Comparison of open-circuit respiration chambers with a micrometeorological method for determining methane emissions from beef cattle at a tropical pasture. *Animal Feed Science and Technology*. 167: 240-247.

Wina E., Muetzel S., Becker K. 2005. The impact of saponins or saponin-containing plant material on ruminant production. A review. *Agricultural and Food Chemistry*. 53: 8093-8105.

Williams C. M., Eun J. S., MacAdam J. W., Young A. J., Fellner V., Min B. R. 2011. Effects of forage legumes containing condensed tannins on methane and ammonia production in continuous cultures of mixed ruminal microorganisms. *Animal Feed Science and Technology*.

MITIGACIÓN DE METANO ENTÉRICO EN BOVINOS ALIMENTADOS CON PASTOS TROPICALES

J.C. Ku Vera¹, A.T. Piñeiro Vázquez², S.S. Valencia Salazar¹, I.C. Molina Botero¹, J. Arroyave Jaramillo¹, J.I. Arceo Castillo⁴, J.R. Canul Solís³, L. Ramírez Cancino¹, C.S. Escobar Restrepo⁵, F.J. Lazos Balbuena¹, J.A. Alayón Gamboa⁶, M.D. Montoya Flores¹, H.Y. Moreno Sabogal¹, L.M. Zavala Escalante¹, O.A. Castelán Ortega⁷, P. Quintana Owen⁴, F.J. Solorio Sánchez¹, C.F. Aguilar Pérez¹, A.J. Ayala Burgos¹, L. Ramírez Avilés¹

¹Laboratorio de Cambio Climático y Ganadería, Departamento de Nutrición Animal, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Yucatán. Carr. Mérida-Xmatkuil km 15.5. C.P. 97300 Mérida, Yucatán, México

²Instituto Tecnológico de Conkal. Avenida Tecnológico s/n C.P. 97345. Conkal, Yucatán. México.

³Instituto Tecnológico de Tizimín, Final del Aeropuerto Cupul s/n C.P. 97700 Tizimín, Yucatán, México.

⁴Departamento de Física Aplicada, Centro de Investigación y Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (CINVESTAV-IPN). Antigua carretera a Progreso km 6. Colonia Cordemex, C.P. 97310 Mérida, Yucatán, México

⁵Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Antioquia, Ciudadela Universitaria Robledo, Carrera 75 No. 65-87. Medellín, Antioquia, Colombia.

⁶El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR). Av. Rancho Polígono 2-A., Ciudad Industrial, Lerma, Campeche, C.P. 24500 San Francisco de Campeche, México.

⁷Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Estado de México. Instituto Literario 100, Colonia Centro, C.P. 50000 Toluca, Estado de México; México.

*Autor para correspondencia: Dr. J.C. Ku Vera. FMVZ-UADY. Carr. Mérida-Xmatkuil km 15.5. C.P. 97100 Mérida, Yucatán, México. correo electrónico: kvera@correo.uady.mx

RESUMEN

El metano (CH₄) es un potente gas de efecto invernadero que es eructado al ambiente por los rumiantes contribuyendo así al calentamiento global. Existe incertidumbre en las estimaciones de las emisiones de metano provenientes del sector ganadero debido a las imprecisiones en la metodología (IPCC) empleada para tal propósito. En las regiones tropicales existen una gran variedad de plantas con potencial para la alimentación y que contienen metabolitos secundarios tales como los taninos condensados y las saponinas, que pueden contribuir a mitigar las emisiones de metano del rumen. Vaquillas de 300 kg de peso fueron alojadas en cámaras de respiración de circuito-abierto para medir la emisión de metano cuando fueron alimentadas con raciones basadas

en pastos tropicales. Se realizaron 66 mediciones individuales de producción de metano en vaquillas y se utilizó regresión lineal para estimar la producción de metano con relación al consumo de alimento, resultando en un factor de emisión de 18.07 g CH₄/kg de material seca consumida. En dos experimentos independientes con vaquillas (5 en el primer experimento y 4 en el segundo) alojadas en cámaras de respiración, alimentadas con raciones basales de pastos tropicales y niveles incrementales de follaje de *Leucaena leucocephala* (0, 20, 40, 60 y 80% de la MS de la ración) o frutos molidos de *Samanea saman*, (0, 10, 20 y 30% de la materia seca de la ración) se midió el efecto de estos sustratos que contienen metabolitos secundarios (taninos condensados, saponinas) sobre la emisión de metano entérico. En términos generales se observó que conforme se incrementó el nivel de incorporación del follaje o los frutos de las leguminosas, la emisión de metano se redujo de manera lineal. Se concluye que el factor de emisión de metano 18.07 g CH₄/kg de materia seca consumida, puede ser empleado para estimar las emisiones de metano entérico en bovinos y que el follaje y los frutos de plantas tropicales que contienen metabolitos secundarios pueden ser empleados en la alimentación de los rumiantes para mitigar el metano entérico en aproximadamente un 25%.

Palabras clave: factor de emisión, metano, mitigación, bovinos, pastos

INTRODUCCIÓN

Uno de los gases con efecto invernadero (GEI) más potentes es el metano (CH₄), el cual posee 25 veces el potencial de calentamiento global con respecto al dióxido de carbono (CO₂). El metano se produce por la fermentación anaeróbica de los carbohidratos en el rumen y es eructado por los rumiantes al ambiente contribuyendo así al calentamiento global. Existe preocupación en el sector ganadero, por las contribuciones provenientes de la ganadería bovina a los inventarios de metano. México posee un inventario de ganado bovino de alrededor de 33 millones de cabezas distribuidas en todos los estados de la república. En México los inventarios de metano entérico provenientes del sector ganadero han sido estimados (González y Ruiz, 1995) según las directrices del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés). Recientemente, algunos grupos de investigación en México han empleado la modelación matemática para estimar las emisiones de metano entérico provenientes del sector ganadero (Bonilla Cárdenas y Lemus, 2012; Castelán et al., 2014; Rendón Huerta et al. 2014; Beltrán-Santoyo et al. 2016), sin embargo

se reconoce que las estimaciones podrían ser imprecisas dado que generalmente se utilizan factores por “default” derivados de los cálculos del consumo de alimento (materia seca) con base en los requerimientos energéticos para el ganado establecidos por el National Research Council (1996) de los Estados Unidos, lo cual impone un sesgo a la estimación de las emisiones. Por ejemplo, el requerimiento de energía metabolizable para el mantenimiento es diferente dependiendo si se trata de animales de tipo *Bos indicus* o *Bos taurus*; o si se trata de cruzas entre ambos tipos de ganado (Solís et al., 1988). En México, un alto porcentaje del hato bovino nacional está conformado por animales de tipo *Bos indicus*, y sus cruzas con diversas razas de ganado *Bos taurus*, sobre todo en las regiones tropicales del sur del país. Por tanto, el consumo de materia seca, y en particular el consumo (kg/día) de carbohidrato fermentable (celulosa) que ingresa al rumen, será diferente que aquel de animales de tipo *Bos taurus*, modificando por tanto la emisión de metano entérico. Se ha sugerido que la técnica de cámaras de respiración (Canul Solís et al., 2017), es una metodología apropiada para la medición directa de las emisiones de metano entérico en el ganado bovino (Machado et al., 2016) y en algunos países se han venido realizando mediciones tendientes a reanalizar y actualizar los inventarios de metano, así como a mejorar la calidad de éstos con base en mediciones realizadas en cámaras de respiración con bovinos alimentados con pastos tropicales (Kurihara et al., 1999; Hunter, 2007) y templados. Recientemente se ha propuesto establecer la relación que existe entre el consumo de materia seca (kg/día) y la emisión de metano entérico (g/d) en el ganado bovino para predecir la emisión de metano en bovinos con base a resultados obtenidos en mediciones hechas en cámaras de respiración (Kennedy y Charmley, 2012; Charmley et al. 2016; Jonker et al. 2017). En Australia, Charmley et al. (2016) reportaron un factor de emisión de 19.3 g CH₄/kg MS en ganado bovino alimentado con pastos tropicales, mientras que Jonker et al. (2017) reportaron para Nueva Zelanda, que el consumo de materia seca fue el predictor más robusto de las emisiones de metano del ganado alimentado con pasto fresco (*Lolium perenne*), proponiendo un factor de emisión de entre 21.4 a 26.5 g CH₄/kg MS consumida. Jo, Kim y Seo (2016) concluyeron que la metodología de Tier 2 (IPCC) para la estimación de metano entérico en el ganado, resulta en estimaciones imprecisas y que es preciso que los países en desarrollo realicen sus propias mediciones de factores de emisión de metano entérico. Por otro lado, en las regiones tropicales de México existen una amplia variedad de árboles y arbustos entre ellos: *Leucaena leucocephala*, *Samanea saman*, *Enterolobium cyclocarpum*, *Acacia pennatula* y *Guazuma ulmifolia* entre otros. Esta gran diversidad de especies arbóreas y arbustivas tienen un buen

potencial para la alimentación de los rumiantes (Ku Vera et al., 1999) debido a su buen contenido de proteína cruda y su aceptable digestibilidad (PC, 16-26% de la MS y digestibilidad promedio de 650 g/kg MS). Adicionalmente a su alto valor nutricional los árboles tropicales con frecuencia contienen una variedad de metabolitos secundarios (Goel et al., 2008; Soliva et al., 2008) tales como los taninos condensados y las saponinas. En este sentido la *L. leucocephala* es una arborea multipropósito con alto contenido de proteína cruda, una concentración de 1.5-4.0% de taninos condensados y una digestibilidad superior al 60%. En toros en crecimiento pastoreando un sistema silvopastoril con una densidad de siembra superior a 25,000 plantas/ha, y con un consumo estimado del 40% de la ración, se ha logrado una ganancia diaria de peso de 760 g/cabeza/día (Mayo Eusebio, 2014), a diferencia de animales alimentados con solo pasto en los cuales se obtiene ganancias promedio de 300-500 g/cabeza/día bajo condiciones de pastoreo de gramíneas en sistemas ganaderos extensivos (Molina et al., 1976). Este aumento en la ganancia de peso puede deberse a la alta concentración de proteína cruda y a la concentración de taninos condensados los cuales crean complejos tanino-proteína, favoreciendo el paso de proteína alimentaria al duodeno donde son absorbidos los amino ácidos, y a la reducción en las pérdidas de energía como gas metano. Algunos autores han mencionado que la *Leucaena leucocephala* tiene efecto en la reducción en las emisiones de metano entérico. Dias-Moreira et al. (2013) observaron que al incluir 40 g/kg de taninos condensados de *L. leucocephala* en la ración de ovinos Santa Inés se logró disminuir en un 26% las emisiones de metano en comparación de animales alimentados con sorgo, pasto y otra leguminosa, por otra parte, Soltan et al (2013) indicaron que con la inclusión de 35% de *Leucaena leucocephala* en la ración, las emisiones de metano se redujeron en un 14%. El objetivo de esta contribución es reportar los avances en las mediciones realizadas en el Laboratorio de Cambio Climático y Ganadería de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Yucatán, para establecer los factores de emisión de metano entérico y los resultados de los avances en cuanto a mitigación del metano entérico en bovinos alimentados con base a pastos y suplementados con follaje y frutos de árboles y arbustos tropicales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizó la metodología de cámaras de respiración de circuito abierto (Canul Solís et al., 2017) para medir la emisión de metano entérico en ganado bovino. De manera breve en esta técnica, los

bovinos son alojados en cámaras de respiración de circuito abierto por periodos de 23 h durante 3 días consecutivos. Las cámaras son del tamaño apropiado (9.7 m^3) para alojar bovinos de hasta 450 kg de peso y operan bajo una ligera presión negativa de alrededor de 400 Pa por debajo de la presión atmosférica en el ambiente externo, garantizando que no existan fugas del aire expirado por el animal hacia el ambiente. Los animales son mantenidos dentro de las cámaras a una temperatura de 23°C y 55% de humedad relativa. El aire es extraído de las cámaras a una tasa de 400 L/min por la acción de medidores de flujo de masas, es filtrado y conducido hacia un multiplexer que toma una muestra de éste y la dirige hacia el analizador infrarrojo de metano (MA-10; Sable Systems International, Las Vegas, NV, USA). El programa computacional ExpeData (Sable Systems International, Las Vegas, NV, USA) calcula automáticamente la producción de metano entérico al final de cada corrida (23 h). Las cámaras están calibradas gravimétricamente (Gardiner et al., 2015) por medio de la inyección de metano de alta pureza (99.97% CH_4 ; Praxair, México) y los factores de calibración para las cámaras 1 y 2 son 0.95 ± 0.05 y 1.03 ± 0.03 . El analizador infrarrojo de metano es colocado en cero con N_2 y su linealidad (por regresión lineal) determinada por medio de la inyección de metano diluido en nitrógeno con concentraciones crecientes de CH_4 de 1,000; 2,500; 5,000 y 7,500 ppm; resultando la regresión en un coeficiente de determinación de 0.99.

Experimento 1. Se utilizaron bovinos cruzados (*Bos indicus* x *Bos taurus*) con un peso promedio de 288 kg, a los cuales les fueron ofrecidas raciones con base a pasto Taiwán (*Pennisetum purpureum*) o heno de pasto Estrella de África (*Cynodon nlemfuensis*) más un concentrado que contenía maíz molido, pasta de soya y melaza. La proporción forraje concentrado fue usualmente 70:30. Los animales fueron alojados durante tres días consecutivos en las cámaras de respiración para la medición de metano entérico. Las mediciones tuvieron una duración de 23 h, y en la hora 24 (8.00 a 9:00 h) se abrieron las cámaras, se retiró el rechazo, se sirvió el alimento del día (previamente pesado), se muestrearon y retiraron las heces y la orina, y se revisó que los diversos componentes del sistema estuvieran en buen orden (aire acondicionado, deshumidificador, ventilador, agua, luz; calibración del analizador infrarrojo de metano, presión barométrica negativa en la cámara). El consumo de alimento fue medido todos los días como la diferencia entre la cantidad ofrecida y la rechazada.

Cálculos

Se utilizaron 66 mediciones individuales de producción de metano entérico ($\text{g CH}_4/\text{día}$) obtenidas de bovinos alojados en cámaras de respiración de circuito abierto y se realizó una regresión lineal (Cochran y Cox, 1991) con los datos (consumo de materia seca [$\text{kg}/\text{día}$] vs. producción de metano [$\text{g}/\text{día}$]) para obtener la pendiente y el coeficiente de determinación de la regresión. Se analizó el modelo lineal utilizando el PROC REG del SAS (SAS Ver. 9.3, 2010). El mejor modelo fue seleccionado teniendo como criterio el coeficiente de determinación (R^2) más alto y el menor cuadrado medio del error (CME).

Experimento 2. Se llevó a cabo un experimento en diseño de cuadro latino 5 x 5 (Piñeiro-Vázquez et al., 2017) con cinco vaquillas de 350 kg de peso que fueron alojadas secuencialmente en cámaras de respiración de circuito abierto para la medición cuantitativa del metano eructado. Las vaquillas fueron alimentadas con mezclas de pasto *Pennisetum purpureum* y porcentajes crecientes (0, 20, 40, 60 y 80%; base seca) de forraje picado de *Leucaena leucocephala*.

Experimento 3. En un diseño de cuadro latino 4 x 4; Valencia Salazar (2017) proporcionó niveles crecientes (0, 10, 20 y 30% de la MS de la ración) del fruto molido de *Samanea saman* (siendo la ración basal follaje picado de *Pennisetum purpureum*) a vaquillas de 300 kg alojadas en cámaras de respiración de circuito abierto (Canul-Solís et al., 2017) para medir la emisión de metano entérico.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Factor de emisión de metano entérico

Experimento 1. La Figura 1 muestra la relación entre el consumo de materia seca de pastos tropicales y la producción de metano entérico en bovinos. La ecuación de regresión es: $y = 18.07x - 60.516$, la cual tiene un coeficiente de determinación de 0.73. En Australia, Charmley et al. (2016) reportaron un factor de emisión de $19.3 \text{ g CH}_4/\text{kg MS}$ en ganado bovino alimentado con pastos tropicales ($n = 133$), el cual es comparable al valor obtenido en el presente estudio. Los resultados obtenidos sugieren al consumo de materia seca como un predictor robusto de la emisión de metano entérico en bovinos (Jonker et al., 2017) a diferencia de otros posibles métodos de predicción como el consumo de alimento residual (RFI, por sus siglas en inglés) el cual no parece ser uno de los

mejores estimadores de la emisión de metano en ganado bovino (Velazco et al., 2017; Manzanilla Pech, 2017). El factor de emisión de metano para ganado bovino medido en cámaras de respiración en Nueva Zelanda tiene un rango de 21.4 a 26.5 g CH₄/kg MS consumida (Jonker et al., 2017); mientras que la ecuación universal propuesta por Charmley et al. (2016) para Australia (derivada de 1034 mediciones individuales en cámaras de respiración) propone un factor de 20.7 g CH₄/kg MS consumida ($R^2 = 0.92$); el factor de emisión obtenido en nuestro laboratorio (18.07 g CH₄/kg MS consumida) con pastos tropicales, es ligeramente inferior al obtenido en dichos países.

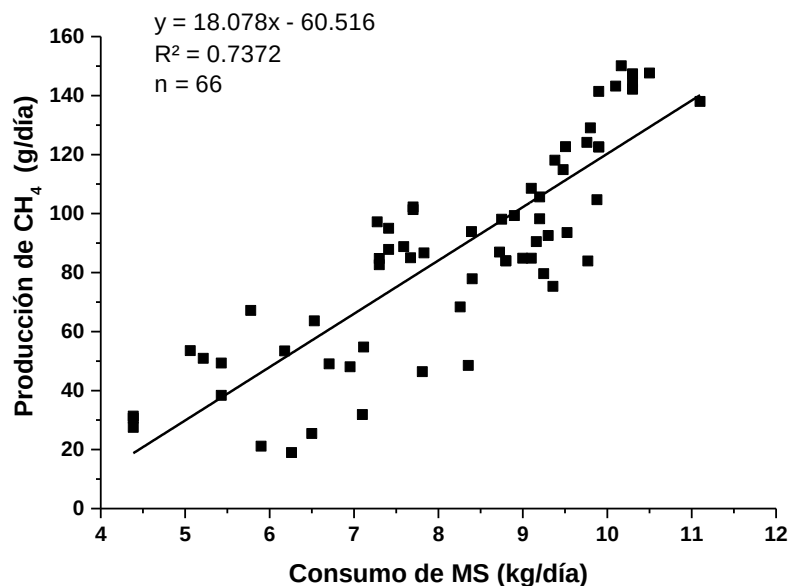


Figura 1. Relación entre el consumo de materia seca (kg/día) y la emisión de metano entérico (g/día) en bovinos (*Bos indicus* x *Bos taurus*) alimentados con pastos tropicales.

Mitigación de las emisiones de metano entérico en bovinos alimentados con follaje y frutos de leguminosas tropicales

Bovinos alimentados con pasto *Pennisetum purpureum* y *Leucaena leucocephala*

Experimento 2. El Cuadro 1 resume los resultados principales referentes a la reducción de la producción de metano en el rumen cuando las vaquillas fueron alimentadas con follaje picado de *Leucaena leucocephala*. El Cuadro 1 indica que la tasa de emisión de metano cuando las vaquillas fueron alimentadas con solo pasto fue de 14.9 g/kg de materia seca, pero cuando se incluyó 20%

de follaje de leucaena en la ración, esta tasa se redujo a 10.5 g/kg de materia seca (equivalente a un 29.5% de reducción). Cuando se incluyó 40% de follaje de leucaena en la ración, la tasa se redujo aún más hasta 8.7 g/kg de materia seca, equivalente a un 41.6% de reducción. La incorporación de porcentajes crecientes (0, 20, 40, 60 y 80 %) de *L. leucocephala* en la ración no afectó negativamente el consumo total de materia seca consumida (6.88, 7.16, 7.08, 6.99 y 6.91 kg de materia seca por día; Cuadro 1) de las vacas. Esto pudo haber sido influenciado por el menor consumo de FDN (fibra detergente neutra) en la *L. leucocephala* (571 g/kg de MS) en comparación con el pasto *Pennisetum purpureum* (698 g/kg de MS). Se observa que los niveles de inclusión de *L. leucocephala* (20, 40, 60 y 80 % de la MS ofrecida) inducen una reducción en las emisiones de metano con una tendencia lineal al nivel de incorporación de la leguminosa en la ración (Figura 2), observándose una reducción de 63.10% con el nivel máximo (80%) de *L. leucocephala* con respecto al tratamiento con sólo pasto (100% de pasto *P. purpureum*).

Cuadro 1. Efecto del porcentaje de inclusión de *Leucaena leucocephala* mezclada con pasto *Pennisetum purpureum* sobre la reducción de las emisiones de metano en bovinos medidas en cámaras de respiración de circuito abierto (A. Piñeiro Vázquez et al. 2017).

Porcentaje de incorporación de <i>Leucaena leucocephala</i> en la mezcla con pasto de <i>Pennisetum purpureum</i> (base seca)						
Variables	0	20	40	60	80	EE
Consumo de materia seca (kg/día)	7.03	7.15	7.07	7.00	7.00	0.60
Producción de CH ₄ (L/día)	137.3	101.2	87.4	74.9	53.5	14.8
% de CH ₄ (L/kg de MS)	100.0	-26.8	-39.8	-47.7	-61.6	28.0
Producción de CH ₄ (kg/año)	35.80	26.40	22.80	19.50	13.90	8.19
Energía perdida como CH ₄ por año (MJ)	1976.9	1457.8	1259.0	1076.8	767.6	452.14
Porcentaje de reducción del metano (%)	0.00	29.50	41.60	49.70	63.10	23.92

*Asumiendo que un kg de CH₄ tiene un calor de combustión de 55.65 MJ (Brouwer, 1965)

Estos resultados sugieren el potencial de los sistemas silvopastoriles para contribuir al desarrollo de una ganadería tropical menos agresiva con el ambiente y enfatiza los servicios ambientales que el silvopastoralismo ofrece. La reducción observada en la producción de metano entérico puede estar influenciada por el aumento en el consumo de taninos condensados los cuales crean complejos con las proteínas y los carbohidratos estructurales reduciendo la digestibilidad o bien debido al menor contenido de fibra detergente neutra consumida conforme se incrementa el nivel de *L. leucocephala* en la ración.

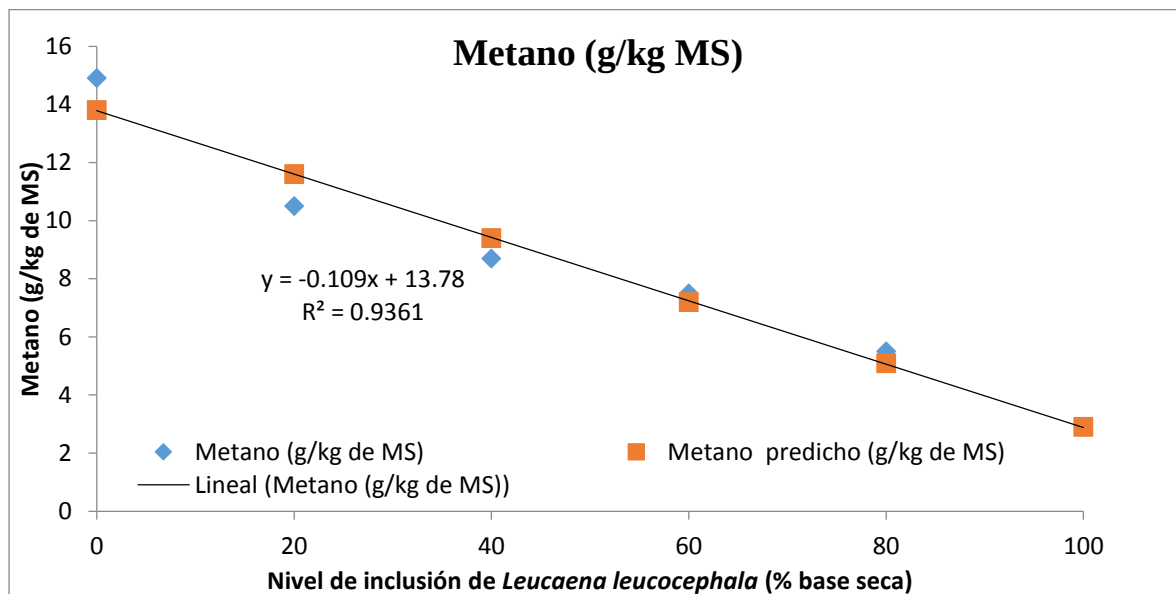


Figura 2. Efecto de cantidades crecientes de follaje de *L. leucocephala* mezclado con pasto picado de *Pennisetum purpureum* en la ración sobre las emisiones de metano entérico en bovinos en México

Esta información coincide con aquella reportada la literatura científica, en la cual en diversos trabajos se ha encontrado una reducción en las emisiones de CH₄ entérico cuando la *Leucaena leucocephala* es incluida en la ración. En este sentido Delgado et al. (2012) determinaron que al incluir 27% de *L. leucocephala* en la ración de ovinos, la producción de CH₄ disminuyó en un 15.6%. Possenti et al. (2008) mencionaron que la inclusión de 50% de *leucaena* redujo en un 13% las emisiones de CH₄ en bovinos alimentados con *Cynodon dactylon*. En Australia, Kennedy y Charmley (2012) encontraron que al incluir 22 y 44% de *L. leucocephala* en la ración de bovinos,

las emisiones de CH₄ entérico se redujeron en 13.39 y 20.53% respectivamente en relación a bovinos alimentados con pastos de mediana calidad como el *Cenchrus ciliaris* (Buffel).

Bovinos alimentados con pasto *Pennisetum purpureum* y frutos molidos de *Samanea saman*

Experimento 3. Resultados recientes obtenidos en el Laboratorio de Cambio Climático y Ganadería de la FMVZ-UADY resultan alentadores en cuanto al potencial de mitigación de metano entérico de los frutos molidos del árbol leguminoso *Samanea saman* (Cuadro 2; Valencia Salazar, 2017) cuando son proporcionados en raciones mezcladas con pastos tropicales (*Pennisetum purpureum*), los cuales tienen el potencial de reducir las emisiones de metano hasta en un 25% aproximadamente, dependiendo del nivel de incorporación del fruto en la materia seca de la ración, observándose una reducción lineal en la emisión de metano entérico. Es probable que la reducción en la emisión de metano entérico en este experimento se haya debido a los niveles crecientes de almidón consumidos conforme el nivel de *Samanea saman* en la ración se incrementó, lo cual logró inducir cambios en el patrón de fermentación ruminal (la proporción molar de ácido propiónico en el rumen se aumentó con los niveles crecientes de los frutos) y por tanto en la disponibilidad del hidrógeno metabólico en el rumen para reducir el CO₂ a CH₄ (Valencia Salazar, 2017).

Cuadro 2. Porcentajes de reducción de CH₄ entérico en vaquillas alimentadas con *P. purpureum* y niveles crecientes de frutos molidos de *S. saman* (Valencia Salazar, 2017).

	Nivel de incorporación de <i>S. saman</i> en la ración (% MS)					
	0	10	20	30	EE	Valor P
Variable						
% CH ₄ (L/día)	100	-25.82	-40.39	-50.9	9.39	0.03
% CH ₄ (L/kg MSC)	100	-26.73	-33.56	-56.98	1.09	0.00
Pérdida de energía como CH ₄ (% EB)	4.70	3.38	2.82	2.15	0.31	0.01

CH₄ (L/d): Litros de CH₄ por día; EB: energía bruta; superficie de respuesta: L: contraste lineal; Q: contraste cuadrático; C: contraste cúbico; EE: error estándar; * P<0.05; ** P<0.01; ns: no-significativo (P>0.05).

CONCLUSIONES

Con base en las sesenta y seis mediciones individuales de producción de metano entérico realizadas en vaquillas (*Bos indicus* x *Bos taurus*) alojadas en cámaras de respiración y alimentadas con pastos tropicales, se puede concluir que el factor de emisión de metano entérico es de 18.07 g CH₄/kg de materia seca consumida, lo cual representa una base inicial para posibles acciones de mitigación de este gas de efecto invernadero bajo condiciones prácticas de alimentación en sistemas de producción ganadera en México. La incorporación de cantidades crecientes del follaje de *Leucaena leucocephala* en una ración basal de pasto *Pennisetum purpureum* en ganado bovino, resulta en una disminución gradual la producción de CH₄ entérico sin afectar el consumo de materia seca de la ración total. De acuerdo con los resultados obtenidos a la fecha en experimentos *in vivo* en cámaras de respiración en la FMVZ-UADY (Mérida, Yucatán) con bovinos, se puede concluir que las mezclas de pastos tropicales con *Leucaena leucocephala* o con frutos molidos de *Samanea saman* en la alimentación, resultan en una menor emisión de metano por kg de materia seca consumida comparada con aquella obtenida cuando los bovinos se alimentan exclusivamente con pastos tropicales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Beltrán-Santoyo, M.A., Álvarez-Fuentes, G., Pinos-Rodríguez, J.M., Contreras-Servín, C. 2016. Methane emission from dairy cattle production systems in San Luis Potosi Valley, México, *Agrociencia*. 50:297-305.
- Bonilla, J.A. and Lemus, C. 2012. Enteric methane emission by ruminant and its contribution to global climate change. Review. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 3:215-246.
- Canul Solis, J.R., Piñeiro Vázquez, A.T., Arceo Castillo, J.I., Alayón Gamboa, J.A., Ayala Burgos, A.J., Aguilar Pérez, C.F., Solorio Sánchez, F.J., Castelán Ortega, O.A., Lachica López, M., Quintana Owen, P. and Ku Vera, J.C. 2017. Design and construction of low-cost respiration chambers for ruminal methane measurements in rumimants. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*. 8:185-191.
- Castelán-Ortega, O.A., Ku-Vera, J.C. and Estrada-Flores, J.G. 2014. Modeling methane emissions and methane inventories for cattle production systems in Mexico, *Atmósfera*. 27:185-191.

Charmley, E., Williams, S.R.O., Moate, P.J., Hegarty, R.S., Herd, R.M., Oddy, V.H., Reyenga, P., Staunton, K.M., Anderson, A. and Hannah, M.C. 2016. A universal equation to predict methane production of forage-fed cattle in Australia. *Animal Production Science*. 56:169-180.

Cochran, W.G. y Cox, G.M., 1991. *Diseños Experimentales*. 2nd ed. Trillas, Mexico.

Delgado DC, Galindo J, González R, González N, Scull I, Dihigo L. 2012. Feeding of tropical trees and shrub foliages as a strategy to reduce ruminal methanogenesis: studies conducted in Cuba. *Tropical Animal Health and Production*. 44:1097-1104.

Dias-Moreira G, Tavares-Lima PM, Oliveira-Borge B, Primavesi O, Longo C, McManu C, Abdalla A, Louvandini H. 2013. Tropical tanniniferous legumes used as an option to mitigate sheep enteric methane emission. *Tropical Animal Health and Production*. 45: 879–882.

Gardiner, T.D., Coleman, M.D., Innocenti, F., Tompkins, J., Connor, A., Garnsworthy, P.C., Moorby, J.M., Reynolds, C.K., Waterhouse, A. and Wills, D. 2015. Determination of the absolute accuracy of UK chamber facilities used in measuring methane emissions from livestock. *Measurement*. 66:272-279.

Goel, G., Makkar, H. P. S. 2012. Methane mitigation from ruminants using tannins and saponins. *Tropical Animal Health and Production*. 4:729–739.

González, E. and Ruiz-Suárez, L.G.1995. Methane emissions from cattle in Mexico: Methodology and mitigation issues, *Interciencia*, 20:370-372.

Hunter, R.A. 2007. Methane production by cattle in the tropics, *British Journal of Nutrition*. 98:657.

Jo, N., Kim, J. and Seo, S. 2016. Comparison of models for estimating methane emission factor for enteric fermentation of growing-finishing Hanwoo steers. *Springer Plus*. 5:1212.

Jonker, A., Molano, G., Koolaard, J. and Muetzel, S. 2017. Methane emissions from lactating and non-lactating dairy cows and growing cattle fed fresh pasture. *Animal Production Science*. 57:643-648.

Kennedy, P. M., and E. Charmley. 2012. Methane yields from Brahman cattle fed tropical grasses and legumes. *Animal Production Science*. 52:225-239.

Kurihara, M., Magner, T., Hunter, R.A. and McCrabb, G.J. 1999. Methane production and energy partition of cattle in the tropics. *British Journal of Nutrition*. 81:227–234.

Ku Vera, J.C., Ramírez Avilés, L., Jiménez Ferrer, G, Alayón Gamboa, J., Ramírez Cancino, L. 1999. Árboles y arbustos para la producción animal en el trópico mexicano. En: Agroforestería para la Producción Animal en América Latina. FAO. Roma, Italia. pp. 231-250.

Machado, F.S., Tomich, T.R., Ferreira, A.L., Cavalcanti, L.F.L., Campos, M.M., Paiva, C.A.V., Ribas, M.N. and Pereira, L.G.R. 2016. Technical note: A facility for respiration measurements in cattle. *Journal of Dairy Science*. 99:4899–4906.

Manzanilla Pech, C.I.V. 2017. Genetic improvement of feed intake and methane emissions of cattle. PhD Thesis. Wageningen University. The Netherlands. pp. 199.

Mayo Eusebio R. 2014. Ganancia de peso de bovinos en crecimiento en un sistema silvopastoril intensivo y en un sistema en confinamiento en Michoacán, México. Tesis de Maestría en Ciencias. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Yucatán. Yucatán, México.

Molina-Saldívar I, Garza-Treviño R, Torres-Hernández M. 1976. Producción de carne en los zacates Guinea y Buffel, con dos niveles de fertilización, durante un año de pastoreo en Tizimín, Yuc., clima AW. *Técnica Pecuaria en México*.31:17-20.

NRC. (National Research Council). 1996. Nutrient Requirements of Beef Cattle. National Academy of Sciences. Washington, D.C., USA.

Piñeiro-Vazquez, A.T., Canul-Solis, J.R., Alayon-Gamboa, J.A., Chay-Canul, A.J., Ayala-Burgos, A.J., Solorio-Sanchez, F.J., Aguilar-Perez, C.F. and Ku-Vera, J.C. 2017. Energy utilization, nitrogen balance and microbial protein supply in cattle fed *Pennisetum purpureum* and condensed tannins, *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. 101:159-169.

Possenti, R.A., Franzolin, R., Schammas, E. A. Demarchi, J.J.A.A, Frighetto, R.T.S. and Lima, M.A., 2008. Efeitos de dietas contendo *Leucaena leucocephala* e *Saccharomyces cerevisiae* sobre a fermentação ruminal e a emissão de gás metano em bovinos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 37:1509-1516.

Rendón-Huerta, J.A., Pinos-Rodríguez, J.M., García-López, J.C., Yañez-Estrada, L.G. and Kebreab, E. 2014. Trends in greenhouse gas emissions from dairy cattle in Mexico between 1970 and 2010. *Animal Production Science*. 54:292-298.

SAS. Statistical Analysis System. 2010. Version 9.3. Statistical Analysis System Users. SAS Institute. Cary, North Caroline, USA.

Solis, J.C., Byers, F.M., Schelling, G.T., Long, C.R. and Greene L.W. 1988. Maintenance requirements and energetic efficiency of cows of different breed types. *Journal of Animal Science*. 66:764-773.

Soliva, C. R., Zeleke, A. B., Clement, C., Hess, H. D., Fievez, V., Kreuzer, M. 2008. *In vitro* screening of various tropical foliages, seeds, fruits and medicinal plants for low methane and high ammonia generating potentials in the rumen. *Animal Feed Science and Technology*. 147:53–71.

Soltan YA, Morsy AS, Sallam S. MAR, Lucas C, Louvandini H, Kreuzer M, Abdalla AL. 2013. Contribution of condensed tannins and mimosine to the methane mitigation caused by feeding *Leucaena leucocephala*. *Archives of Animal Nutrition*. 63:169-184.

Valencia Salazar, S.S. 2017. Efecto de la inclusion de diferentes niveles de frutos de *Samanea saman* (Jacq.) Merr. en la ración sobre la producción de metano entérico en bovinos. Tesis de Maestría en Ciencias Agropecuarias. FMVZ-UADY. Mérida, Yucatán, México.

Velazco, J.I., Herd, R.M., Cottle, D.J. and Hegarty, R.S. 2017. Daily methane emissions and emission intensity of grazing beef cattle genetically divergent for residual feed intake. *Animal Production Science*. 57:627-635.

ADITIVOS ALIMENTARIOS, PRODUCCIÓN DE BIOMETANO Y DIÓXIDO DE CARBONO EN ANIMALES DE PRODUCCIÓN

Roberto Montes de Oca Jiménez, Abdel Fatha Mohamed Salem Manuel González Ronquillo.
Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma del Estado de México. El
Cerrillo Piedras Blancas. Municipio de Toluca. Toluca Estado de México. CP. 50200.
romojimenez@yahoo.com

ANTECEDENTE

Los sistemas agropecuarios, como la producción ganadera, enfrentan el creciente desafío de mantener la futura demanda mundial de carne y productos lácteos debido al esperado aumento de la población (Wiedemann et al., 2017). La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, 2006) espera que el aumento del poder adquisitivo de los alimentos de origen animal eleve la demanda anual a 465 y 1,043 millones de toneladas para carne y los productos lácteos. Además, la FAO estima que el crecimiento de la población mundial llegará a los 9600 millones en el año 2050 (FAO, 2016), con un doble poder adquisitivo para la carne y los productos lácteos. Para hacer frente a este aumento de la demanda, los sistemas agrícolas deben idear un medio para adaptarse a la probabilidad de un cambio climático y volverse más productivos y sustentables con el medio ambiente considerando las 3 P (People, Planet y Profitability) (FAO, 2016). Esto no sólo reducirá las emisiones de gases de efecto invernadero, sino que también garantizará el bienestar del ecosistema y de las poblaciones rurales.

Los desechos agrícolas son uno de los mayores contribuyentes de las fuentes antropogénicas de los tres principales gases de efecto invernadero: el metano (CH_4), el dióxido de carbono (CO_2) y el óxido nitroso (N_2O), y la producción pecuaria representa aproximadamente dos tercios de las emisiones directas. Slade et al. (2016), menciona que el metano se produce en gran parte de la digestión por el ganado. El metano es el principal gas de efecto invernadero emitido por la fermentación entérica a través del proceso digestivo típico de los rumiantes (Hristov et al., 2015). El cual representa aproximadamente 12 a 17% de emisiones de gases de efecto invernadero (Beauchemin et al., 2009). Sin embargo, las principales limitaciones en la producción de rumiantes son, excreción excesiva de nutrientes, digestibilidad ineficiente y altas emisiones de CH_4 , que representan una pérdida neta del 2 a 12% de la energía alimentaria total (Hristov et al., 2015). Una reducción eficiente de estas pérdidas de energía puede ser potencialmente utilizada para

producción de más carne y leche, en lugar de contribuir a la producción de gases de efecto invernadero que repercuten negativamente en el cambio climático (Eckard et al., 2010).

Sin embargo, existe una creciente preocupación mundial por el impacto ambiental de las emisiones de gases de efecto invernadero (metano, dióxido de carbono y óxido nitroso) por los sistemas de producción de rumiantes. Las estimaciones de la producción mundial de metano entérico de los rumiantes son de unos 80000 Gg. Sin embargo, la producción ganadera contribuye con alrededor del 18% de las emisiones de CH₄ y el 9% de la producción de CO₂, las cuales han sido implicadas en causar el cambio climático. El metano, el CO₂ y el H₂ son los principales gases producidos durante la fermentación ruminal, causando una pérdida de energía dietética en los rumiantes (Johnson y Johnson, 1995). El aumento de la demanda futura de alimentos para el ganado, así como la competencia de alimentos con el ser humano tienen impactos ambientales y sociales (Gopalakrishnan et al., 2016; Makkar, 2016). La creciente demanda de productos pecuarios va acompañada de desafíos sociales, económicos y ambientales (Makkar, 2016). Durante la fermentación ruminal de los alimentos, se producen grandes cantidades de gases de efecto invernadero que hacen del ganado uno de los productores más importantes de gases de efecto invernadero. El CH₄ entérico, producto de la fermentación anaeróbica ruminal producida por las bacterias arqueas metanogénicas durante la eliminación del H₂ producido por su actividad metabólica, contribuye con el 30-40% de la producción total de CH₄ de las fuentes agrícolas. Mejorar la utilización de alimentos y el rendimiento animal es el principal objetivo de los nutricionistas; Sin embargo, deben considerarse las obligaciones sociales y ambientales para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Se han realizado estrategias nutricionales para mitigar la emisión de CH₄ en rumiantes, incluyendo la inclusión de levaduras (Elghandour et al., 2017), sal de ácidos orgánicos (Elghandour et al., 2016), enzimas exógenas y aceites esenciales (Hernández et al., 2017) los cuales se han utilizado para controlar la producción de metano a nivel ruminal.

Este artículo de revisión discutirá el impacto de algunos aditivos para dietas (enzimas, levaduras, hojas de moringa, y cambios en los ingredientes de la dieta), que se evaluaron para mitigar y sustentar las emisiones de biometano y dióxido de carbono que nuestro equipo de investigación ha desarrollado durante los últimos años.

1. Enzimas exógenas y *Saccharomyces cerevisiae*

Debido a que la Unión Europea (EU) ha prohibido la inclusión de antibióticos, ionóforos y promotores del crecimiento sintéticos como aditivos en la alimentación animal, la exploración de aditivos naturales alternativos para modificar la fermentación ruminal, mejorar la utilización de alimentos (Salem et al., 2016) y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (Elghandour et al., 2017) se han desarrollado en los últimos años. Los estudios han demostrado que la inclusión de enzimas exógenas en la alimentación de los rumiantes mejora el rendimiento productivo de los animales mejorando la digestibilidad de nutrientes y la fermentación ruminal (Valdes et al., 2015).. El uso de enzimas exógenas y aditivos de levaduras (*Saccharomyces cerevisiae*) en dietas para rumiantes ha atraído considerable interés. Muchos estudios de investigación han demostrado que el suplemento de enzimas exógenas en la dieta para el ganado es positivo., Sin embargo, Lewis et al. (1999) informaron que las enzimas exógenas no mejoraron consistentemente la calidad y la utilización de los forrajes por parte de los rumiantes (Ortiz-Rodea et al. 2013) Esta incoherencia puede atribuirse a varios factores como la fuente de la enzima, las dosis y la actividad de la enzima (Jalilvand et al., 2008), las propiedades físicas del sustrato (Elghandour et al., 2015), la duración del tratamiento, la aplicación de la enzima (Elghandour et al., 2016), la composición de la dieta a la que se añade la enzima (Elghandour et al., 2016; Ortiz-Rodea et al. 2013) y el nivel de productividad animal (Beauchemin et al., 2003).

Los nutricionistas y microbiólogos enfocados en la producción animal han desarrollado recientemente un gran interés en el uso de aditivos alimentarios dietéticos para modificar la fermentación ruminal y reducir la producción de gases de efecto invernadero en el rumen (Hernández et al., 2017). Dick et al. (2014) informó que el uso de leguminosas como sustituto del fertilizante nitrogenado aumentó la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero. Nguyen et al. (2010) sugirieron que el aumento de la proporción de la dieta basada en concentrado reduciría la producción de CH₄. Sin embargo debe de valorarse con respecto a la ingestión total de alimento y la producción del animal (ejemplo kg Metano producidos por animal al día/ Kg de leche producido). La suplementación de *Saccharomyces cerevisiae* mejoró la digestibilidad de los forrajes de baja calidad y alteró el ambiente microbiano al aumentar el número de microflora ruminal que podría mejorar la digestión de la fracción de la fibra en los rumiantes (Ahmed et al., 2015) y caballos (Salem et al., 2016). La inclusión de la levadura *Saccharomyces cerevisiae* ofrece un gran potencial para manipular la fermentación ruminal *in vitro* (Elghandour et al., 2014) e *in*

vivo (Ahmed et al., 2015). La inclusión de *Saccharomyces cerevisiae* en la dieta de los animales mejoró el valor nutricional de los forrajes de mala calidad, así como la digestibilidad de los nutrientes (Hassan et al., 2016) y las características de las canales de animales (Velázquez-Garduño et al., 2015). Así mismo, Rodríguez et al. (2015) observaron una mayor degradabilidad *in vitro* y una mayor producción de gas en el alimento, con la adición de *Saccharomyces cerevisiae*. Sin embargo, muy pocos estudios han investigado el uso de aditivos alimentarios naturales como *Saccharomyces cerevisiae* y xilanasa en cuanto a la producción de gases de efecto invernadero. Por lo tanto, se debe determinar el efecto de la inclusión de *Saccharomyces cerevisiae*, xilanasa y su mezcla, como aditivos ambientalmente amigables, sobre la mitigación sostenible de las emisiones de CH₄ y CO₂, la población microbiana y la fermentación ruminal de una ración altamente concentrada utilizando inóculo ruminal. Salem et al. (2015) observó que la inclusión de enzimas fibrolíticas exógenas (por ejemplo, celulasa y xilanasa mejoró la utilización de alimento en rumiantes.) La xilanasa exógena fue seleccionada para ser estudiada debido a que las evidencias muestran mejores resultados con xilanasa que con la adición de celulasa (Vallejo et al., 2016; Franco et al., 2016).

2. Aceites y microalgas

Se cree que la inclusión de lípidos en las dietas de rumiantes es una buena estrategia para reducir la producción de gases de efecto invernadero de los rumiantes (Hook et al., 2010), a través de la reducción de las concentraciones de protozoos (Abubaker et al., 2013) en el rumen. Además, la inclusión de lípidos dietéticos ricos en ácido docosahexaenoico puede aumentar el valor nutritivo del producto final de la producción de rumiantes (por ejemplo, leche y carne) y mejorar el rendimiento animal. El ácido docosahexaenoico es un ácido graso poliinsaturado ω -3 que puede utilizarse como una estrategia para enriquecer la leche y la carne con este tipo de ácidos grasos, que tienen varios efectos beneficiosos sobre la salud humana. Los aceites vegetales y las microalgas son fuentes ricas de ácidos grasos insaturados incluyendo ácido docosahexaenoico y ácidos grasos de ácido linoleico conjugado (Shettino et al. 2017).

La adición de aceites vegetales a las raciones de animales en producción láctea es una estrategia para alterar la proporción de ácidos grasos saturados e insaturados en productos animales a través de la biohidrogenación ruminal extensa. El aceite de girasol es una fuente rica en ácido linoleico, y puede aumentar los ácidos grasos del ácido linoleico conjugado en el producto animal (Morsy et

al., 2015). Morsy et al. (2015) observaron que la alimentación de los aceites vegetales a las cabras lecheras modificó el perfil de los ácidos grasos sin efectos negativos en la fermentación ruminal o en la digestibilidad de los nutrientes. Así mismo Shettino et al. (2017) mediante la inclusión de semillas de chía en la dieta, mejoró el perfil de ácidos grasos poliinsaturados, , mayoritariamente una mayor excreción de CLA en la leche, Por otro lado, Romero Bernal et al. (2017) al alimentar ovejas con forrajes verdes vs suplementados con harina de pescado o soya, encuentran que las canales están enriquecidas con CLA en animales alimentados en pastoreo.

Las microalgas (*Schizochytrium* spp.) son ricas en ácidos grasos y contenidos proteicos, que lo convierten en un suplemento alimentario adecuado para mejorar la utilización del alimento y el rendimiento productivo (Burnett et al., 2017). Las microalgas de *Schizochytrium* son una rica fuente de ácidos grasos poliinsaturados ω -3 de cadena larga que incluyen ácido docosahexaenoico y ácido eicosapentaenoico, por lo que pueden usarse para inhibir la biohidrogenación *in vitro* de ácidos grasos, lo que resulta en una reducción de la cantidad de ácidos grasos saturados y un aumento en los ácidos grasos insaturados (Boeckaert et al., 2007). También se ha demostrado que las microalgas de *Schizochytrium* aumentan la concentración de ácido docosahexaenoico en leche (Moate et al., 2013). Al igual que los aceites, se debe tener en cuenta la conciencia de los efectos negativos de un incremento en la inclusión de microalgas, ya que los mayores niveles pueden reducir la ingesta de alimentos y la digestión de las fibras (Burnett et al., 2017).

3. Hoja de *Moringa oleifera*

Los productores de animales se enfrentan a una serie de problemas; Uno de ellos es la disponibilidad y el alto precio de los concentrados, en particular las fuentes de proteínas, que obligan a los nutricionistas a buscar alimentos alternativos de proteínas menos costosos y que se produzcan en la región (FAO, 2016). Las hojas de los arbustivos leguminosos se han utilizado para mejorar este problema. La *Moringa oleifera* Lam (Moringa pterygosperm familia Moringaceae) es un árbol forrajero que crece casi en todo el mundo y produce una alta cantidad de biomasa que oscila entre 43 y 115 toneladas por hectárea (Safwat et al., 2014) con un alto contenido proteico(>20 % PC). La composición química como alimento proteico conteniendo (g/kg de materia seca) de 241 a 277 g de proteína cruda, con aproximadamente 47% de la proteína degradable en rumen (Becker, 1995), un perfil aminoácido adecuado (Sánchez-Machado et al., 2010) y compuestos polifenólicos como antioxidantes (Nouman et al., 2016). La *Moringa oleifera*

es un ingrediente proteico más barato que la mayoría de las fuentes tradicionales de proteínas como al semilla de sésamo, canola, y la harina de soya entre otros. Sin embargo, al igual que otros árboles forrajeros, la *Moringa oleifera* contiene metabolitos secundarios, los cuales pueden llegar a ser tóxicos para el animal. Las plantas que tienen productos bioactivos como los aceites esenciales, saponinas y taninos condensados (Calabrò et al., 2011) con propiedades antimicrobianas pueden ser explotadas en la producción de rumiantes para reducir las emisiones de CH₄ y mejorar la eficiencia de la fermentación. Existe poca información sobre la harina de hoja de *Moringa oleifera* como fuente de proteína para rumiantes; Sin embargo, experimentos recientes que incluyeron la harina de hojas de *Moringa oleifera* como alimento proteico están ganando interés cada vez mayores, con resultados prometedores como la utilización mejorada de alimento y la producción de leche de cabras, así como su utilización como ensilado en la alimentación de cerdos.

4. Subproductos agrícolas con enzimas exógenas

La producción mundial de cultivos está creciendo continuamente, con grandes cantidades de residuos de cultivos producidos. Además, el alto costo de los concentrados y los forrajes de calidad ha aumentado el interés de incluir las fibras en la nutrición de rumiantes, como lo indican Alsersy et al. (2015) en su trabajo sobre el efecto del ensilaje de salmón mediterráneo (*Atriplex halimus*) con dos cócteles de enzimas en la ingesta de alimentos, digestibilidad de nutrientes y fermentación ruminal en ovejas. Los desechos agrícolas pueden ser fermentados en forma anaeróbica y utilizados como alimentos energéticos para el ganado, o eliminados en el medio ambiente causando una contaminación y molestias graves, y su eliminación se convierte en un tema costoso para los agricultores de escasos recursos. Faverial y Sierra (2014) estudiaron el compostaje doméstico de los residuos biodegradables domésticos en las condiciones tropicales, indicaron que hay un intento renovado de expandir las tecnologías complementarias de gestión de residuos orgánicos que los desviarán del vertedero y disminuirán las emisiones de gases de efecto invernadero. La degradación anaeróbica de los residuos agrícolas para producir ingredientes que pueden utilizarse para la alimentación del ganado es una tecnología bien recibida para reducir los vertederos, facilitando un suministro sostenible de energía renovable. Los residuos agrícolas, como la paja de trigo, los tallos de maíz y el bagazo de caña de azúcar, son un residuo orgánico rico en carbohidratos o un material con un gran potencial como fuente de energía dietética para los rumiantes. Estos residuos constituyen molestias y contaminación para el medio ambiente. Sin embargo, cuando se usan como

alimento, estos tienen un pobre valor alimentario debido a la baja densidad de nutrientes y la naturaleza fibrosa. En algunos estudios se evaluaron la digestibilidad de nutrientes, las actividades de fermentación ruminal, los parámetros séricos a nivel sanguíneo y la producción y composición química en la leche de cabras alimentadas con raciones de paja de arroz tratadas con *Pleurotus ostreatus*. La alimentación de los rumiantes depende principalmente de los forrajes fibrosos como los principales alimentos, pero la digestión de estos forrajes en el rumen está limitada por su alto contenido de fibra y baja proteína. Khattab et al. (2013), en el estudio de la composición química y digestibilidad *in vitro* de la paja de arroz tratada con *Pleurotus ostreatus*, se ha comprobado que la baja digestión del forraje fibroso en el rumen no puede ser ignorada por sus consecuencias. En la evaluación de la microbiología del rumen en relación con el tratamiento químico o biológico de los cultivos y subproductos, Chesson (1984) afirmó que las fibras de alto nivel pueden impedir el acceso de las enzimas hidrolíticas ruminales e inhibir la adhesión de las bacterias a la celulosa y a la hemicelulosa. El alto contenido de fibra con una baja digestibilidad de los piensos fibrosos limita su uso como único alimento para los rumiantes que crecen activamente o que tienen un alto rendimiento.

La biodegradación de materiales lignocelulósicos ha sido documentada usando enzimas exógenas, en un ensayo que implica el efecto de la xilanasa exógena sobre la producción de gas *in vitro* del rumen y la degradabilidad de la paja de trigo (Togtokhbayar et al., 2015) o la planta entera de maíz (Franco, 2016; Ruiz et al., 2013a). Las enzimas exógenas de inclusión directa o pretratamiento de los alimentos es uno de los métodos más eficaces utilizados para mejorar la utilización de alimentos en la nutrición de rumiantes. Las enzimas fibrolíticas mejoran la digestibilidad de los alimentos y aumentan la fermentación *in vitro* (Elghandour et al., 2016; Ruiz et al., 2013b), *in vivo* (Salem et al., 2015) e *in sacco* (Togtokhbayar et al., 2015). En su estudio del potencial de alimentación de cabras con piensos fibrosos suplementados con o sin inoculaciones bacterianas, Khattab et al. (2011) informó sobre la mejora de la producción y composición de la leche y la salud animal. Morsy et al. (2016) alimentaron dos productos comerciales de enzimas en una dieta fibrosa completa en búfalos con producción de leche y reportaron una mejor digestibilidad de nutrientes, producción y composición de leche y eficiencia de la leche.

5. Sustitución del grano de maíz de dieta con cascarilla de soya

La producción intensiva de rumiantes requiere dietas ricas en concentrados para asegurar una mayor productividad y un rápido crecimiento. Los cereales, como la cebada, el trigo, sorgo y el maíz, se usan comúnmente para la producción intensiva de rumiantes(Gonzalez Garcia et al. 2016). Sin embargo, debido a que los precios de los granos están aumentando en todo el mundo, los productores buscan alternativas que puedan reemplazar parcialmente los costosos granos. Además de ser exorbitantes, los granos se utilizan con cierta precaución en las dietas de rumiantes, ya que pueden predisponer a los animales a una acidosis ruminal y una laminitis por una disminución del pH a nivel ruminal debido a su alta solubilización de los almidones a nivel ruminal (Owens et al., 1998). La cascarilla de soya se ha incluido con éxito como un sustituto económico en las dietas de los rumiantes (Costa et al., 2009). Debido a la baja densidad energética y la naturaleza fibrosa de la mayoría de los ingredientes no convencionales que son principalmente subproductos agroindustriales, su inclusión en dietas de ganado requiere la suplementación con aditivos energéticos. Aunque la cascarilla de soya se encuentra disponible y a un costo accesible, además de ser una fuente de fibra; Siendo su composición química (g / kg de materia seca) de proteína cruda, 116; Fibra en detergente neutro, 722 y fibra detergente ácida, 411 (Costa et al., 2009). El reemplazo de alimentos energéticos como el grano de maíz con cáscara de soya requerirá de alguna forma la suplementación con sales de ácidos, que se utilizan como aditivos energéticos en dietas de rumiantes. Como ingrediente se han utilizado fuentes de energía no convencionales tales como glicerol, propilenglicol, propionato de calcio (Ferraro et al., 2009) o propionato de sodio (Bas et al., 2000) o malato disódico o malato de calcio en raciones para rumiantes.

6. Harina de Nopal como aditivo

Los subproductos agrícolas producidos durante las diferentes prácticas agrícolas son ingredientes ricos en nutrientes con un gran potencial para ser utilizados para la nutrición de los rumiantes (Ahmed et al., 2015; Elghandour et al., 2016); Sin embargo, en muchos países en desarrollo, los subproductos agrícolas siempre causan problemas ambientales como resultado de la quema en el campo. La alimentación de piensos no convencionales, que no tienen valor alimenticio para los seres humanos, puede ser una de las soluciones. Sin embargo, aparte de ser barato, estos piensos no convencionales deben estar disponibles durante todo el año, particularmente durante la estación seca crítica, para garantizar un suministro continuo sostenible de alimento; Pero pueden afectar las

producciones de CH₄ y CO₂ del ganado ya que las emisiones de CO₂ y CH₄ de los rumiantes dependen de la degradabilidad de la dieta y la composición química (Elghandour et al., 2016) entre otros.

Los cactus (*Opuntia* spp.) han sido reconocidos como uno de los alimentos alternativos de bajo costo más utilizados en las regiones semiáridas del mundo debido a su adaptación a diferentes condiciones ambientales (Stintzing y Carle, 2005). Se han convertido en una importante fuente de forraje verde que garantiza la supervivencia de varias especies de ganado en las regiones semiáridas y áridas del mundo con períodos frecuentes de sequías prolongadas (Costa et al., 2009). La composición química (g/kg de materia seca) de las especies de cactus sin espinas, tal como se ha informado (Costa et al., 2009) es de 79 g materia seca, 48 g proteína cruda, 10,6 g de extracto etéreo, 108,7 g cenizas, 290 g de fibra detergente neutro y 257 g de fibra detergente ácido. Los cactus son ricos en carbohidratos solubles (617 g/kg de materia seca), es una excelente fuente de energía con alto coeficiente de digestibilidad de la materia seca (Wanderley et al., 2002).

CONCLUSIONES

La inclusión de aditivos y compuestos secundarios (taninos y polifenoles) en la dieta de los animales son eficaces en la mitigación de los gases con efecto invernadero, especialmente la emisión de CH₄ y CO₂ en rumiantes. Así mismo el uso de alimentos nativos de la región (Cactus, Moringa, leguminosas arbóreas, etc.) maximiza su utilización con la disminución de costos y hace mas sustentable la dieta.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abubakr, A.R., Alimon, A.R., Yaakub, H., Abdullah, N., Ivan, M., 2013. Digestibility, rumen protozoa, and ruminal fermentation in goats receiving dietary palm oil by-products. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences, 12(2), 147-154.

Aderinboye, R.Y., Akinlolu, A.O., Adeleke, M.A., Najeem, G.O., Ojo, V.O.A., Isah, O.A., Babayemi, O.J., 2016. In vitro gas production and dry matter degradation of four browse leaves using cattle, sheep and goat inocula. Slovak Journal of Animal Science, 49(1), 32-43.

Ahmed, M.H., Elghandour, M.M.Y., Salem, A.Z.M., Zeweil, H.S., Kholif, A.E., Klieve, A.V., Abdelrassol, A.M.A., 2015. Influence of *Trichoderma reesei* or *Saccharomyces cerevisiae*

on performance, ruminal fermentation, carcass characteristics and blood biochemistry of lambs fed *Atriplex nummularia* and *Acacia saligna* mixture. Livest. Sci. 180, 90-97.

Alsersy, H., Salem, A.Z.M., Borhami, B.E., Olivares, J., Gado, H.M., Mariezcurrena, M.D., Yacuot, M.H., Kholif, A.E., El-Adawy, M., Hernandez, S.R., 2015. Effect of Mediterranean saltbush (*Atriplex halimus*) ensilaging with two developed enzyme cocktails on feed intake, nutrient digestibility and ruminal fermentation in sheep. Anim. Sci. J. 86, 51–58.

Beauchemin, K.A., Colombatto, D., Morgavi, D.P., Yang, W.Z., 2003. Use of exogenous fibrolytic enzymes to improve feed utilization by ruminants. J. Anim. Sci. 81, E37-E47.

Beauchemin, K.A., McAllister, T.A., McGinn, S.M., 2009. Dietary mitigation of enteric methane from cattle. CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources. vol. 4, (no. 035). CABI, Wallingford, UK, pp. 1–18.

Becker, K., 1995. Studies on utilization of *Moringa oleifera* leaves as animal feed. Institute for Animal Production in the Tropics and Subtropics, vol. 480. University of Hohenheim, Stuttgart, p. 15.

Blümmel, M., Karsli, A., Russell, J.R., 2003. Influence of diet on growth yields of rumen micro-organisms *in vitro* and *in vivo*: influence on growth yield of variable carbon fluxes to fermentation products. Br. J. Nutr. 90, 625–634.

Boeckaert, C., Vlaeminck, B., Mestdagh, J., Fievez, V., 2007. In vitro examination of DHA-edible micro algae: 1. Effect on rumen lipolysis and biohydrogenation of linoleic and linolenic acids. Anim. Feed Sci. Technol. 136(1), 63-79.

Burnett, V.F., Jacobs, J.L., Norng, S., Ponnampalam, E.N., 2017. Feed intake, liveweight gain and carcass traits of lambs offered pelleted annual pasture hay supplemented with flaxseed (*Linum usitatissimum*) flakes or algae (*Schizochytrium* sp.). Anim. Prod. Sci. <http://dx.doi.org/10.1071/AN15230>

Calabrò, S., Guglielmelli, A., Iannaccone, F., Danieli, P.P., Tudisco, R., Ruggiero, C., Piccolo, G., Cutrignelli, M.I., Infascelli, F., 2011. Fermentation kinetics of Sainfoin hay with and without PEG. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition, 96, 842–849.

Cedillo, J., Vázquez-Armijo, J.F., González-Reyna, A., Salem, A.Z.M., Kholif, A.E., Hernández-Meléndez, J., Martínez-González, J.C., de Oca Jiménez, R.M., Rivero, N., López, D., 2014. Effects of different doses of *Salix babylonica* extract on growth performance and diet *in vitro* gas production in Pelibuey growing lambs. Ital. J. Anim. Sci. 13, 609-613.

Chesson, A., 1984. Microbiology of the rumen in relation to the chemical or biological treatment of crops and by-products. In: Proceedings of Second Seminar on the Upgrading of Crops and Byproducts: Improvements in the Nutritive Value of Crops and By-products by Chemical or Biological Treatments. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, London, UK. pp. 1– 10

Costa, R.G., Filho, E.M.B., de Medeiros, A.N., Givisiez, P.E.N., Queirogac, R.C.R.E., Silva Melo, A.A.S., 2009. Effects of increasing levels of cactus pear (*Opuntia ficus-indica* L. Miller) in the diet of dairy goats and its contribution as a source of water. Small Rumin. Res. 82, 62–65.

Dick, M., Abreu Da Silva, M., Dewes, H., 2015. Mitigation of environmental impacts of beef cattle production in southern Brazil – Evaluation using farm-based life cycle assessment. J. Clean. Prod. 87, 58-67.

Eckard, R.J., Grainger, C. and De Klein, C.A.M. 2010. Options for the abatement of methane and nitrous oxide from ruminant production. Livest. Sci. 130, 47-56.

Elghandour, M.M., Chagoyán, J.C.V., Salem, A.Z., Kholif, A.E., Castañeda, J.S.M., Camacho, L.M., Cerrillo-Soto, M.A., 2014. Effects of *Saccharomyces cerevisiae* at direct addition or pre-incubation on in vitro gas production kinetics and degradability of four fibrous feeds. Ital. J. Anim. Sci. 13(2), 295-301.

Elghandour, M.M.Y., Kholif, A.E., Marquez-Molina, O., Vazquez-Armijo, J.F., Puniya, A.K., Salem, A.Z.M., 2015. Influence of individual or mixed cellulase and xylanase mixture on *in vitro* rumen gas production kinetics of total mixed rations with different maize silage and concentrate ratios. Turk. J. Vet. Anim. Sci. 39(4), 435-442.

Elghandour, M.M.Y., Kholif, A.E., Salem, A.Z.M., de Oca, R.M., Barbabosa, A., Mariezcurrena, M. Olafadehan, O.A., 2016. Addressing sustainable ruminal methane and carbon dioxide emissions of soybean hulls by organic acid salts. J. Clean. Prod. 135, 194–200.

Elghandour, M.M.Y., Vázquez, J.C., Salem, A.Z.M., Kholif, A.E., Cipriano, M.M., Camacho, L.M., Márquez, O., 2017. *In vitro* gas and methane production of two mixed rations influenced by three different cultures of *Saccharomyces cerevisiae*. J. Appl. Anim. Res. 45, 389-395.

Ferraro, S., Mendoza, M., Miranda, L., Gutierrez, C.G., 2009. *In vitro* gas production and ruminal fermentation of glycerol, propylene glycol and molasses. Anim. Feed Sci. Technol. 154, 112–118.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), 2006. Livestock a Major Threat to the Environment: Remedies Urgently Needed. [accessed 15 August 2016]. Available:<http://www.fao.org/newsroom/en/news/2006/1000448/index.html>

FAO. 2016. Climate is changing. Food and agriculture must change too, Rome, Italy.

Faverial, J., Sierra, J., 2014. Home composting of household biodegradable wastes under the tropical conditions of Guadeloupe (French Antilles). J. Clean. Prod. 83, 238-244.

Franco, 2016. Identificación de maíces sobresalientes por su potencial y calidad forrajera en el valle de Toluca-Atlacomulco, Estado de México. Tesis de Doctorado. Doctorado en Ciencias Agropecuarias y Recursos naturales(PCARN-UAEMex).

Gerber, P.J., Steinfeld, H., Henderson, B., Mottet, A., Opio, C., Dijkman, J., Falcucci, A., Tempio, G., 2013. Tackling climate change through livestock – A global assessment of emissions and mitigation opportunities. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome.

González García UA, Corona Gochi L, Castrejon-Pineda F, Balcells Teres J, Castelan Ortega and Gonzalez-Ronquillo M. 2016. A comparison of processed sorghum grain using different digestion techniques. Journal Of Applied Animal Research, 2016. 1-9.

Gomaa RMM, M González-Ronquillo, J Arredondo-Ramos, L T.Molina, OA Castelán-Ortega. 2017. Effect of tanniferous plants on in vitro digestion and methane production. Efecto de plantas taníferas en la digestión y producción de metano in vitro 2017. Ecosist. Recur. Agropec. 4(11):371-380,2017

Gopalakrishnan, L., Doriya, K., Kumar, D.S., 2016. *Moringa oleifera*: A review on nutritive importance and its medicinal application. [Food Science and Human Wellness](#) 5, 49-56.

Hassan, A.A., Salem, A.Z.M., Kholif, A.E., Samir, M., Yacout, M.H., Hafsa, S.A., Mendoza, G.D., Elghandour, M.M.Y., Ayala, M., Lopez, S., 2016. Performance of crossbred dairy Friesian calves fed two levels of *Saccharomyces cerevisiae*: intake, digestion, ruminal fermentation, blood parameters and faecal pathogenic bacteria. J. Agr. Sci. 154, 1488-1498.

Hernandez, A., Kholif, A.E., Lugo-Coyote, R., Elghandour, M.M.Y., Cipriano, M., Rodríguez, G.B., Odongo, N.E., Salem, A.Z.M., 2017. The effect of garlic oil, xylanase enzyme and yeast on biogas and carbon dioxide production from 60-d old Holstein dairy calves fed a high concentrate diet. J. Clean. Prod. 142, 2384–2392.

Hristov, A.N., Oh, J., Firkins, J.L., Dijkstra, J., Kebreab, E., Waghorn, G., Makkar, H.P., Adesogan, A.T., Yang, W., Lee, C., Gerber, P.J., Henderson, B., Tricarico, J.M., 2013. Special topics: mitigation of methane and nitrous oxide emissions from animal operations: I. A review of enteric methane mitigation options. *J. Anim. Sci.* 91, 5045–5069.

Hristov, A. N., Oh, J., Giallongo, F., Frederick, T. W., Harper, M. T., Weeks, H. L., Branco, A.F., Moate, P.J., Deighton, M. H., Williams, S.R.O., Kindermann, M., Duval, S., 2015. An inhibitor persistently decreased enteric methane emission from dairy cows with no negative effect on milk production. *Proc. Nat. Acad. Sci. USA.* 112(34), 10663–10668.

Hook, S.E., Wright, A.D.G., McBride, B.W., 2010. Methanogens: methane producers of the rumen and mitigation strategies. *Archaea*, 2010. Article ID 945785, 11 pages; doi:10.1155/2010/945785.

IPCC, 2007: Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, Pachauri, R.K and Reisinger, A. (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 104 pp.

Jalilvand, G., Odongo, N.E., López, S., Naserian, A., Valizadeh, R., Eftekhari Shahrodi, F., Kebreab, E. and France, J. 2008. Effects of different levels of an enzyme mixture on *in vitro* gas production parameters of contrasting forages. *Animal Feed Science and Technology*, 146: 289-301.

Johnson, K.A. and Johnson, D.E., 1995. Methane emissions from cattle. *J. Anim. Sci.*, 73, 2483-2492.

Khattab, H.M., Gado, H.M., Kholif, A.E., Mansour, A.M., Kholif, A.M., 2011. The potential of feeding goats sun dried rumen contents with or without bacterial inoculums as replacement for berseem clover and the effects on milk production and animal health. *Int. J. Dairy Sci.* 6, 267-277.

Khattab, H.M., Gado, H.M., Salem, A.Z.M., Camacho, L.M., El-Sayed, M.M., Kholif, A.M., ElShewy, A.A., Kholif, A.E., 2013. Chemical composition and *in vitro* digestibility of *Pleurotus ostreatus* spent rice straw. *Anim. Nutr. Feed Technol.* 13, 507-516.

Lewis, G.E., Sanchez, W.K., Hunt, C.W., Guy, M.A., Prichard, G.T., Swanson, B.I. and Treacher, R.J. 1999. Effect of direct fed fibrolytic enzymes on the lactational performance of the dairy cow. *Journal of Dairy Science*, 82: 611-617.

Makkar, H.P.S., 2016. Smart livestock feeding strategies for harvesting triple gain – the desired outcomes in planet, people and profit dimensions: a developing country perspective. *Anim. Prod. Sci.* 56, 519–534.

Mc Geough, E.J., Little, S.M., Janzen, H.H., McAllister, T.A., McGinn, S.M., Beauchemin, K.A., 2012. Life-cycle assessment of greenhouse gas emissions from dairy production in Eastern Canada: A case study. *J. Dairy Sci.* 95, 5164-5175.

Moate, P.J., Williams, S.R.O., Hannah, M.C., Eckard, R.J., Auldist, M.J., Ribaux, B.E., Jacobs, J.L., Wales, W.J., 2013. Effects of feeding algal meal high in docosahexaenoic acid on feed intake, milk production, and methane emissions in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 96, 3177-3188.

Morsy, T.A., Kholif, S.M., Kholif, A.E., Matloup, O.H., Salem, A.Z.M., Elella, A.A., 2015. Influence of sunflower whole seeds or oil on ruminal fermentation, milk production, composition, and fatty acid profile in lactating goats. *Asian Australas. J. Anim. Sci.* 28, 1116-1122.

Morsy, T.A., Kholif, A.E., Kholif, S.M., Kholif, A.M., Sun, X., Salem, A.Z.M., 2016. Effects of two enzyme feed additives on digestion and milk production in lactating Egyptian buffaloes. *Ann. Anim. Sci.* 16(1), 209-222.

Mungóí, M., Flores, C., Casals, R., Caja, G., 2012. Effect of malate and starch source on digestibility and nutrient balance of growing-fattening lambs. *Anim. Feed Sci. Technol.* 174, 154–162.

Nouman, W., Anwar, F., Gull, T., Newton, A., Rosa, E., Domínguez-Perles, R., 2016. Profiling of polyphenolics, nutrients and antioxidant potential of germplasm's leaves from seven cultivars of *Moringa oleifera* Lam. *Industr. Crops Prod.* 83, 166-176.

O'Brien, D., Shalloo, L., Patton, J., Buckley, F., Grainger, C. and Wallace, M., 2012. A life cycle assessment of seasonal grass-based and confinement dairy farms. *Agric. Sys.* 107, 33-46.

Ortiz-Rodea A., A. Noriega-Carrillo, A.Z.M. Salem, O. Castelan Ortega and M. González-Ronquillo. 2013, The Use of Exogenous Enzymes in Dairy Cattle on Milk Production and their Chemical Composition: A Meta-Analysis . *Animal Nutrition And Feed Technology*, 13 399-409. Print ISSN: 0972-2963. Online ISSN: 0974-181X

Ruiz PJA, R.A. Ortiz, G. Peñuelas-Rivas, O.A. Morales, M.G. Gutierrez, P.N. Pescador and M. González-Ronquillo. 2013a, Effect of the Addition of Enzymes on Chemical Composition and In Vitro Gas Production of Hybrid Maize Varieties Preserved by Silage in the Highlands.

Animal Nutrition And Feed Technology, 13 575-582 .Print ISSN: 0972-2963. Online ISSN: 0974-181X

Ruiz PJA, A.J. Moreno, A.Z.M. Salem, O. Castelan Ortega and M. Gonzalez-Ronquillo. 2013b. Chemical Composition and In Vitro Gas Production from Different Varieties of Native and Hybrid Maize Silage with the Addition of Acetic Acid or Enzymes. Animal Nutrition And Feed Technology, 13 593-599. Print ISSN: 0972-2963. Online ISSN: 0974-181X

Rodriguez, M.P., Mariezcurrena, M.D., Mariezcurrena, M.A., Lagunas, B.C., Elghandour, M.M.Y, Kholif, A.M., Kholif, A.E., Almaráz, E.M., Salem, A.Z.M., 2015. Influence of live cells or cells extract of *Saccharomyces cerevisiae* on in vitro gas production of a total mixed ration. Ital. J. Anim. Sci. 14(4), 590-595.

Romero-Bernal J, E. Morales Almaraz, OA Castelán Ortega, N Pescador Salas, M González-Ronquillo. 2017. Chemical composition and fatty acid profile in meat from grazing lamb diets supplemented with ryegrass hay, fishmeal and soya bean meal as PUFA sources. Ciência Rural, Santa Maria, v.47: 04, e20160533, 2017

Safwat, M.A., Sarmiento-Franco, L., Santos-Ricalde, R.H., 2014. Rabbit production using local resources as feedstuffs in the tropics. Trop. Subtrop. Agroecosyst. 17, 161-171.

Salem, A.Z.M., Elghandour, M.M.Y., Kholif, A.E., Odongo, N.E., Jiménez, F.J., Montes-de-Oca, R., Domínguez, I.A., Dibarrat, J.A., 2015. The effect of feeding horses a high fiber diet with or without exogenous fibrolytic enzymes supplementation on nutrient digestion, blood chemistry, fecal coliform count, and *in vitro* fecal fermentation. J. Equine Vet. Sci. 35, 735-743.

Salem, A.Z.M., Elghandour, M.M.Y., Kholif, A.E., Barbabosa, A., Camacho, L.M., Odongo, N.E., 2016. The effect of feeding horses a high fiber diet with or without live yeast cultures supplementation on feed intake, nutrient digestion, blood chemistry, fecal coliform count and *in vitro* fecal fermentation. J. Equine Vet. Sci. 39,12-19.

Schettino B., S. Vega, R. Gutiérrez, A. Escobar, J. Romero, E. Domínguez, and M. González-Ronquillo. 2017. Fatty acids profile in goat milk in diets supplemented with chia seed (*Salvia hispanica* L.). Journal of Dairy Science. In press

Slade, E.M., Riutta, T., Roslin, T., Tuomisto, H.L., 2016. The role of dung beetles in reducing greenhouse gas emissions from cattle farming. Scientific report, 6, 18140. DOI: 10.1038/srep18140.

Soltanali, H., Emadi, B., Rohani, A., Khojastehpour, M. and Nikkhah, A., 2015. Life cycle assessment modeling of milk production in Iran. *Inform. Process. Agric.* 2, 101-108.

Stintzing, G., Carle, R., 2005. Cactus stems (*Opuntia* spp.): a Review on their chemistry and uses. *Molec. Nutr. Food Res.* 49, 175.

Togtokhbayar, N., Cerrillo, S.M.A., Jigjidpurev, S., Shinekhuu, J., Urantulkuur, D., Nergui, D., Elghandour, M.M.Y., Odongo, N.E., Kholif, A.E., 2015. Effect of exogenous xylanase on rumen *in vitro* gas production and degradability of wheat straw. *Anim. Sci. J.* 86, 765 – 771.

Valdes, K.I., Salem, A.Z.M., López, S., Alonso, M.U., Rivero, N., Elghandour, M.M.Y., Domínguez, I.A., Ronquillo, M.G., Kholif, A.E., 2015. Influence of exogenous enzymes in presence of *Salix babylonica* extract on digestibility, microbial protein synthesis and performance of lambs fed maize silage. *J. Agr. Sci.* 153, 732-742.

Velázquez-Garduño, G., Mariezcurrena-Berasain, M.A., Salem, A.Z.M., Gutiérrez-Ibañez, A.T., Bernal-Martínez, L.R., Pinzón-Martínez, D.L., Kholif, A.E., Odongo, N.E., Mariezcurrena-Berasain, M.D., 2015. Effect of organic selenium-enriched yeast supplementation in finishing sheep diet on carcasses microbiological contamination and meat physical characteristics. *Ital. J. Anim. Sci.* 14, 443-447.

Vallejo, L.H., Salem, A.Z.M., Kholif, A.E., Elghangour, M.M.Y., Fajardo, R.C., Rivero, N., Bastida, A.Z., Mariezcurrena, M.D., 2016. Influence of cellulase or xylanase on the *in vitro* rumen gas production and fermentation of corn stover. *Indian J. Anim. Sci.* 86(1), 70-74.

Wanderley, W.L., Ferreira, M.A., Andrade, D.K.B., Vêras, A.S.C., Farias, I., Lima, L.E., Dias, A.M.A., 2002. Replacement of forage cactus (*Opuntia ficus indica* Mill) for sorghum silage (*Sorghum bicolor* (L.) oencl) in the dairy cows feeding. *Rev. Bras. Zootec.* 31, 273–281.

Wiedemann, S. G., McGahan, E. J., Murphy, C. M., 2017. Resource use and environmental impacts from Australian chicken meat production. *J. Clean. Prod.* 140, 675-684.

EVALUACIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE LECHE EN PEQUEÑA ESCALA

F. Prospero-Bernal, C.M. Arriaga-Jordán

Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales de la Universidad Autónoma del Estado de México
(ICAR-UAEMéx)

cmarriagaj@uaemex.mx

RESUMEN

El objetivo de estos estudios fue evaluar el nivel de sostenibilidad de los Sistemas de Producción de Leche en Pequeña Escala (SPLPE) en el altiplano central de México e identificar el efecto que tienen las innovaciones de las estrategias de alimentación en el nivel de sostenibilidad. La evaluación se realizó con la metodología IDEA y un enfoque de investigación participativa rural, en unidades de producción (UP). Se obtuvieron niveles de sostenibilidad de 45 y 48 de 100 posibles en las épocas de lluvias y estiaje respectivamente, identificando la escala económica como el factor limitante por la alta dependencia de insumos externos y la baja eficiencia en los procesos de producción. Se implementaron dos innovaciones (ensilado de maíz y pastoreo intensivo de praderas inducidas) dando como resultado un aumento en la eficiencia económica de los SPLPE, teniendo mayores puntajes en las escalas de sustentabilidad en los sistemas que implementaron alguna innovación en las estrategias de alimentación, las UP que implementaron el pastoreo intensivo obtuvieron un mayor puntaje siendo 13 y 16% más respecto al sistema convencional. En conclusión las innovaciones en las estrategias de alimentación son un elemento potenciador de la eficiencia económica, logrando aumentar el nivel de sostenibilidad de los SPLPE en el altiplano central de México.

Palabras clave: Sostenibilidad, SPLPE, Desarrollo rural, Eficiencia económica.

INTRODUCCIÓN

La producción de alimento actualmente está siendo sometida a un cambio a nivel internacional, donde la Organización Mundial para la Agricultura y Alimentación (FAO, 2014) y el Panel Intergubernamental de expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, 2014), vislumbran un panorama complicado que está dado por el aumento de la población mundial, lo que ocasiona una mayor demanda de alimentos, además, el desarrollo de las economías emergentes, que tienen la tendencia

a incrementar la demanda de proteína de origen animal (Flysjö, 2012), someterá a los sistemas de producción el reto de producir mayor cantidad de alimentos, en una superficie menor, con las premisa de conservar la base de los recursos naturales, insertando a todos los sistemas de producción a nivel internacional en la temática y practica de desarrollo sostenible .

En octubre de 1984 se realizó la primera reunión de la Comisión Mundial sobre Medioambiente y Desarrollo (World Commission on Enviroment and Development) presidida por el primera ministra Noruega Gro Harlem Brundtland, atendiendo un llamado de la asamblea general de las Naciones Unidas, con el fin de establecer una agenda para el cambio climático global. De esta asamblea en 1987 se publica el informe Brundtland bajo el siguiente enfoque: **“Es posible para la humanidad construir un futuro más próspero, más justo y más seguro”**, planteando la posibilidad de tener un crecimiento económico basado en políticas de sostenibilidad, que pretenden mantener y de ser posible incentivar la expansión de la base de los recursos naturales. Dado que la esperanza de un futuro mejor está condicionada, y depende de acciones políticas decididas que incentiven el adecuado uso de los recursos naturales para garantizar el progreso humano sostenible (WCED, 1987).

El concepto de desarrollo sostenible hizo su aparición oficial a raíz del informe Brundtland (1987), el cual se definió en ese momento como **“el desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer sus propias necesidades”**. Así a partir de los años noventa el desarrollo sostenible se ha convertido en el paradigma dominante que ha guiado los procesos de desarrollo (Baker, 1997) al tratarse de un concepto holístico (van Passel et al., 2007). A nivel internacional se han desarrollado políticas públicas que tienen como eje vector, el desarrollo sostenible, tal es el caso de la Política Agrícola Común de la Unión europea, la Ley de Desarrollo Rural en Estados Unidos, y en México la Ley de Desarrollo Rural Sustentable, que se enmarcan como un parteaguas que incentiva y favorece la producción sostenible de los diversos sistemas de producción que constituyen las diversas cadenas productivas de los diferentes sistemas producto en el país y que demuestra la importancia que toma como medida de permitir la resiliencia de los sistemas de producción con el objetivo de lograr un desarrollo sostenible (Masera et al., 1999).

El desarrollo sostenible en el sector agropecuario se define como un sistema ecológicamente sano, socialmente justo y humano, y económicamente viable (Vilain et al. 2008), anotando su desarrollo en un enfoque socialmente responsable, está dado por la elección del productor, por las actividades

y métodos de producción, el desarrollo y calidad de vida de los grupos de interés anclados en su territorio (Zahm et al. 2015). Su desarrollo se basa en cinco propiedades; 1) capacidad productiva y reproductiva de los bienes y servicios, 2) robustez, 3) raíces locales, 4) autonomía y 5) responsabilidad global (Zahm et al. 2015) en un sentido holístico. La sostenibilidad de los sistemas de producción agropecuarios se basa en tres funciones principales, las cuales son; la producción de bienes y servicios, el cuidado y gestión del medioambiente y tomar un papel importante en el medio social de la vida de los productores (Francis et al., 1990), que les permita acceder a la calidad de vida deseable por cada individuo.

México en el 2014 ocupó el lugar número 14 dentro de los países que más leche produce (FAOSTAT, 2017), además, aumentó el hato nacional 1.43 veces respecto a 1961, sin embargo, la producción aumentó 3.78 veces más respecto a lo que se producía en 1961, lo que indica un rendimiento de 4580 litros/vaca/lactación, que significa un aumento de 97% en el rendimiento en leche por vaca respecto a 1961, el Estado de México ubicado en el altiplano central es el estado más poblado de México, alberga el 13.5% de la población nacional y ocupa solo el 1.14% de la superficie del país (INEGI, 2007), lo que es contrastante al ser el séptimo productor de leche a nivel nacional, y en su mayoría las unidades de producción son sistemas en pequeña escala.

En México el 78% de las unidades especializadas en producción de leche son sistemas en pequeña escala (IFNC, 2007), y aportan el 37% de la producción de leche a nivel nacional (Hemme et al., 2007), tienen como características principales; hatos entre 3 y 35 vacas en ordeña más sus reemplazos (Castelán-Ortega et al., 2008; Fadul-Pacheco et al., 2013; García-Muñoz et al., 2007 y Wiggins et al., 2001), la mano de obra es predominantemente familiar, aunque no se descarta que en algunas épocas del año se contrate mano de obra externa, esto se da principalmente en la época de cosechas y siembra de cultivos, sus principales ingresos se obtienen de la venta de leche y están integrados al mercado como proveedores, cuentan con pequeñas superficies de tierra, la cual es utilizada principalmente para la producción de forraje para el ganado, lo que integra un sistema cultivo-animal. Los SPLPE son considerados como una opción para el desarrollo rural sostenible por las características y capacidad de adaptación a condiciones adversas (Arriaga-Jordán et al., 1997; FAO, 2010) y el manejo de los recursos naturales es una fortaleza para estos sistemas.

El objetivo del presente trabajo es mostrar las experiencias en la evaluación de la sostenibilidad de sistemas de producción de leche en el noroeste del Estado de México, un antes y después de la

implementación de innovaciones en las estrategias de alimentación y optimización en el uso de forrajes de calidad.

Evaluación de la sostenibilidad en sistemas agropecuarios

En recientes años se han generado herramientas metodológicas que permiten evaluar el nivel de sostenibilidad de las UP agropecuarias. En la unión europea Purvis et al. (2009) identificó 244 herramientas que miden el nivel de sostenibilidad en 25 países, donde se toma como comparación el nivel de estructura de la metodología, la escala de implementación geográfica (local, regional, universal), enfoque espacial de la implementación (horizontal o áreas asignadas), escala requerida de implementación (toda la finca o partes de la finca), tipo de sistemas de producción a las que van dirigidas (intensiva, extensiva, pequeña escala, fincas especiales, todo tipo de fincas) y objetivos medioambientales, este estudio demuestra la variedad de metodologías que se han generado para evaluar sostenibilidad, sin embargo según Purvis et al. (2009) existe la necesidad de homologar los criterios para evaluar sostenibilidad dado que se puede permitir una mejor alineación a las políticas públicas con la finalidad de que el camino hacia la sostenibilidad en los distintos sistemas de producción sea exitoso.

En estudios realizados por de Olde et al. (2016) y Schader et al. (2014) comparando metodologías para la evaluación de la sostenibilidad, determinaron parámetros similares a los de Purvis et al. (2010), sin embargo estas metodologías tenían que tener una injerencia directa en mínimo un pilar de la sostenibilidad, los criterios que siguen son; 1) propósito principal (investigación, monitoreo, políticas públicas, certificación, asesoría en finca, autoevaluación, información al consumidor planificación del paisaje), 2) Niveles de evaluación (sector agrícola, país/región, finca/campo/empresa, producto/cadena de suministro, normas), 3) Ámbito geográfico (global/país-región), 4) Alcance del sector (ambiental, social, económica).

Del análisis realizado por de Olde et al. (2016) se identificaron cuatro herramientas de 48 evaluadas (ver cuadro 3), que cumplieron con las condiciones, sin embargo se le agrega una metodología de origen latinoamericano que cumple con los requisitos establecidos (Masera et al., 1999) como se muestra en la tabla 1.

Actualmente se ha evaluado la sostenibilidad en México, las metodologías que se han empleado, basan la evaluación en indicadores como son el Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo de Recursos Naturales Incorporando Indicadores de Sostenibilidad (MESMIS) (Maser et al., 1999), y el método de Indicadores de Sostenibilidad de Explotaciones Agropecuarias (IDEA: Indicateurs de Durabilité des Explotations Agricoles) (Zahm et al., 2006), se basan en la construcción de indicadores adaptando a las circunstancias del sistema evaluado y han referido esfuerzos para iniciar la evaluación de la sostenibilidad de los sistemas de producción de leche en pequeña escala. Tal es el caso de Brunett et al. (2005) con el MESMIS y de Fadul-Pacheco et al. (2013) con la metodología IDEA.

La producción de leche es un proceso multifuncional que genera leche y carne, a partir de algunos alimentos que no son digeribles por el humano, y la función primaria del sector lechero es la de proveer de proteína de alto valor nutritivo a los humanos (FAO, 2010, ISO, 2006), en 2014 la FAO publicó que los sistemas de producción de leche a nivel internacional aportaron 656 millones de toneladas de leche, además en el 2007 aportaron el 13% de la producción de carne a nivel internacional (Gerber et al., 2010). El 28% de la proteína que se consume a nivel global proviene de los sistemas ganaderos (FAO, 2010). Sin embargo la lechería actualmente se enfrenta a un dilema el cual es producir una mayor cantidad de leche, reduciendo el impacto ambiental.

Tabla 1. Características de las metodologías por los criterios según de Olde *et al.* (2016)

Herramienta	Nombre Completo	Origen	Numero de evaluaciones	Última versión	Publicaciones
IDEA	Indicadores de Sostenibilidad de Explotaciones Agropecuarias	Francia (Varias instituciones)	+ 1500	V 3.0 (Vilain <i>et al.</i> , 2008)	Fadul-Pacheco <i>et al.</i> , 2013; M'Hamdi <i>et al.</i> , 2009; Zahm <i>et al.</i> , 2008.
RISE	Evaluación de la sostenibilidad por tras respuesta inducida	Suiza (Universidad de Berna)	+ 3300	V 3.0 (Grenz <i>et al.</i> , 2016)	Häni <i>et al.</i> , 2003
SAFA	Evaluación de la sostenibilidad de sistemas agropecuarios y de alimentos	FAO (múltiples países e instituciones)	+ 8600	V 3.0 (FAO, 2014)	FAO, 2014
GP	Evaluación de bienes públicos	Reino Unido (Centro de Investigación Orgánica)	+ 240	V 1.0 (Gerrard <i>et al.</i> , 2012)	Gerrard <i>et al.</i> , 2012; Marchand <i>et al.</i> , 2014; Smith <i>et al.</i> , 2011
MESMIS	Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo de Recursos Naturales Incorporando Indicadores de Sostenibilidad	México (Universidad Nacional Autónoma de México)	+ 40	V 1.0 (Masera <i>et al.</i> , 1999)	Astier and Hollands, 2005.

MATERIAL Y MÉTODOS

Zona de estudio

El Estado de México ubicado en el altiplano central es el estado más poblado de México, alberga el 13.5% de la población nacional y ocupa solo el 1.14% de la superficie del país (INEGI 2007), lo que es contrastante al ser el séptimo productor de leche a nivel nacional, el municipio de Aculco produjo 51,100 litros por día, lo que lo ubica como el tercer municipio en importancia en producción en el Estado de México, el cual está ubicado entre las coordenadas 20° 05' 58'' N y 99° 49' 37'' O, a una altura de 2440 msnm, con clima templado sub-húmedo, precipitación media anual de 800 mm, temperatura media anual de 13.2°C, con periodo de lluvias de mayo a agosto y heladas en invierno. La producción lechera es la principal actividad agropecuaria en la región según el INEGI (2007) y es un elemento clave para superar los índices de pobreza y generar empleos (Espinoza-Ortega *et al.* 2007), de allí la importancia de realizar estudios en este sistema de producción. Los sistemas de producción de leche en la región son principalmente unidades en

pequeña escala que cuentan con hatos entre 3 a 35, superficies de tierra de menores a 10 ha, se ordeña dos veces al día y como principal fortaleza el uso de mano de obra familiar (Anaya-Ortega et al. 2009; Arriaga-Jordán et al. 2002; Espinoza-Ortega et al. 2007; Posadas-Domínguez et al. 2014).

Evaluación de la sostenibilidad

La evaluación de la sostenibilidad se realizó con la herramienta metodológica “IDEA versión 3” (*Indicateurs de Durabilité des Exploitations Agricoles- Indicadores de Sostenibilidad en Explotaciones Agropecuarias*) (), el cuál fue desarrollado en Francia, y desde 1996 ha sido utilizado en más de 1500 fincas agropecuarias (Vilain et al., 2008; Zahm et al., 2008; M´Hamdi et al., 2009, 2017). Este método está basado en 17 objetivos agrupados para formar 3 escalas de sostenibilidad (Agro-ecológica, socio-territorial y económica), en donde cada objetivo puede contribuir a la mejora de varios componentes de sostenibilidad, cada escala se divide en tres (Agro-ecológica y Socio-territorial) o cuatro (Económica), para un total de 10 componentes, los cuales están integrados por un total de 42 indicadores. Cada escala puede tener un valor máximo de 100, el cual es representado en porcentaje, donde el máximo posible es de 100 puntos y los resultados de sostenibilidad están dados por la escala que menor puntaje obtenga.

Los resultados máximos y mínimos en los sistemas de producción agropecuarios describen que aquella UPL que tenga en alguna escala el valor de 0, no significa que es una explotación insostenible, sino que demuestra que tiene muchas áreas en las cuales actuar para dirigirse hacia la sostenibilidad, contrario a esto no existen explotaciones que tengan un nivel de excelencia en sostenibilidad dado que siempre existirán prácticas de manejo que le permitirán reducir el uso de recursos naturales y ser más eficientes. A través de la ponderación de los resultados se buscó encontrar prácticas que aporten hacia la sostenibilidad. (Zahm et al., 2006).

Se realizaron las adaptaciones sugeridas por Vilain y colaboradores (2008) a las condiciones socio-territoriales y agroecológicas de la región de estudio.

Tabla 2. Escala agroecológica, componentes, indicadores y puntajes máximos (IDEA)

ESCALA AGRO-ECOLÓGICA			
Componente	Indicadores	Valores Máximos	
Diversidad Local	Diversidad de los cultivos anuales y temporales	14	Puntaje máx. 33 unidades
	Diversidad de los cultivos perennes	14	
	Diversidad animal	14	
	Manejo y conservación del patrimonio genético	6	
Manejo de Nutrientes y Espacio	Rotación de cultivos	8	Puntaje máx. 33 unidades
	Dimensión de parcelas	6	
	Manejo de la materia orgánica	5	
	Zonas de protección ecológica	12	
	Medidas de protección al patrimonio natural	4	
	Valoración del espacio	5	
	Manejo del área de praderas	3	
Prácticas de manejo	Fertilización	8	Puntaje máx. 34 unidades
	Manejo de estiércol (efluentes)	3	
	Pesticidas	13	
	Tratamientos veterinarios	3	
	Protección del suelo	5	
	Manejo del agua	4	
	Dependencia energética	10	

Tomado de Vilain *et al.*, (2008)

La escala agro-ecológica, se basa en los principios agropecuarios de los sistemas integrados (Viuax, 1999), que debe de procurar la buena eficiencia económica al menor costo ecológico, y la mayor eficiencia en el uso de los recursos no renovables. Consta de 18 indicadores divididos en tres componentes (diversidad de la producción, organización del espacio y prácticas de manejo), con una puntuación máxima de 33 o 34 puntos dando un total de 100 puntos en esta escala (Tabla 2).

La escala socio-territorial, se basa en las características que integran la granja con el entorno y la sociedad, tomando en cuenta la calidad de vida del productor y la generación de servicios a la comunidad. Consta de 18 indicadores divididos en tres componentes (calidad de los productos, ética y desarrollo humano y empleos y servicios a la comunidad), con una puntuación máxima de 33 o 34 puntos dando un total de 100 puntos en esta escala (Tabla 3).

Tabla 3. Escala socio-territorial, componentes, indicadores y puntajes máximos (IDEA)

ESCALA SOCIO-TERRITORIAL			
Calidad de Producto y Tierra	Calidad de la leche producida	10	Puntaje máx. 33 unidades
	Mejora de construcciones y paisaje	8	
	Manejo de residuos inorgánicos	5	
	Acceso al predio	5	
	Vinculación comunitaria	6	
Empleo y Servicios	Valoración por canales cortos	7	Puntaje máx. 33 unidades
	Autonomía y valoración de recursos locales	10	
	Servicios y otras actividades	5	
	Contribución con empleos	6	
	Trabajo colectivo	5	
	Probable sostenibilidad de la granja	3	
	Contribución al equilibrio mundial de los alimentos	10	
Ética y Desarrollo Humano	Bienestar animal	3	Puntaje máx. 34 unidades
	Formación	6	
	Intensidad de trabajo	7	
	calidad de vida	6	
	Aislamiento	3	
	Calidad de instalaciones	4	

Tomado de Vilain et al., (2008)

La escala económica se basa en la generación de recursos económicos y la eficiencia. Consta de 6 indicadores divididos en cuatro componentes los cuales son: viabilidad, independencia, transmisibilidad y eficiencia, y en conjunto acumulan un máximo de 100 puntos en ésta como en las demás escalas (Tabla 4).

Tabla 4. Escala económica, componentes, indicadores y puntajes máximos (IDEA)

ESCALA ECONÓMICA			
Viabilidad	Viabilidad económica	20	30 unidades
	Taza de especialización económica	10	
Independencia	Autonomía financiera	15	25 unidades
	Sensibilidad a auxilios de gobierno	10	
Transmisibilidad	Transmisibilidad	20	20 unidades
Eficiencia	Eficiencia de los procesos productivos	25	25 unidades

Tomado de Vilain et al., (2008).

Unidades de producción e implementación de las innovaciones a las estrategias de alimentación

Posterior los trabajos realizados por Fadul-Pacheco et al. (2013) y Prospero-Bernal et al. (2013) se implementaron dos innovaciones en las UP evaluadas. El pastoreo continuo intensivo en praderas cultivadas con la siguiente formula de siembra; 25 kg de raigrás perene (*Lolium perenne* cv Bargala), 10 kg de raigrás anual (*Lolium multiflorum* cv Maximus) y 3 kg de trébol blanco (*Trifolium repens* cv Ladino), estas especies permiten el rápido establecimiento y han sido evaluadas en el altiplano central de México por Anaya-Ortega et al. (2009) y Heredia-Nava et al. (2007). Las variedades de maíz (*Zea mays*) ensaladas fueron las que ellos siembran de manera

periódica, aunque cabe resaltar que hacen un empleo constante de maíz criollo. El esquema de implementación de las innovaciones fue bajo el de investigación participativa (Conroy 2005). Posterior a implementar las estrategias se evaluó el efecto en el nivel de sostenibilidad bajo el método IDEA (anteriormente descrito), la evaluación se realizó en 24 UP distribuidas en cuatro grupos, los cuales son; 1) sistema convencional de corte y acarreo de praderas y uso de rastrojo de maíz (C), 2) Sistemas que implementaron ensilado de maíz, 3) sistemas que implementaron el pastoreo intensivo y 4) Sistemas implementaron ensilado de maíz y pastoreo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características de las UP

En la tabla 5 se muestran las características de las UP que son similares a las reportadas por val Arreola et al. (2006) con rendimientos de 14 l/día por vaca, estos resultados están dentro de los rangos que describen a los SPLPE según Espinoza-Ortega *et al.* (2007) y SAGARPA (2010).

Tabla 5. Características de las UP en 2011

Total Pasture (ha)	Pasture (ha)	Vacas		Producción l/v/día	Precio de la leche (\$)	Mano de obra familiar	Leche	
		Ordeña	Secas				Grasa (%)	Proteína (%)
6.23	1.45	9	2	13.8	4.46	2.55	3.63	3.07

Fuente: Fadul-Pacheco *et al.*, (2013) y Prospero-Bernal *et al.*, (2013)

Evaluación de la sostenibilidad en SPLPE año 2010-2011

Fadul-Pacheco *et al.* (2013) y Prospero-Bernal *et al.* (2013) reportan puntajes en el nivel de sostenibilidad de 45 y 48 de 100 posibles (Tabla 6) en el noroeste del Estado de México para las épocas de lluvia y secas respectivamente, M´Hamdi *et al.* (2009) reporta un nivel de sostenibilidad de 53 en lecheras en Tunes, en la gráfica 1 se muestra el nivel de sostenibilidad obtenido por época del año en los componentes de sostenibilidad.

Tabla 6. Puntaje de las escalas en cada región y época de estudio

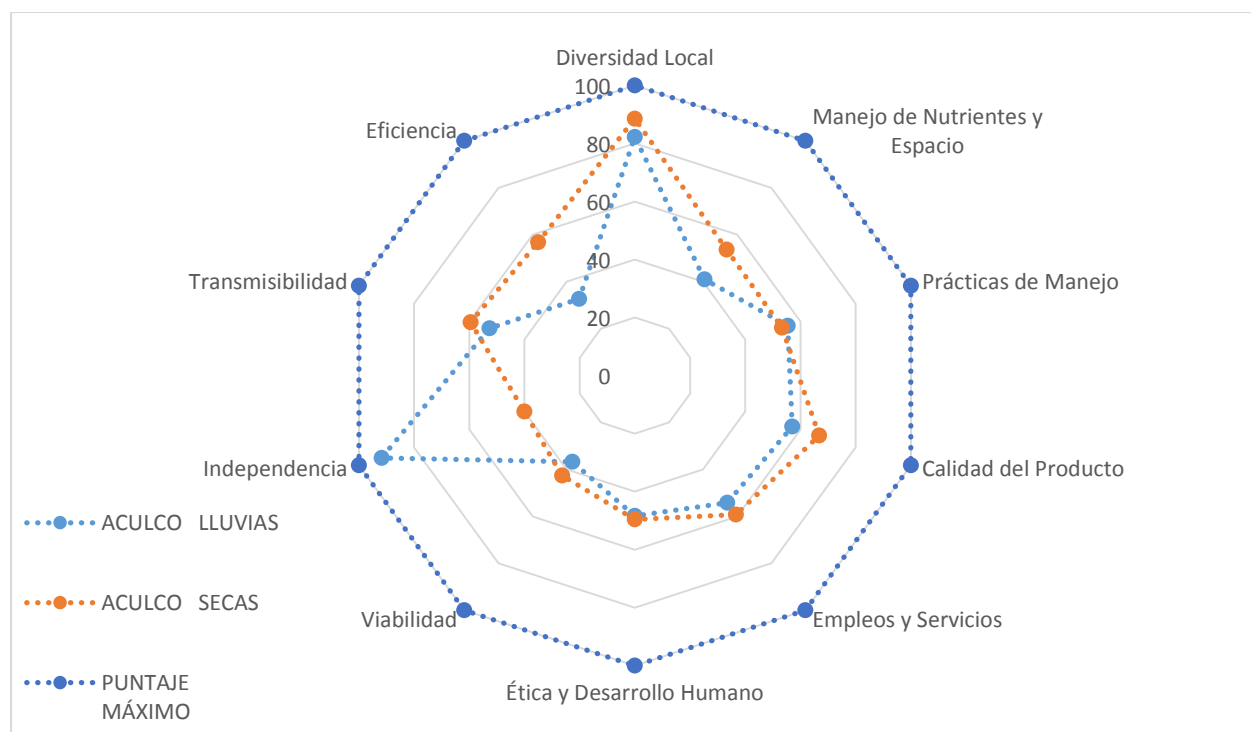
Escala	Puntaje Obtenido	
	Lluvias	Secas
Agro-Ecológica	59	65
Socio-Territorial	53	58
Económica	53	49
Nivel de Sostenibilidad	45	48

Fuente: Elaboración propia

Los indicadores de la escala agroecológica son los de mayor puntaje en la evaluación (Grafica 1), la biodiversidad local presentan puntajes elevados tanto por la presencia de cultivos perennes, anuales y la variedad de especies animales que se encuentran dentro de la finca, según Parsons et al. (2011) estos factores favorecen la sostenibilidad en estos sistemas de producción.

En la escala socio-territorial, el componente de calidad de productos, la calidad físico-química de la leche se encuentra dentro de la NMX-F-700-COFOCALEC-2004 (Tabla 5). Además de tener una buena vinculación comunitaria y fácil acceso a las fincas lo que les da una importancia importante en cada región, esto es dado por ser regiones donde se tiene una producción de quesos artesanales (Espinoza-Ortega et al., 2007; Cervantes-Escoto et al., 2013) que le confieren una identidad particular al territorio, esto además de generar empleos en la región tanto eventuales como permanentes (Grafica 1).

Grafica 1. Puntaje obtenido por componente de sostenibilidad por época del año en Aculco



Los autores de los citados trabajos reportan que las principales debilidades de los SPLPE están dadas por la alta dependencia de insumos externos, una baja tasa de especialización económica (escala económica), alta intensidad de trabajo, escepticismo sobre la continuidad de las fincas y un bajo nivel de habilidades de gestión y manejo (escala socioterritorial), baja rotación de cultivos y bajo nivel en el uso de recursos forrajeros (escala agroecológica) (Tabla 6 y Grafica 2). Lo que contrasta con lo descrito por Perrings (1998) y Jongeneel y Slangen (2013) que indican que la resiliencia es un factor de la sostenibilidad para mantenerse firme ante las condiciones externas y permiten la recuperación y adaptación de los sistemas de producción.

La baja tasa de especialización y la baja eficiencia de los SPLPE marcan las limitantes en la escala económica, lo que resulta en una baja eficiencia en los procesos productivos, Martínez-García *et al.* (2015) indica que el uso de forrajes de calidad es una herramienta clave para disminuir costos de producción y elevar la eficiencia de los sistemas de producción, lo que es reforzado por trabajos realizados en el altiplano central de México por Celis-Alvarez *et al.* (2015) con el uso de ensilados de avena y maíz, Sainz-Sánchez *et al.* (2017) con el uso de pastizales nativos, Pincay-Figueroa *et*

al. (2016) uso de praderas inducidas, donde los resultados muestran una reducción en los costos de producción respecto a los sistemas convencionales en la región de estudio.

Evaluación de las sostenibilidad post implementación de las innovaciones

Respecto al nivel de sostenibilidad el grupo EM+P es que mayor puntaje obtiene en cada escala con 15, 13 y 19 % más respecto al grupo convencional (Tabla 6), según Vilain *et al.* (2008) el uso de adecuado de los recursos naturales aumenta la eficiencia de las UP, además, Perrings (1998), describe que el aumento en la eficiencia de producción aumenta la resiliencia en los sistemas agropecuarios, además, Ahmed *et al.* (2004) menciona que las innovaciones en la producción están dadas con la finalidad de simplificar procesos, mejorar la rentabilidad de las unidades de producción, aumentar la base de recursos naturales y pueden incidir en cualquier área de la producción.

Tabla 6. Nivel de sostenibilidad obtenido por cada grupo en las tres escalas de sostenibilidad

	GRUPOS			
	C	EM	P	EM + P
Numero de UPL	5	6	6	7
Agroecológica	68	70	75	79
Socioterritorial	63	66	66	72
Económica	46	49	52	55
Nivel de Sostenibilidad	46	47	52	54

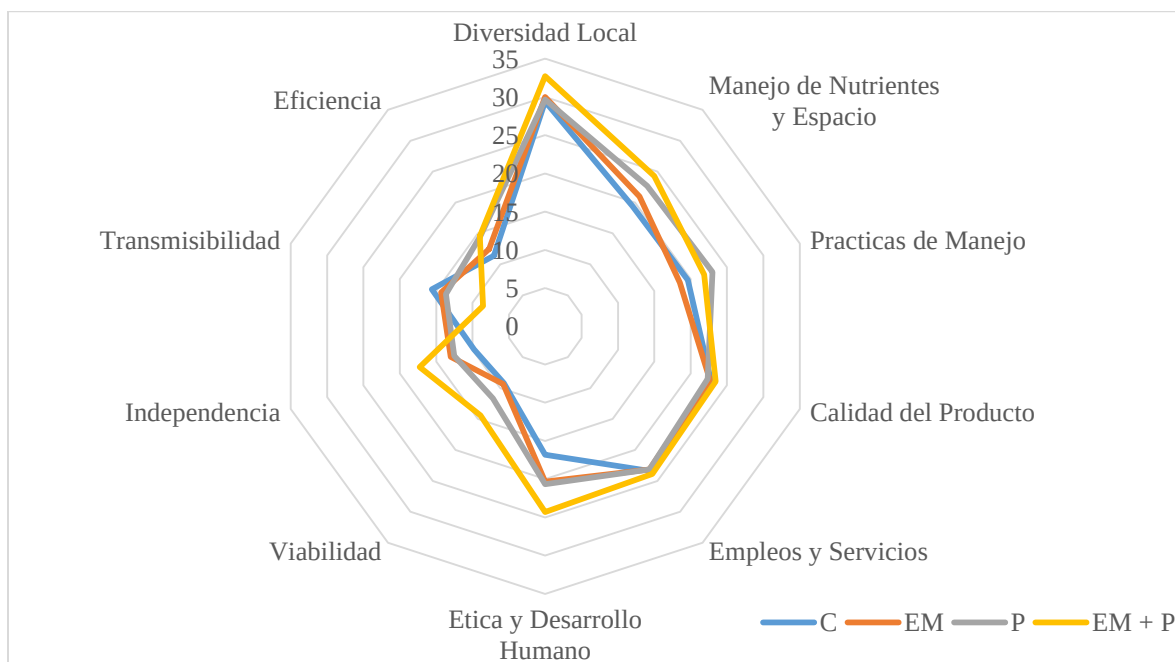
En la gráfica 2 se muestran los puntajes obtenido por cada grupo evaluado en los componentes de sostenibilidad, identificando al grupo EM+P con los mayores puntajes obtenidos, en los componentes manejo de nutrientes y espacio, ética y desarrollo humano, independencia económica y viabilidad económica obtiene 25, 44, 76 y 57% más respecto al grupo de UP convencionales, lo que es congruente a lo reportado por Posadas-Domínguez *et al.* (2014) que menciona que la mano de obra familiar es un elemento potenciador en los SPLPE al brindar un extra en los ingresos y eficiencia económica, además que estos sistemas de producción reportan una menor intensidad de trabajo mediante la reducción de las horas de trabajo, lo que aumenta la calidad de vida (Fadul-Pacheco *et al.*, 2013).

Respecto al componente de transmisibilidad, existe una correlación entre el tamaño de la finca y el puntaje obtenido en este componente, resultando que las UP que tienen el menor puntaje de transmisibilidad son las unidades de mayor tamaño, y que según Valian *et al.* (2008) son fincas con un mayor costos total lo que reduce las posibilidades de ser adquirida en la zona en la cual se encuentra, por el bajo nivel adquisitivo en la región de estudio.

Respecto a los componentes de empleo y servicios, calidad de los productos no hay mucha variación lo que indica que estos componentes no tienen gran variación entre las unidades de producción que implementan estrategias de innovación y las que no.

En las tablas 7, 8 y 9, se muestran los puntajes obtenidos por cada indicador en cada escala de sustentabilidad evaluada.

Gráfica 2. Puntaje obtenido por componente por grupo



C: Convencional, EM: Ensilado de maíz P: Pastoreo intensivo, EM+P Ensilado de maíz + Pastoreo intensivo

Fuente: Elaboración propia

Escala agroecologica

Como se observa en la tabla 7, al incrementar mejores prácticas de manejo y diversificación de cultivos se incrementa la diversidad local, en la escala agroecológica, para el grupo EM+P se obtiene un 38% más en la puntuación de este indicador dado por el uso de forrajes de calidad y el

aumento en las variedades usadas en las UP, además Hind (2010) induca que el manejo adecuado de forrajes y agua, bienestar animal y áreas de manejo permiten tener mayores rendimiento en las unidades de producción, y se dirige al manejo sustentable de la finca.

El indicador de valorización del espacio incrementa en los grupos que implementan alguna innovación o ambas, según Jouzi *et al.* (2017) el uso más eficiente de los espacios dedicados a la producción de forrajes en las unidades de producción, son prácticas que tienden a mejorar la calidad de los suelos e incrementar la resiliencia de las unidades de producción.

Escala socioterritorial

Dada la mayor producción de forrajes en la finca el indicador de autonomía y valorización de los recursos locales aumenta un 14% en el grupo EM+P respecto al grupo convencional, existe una menor dependencia de insumos externos lo que mejora esta dependencia (Vilain *et al.*, 2008), además las fincas que implementaron alguna innovación tienen una percepción de mayor calidad de vida, una intensidad de trabajo reducida hasta el 50%. en las fincas que implementaron ambas innovaciones. Además, mayores puntajes la dependencia de alimentos y contribución a la producción mundial de alimentos.

Tabla 7. Puntajes obtenidos por grupo en cada indicador de la escala agroecológica

Componentes	Indicadores	Convencional		Ensilado de maíz		Pastoreo Intensivo		Ensilado de maíz + pastoreo intensivo		Puntaje máximo posible
		Promedio	Desviación estándar	Promedio	Desviación estándar	Promedio	Desviación estándar	Promedio	Desviación estándar	
Diversidad Local	Diversidad de los cultivos anuales y temporales	9	1	10	1	10	1	13	1	14
	Diversidad de los cultivos perennes	6	0	6	0	6	0	6	0	14
	Diversidad animal	14	0	14	0	14	0	14	0	14
	Manejo y conservación del patrimonio genético	0	0	0	0	0	0	0	0	6
Manejo de Nutrientes y Espacio	Rotación de cultivos	3	3	3	3	4	3	5	2	8
	Dimensión de parcelas	6	0	6	0	6	0	6	0	6
	Manejo de la materia orgánica	5	0	5	0	5	0	5	0	5
	Zonas de protección ecológica	3	1	3	1	4	1	4	1	12
	Medidas de protección al patrimonio natural	0	0	0	0	0	0	0	0	4
	Valoración del espacio	1	1	2	2	2	2	3	2	5
	Manejo del área de praderas	2	1	1	1	2	1	2	1	3
	Fertilización	1	3	0	0	4	4	4	3	8
Prácticas de Manejo	Manejo de estiércol (efluentes)	3	0	3	0	3	0	3	0	3
	Pesticidas	7	1	8	2	7	1	7	0	13
	Tratamientos veterinarios	3	0	3	0	3	0	3	0	3
	Protección del suelo	3	1	3	1	3	1	3	0	5
	Manejo del agua	3	1	2	1	3	1	2	1	4
	Dependencia energética	0	0	0	0	0	0	0	0	10

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8. Puntajes obtenidos por grupo en cada indicador de la escala socioterritorial

Componentes	Indicadores	Convencional		Ensilado de maíz		Pastoreo Intensivo		Ensilado de maíz + pastoreo intensivo		Puntaje máximo posible
		Promedio	Desviación estándar	Promedio	Desviación estándar	Promedio	Desviación estándar	Promedio	Desviación estándar	
Calidad Producto	Calidad de la leche producida	10	0	10	0	10	0	10	0	10
	Mejora de construcciones y paisaje	0	0	0	0	0	0	0	0	8
	Manejo de residuos inorgánicos	4	1	3	1	3	1	4	1	5
	Acceso al predio	5	0	5	0	5	0	5	0	5
	Vinculación comunitaria	4	0	4	1	4	0	5	1	6
Empleos Servicios	Autonomía y valoración de los recursos locales	4	0	4	0	4	0	4	0	7
	Autonomía y valoración de recursos locales	7	0	7	0	7	0	7	0	10
	Servicios y otras actividades	0	0	0	0	0	0	0	0	5
	Contribución con empleos	6	0	6	0	6	0	6	0	6
	Trabajo colectivo	4	1	4	0	4	0	5	1	5
Etica Desarrollo Humano	Probable sostenibilidad de la granja	2	1	2	1	2	1	3	1	3
	Contribución al equilibrio mundial de los alimentos	1	2	4	3	1	1	3	2	10
	Bienestar animal	1	0	1	1	1	1	2	1	3
	Formación	3	1	4	2	4	1	6	1	6
	Intensidad de trabajo	0	0	2	3	4	3	3	4	7
	calidad de vida	4	1	4	1	4	1	4	0	6
	Aislamiento	3	0	3	0	3	0	3	0	3
	Calidad de instalaciones	4	0	4	0	4	0	4	0	4

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9. Puntajes obtenidos por grupo en cada indicador de la escala económica

Componentes	Indicadores	Convencional		Ensilado de maíz		Pastoreo Intensivo		Ensilado de maíz + pastoreo intensivo		Puntaje máximo posible
		Promedio	Desviación estándar	Promedio	Desviación estándar	Promedio	Desviación estándar	Promedio	Desviación estándar	
Viabilidad	Viabilidad económica	9	7	9	10	11	7	14	6	20
	Taza de especialización económica	0	0	0	0	0	1	1	1	10
Independencia	Autonomía financiera	1	1	4	5	3	5	7	4	15
	Sensibilidad a auxilios de gobierno	9	2	9	2	10	0	10	0	10
Transmisibilidad	Transmisibilidad	16	6	14	8	14	6	9	8	20
Eficiencia	Eficiencia de los procesos productivos	11	3	13	4	15	4	15	2	25

Escala económica

Esta escala siendo el factor limitante, por la integración de innovaciones logra incrementar el nivel de sostenibilidad de las UP a medida que estas se van implementando, se logra incrementar un 50% en la viabilidad económica en el grupo EM+P respecto al grupo convencional (tabla 9) y un incremento del 27% en la eficiencia de los procesos productivo. Jongeneel y Slangen (2013) refieren que un sistema de producción sustentable debe ser rentable y los sistemas de producción lecheros la rentabilidad se liga con la capacidad de manejar los recursos que están dentro de la finca o los que entran, con la finalidad de dar un mejor uso a estos, es importante mencionar que todo debe incidir en la rentabilidad

La sustentabilidad y resiliencia son conceptos que pueden ser evaluado a nivel de finca, pero las unidades de producción siempre están expuestas a diversos cambios los cuales pueden ser transitorios o permanentes, y que generan inestabilidad en la finca, la sustentabilidad en este sentido ve estas amenazas como retos para trascender, y utilizando las herramientas necesarias se puede mejorar la rentabilidad, siempre tomando en cuenta la capacidad de mantenerse en el tiempo (Jongeneel and Slangen, 2013). Dado que el campo de acción en el sector lechero es en muchas ocasiones muy reducido, la habilidad de ajustar el sistema de producción y tomando en cuenta los cambios medioambientales, son claves que permitirá dirigirse a la sustentabilidad (Gardner, 2006). En ese tenor, es de importancia trascendental que los mejoras que se implementen en los sistemas de producción, dirijan a las fincas a las fincas a lograr la competitividad (Porter, 1990).

CONCLUSIONES

Los sistemas de producción de leche en pequeña escala tienden a aumentar su nivel de sustentabilidad conforme adoptan innovaciones que les permiten hacer un uso eficiente de forrajes de calidad, lo que permite optimizar y lograr un uso eficiente de los insumos auto-producidos y comprados.

El nivel de sostenibilidad de los SPLPE se ha visto reducido por un alza en el precio de los insumos agropecuarios, donde los sistemas que dependen en mayor medida de estos son los que menor puntaje obtienen en la escala económica, la que resulta ser la escala limitante, los sistemas de producción que implementaron innovaciones en las estrategias de alimentación para el periodo 2015, son las que mayor nivel de sostenibilidad muestran.

En las estrategias de alimentación del ganado en los sistemas de producción de leche en pequeña escala es un punto en el cual se puede incidir directamente para lograr aumentar la eficiencia económica de estos sistemas de producción mediante la innovación en la producción y uso de forrajes de calidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Anaya-Ortega J. P., Garduño-Castro G., Espinoza-Ortega A., Rojo-Rubio R. and C. M. Arriaga-Jordán (2009): Silage from maize (*Zea mays*), annual ryegrass (*Lolium multiflorum*) or their mixture in the dry season feeding of grazing dairy cows in small-scale dairy production systems in the Highlands of Mexico. *Tropical Animal Health and Production*. 41, 607–616.

Arriaga-Jordán C. M., Espinoza-Ortega A., Castelán-Ortega O., Rojo H., Guadarrama J. L., Valdez M., Albarrán-Portillo B. (1997): Resultados en el mejoramiento participativo de sistemas de producción de leche en pequeña escala en el valle de Toluca, En: Rivera H. G., Arellano H. A., González D. L., y Arriaga J.C. (Coordinadores). *Investigación Para el Desarrollo Rural: Diez años de Experiencia en el CICA*. 319-351. Coordinación General de Investigación y Estudios de Posgrado, Universidad Autónoma del Estado de México.

Arriaga-Jordán C.M., Albarrán-Portillo B., Espinoza-Ortega A., García-Martínez A. and Castelán-Ortega O.A. (2002): On-farm comparison of feeding strategies based on forages for small-scale dairy production systems in the Highlands of Central Mexico. *Experimental Agriculture*, 38, 375-388.

Baker S. (1997): *The politics of sustainable development: Theory, policy and practice within the European Unión*. Tylor and Francis. London.

Castelán-Ortega O., Estrada-Flores J., Espinoza-Ortega A., Sánchez-Vera E., Ambriz-Vilchiz V. and Hernández-Ortega M. (2008): Strategies for the management of agroecosystem resources in Template Zones of Mexico: The case of campesino milk farmers in the central highlands. En: Castelán-Ortega O., Bernúes-Jal A., Ruiz-Santos R. y Mould F. L. in *Opportunities and Challenges for Smallholder Ruminant systems in Latin America*. 133-160. Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, México.

Celis-Alvarez, M.D., López-González, F., Martínez-García, C.G., Estrada-Flores, G.J. and Arriaga-Jordán, C.M., 2016. Oat and ryegrass silage for small-scale dairy systems in the highlands of central Mexico. *Tropical Animal Health and Production*, 48:1129–1134.

Conroy C. (2005): Participatory livestock research: a guide, (ITDG Publishing, Netherlands).

de Olde E. M., Oudshoorna F. W., Sørensen C. A. G., Bokkers E. A. M. and de Boer I, J. M. (2016): Assessing sustainability at farm-level: Lessons learned from a comparison of tools in practice. *Ecological Indicators*, 66: 391–404.

Espinoza-Ortega A., Espinosa-Ayala E., Bastida-López J., Castañeda Martínez T y Arriaga-Jordán C.M. (2007): Small-scale dairy farming in the highlands of central Mexico: Technical, economic and social aspects and their impact on poverty, *Experimental Agriculture*, 43, 241–256.

Fadul-Pacheco, L., Wattiaux, M.A., Espinoza-Ortega, A., Sánchez-Vera, E. and Arriaga-Jordán, C.M. (2013): Evaluation of sustainability of smallholder dairy production systems in the highlands of Mexico during the rainy season, *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 37: 882–901.

FAO (2010): Status of and Prospects for Smallholder Milk Production – A Global Perspective. Por Hemme T. y Otte J. Roma, Italia: FAO.

FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations (2014): SAFA Sustainability Assessment of Food and Agriculture Systems, Guidelines (version 3.0) Rome, Italy.

FAOSTAT (2017): Data about Livestock Primary. Statistics Division, Food and Agriculture Organization of the United Nations, online: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QL>, (11 julio 2017).

Flysjö A. (2012): Greenhouse gas emissions in milk and dairy product chains improving the carbon footprint of dairy products. Doctoral Thesis. Science and technology. Aarhus University.

Francis C. A., Butler F. C., King L. D. (1990): Sustainable Agriculture in Temperate Zones. Wiley. New York.

García-Muñoz J. G., Mariscal-Aguayo V. D., Caldera-Navarrete N. A., Ramirez-Valverde R., Estrella-Quintero H. y Núñez-Domínguez R. (2007): Variables relacionadas con la producción de leche de ganado Holstein en agroempresas familiares con diferente nivel tecnológico. *Interciencia* 32(12): 841-843.

Gerber P., Vellinga T., Opio C. and Steinfeld H. (2010): Productivity gains and greenhouse gas emissions intensity in dairy systems. *Livestock Science*. 139: 100–108.

Heredia-Nava D., Espinoza-Ortega A., González-Esquivel C. E.y Arriaga-Jordán C. M. (2007): Feeding strategies for small-scale dairy systems based on perennial (*Lolium perenne*) or annual (*Lolium multiflorum*) ryegrass in the central highlands of Mexico. *Tropical Animal Health and Production* 39, 179-188.

INEGI (2007): Censo Agrícola, ganadero y forestal 2007. Instituto Nacional de Estadística y Geografía, online: <http://www3.inegi.org.mx/rnm/index.php/catalog/219> (Access in February 1 2015).

IPCC (2014): Agriculture, Forestry and Other Land Use (AFOLU), In: *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* Eds (Edenhofer, O., R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlömer, C. von Stechow, T. Zwickel and J.C. Minx). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

ISO (2006): Environmental management – Life cycle assessment – Principles and framework. ISO 14040:2006(E). International Organization for Standardization. Geneva. Switzerland.

Jongeneel y Slangen (2013): Sustainability and resilience of the dairy sector in a changing world: A farm economic and EU perspective. In: *Sustainable Dairy Production*. Ed. de Jong P., Editions First, Wiley-Blackwell, United Kingdom.

Jouzi, Z., Azadi, H., Taheri, F., Zarafshani, K., Gebrehiwot, K., Van Passel, S. and Lebailly, P., 2017. Organic Farming and Small-Scale Farmers: Main Opportunities and Challenges, *Ecological Economics*, 132, 144-154.

M'Hamdi, N., Aloulou R., Hedhly M., and Ben Hamouda M. (2009): Évaluation de la durabilité des exploitations laitières tunisiennes per la méthode IDEA. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, 13: 221–228.

Martínez-García, C.G., Rayas-Amor, A.A., Anaya-Ortega, J.P., Martínez-Castañeda, F.E., Espinoza-Ortega, A. Prospero-Bernal, F. and Arriaga-Jordán, C.M., 2015c. Performance of small-scale dairy farms in the highlands of central Mexico during the dry season under traditional feeding strategies, *Tropical Animal Health and Production*, 47, 331-337.

Masera O., Astier M. y López R. (1999): Sostenibilidad y manejo de los recursos naturales: El marco MESMIS. Grupo Interdisciplinario de Tecnología Rural apropiada, A. C. (GIRA, A. C.) Mundi-prensa México, S. A. de C. V. México.

Perrings, C. (1998): Resilience in the dynamics of economy-environment systems, *Environment and Resource Economics*, 11(3-4): 503-520.

Pincay-Figueroa, P. F., López-González, F., Velarde-Guillén, J., Heredia-Nava, D., Martínez-Castañeda, F. E., Vicente, F., Martínez-Fernández, A. and Arriaga-Jordán, C. M. (2016): Cut and carry vs. grazing of cultivated pastures in small-scale dairy systems in the central highlands of Mexico, *Journal of Agriculture and Environment for International Development*, 110: 349 – 363.

Posadas-Domínguez, R. R., Arriaga-Jordán, C. M. and Martínez- Castañeda, F. E. (2014): Contribution of labor to the profitability and competitiveness on small-scale dairy production systems in central México. *Tropical Animal Health and Production*, 46, 235–240

Prospero-Bernal, F., Albarrán-Portillo, B., Espinoza-Ortega, A. and Arriaga-Jordán, C. M. (2013): Assessment Sustainability during Dry Season in Small-Scale Dairy Production Systems from Central Mexico. In: Leopoldo Olea Márquez de Prado, Ma. José Poblaciones Suárez-Bárcena, Sara M. Rodrigo y Óscar Santamaría. (Eds.) *Los pastos: nuevos retos, nuevas oportunidades*, (Sociedad Española para el Estudio de los Pastos, Badajoz) 561-568.

Purvis G., Louwagie G., Northey G., Mortimer S., Park J., Mauchline A., Finn J., Primdahl J., Vejre H., Vesterager J. P., Knickel K., Kasperczyk N., Bala'zs K., Vlahos G., Christopoulos S. and Peltola J. (2009): Conceptual development of a harmonised method for tracking change and evaluating policy in the agri-environment: The Agri-environmental Footprint Index. *Environmental Science and Policy*, 12: 321–337.

Sainz-Sánchez, P.A., López-González, F., Estrada-Flores, J.G., Martínez-García, C.G., Arriaga-Jordán, C.M. (2017): Effect of stocking rate and supplementation on performance of dairy cows grazing native grassland in small-scale systems in the highlands of central Mexico. *Tropical Animal Health and Production*, 49: 179-186.

Schader C., Grenz J., Meier M. S. and Stolze M. (2014): Scope and precision of sustainability assessment approaches to food systems. *Ecology and Society*, 19(3): 42.

Val-Arreola D., E. Kebreab and J. France (2006): Modeling small-scale dairy farms in Central Mexico. *Journal of Dairy Science*. 89: 1662-1672.

Van Passel Steven, Frank Nevens, Erik Mathijb and Guido Van Huylenbroeck. (2007). Measuring farm sustainability and explaining differences in sustainable efficiency. *Ecological Economics*. 62: 149 -161.

Vilain, L., Boisset, K., Girardin, P., Guillaumin, A., Mouchet, C., Viaux, P. and Zahm, F. (2008): La méthode IDEA: indicateurs de durabilité des exploitations agricoles: guide d'utilisation (troisième édition actualisée), (Educagri éditions, Dijon).

WCED (1987) Report Bruntland of the World Commission on Environment and Development. General Assembly. United Nations. 42a session 4 august 1987.

Wiggins S., Tzintzun R., Ramírez G., Ramírez V., Ortiz O., Piña C., Aguilar B., Espinoza-Ortega A., Pedraza F., Rivera H., Arriaga-Jordán C. M. (2001): Costos y retornos de la producción de leche en pequeña escala, en la zona central de México. La lechería como empresa. Cuadernos de Investigación. Cuarta época-19. Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, México.

Zahm F., Viaux, P., Vilain L., Girardin F. and Mouchet C. (2008): Assessing Farm Sustainability with the IDEA Method – from the Concept of Agriculture Sustainability to Case Studies on Farms, *Sustainable Development*, 16, 271-281.

Zahm F., Vilain L., Girardin F., Viaux P. and Mouchet C. (2006): Farm Sustainability Assessment using the IDEA Method: from the concept of farm sustainability to case studies on French Farms. INFASA Symposium. March 16 and 17. Zentrum Paul Klee Bern, Switzerland.

Zahm, F., Ugaglia, A., Boureau, H., Del'homme, B., Barbier, J.M., Gasselin, P., Gafsi, M., Guichard, L., Loyce, C., Manneville, V., Menet, A. and Redlingshofer, B. (2015): Agriculture et exploitation agricole durables: état de l'art et proposition de définitions revisitées à l'aune des valeurs, des propriétés et des frontières de la durabilité en agriculture. *Innovations Agronomiques*, 46: 105-125.

CAPÍTULO III.

PRODUCCIÓN ORGÁNICA



PRODUCCIÓN ANIMAL ORGÁNICA Y SU REGULACIÓN EN MÉXICO: RETOS Y OPORTUNIDADES

Gómez T*¹, Fragoso H¹, Lobato A¹

¹ Dirección General de Inocuidad Agroalimentaria, Acuícola y Pesquera. Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. México. **Corresponding autor*

RESUMEN

La producción orgánica continúa en crecimiento a nivel nacional y mundial. No obstante que la regulación en México es joven, esta se implementa paso firme, transparente y confiable por lo que el Gobierno Mexicano se encuentra en negociaciones de equivalencia con otros países que son socios comerciales, como la Unión Europea, los Estados Unidos de América, Canadá, Japón y próximamente China. La producción animal orgánica en el país es incipiente y presenta retos y oportunidades entre los que destacan desarrollar el sector de insumos y alimentos (granos) para animales, así como las necesidades de investigación en materia de alimentación, control de plagas y enfermedades, semillas para la producción de granos y forraje, entre otros, para apuntalar al sector productivo.

Palabras clave: ganadería, apicultura, avicultura, ecológica, regulación

INTRODUCCIÓN

La producción orgánica mundial, se caracteriza por una tendencia de crecimiento. En el caso de la Unión Europea (UE), la superficie cultivada para la producción orgánica aumentó de 5 millones de hectáreas en el año 2002, a 11 millones de hectáreas en el año 2015 y se estimó un crecimiento de 500 000 hectáreas anuales en los 28 estados miembros en la última década (UE 2016). Mientras que en Estados Unidos de América (EUA), la superficie con certificación orgánica en el año 2008 fue de 1.6 millones de hectáreas, misma que declinó en 2014 a 1.4 millones de hectáreas, repuntando a 1.7 millones de hectáreas en 2015 (USDA 2016).

Por otro lado, en Europa y en Estados Unidos de América, la regulación a los productos orgánicos cuenta con más de quince años en su ejercicio, en virtud de que la UE comenzó con el *Reglamento (CEE) N° 2092/91 del Consejo de 24 de junio de 1991 sobre la producción agrícola ecológica y su indicación en los productos agrarios y alimenticios* y los EUA, inició en el año 2002, con la entrada en vigor de los Reglamentos Orgánicos Estadounidenses.

La *Ley de Productos Orgánicos* (LPO) en México, obedece a la demanda del sector orgánico por fortalecer jurídicamente la producción y el consumo, a la búsqueda de una sana competencia que permita el desarrollo económico en la producción orgánica al regular el uso del término orgánico para su comercialización y establecer un sistema de control para su vigilancia. Así mismo la LPO, responde a la necesidad de que haya una regulación y un sistema de control nacional equivalentes en materia de producción orgánica que facilite el intercambio comercial internacional. Lo anterior responde a su vez, a lo establecido en las metas nacionales del Plan Nacional de Desarrollo 2013 – 2018 relacionadas con la promoción del crecimiento de la productividad y con la generación de igualdad de oportunidades.

En México, la producción orgánica certificada bajo la LPO, comenzó a registrarse a partir del año 2014, año en que entró en vigor el *Acuerdo por el que se dan a conocer los Lineamientos para la Operación Orgánica de las Actividades Agropecuarias* (Acuerdo de Lineamientos). A partir de entonces, la información relacionada con el número de operaciones certificadas, así como la superficie bajo producción orgánica, ha sido obtenida a través de los informes anuales que entregan los Organismos de Certificación Orgánica aprobados (OCO), al SENASICA. De esta forma, se ha comenzado a generar datos preliminares que posteriormente permitirán conformar las estadísticas nacionales.

En este trabajo se hace una revisión de los retos y oportunidades que tiene México en referencia a la producción orgánica animal (rumiantes, aves, porcinos y abejas), dentro del contexto de una regulación joven, con un mercado incipiente y en el marco de las negociaciones de equivalencia con sus países socios comerciales.

PANORAMA MUNDIAL DE LA PRODUCCIÓN ANIMAL ORGÁNICA

Si bien, las estadísticas sobre el número de animales orgánicos en la Unión Europea aún son incompletas, la información disponible en relación al número de animales orgánicos permite observar tendencias de crecimiento en la producción como se presenta a continuación (Cuadro 1):

Cuadro 1. Número de animales producidos bajo el *Reglamento (CE) n° 834/2007 del Consejo sobre la producción ecológica*, durante los años 2013, 2014 y 2015 en la Unión Europea.

Especie animal	2013	2014	2015
Bovino carne	2 802 745	2 838 035	2 845 091
Bovino leche	749 269	792 350	864 142
Porcino	923 595	915 065	978 559
Ovino	4 332 667	4 366 042	4 485 075
Caprino	732 519	739 215	718 094
Pollo de engorda	17 826 613	21 134 668	17 810 739
Gallinas de postura	11 299 152	12 490 768	13 856 636

Fuente: Tomado de: Facts and figures on organic agriculture in the European Union. DG Agriculture and Rural Development, Unit Economic Analysis of EU Agriculture. UE. 2016.

El Instituto de Investigación de Agricultura Orgánica (FiBL, por sus siglas en alemán) y la Federación Internacional de Movimientos de Agricultura Orgánica (IFOAM, por sus siglas en inglés), estimaron que en la Unión Europea, los bovinos y aves bajo certificación del *Reglamento (CE) N° 834/2007*, ocuparon el 4.2 % y el 2.8 del total de la población bovina y avícola respectivamente, en el año 2015 (Willer y Leroud 2017).

Por otro lado, en los Estados Unidos de América, también se observa una tendencia al crecimiento de la producción animal orgánica en los últimos años y si bien, en 2015 se informa la presencia de millones de aves bajo los Reglamentos Orgánicos estadounidenses; el número de aves bajo dicha certificación en el año 2008, fue 6 529 pollos de engorda y 26 021 gallinas de postura (USDA 2010 y 2016) (Cuadro 2).

Cuadro 2. Número de animales producidos bajo los Reglamentos Orgánicos estadounidenses, durante los años 2008, 2014 y 2015 en Estados Unidos de América.

Especie animal	2008	2014	2015
Bovino carne	4 167	42 047	40 600
Bovino leche	136	241 955	241 112
Porcino	515	12 798	12 358
Ovino	5 193	11 370	10 741
Caprino	3 867	5 577	4 824
Pollo de engorda	6 529	8 567 220	9 077 227
Gallina de postura	26 021	9 591 817	14 214 364

Fuente: Tomado de Census of Agriculture. Organic Production. Survey (2008). Volume 3. Special Studies. Part 2. AC-07-SS-2, USDA 2010 y United States Department of Agriculture. National Agricultural Statistics Service. Certified Organic Survey. USDA 2016.

MARCO REGULATORIO

Con la finalidad de fortalecer y brindar respaldo jurídico al mercado de productos “orgánicos” en México, el sector orgánico promovió la emisión del marco regulatorio el cual inició con la publicación en el Diario Oficial de la Federación (DOF) de la *Ley de Productos Orgánicos* (LPO), continuó con la publicación en el DOF de su Reglamento del *Acuerdo por el que se dan a conocer los Lineamientos para la Operación Orgánica de las actividades agropecuarias* (Acuerdo de Lineamientos) y del *Acuerdo por el que se da a conocer el distintivo nacional de los productos orgánicos y se establecen las reglas generales para su uso en el etiquetado de los productos certificados como orgánicos* (Acuerdo de Distintivo).

Si bien, la regulación y el Sistema de Control de la producción orgánica recae en el Sistema Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA/SAGARPA), la LPO involucra a las siguientes Secretarías de Estado: Secretaría de Salud, a través de la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS), la Secretaría de Economía, a través de la Procuraduría Federal del Consumidor (PROFECO), la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y a la Secretaría de Relaciones Exteriores, en, registro de Unidades de Manejo para la Conservación de Vida Silvestre (UMA).

El Acuerdo de Lineamientos es de carácter mandatorio y establece los estándares para la operación orgánica. La estructura de los requisitos para la producción animal, se describe en la Figura 1:

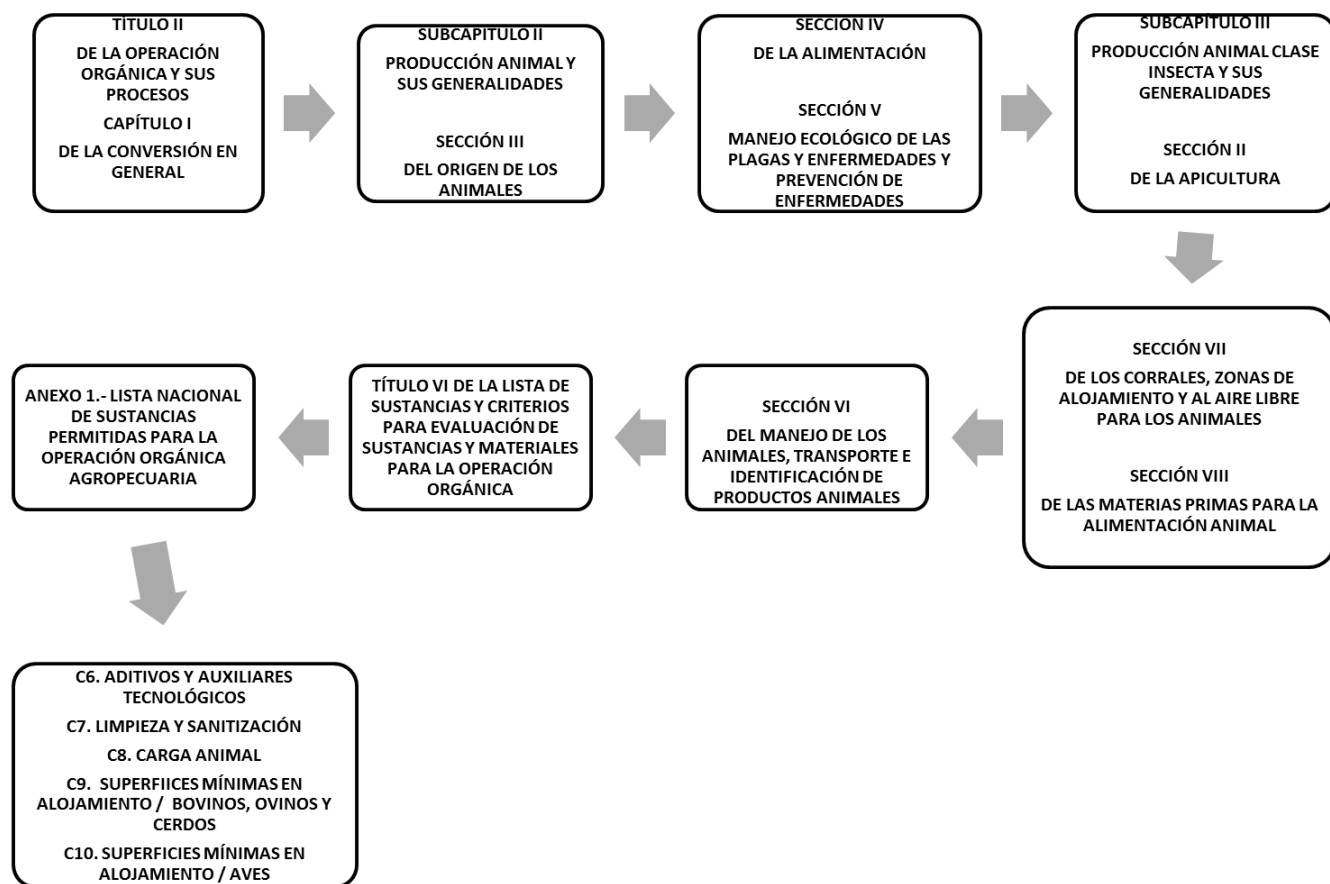


Figura 1. Estructura del Acuerdo de Lineamientos para la producción animal orgánica

El proceso de beneficio de los animales (matanza, despiece y empackado), así como el manejo y envasado de miel, también deberá estar certificado orgánico considerando lo establecido en la sección de procesamiento y comercialización del Acuerdo de Lineamientos.

De manera general, el origen de los animales será orgánico, solo se acepta la conversión de animales no orgánicos a orgánicos, en unidades de producción que inician. Cada especie tiene establecido un periodo de conversión, de igual forma los alojamientos, apiarios, las áreas de forrajeo y de cultivo de alimento también tienen establecido un periodo de conversión.

La carga animal está en función del bienestar animal y la carga de nitrógeno, misma que se describe en el Anexo 1 del Acuerdo de Lineamientos, en los cuadros 8, 9 y 10, según la especie y tipo de área (área cubierta, área al aire libre y áreas de pastoreo).

La alimentación será con alimento orgánico. El aspecto de salud se basa en la profilaxis, homeopatía, fitoterapia, oligoelementos y vacunas. Existe restricción para el uso de alopática, así como para las mutilaciones y atado de animales.

MODIFICACIONES A LA REGULACIÓN DE PRODUCTOS ORGÁNICOS

Con el objetivo de mantener el flujo comercial y facilitar el abasto de materias primas, atender la demanda de consumidores, y no aumentar costos de la industria mexicana de productos orgánicos, el 29 de octubre del 2013 fue modificado el segundo transitorio del Acuerdo de Lineamientos, otorgando un plazo de 36 meses a los productos, sustancias, materiales, semillas, material vegetal y/o insumos destinados a la producción orgánica originarios de países cuyas regulaciones y sistema de control hayan iniciado negociaciones de equivalencia con México. Así mismo y con la finalidad de incrementar, estandarizar y promover la certificación de los procesos productivos y productos por LPO, el 16 de noviembre de 2016, el SENASICA publicó la *Convocatoria donde se establecen las bases para obtener la aprobación como Organismo de Certificación de Productos Orgánicos* (SENASICA 2016).

La exigencia del sector productivo por contar con una marco jurídico dinámico, actualizado y acorde al ámbito internacional promovió el proyecto de Modificación del *Acuerdo por el que se modifican, adicionan y derogan diversas disposiciones del diverso por el que se dan a conocer los Lineamiento para la Operación Orgánica de las actividades agropecuarias publicado en el Diario Oficial de la Federación el 29 de octubre de 2013* (COFEMER 2016). La modificación en cuestión, actualiza el Acuerdo de Lineamientos orgánicos para hacer frente a las exigencias del mercado actual y facilitar el comercio internacional. Se considera incluir el apartado de acuicultura, meliponicultura, denominación de origen y monitoreo de sustancias prohibidas. Se modifican requerimientos para certificación participativa, tratamientos fitosanitarios en semillas, conversión vegetal, de aves de corral y alimentación animal, etiquetado e insumos entre otros.

GESTIÓN DE ACUERDOS DE EQUIVALENCIA INTERNACIONAL EN MATERIA DE PRODUCTOS ORGÁNICOS

El Sistema de Control de productos orgánicos en México, es un sistema joven no obstante cuenta con un marco regulatorio construido con la opinión del Sector Orgánico que le permite a la Autoridad Competente regular, vigilar, controlar, sancionar y ganar credibilidad y confianza de otros países.

Considerando la importancia del flujo comercial de productos orgánicos con países como Estados Unidos, Unión Europea, Canadá, Japón y China así como los controles que establece la LPO y sus disposiciones legales aplicables para delegar procesos de certificación, atender quejas y denuncias,

monitorear contaminantes, inspeccionar organismos de certificación y establecer sanciones; se han iniciado gestiones de Equivalencia con estos países.

Entre los beneficios que México busca para el sector productivo con estos acuerdos, es el reconocimiento de los estándares entre países, posicionamiento del Distintivo Nacional “ORGANICO-SAGARPA-MEXICO”, la reducción de costos de materias primas de importación para la industria orgánica, reducción de costos de procesos de certificación –un estándar, una certificación-, aumentar la diversidad y oferta de productos en el mercado, facilitar el flujo comercial entre países, así como la vigilancia del cumplimiento de la regulación.

PRODUCCIÓN CERTIFICADA BAJO LA LEY DE PRODUCTOS ORGÁNICOS

Este marco regulatorio establece que los productos que ostenten el término “orgánico” deberán contar con una certificación emitida por organismos de certificación aprobados o sistemas de certificación participativos reconocidos por la Secretaría a través del SENASICA. Con la entrada en vigor de la LPO y sus disposiciones legales en el mes de abril del 2014, productores, procesadores y distribuidores están obligados a certificar su operación orgánica bajo la LPO, para que los distribuidores y consumidores tengan la confianza de comprar, vender, comercializar y consumir productos orgánicos que fueron inspeccionados y certificados.

Con la implementación de la LPO y la operación del Sistema de Control, en el año 2016 se registraron 846 operaciones orgánicas certificadas; con 13,600 productores y una superficie de 88 mil has. La certificación la realizan catorce organismos de certificación aprobados por el SENASICA y con ésta los productos pueden ostentar el Distintivo Nacional “ORGANICO-SAGARPA-MEXICO” (SAGARPA 2016). Los datos anteriores muestran el dinamismo de la certificación bajo LPO y el interés de los productores por comercializar sus productos en México, sin embargo, es necesario fortalecer al sector en el tema de investigación de productos e insumos, para consolidar redes de distribución nacional, robustecer las iniciativas de comercialización de pequeños productores y dinamizar la producción de origen animal.

PRODUCCIÓN ANIMAL ORGÁNICA EN MÉXICO

No obstante que la producción animal orgánica es incipiente en el país, que su regulación es joven y la información sobre el número de animales certificados bajo la LPO es preliminar; los datos obtenidos a través de los informes anuales que los OCOs entregaron al SENASICA, reflejaron

tendencias de crecimiento durante el periodo comprendido entre los años 2014 y 2015, especialmente en la avicultura (*Gallus gallus*).

Según los informes señalados, en el año 2015 se observó un crecimiento del 47 % en el número de bovinos del leche y del 53 % en bovinos de carne bajo certificación LPO, respecto al año 2014 (Figura 2). Se señala que durante el año 2015, se comenzaron a certificar operaciones orgánicas porcícolas y caprinas.

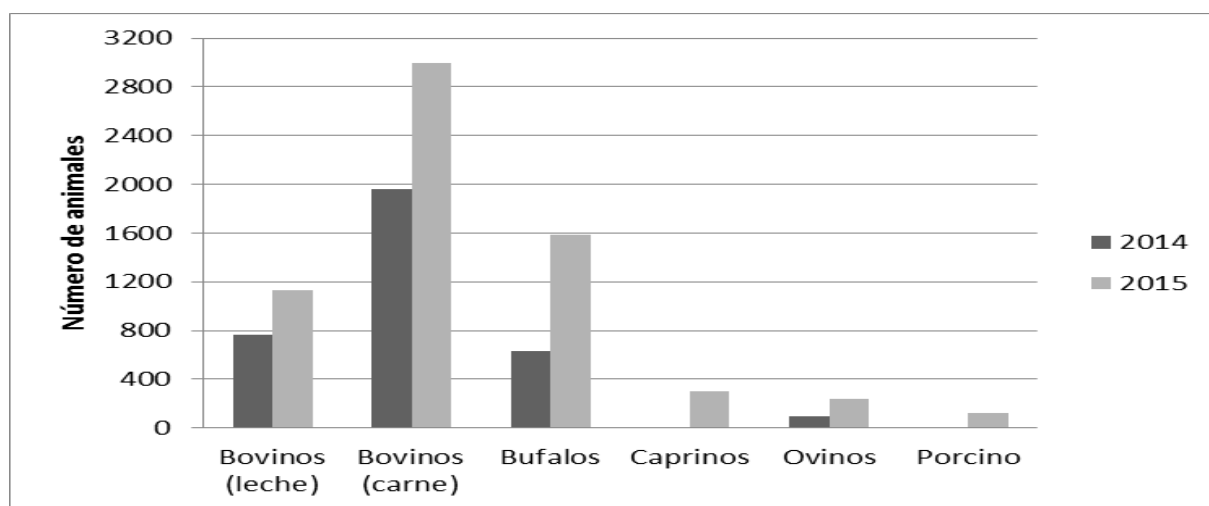


Figura 2. Número de rumiantes y porcinos bajo certificación de la Ley de Productos Orgánicos, declaradas por los Organismos de Certificación Orgánica aprobados por el SENASICA durante el periodo 2014 -2015.

Se señala que la apicultura es aún más incipiente, pues solo se informan de 25 colmenas bajo certificación de LPO en el año 2015. En tanto que el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP 2017) estimó una población de 2 017 931 colmenas en el país en el año 2015.

En el caso de la avicultura, el número de pollos de engorda pasó de 266 050 a 354 050 animales bajo certificación de LPO del año 2014 a 2015, respectivamente (Figura 3). Considerando que la población de pollos de engorda en el país se estimó en 337 898 498 aves en el año 2015 (SIAP 2015); el número de pollos bajo certificación de LPO, podría representar el 0.1 % del número total de pollos de engorda en México en el mismo año.

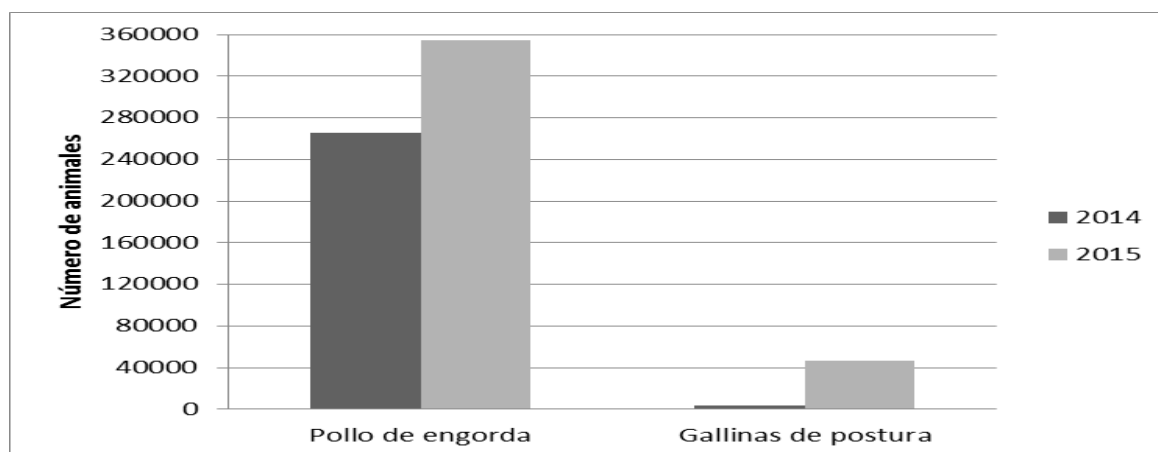


Figura 3. Número de aves bajo certificación de la Ley de Productos Orgánicos, declaradas por los Organismos de Certificación Orgánica aprobados por el SENASICA durante el periodo 2014 -2015.

Por otro lado, el año 2015 habían ocho Organismos de Certificación Orgánica aprobados por el SENASICA (OCO) con alcance para certificar entre otros, Producción Animal y Clase Insecta (apicultura), de los cuales 2 de ellos emitieron certificados para aves (avicultura), uno certificó apicultura orgánica y dos certificaron a bovinos (Cuadro 3):

Cuadro 3. Número de Organismos de Certificación Orgánica aprobados por el SENASICA en el año 2015.

Alcance para certificación y operaciones certificadas	Número de OCOs*
Aprobados	9
Con alcance para Producción Animal	8
Certificaron Avicultura	2
Certificaron Apicultura	1
Certificaron Bovinos	2

*OCO: Organismos de Certificación Orgánica aprobados por el SENASICA

PROCESO PARA OBTENER LA CERTIFICACIÓN EN PRODUCCIÓN ANIMAL ORGÁNICA

Para que los productos se puedan considerar/denominar como “orgánicos” y a su vez, ostentar el Distintivo Nacional, es necesario seguir los siguientes pasos:

- **Implementar las prácticas orgánicas:** en el Acuerdo de Lineamientos se establecen los requisitos que deberán implementar los productores que deseen producir, certificar y comercializar sus productos como orgánicos. En su caso, será necesario revisar las generalidades para la producción animal así como las especificaciones para la producción de la especie de interés.

- **Periodo de conversión a orgánico (transición):** toda unidad productiva tiene que pasar por un periodo de conversión antes de poder certificarse. Dependiendo del tipo de unidad productiva, dicho periodo de conversión variará.
- **Plan orgánico:** cada productor/operador que desee producir, certificar y comercializar sus productos como orgánicos deberá establecer un Plan orgánico en el que se describa en su totalidad las actividades realizadas en su unidad productiva (origen de animales, alimentación, control sanitario, reemplazos, conversión, vacunación, entre otros).
- **Contactar a un Organismo de Certificación Orgánica (OCO) aprobado:** a la par de los pasos anteriores, los productores que deseen producir, certificar y comercializar sus productos como orgánicos deberán acercarse a un OCO Aprobado por el SENASICA quien a su vez los guiará a través del proceso de certificación; se recomienda contactar a todos los OCO y escoger al que más le satisfaga. El padrón de certificadoras aprobadas actualizado se encuentra en la siguiente liga: <http://www.gob.mx/senasica/acciones-y-programas/certificacion>.
- **Certificación de productos orgánicos:** una vez cubiertos la implementación de las prácticas orgánicas, haber pasado por un periodo de conversión y establecido un plan orgánico, el OCO seleccionado realizará al menos una inspección orgánica en la que se verificará el cumplimiento de los pasos anteriores, y de no haber observaciones, emitirá la certificación correspondiente, pudiéndose así, utilizar el Distintivo Nacional de los productos orgánicos.

RETOS PARA LA PRODUCCIÓN ANIMAL ORGÁNICA

La producción de granos orgánicos es uno de los puntos críticos en avicultura, ganado lechero y finalización de ganado de carne. Debe considerarse que la principal fuente de alimento en la producción animal orgánica, proviene principalmente de la misma unidad de producción, especialmente forrajes. Sólo en aquellas situaciones específicas (como en avicultura) o en aquellas fases de producción bovina (como finalización de toretes o cierto periodo de las vacas lecheras) cuando la granja no es autosuficiente, puede haber requerimiento externo de grano.

En este sentido y con el ánimo de contar con indicadores preliminares que brinden elementos para detectar el nivel de desarrollo de la producción animal orgánica en México, se estimó a partir de los informes anuales entregados al SENASICA por parte de los organismos de certificación orgánica, la oferta y demanda de maíz amarillo orgánico, como alimento concentrado para la producción animal. Si bien, existen otros tipos de granos utilizados como fuente de alimento, se

consideró solo al maíz amarillo certificado orgánico bajo la LPO únicamente para desarrollar la estimación mencionada. Asimismo se debe considerar que los datos de producción orgánica con los que se cuenta, aún son preliminares, por lo que la estimación no es concluyente.

Para lo anterior, se tomaron en cuenta los requerimientos alimenticios para la avicultura (*Gallus gallus*), con los pollos de engorda y las gallinas de postura y la producción de rumiantes (*Bos taurus*, *Bos indicus*, *Bubalus bubalis*) de carne y de leche. No se incluyeron a los caprinos ni ovinos en dicha estimación.

La producción de maíz amarillo orgánico registrada durante 2015, se estimó de manera preliminar, en 5 180 t. Se calculó que la demanda de alimento para aves orgánicas fue de 4 071.6 t; mientras que la demanda de alimento de rumiantes orgánicos se estimó en 2 910 t de maíz amarillo. Por lo que considera que la oferta de maíz amarillo orgánico certificado bajo la LPO, que pudiera ser utilizado para la producción animal orgánica en México, aún es deficitaria.

En las diversas actividades realizadas con el sector de producción orgánica animal, se han detectado también, dificultades para obtener pie de cría, semilla para siembra de granos y forraje, así como alimento balanceado orgánicos. De la misma forma, dificultades para tener acceso a la homeopatía, herbolaria y controlar las garrapatas en el trópico.

En relación a la carga animal, se ha manifestado inquietud por parte del sector de que los parámetros establecidos hacen poco rentable la operación orgánica bovina y avícola.

En cuanto a la apicultura, se ha manifestado la dificultad para cumplir con el requerimiento establecido en el Acuerdo de Lineamientos, en relación a la superficie de pecoreo.

De la misma forma, se ha detectado la necesidad de capacitar a personal técnico y a productores para la operación orgánica.

En cuanto a la investigación en la producción animal orgánica, el sector ha manifestado que cualquier modificación a los parámetros y estándares para la producción orgánica, deberán realizarse con fundamento técnico – científico.

OPORTUNIDADES

La tendencia del crecimiento de la producción orgánica, abre nuevas oportunidades de mercadeo tanto de productos como de insumos para la producción orgánica. Los retos mencionados previamente, puede a su vez, convertirse en oportunidades por ejemplo para el desarrollo de la producción de granos, de alimento balanceado, semillas para reproducción, pie de cría, homeopatía

y herbolaria, lo cual permitirá a su vez, dirigirse hacia la consolidación de la producción orgánica animal.

Por otro lado, Nahed *et al* (2013), establecieron un índice de factibilidad de conversión a orgánico y demostraron que en Tecpatán, Chiapas, México, existen sistemas de producción de ganado bovino, como los sistemas agrosilvopastoriles que por el bajo uso de insumos, uso de tecnología tradicional e incluso por las características artesanales de los productos de origen animal, son más cercanos al modelo orgánico de producción que otro tipo de sistemas de producción. De esta manera, los sistemas agrosilvopastoriles son también una oportunidad para la conversión a la producción orgánica.

De la misma forma, en cuanto a las necesidades de investigación, se vislumbra lo relacionado con la alimentación, carga animal, insumos, homeopatía, herbolaria.

Por último, se señala que la SAGARPA, a través de la Dirección General de Normalización Agroalimentaria implementa el fomento a la certificación orgánica, a través del Programa de Productividad y Competitividad Agroalimentaria.

CONCLUSIONES

- La producción animal orgánica certificada en México aún es incipiente, requiere de la activa participación de la academia. Las necesidades de investigación en materia de alimentación, insumos para el control de plagas y enfermedades, semillas para la producción de granos, entre otros, son factores claves para apuntalar al sector productivo.
- Existe un gran potencial de crecimiento para la producción y el consumo de productos de origen animal orgánico que requiere de la articulación **productor-sector-investigador-consumidor-regulador** en ambos sentidos.

Se estima que la demanda de productos orgánicos continuará en crecimiento tanto en el mercado interno como en el mercado internacional, abriéndose nuevas oportunidades de comercio. En relación al mercado interno, el Sistema de Control busca asegurar que el uso del término orgánico cumpla con la regulación establecida, tanto para el bienestar del consumidor, como de la economía del sector agropecuario, evitando el fraude y la competencia desleal. En cuanto al crecimiento del mercado internacional, éste ocasiona mayor presión a los estándares de producción orgánica en México, así como de su Sistema de Control. Por lo que la participación de los actores arriba

mencionados para hacer frente a los retos de la producción animal orgánica en el país, es clave para su desarrollo.

1. AGRADECIMIENTOS

Al Dr. José Antonio Quintana López del Departamento de Medicina y Zootecnia de Aves de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México y al Dr. Juan Carlos Ku Vera del Departamento de Nutrición Animal de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Yucatán, cuya discusión y análisis aportaron a la construcción de éste capítulo.

REFERENCIAS

- COFEMER. 2016. Acuerdo por el que se modifican, adicionan y derogan diversas disposiciones del diverso por el que se dan a conocer los Lineamiento para la Operación Orgánica de las actividades agropecuarias publicado en el Diario Oficial de la Federación el 29 de octubre de 2013. <http://www.cofemersimir.gob.mx/expedientes/19467>.
- Nahed T, Sánchez M, Mena Y, Ruiz R, Aguilar J, Castel A, Orantes Z, Manzur C, Cruz L, Delgadillo P. 2013. Feasibility of converting agrosilvopastoral systems of dairy cattle to the organic production model in southeastern Mexico. *Journal of Cleaner Production*. 43: 136-145 p.
- SAGARPA 2016. SENASICA – SIAP. Datos propios.
- SENASICA. 2006. Ley de Productos Orgánicos, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 07 de febrero de 2006. <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LPO.pdf>. Fecha de consulta: 09 de Agosto de 2017.
- SENASICA. 2010. Reglamento de la Ley de productos Orgánicos, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 01 de abril de 2010. http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regley/Reg_LPO.pdf. Fecha de consulta: 09 de Agosto de 2017.
- SENASICA. 2013a. Acuerdo por el que se dan a conocer los Lineamientos para la Operación Orgánica de las actividades agropecuarias, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 29 de octubre de 2013. <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/171419/Lineamientos.pdf>. Fecha de consulta: 10 de Agosto de 2017.

- SENASICA. 2013c. Acuerdo por el que se da a conocer el distintivo nacional de los productos orgánicos y se establecen las reglas generales para su uso en el etiquetado de los productos certificados como orgánicos, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 25 de octubre de 2013. http://www.dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5319617. Fecha de consulta: 11 de agosto de 2017.
- SENASICA. 2016. Convocatoria donde se establecen las bases para obtener la aprobación como Organismo de Certificación de Productos Orgánicos http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5461232&fecha=16/11/2016. Fecha de consulta: 09 de Agosto de 2017.
- SIAP. 2017. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Acciones y Programas. Producción Ganadera. <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/165994/avecarn.pdf>. Fecha de consulta: 11 de agosto de 2017.
- UE. 2016. Unión Europea. Facts and figures on organic agriculture in the European Union. DG Agriculture and Rural Development, Unit Economic Analysis of EU Agriculture. https://ec.europa.eu/agriculture/sites/agriculture/files/markets-and-prices/more-reports/pdf/organic-2013_en.pdf. Fecha de consulta 26 de Julio de 2017.
- USDA 2010. Census of Agriculture. Organic Production. Survey (2008). Volume 3. Special Studies. Part 2. AC-07-SS-2. United States Department of Agriculture. Tom Vilsack, Secretary. National Agricultural Statistics Service. Cynthia Z.F. Clark, Adminsitrator. <https://www.census.gov/history/pdf/2007aghistory.pdf>. Fecha de consulta: 09 de Agosto de 2017.
- USDA. 2016. United States Department of Agriculture. National Agricultural Statistcs Service. Certified Organic Survey. 2015 Summary. September 2016. <http://usda.mannlib.cornell.edu/usda/current/OrganicProduction/OrganicProduction-09-15-2016.pdf>. Fecha de consulta: 28 de Julio de 2017.
- Willer H, Lernoud J. 2017. FIBL & IFOAM – Organics International. The World of Organic Agriculture. Statistics & emerging trends 2017. Editado por Helga Willer y Julia Lernoud. <https://shop.fibl.org/CHen/mwdownloads/download/link/id/785/?ref=1>. Fecha de consulta: 06 de Agosto de 2017.

SITUACIÓN DE LA AGRICULTURA ORGÁNICA EN MÉXICO, RETOS Y PERSPECTIVAS

Homero Blas Bustamante

Presidente de la Sociedad Mexicana de Producción Orgánica y presidente de IFOAM Organics Internacional – Latinoamérica. hblas@somexpro.org

INTRODUCCIÓN

De acuerdo con una encuesta realizada por FiBL e IFOAM Organics en 2017, para 2015 se registran 50.9 millones de hectáreas bajo agricultura orgánica, incluyendo áreas en conversión., de las cuales el 13% está en América Latina, siendo Oceanía la región con más superficie y corresponde al 45% del total. ⁱ

En número de productores para 2015 se registran 2.4 millones, correspondiendo para América Latina el 19% y el 35% en Asia, siendo La India el país con mayor número de productores.

En el Caso de México, los datos arrojados de la encuesta realizada por FiBL e IFOAM, revela que es un país sobresaliente en América Latina, así, por ejemplo, México ocupa el tercer lugar mundial en número de agricultores orgánicos después de India y Etiopía, es también el sexto lugar en superficie de recolección y décimo lugar en número de colmenas para producción de miel orgánica. En el rubro de cultivos México destaca como primer lugar en superficie destinada a café orgánico superando a Etiopía y Perú, en el caso de cítricos después de Italia y España México ocupa el tercer lugar mundial segundo lugar en frutas tropicales superado solo por Kenia.

Lo anterior reafirma el liderazgo de México en el mundo en materia de productos orgánicos y mantiene un crecimiento tanto en superficie como en productores u operadores orgánicos.

En cuanto al mercado de productos orgánicos se ha desarrollado en ambas direcciones, tanto en la exportación como en el mercado interno, en el caso de las exportaciones los principales destinos son Estados Unidos, Canadá, Europa y Japón y en el consumo interno, según la Asociación de Comercio Orgánicos (OTA) de Estados Unidos México es un país consumidor e importamos del mercado estadounidense casi la misma cantidad que les exportamos, de tal forma que solo después de Canadá somos el segundo mercado consumidor de productos orgánicos provenientes del vecino del Norte.

Este dinamismo de exportaciones e importaciones sucede justo en años de operación de la regulación mexicana en materia de productos orgánicos y del inicio de negociaciones en materia de equivalencia tanto con Estados Unidos, Canadá como con la Unión Europea, cuyos objetivos

son facilitar el comercio de productos orgánicos mexicanos en beneficio tanto de consumidores como productores.

Dada la importancia de México en el ámbito internacional, la Sociedad Mexicana de Producción Orgánica en coordinación con la Secretaría de Agricultura, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) buscan tener la sede del Congreso Mundial Orgánico que organiza IFOAM Organics International, de ganar la sede, este evento se llevará a cabo en el 2020.

TENDENCIA MUNDIAL ORGÁNICO

Markus Arbenz, director de IFOAM Organics International dice que “La línea del tiempo de lo orgánico puede ser medida en aproximadamente 100 años: desde los primeros días imaginando lo orgánico por quienes vieron las conexiones entre cómo vivimos, comemos y cultivamos, nuestra salud y la salud del planeta (lo que llamamos ‘Orgánico 1.0’); hasta la formación del movimiento y la codificación en estándares y reglamentos obligatorios que han establecido lo orgánico en 82 países con un valor de mercado de más de \$72 mil millones anuales (llamado ‘Orgánico 2.0’). De cara al futuro, este documento es un llamado a la acción y un llamado por un cambio de paradigma para la siguiente etapa de lo orgánico, de lo que puede y debe ser ‘Orgánico 3.0 ii.

El objetivo general de Orgánico 3.0 es facilitar una amplia adopción de sistemas agropecuarios y mercados sustentables basados en los principios orgánicos e inmersos en una cultura de innovación, de mejora continua hacia las mejores prácticas, la transparencia en la integridad, la colaboración inclusiva, los sistemas holísticos y el precio del verdadero valor. ⁱⁱⁱ

Orgánico 3.0 va mas allá de la producción orgánica certificada, de sellos y abre un abanico con seis características principales:

- 1) Cultura de innovación, más agricultores en conversión, adopción de prácticas orgánicas y mayor productividad;
- 2) Mejora continua hacia las mejores prácticas, a nivel localizado y regionalizado;
- 3) Diversas formas para garantizar la transparencia en la integridad, para ampliar la adopción de la agricultura orgánica más allá de la certificación y garantía de tercera parte;
- 4) Inclusión de un amplio rango de intereses en la sustentabilidad, a través de alianzas con los diversos movimientos y organizaciones que tienen enfoques complementarios para una verdadera agricultura y alimentación sustentables;

- 5) Empoderamiento holístico desde la finca hacia el producto final, para reconocer la interdependencia y reales alianzas a lo largo de la cadena de valor; y
- 6) Valor real y precio justo, para internalizar costos, promover la transparencia para consumidores y para empoderar a agricultores como socios plenos.

Se ha avanzado desarrollando un sistema de certificación confiable apoyado por las regulaciones gubernamentales permitiendo un crecimiento continuo de pocos agricultores en lugares aislados del mundo, hacia un sector globalmente consolidado con millones de productores y consumidores y eso es a lo que llamamos y fue el “Orgánico 2.0”.

En México el movimiento es rico y denota pluralidad y diversidad, hay esquemas de certificación participativa donde la regulación ha quedado rebasada, esquemas de producción agroecológica, sistemas sustentables y cada vez un mayor interés del acercamiento productor consumidor.

El modelo de monocultivos y políticas que refieren “sistemas producto” no han generado el desarrollo del campo mexicano por lo que México debe enfocarse a la búsqueda de una tendencia sustentable alineada a la tendencia mundial cuyo enfoque lo establece el “Orgánico 3.0”.

LA REGULACIÓN DE PRODUCTOS ORGÁNICOS EN MÉXICO

Teniendo como cámara de origen el Senado de la República y con la participación en ese entonces el Senador Gerardo Ricardo Higuera, en diciembre del 2005, el Congreso de la Unión aprobó la Ley de Productos Orgánicos y el siete de febrero del 2006 fue publicada dicha ley en el Diario Oficial de la Federación.

Desde el 2006 al 2013 el sector orgánico trabajó arduamente para sacar adelante la operación de lo establecido en la Ley de Productos Orgánicos, una serie de productos orgánicos ya circulan en el mercado nacional con el uso del distintivo nacional, hay once organismos de certificación orgánica aprobados por la SAGARPA y un organismo de certificación participativa y así también se encuentran en mesas de trabajo tres posibles acuerdos de equivalencia en materia de productos orgánicos, con Estados Unidos, Canadá y la Unión Europea.

La regulación mexicana en materia de productos orgánicos cuenta de cuatro principales documentos:

- La Ley de productos Orgánicos
- El Reglamento de la Ley de productos Orgánicos
- El Acuerdo por el que se establecen los Lineamientos de la Operación Orgánica
- El Acuerdo por el que se establecen los Lineamientos para el Uso del Distintivo Nacional

Como leyes supletorias se consideran la Ley de Metrología y Normalización, La Ley general de Vida Silvestre y la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable.

A casi cuatro años de operación el Consejo nacional de Producción Orgánica tiene en su agenda la actualización y reformas tanto de los Lineamientos a corto plazo como de la Ley y su reglamento en el mediano plazo. Por un lado, se requiere una mayor agilidad para hacer cambios y actualizaciones a nuestro marco regulatorio y por el otro se requiere también avanzar en el crecimiento de la industria, la superficie y el número de productores orgánicos en México.

Por ahora la regulación actual ha permitido, no solo abrir el mercado nacional sino también incursionar en las políticas públicas, ya por cuarto año consecutiva en las Reglas de Operación de la SAGARPA se ha mantenido la componente de apoyos para la producción orgánica.

La implementación de la regulación mexicana ha implicado también encaminar un Sistema de Control cuya responsabilidad la tiene la SAGARPA y es hasta el 2016 cuando el SIAP registra sus primeras estadísticas oficiales y reporta que para ese año se registraron casi 93 mil hectáreas certificadas ya bajo la Ley de Productos Orgánicos.^{iv}

Las mejoras regulatorias que el sector busca actualmente pasan por un proceso complicado de tiempos y procedimientos jurídicos, sin embargo, se espera que al menos en este año 2017 se tenga una nueva versión de Lineamientos para la Operación Orgánica que promueva la producción, certificación y el consumo.

A mediano plazo se trabaja para empujar una reforma a la Ley de Productos Orgánicos, pues a más de diez años de su aprobación y los cambios globales y locales en materia de productos orgánicos demandan mejorar y reorganizar las estructuras, generar mayor transparencia garantizando una mayor participación ciudadana.

Algunos estados como Michoacán y Chiapas han intentado regular en materia de productos orgánicos, eso es muy positivo, sin embargo, deben basar un marco jurídico a partir de lo que establece la Ley Federal, por ejemplo, en el Reglamento de la Ley de Productos Orgánicos, el Artículo 59 establece que:

“La Secretaría conjuntará esfuerzos con las diversas dependencias públicas, Entidades Federativas, y Municipales, instituciones privadas, organizaciones no gubernamentales, universidades e instituciones académicas y de investigación, para organizar cursos, talleres, conferencias y foros, para difundir e intercambiar experiencias en los temas de relevancia, con el objeto de impulsar la producción orgánica y el aprovechamiento de los mercados nacional e internacional”.^v

Es decir, las regulaciones estatales podrán enfocarse al fomento de la producción orgánica e incluso los municipios pueden regular en este sentido y fomentar la producción, la transformación y consumo de productos orgánicos.

POLÍTICAS PÚBLICAS

Entendiendo en este caso como “Política Pública” a las acciones del gobierno que pueda emprender formalmente con el sector orgánico no gubernamental, se tiene como referente a las Reglas de Operación de la Secretaría de Agricultura, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) que cada año se emiten y cuyo presupuesto depende de lo asignado por el la Cámara de Diputados en el Presupuesto de Egreso de la Federación (PEF).

En este sentido, si las Reglas de Operación dependen de un PEF y que la ley Obliga a la SAGARPA presupuestar lo correspondiente a la operación de la Ley de Productos Orgánicos, las políticas públicas en esta materia van a depender de la estructura programática de la SAGARPA puesto que no hay otro organismo con tales facultades. El Consejo nacional de Producción Orgánica se acota a ser un órgano consultivo.

Para este año 2017 en la Reglas de Operación^{vi} por cuarto año consecutivo se ha incluido el componente de “Certificación y Normalización Agroalimentaria” y se estructura de la siguiente manera:

- I. Incentivo para Capacitación e Implantación de Acciones para la Conversión Orgánica
- II. Incentivo para la Formulación del Plan Orgánico y Diseño e implementación de sistemas de control interno
- III. Incentivo para Insumos Orgánicos:
- IV. Incentivo para la Certificación Orgánica
- V. Incentivo para la Evaluación de la Conformidad
- VI. Incentivo para la Impresión y Etiquetado del Distintivo Nacional de los Productos Orgánicos
- VII. Investigaciones y Sistemas de Información para la producción orgánica

Hay otras consideraciones dispersas como por ejemplo en la ponderación de proyectos, se les asignan 15 puntos a los proyectos que involucran “uso de Insumos Orgánicos”.

Como se describe en el capítulo de Regulación de productos Orgánicos en México en este artículo, contamos con una regulación completa y es la base y herramienta jurídica para generar política

pública. En la ley de Productos Orgánicos, específicamente en el Artículo Cuarto Transitorio establece que “Las erogaciones que se generen por la aplicación de la presente Ley deberán cubrirse con cargo al presupuesto aprobado para la Secretaría por la Cámara de Diputados para ese efecto”. Las Reglas de Operación de la SAGARPA es un ejemplo solamente de lo que se puede hacer en otras secretarías, como Medio Ambiente, Salud, Desarrollo Social, Economía, etc., para una mejor articulación del sector productor de orgánicos en México, pero en especial del sector rural con aquellos productores que desean pasar de una producción convencional a un esquema sustentable como la producción orgánica.

La misma SAGARPA debería implementar políticas publicas en materia de “alimentación”, aunque en el nombre de la dependencia incluya “y Alimentación” no se ha reflejado algo concreto para fomentar el consumo de alimentos orgánicos más que las “Exporganicos” que cada año se realiza, sin embargo estos eventos no son de libre acceso para el consumidor y se les cobra a los expositores.

La alimentación con productos orgánicos es un rubro pendiente que la SAGARPA debe valorar e implementar una política pública en pro de una alimentación sana, de producción sustentable y nacional.

PERSPECTIVAS DE LA PRODUCCIÓN ORGÁNICA EN MÉXICO

Producción agrícola

La producción orgánica en México ha venido en aumento, superando a cualquier otro sector del campo mexicano, de acuerdo con Laura Gómez^{vii} en 1996 México contaba con 13,176 productores orgánicos y 23,265 hectáreas bajo este sistema de producción, 19 años después (2015) México registra 200,039 productores 584,093 hectáreas en agricultura orgánica, de acuerdo con la Estadística 2017 de FiBL-IFOAM.

El crecimiento en agricultura ha sido impresionante y hay por crecer mucho más, tal crecimiento no se refiere a nuevas áreas de cultivo sino al rescate de áreas que ya no eran productivas o a producción convencional que se convierten a producción orgánica.

Producción pecuaria

En este rubro no se conocen datos consolidados, pero hay en el mercado nacional leche orgánica, quesos, carne de pavo, huevo, lo cual indica que hay ganadería orgánica certificada bajo la Ley de Productos Orgánicos.

FiBL-IFOAM reportan para México un total de 58,179 colmenas en 2015 y por ello el país se ubica como décimo lugar a nivel mundial, por lo que la producción de miel orgánica es un producto de suma importancia para México.

Recolección silvestre

Algunos productos como damiana, orégano, cactáceas, pero en especial chicle, son los productos que suman ya 1,290,000 hectáreas que superan por mucho la superficie cultivada registrada hasta 2015. Esta producción de recolección silvestre además de cumplir con los requerimientos de la Ley General de Vida Silvestre o la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, cumplen con requisitos adicionales establecidos en la Ley de Productos Orgánicos.

La industria

El procesamiento de alimentos orgánicos es incipiente en México, sin embargo, los productos procesados en México cada vez son más los presentes en los anaqueles de los supermercados. La certificación orgánica también involucra a las plantas de procesamiento de alimentos y por ello también están bajo el control y sujetas a la Ley de Productos Orgánicos y demás disposiciones.

Los productos que ya se procesan en México son, lácteos, mermeladas, edulcorantes, tequilas, mezcales, jugos, vino, pastas y diversa confitería.

El mercado

Si bien es sabido que la producción mexicana es para la exportación, así lo señala las estadísticas mundiales de FiBL-IFOAM, sin embargo, los datos de la Organización de Comercio Orgánico de Estados Unidos (OTA) indica que no solo exportamos hacia los Estados Unidos, sino que, las exportaciones de ese país hacia México también son importantes, tanto que somos el segundo país importador en orden de importancia después de Canadá, para productos estadounidenses.

De acuerdo con la OTA, Estados Unidos exporta productos orgánicos al menos a 104 países, pero los dos más importantes son Canadá y en segundo lugar México.

PERSPECTIVA GENERAL

Con un crecimiento en superficie, en número de productores, aumentando la diversidad de productos, mejorando el sistema de regulación y aumentando el consumo nacional, México actualmente es un país líder en América latina y en el mundo, pero además tiene una perspectiva de crecimiento con enormes oportunidades tanto en la exportación como en el mercado interno, situación que los productores mexicanos debemos aprovechar.

El potencial de crecimiento y liderazgo llevaron a postular a México para ser sede del Congreso Mundial Orgánico para el 2020, compitiendo junto a otros 12 países más tales como España, Francia, Rusia, China, Australia, Canadá, Nueva Zelanda, entre otros, de lograrlo México se convertirá en un referente mundial del sector orgánico.

CONCLUSIONES

1. México ha logrado ser un referente mundial en la producción orgánica, liderazgo que el sector debe mantener.
2. La tendencia en el mundo para productos orgánicos es hacia una apertura a esquemas sustentables por lo que México puede aumentar su potencial.
3. La reforma a la regulación mexicana debe enfocarse hacia la tendencia mundial, es decir pasar del orgánico 2.0 al Orgánico 3.0
4. Los diferentes niveles de gobierno deben generar política pública para cerrar brechas en el desarrollo sustentable, aprovechando las bondades de la Ley de Productos Orgánicos.
5. En los próximos tres años México tiene la posibilidad de convertirse en una potencia mundial en producción y consumo de productos orgánicos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

http://pae.gencat.cat/web/.content/al_alimentacio/al01_pae/13_observatori_pae/EstadistiquesiFitxes/Fitxers/FiBLiFOAMOrganicWorld.pdf

<http://www.fao.org/family-farming/detail/es/c/417679/>

https://shop.ifoam.bio/en/system/files/products/downloadable_products/organic_3.0_summary_es_web_0.pdf

http://nube.siap.gob.mx/gobmx_publicaciones_siap/pag/2016/Atlas-Agroalimentario-2016

<http://somexpro.org/wp-content/uploads/2010/04/reglamento-lpo.pdf>

https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/199509/Programa_de_Productividad_y_Competitividad.pdf

<http://www.biodiversidad.gob.mx/Biodiversitas/Articulos/biodiv55art3.pdf>

<https://ota.com/tradedata>

PRESENTE Y FUTURO DE LA CERTIFICACIÓN ORGÁNICA PARTICIPATIVA EN MÉXICO, EXPERIENCIA EN SAN LUIS POTOSÍ.

Ramón Jarquin Gálvez¹, Claudia Rosina Bara², Gisela Aguilar Benítez³ y Daniela Sánchez Abud⁴

¹ Doctor en Ciencias. Profesor-Investigador de Tiempo Completo. Facultad de Agronomía y Veterinaria. U.A.S.L.P. y Representante legal de Mercado de Productos Naturales y Orgánicos. Macuilli Teotzin A.C.

² Candidata a Doctor en Ciencias Ambientales. UASLP

³ Profesora- Investigadora de Tiempo Completo. Instituto de Zonas Desérticas y de la Facultad de Agronomía y Veterinaria U.A.S.L.P.

⁴ Integrante de la Coordinación del Mercado de Productos Naturales y Orgánicos. Macuilli Teotzin S.L.P

INTRODUCCIÓN

La situación económica en el medio rural del país es compleja ya que prevalecen condiciones de marginación y bajos niveles de bienestar de las familias campesinas. Si bien los problemas de producción son muchos, los de comercialización tienen la misma importancia para los productores. En lo que concierne al consumo, la globalización, la importación de alimentos y la venta a través de supermercados, están inhibiendo cada vez más la capacidad de los consumidores de decidir sobre lo que consumen, a quien le compran y qué sistemas de producción fomentan.

El patrón de consumo de alimentos de los mexicanos en general, se ve cada vez más alterado por el predominio de la comida producida a gran escala por grandes empresas multinacionales que determinan el precio y las condiciones de compra a los productores. A su vez, el sistema de producción alimentario industrial, en dónde los productores primarios desempeñan un papel cada vez menos importante, no considera las condiciones e implicaciones económicas, sociales o culturales que se presentan en las zonas de producción, así como los impactos ambientales del mismo. Este sistema de producción ha traído consecuencias graves como la contaminación del suelo, la sobreexplotación de aguas subterráneas y superficiales y la pérdida de biodiversidad al imponer el monocultivo y la aplicación de insumos de síntesis química (fertilizantes inorgánicos, plaguicidas, fitohormonas, entre otros).

Ante esta situación, existen iniciativas que buscan la recuperación de sistemas productivos de productores de baja escala y cultivos tradicionales, así como el re-establecimiento de relaciones entre la producción y el consumo, en dónde los productores venden alimentos generados de manera agroecológica a nivel familiar y que promueven la soberanía alimentaria, directamente a los

consumidores. Los Sistemas Participativos de Garantía (SPG), son procesos de validación orgánica que comenzaron a surgir en América Latina hace 20 años, teniendo sus mejores ejemplos de operación en países como Brasil, Perú y Uruguay, los que posteriormente fueron reconocidos por la Federación Internacional de Agricultura Orgánica (IFOAM por su siglas en ingles), con el objetivo de fortalecer los mercados locales y nacionales. En México este sistema se denominó **Certificación Orgánica Participativa (COP)** y su finalidad es garantizar la integralidad orgánica de los productos que se venden en estos espacios de compra y venta directa.

Partiendo de lo anterior, en San Luis Potosí a través de proyectos para la producción agroecológica, algunos profesores y estudiantes de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP), en conjunto con productores de las zonas Altiplano y Huasteca del estado, encontraron la oportunidad de abrir canales alternativos de comercialización para productores de baja escala de las cuatro zonas del estado. En el año 2010 se acordó el establecimiento de un mercado orgánico local, con el fin de establecer un intercambio agrícola estatal a nivel familiar y promover relaciones de confianza entre productores y los ciudadanos de la capital de San Luis Potosí. Es así como surgió el **Mercado de Productos Naturales y Orgánicos Macuilli Teotzin** (Cinco soles o deidades por su nombre en Náhuatl), el cual desde 2011 abre sus puertas mensualmente (un sábado al mes) en la ciudad de San Luis Potosí. La certificación de los productos que se comercializan en este espacio, se basa en el esquema de la Certificación Orgánica Participativa, que garantiza a los consumidores el origen, la inocuidad y la producción agroecológica de los productos.

ANTECEDENTES DE LOS MERCADOS ORGÁNICOS EN MÉXICO

Los primeros mercados orgánicos surgen en México a principios de este siglo en Guadalajara, Jal. Xalapa, Ver. Chapingo, Edo de Méx. y Oaxaca, Capital., como una iniciativa principalmente de consumidores conscientes de fomentar una alternativa para apoyar a los pequeños productores y la agricultura familiar, conservar y recuperar recursos naturales y saberes tradicionales, así como fortalecer procesos de producción y consumo locales. De esta manera, a lo largo de los años se han establecido un creciente número de mercados que surgieron en varias ciudades del país con objetivos multivariados. Paralelamente desde la academia (Universidades Públicas e institutos de Investigación) principalmente, se visualizó la necesidad de desarrollar e implementar un proceso participativo que garantizara la integralidad orgánica a los consumidores, y en dónde todos los

actores tuvieran la posibilidad de involucrarse. De esta forma, los nuevos mercados se integraron en lo que en ese entonces se denominó Red Mexicana de Tianguis y Mercados Orgánicos (REDAC), con el objetivo de fomentar la Certificación Orgánica Participativa, denominados en otros países Sistemas Participativos de Garantía (SPG) (Nelson, *et al.* , 2012).

Este modelo de certificación que fomenta sistemas locales de producción y consumo de productos orgánicos, y el acceso de los consumidores a los alimentos ecológicos de calidad, promueve la conciencia hacia el ambiente y la salud tanto de los productores como de los consumidores. Es así que la Certificación Orgánica Participativa está generando un nuevo modelo de producción y comercialización agrícola en el país y representa una oportunidad para las comunidades y pequeños productores del área rural de acceder a mercados locales, o también denominados tianguis orgánicos. Con mercado local se entiende un punto de venta fijo o semifijo, que se instala en una ciudad , en el cuál el productor se vincula directamente con los consumidores, denominados antiguamente *tianguis* derivado de la palabra tianquiztli, de tiamiqui (vender, comer, criar), y es un mercado tradicional que ha existido en Mesoamérica desde la época prehispánica. (Duhau y Giglia, 2007).

La Ley de Productos Orgánicos (D.O.F, 2006), su reglamento (D.O.F. 2010) y los recién aprobados lineamientos para la operación orgánica vigentes en México (D.O.F. 2013), reconocen la certificación participativa, en sus artículos, 24, 14 y 226, respectivamente, como una forma de garantizar la calidad orgánica de los productos a nivel nacional y para la comercialización legalmente productos orgánicos, directa y exclusivamente dentro del territorio nacional. Esto se debió, en buena medida a los esfuerzos de los integrantes de la REDAC que tenían una gran influencia en el establecimiento del marco jurídico de la producción y certificación orgánica participativa en el país. Según la REDAC, la Certificación Participativa es “un proceso colectivo entre productores, consumidores y otros actores, que garantiza la calidad orgánica y sana de productos locales, generados a pequeña escala, basado en relaciones de confianza y que promueven los compromisos de salud, ecología, equidad y certidumbre ambiental”. Es un sistema de certificación gestionado desde un grupo local a través de un proceso participativo en dónde todos actores involucrados en el tianguis (productores, consumidores, promotores, investigadores, estudiantes, etc.) participan colectivamente y de manera directa en el control del proceso productivo para garantizar la integralidad orgánica (REDAC, 2015).

PRINCIPIOS Y PROCESO DE LA CERTIFICACIÓN ORGÁNICA PARTICIPATIVA

Los Sistemas Participativos de Garantía y en el caso de México la Certificación Participativa establecen su base de funcionamiento en los siguientes principios (IFOAM, 2008):

- **Visión compartida** (todos los actores claves (productores, consumidores, distribuidores, comercializadores y otros como ONGs) apoyan en forma colectiva los principios centrales)
- **La participación** (todos actores claves están comprometidos en el diseño inicial y funcionamiento de SPG)
- **La transparencia** (sobre el funcionamiento, proceso y decisiones del mecanismo de garantía)
- **La confianza** (Enfoque basado en la integridad y el compromiso del productor con la protección de la naturaleza y la salud de los consumidores a través de la producción orgánica)
- **Proceso de aprendizaje** (brindar los herramientas y mecanismos para desarrollar capacidades en las comunidades participantes)
- **Horizontalidad** (compartir el poder y responsabilidad colectiva)

Dado que los mecanismos de los SPG son culturalmente y regionalmente adaptables, los principios de la Certificación Participativa en México se amplificaron por los siguientes elementos (D.O.F. 2013):

- Descentralización
- Simplificación
- Adaptabilidad
- Soberanía Alimentaria

Para los productores que opten por la certificación orgánica participativa y su integración en un mercado local, el proceso general se resume en el siguiente esquema:

Figura 1. Esquema del proceso de certificación orgánica participativa



Fuente: National Commission of Participatory Certification, 2015

1. **Solicitud del productor:** El productor contacta al Comité de COP para solicitar la certificación de la unidad productiva. El comité le proporciona los formatos respectivos, así como una guía para la elaboración de un plan de manejo orgánico. También el Comité apoya en la comprensión de los lineamientos de relevancia para la actividad productiva del interesado.
2. **Entrega de solicitud:** El interesado, entrega la solicitud al representante del Comité local de certificación participativa para que pueda ser valorada.
3. **Revisión documental y programación de la visita:** El Comité de COP revisa la solicitud para califican la elegibilidad para su ingreso al mercado y posteriormente a la certificación. Por Ley un productor deberá demostrar calidad orgánica mínimo por tres años para recibir un certificado. Si la solicitud procede, se programa la visita de acompañamiento a la unidad productiva. En caso contrario, se le indicará como obtener asesoría y/o capacitación para realizar nuevamente la solicitud de certificación, una vez demuestre los cambios pertinentes en su proceso productivo y despeje las dudas correspondientes al mismo.

4. **Visita de acompañamiento:** Representantes del Comité realizan una visita a la unidad productiva del candidato, en dónde se verifican los puntos críticos de control y se realiza un levantamiento fotográfico.
5. **Reunión del Comité y reporte de la visita:** El Comité analiza los documentos recabados y genera un reporte en el cual sugiere si la unidad productiva es orgánica, se encuentra en conversión, o bien es rechazada. Se realizan recomendaciones en caso de ser necesario, para posteriormente ser incluidas en un dictamen técnico. Este reporte es Revisado por una Comisión de Evaluación, integrada por el coordinador del mercado y dos personas más, para verificar la calidad del mismo y ratifica o no la sugerencia del reporte.
6. **Emisión del dictamen:** Una vez que el Comité haya determinado el estatus de la unidad productiva analizada, se elabora un dictamen completo y desglosado. En el documento el comité podrá emitir recomendaciones al productor para mejorar su proceso productivo y/o de comercialización. En caso de ser rechazado, el productor puede apelar la decisión y/o recibir capacitaciones para adecuar su proceso de producción y realizar nuevamente la solicitud, como se explicó anteriormente.
7. **Expedición del certificado:** En caso que el productor haya logrado la certificación, el Comité entrega un certificado con las características requisadas en los Lineamientos para la Operación Orgánica de las Actividades Agropecuarias. Se verifica que el expediente se encuentre completo y en orden para consultas futuras.
8. **Monitoreo, actualización y capacitación:** En caso que el Comité haya realizado recomendaciones a la unidad productiva, el productor deberá implementarlas, en la medida de lo posible en el transcurso de un año. Así mismo, el Comité actualiza al productor sobre cambios en la normatividad y procura la capacitación en distintos aspectos relacionados con la producción orgánica.

EL MERCADO DE PRODUCTOS NATURALES Y ORGÁNICOS MACUILLI TEOTZIN, SAN LUIS POTOSÍ

Antecedentes

Como se mencionó anteriormente, idea de crear un mercado de productos naturales y orgánicos en la ciudad de San Luis Potosí inició en 2010 como resultado de la interacción de productores participantes en proyectos de formación campesina alternativa. Estos proyectos desarrollaron la

metodología Escuelas de Campo y Experimentación para Agricultores (ECEA) (Jarquin y Castro, 2016), en dónde se llevó a cabo la formación de educadores campesinos o promotores validando tecnologías agroecológicas compatibles con la agricultura orgánica, quienes, a su vez formaron a compañeros productores en sus localidades. En conjunto con estos promotores y académicos de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la UASLP¹, se acordó después del VIII Encuentro Nacional de Escuelas Campesinas en 2010, crear un tianguis orgánico en la capital de San Luis Potosí, con el fin de establecer un intercambio agrícola entre productores del estado y los ciudadanos de la capital de San Luis Potosí. Es así que, el Mercado de Productos Naturales y Orgánicos Macuilli Teotzin nace como resultado de proyectos previos de investigación, validación y transferencia de tecnología para la producción orgánica principalmente de nopal y café y de forma complementaria de piloncillo, miel, vainilla y quesos de cabra. Actualmente participan alrededor de 30 productores de las 4 regiones de San Luis Potosí: Altiplano, Huasteca, Zona Media y Zona Centro. Entre los productos ofertados en la actualidad se encuentran: piloncillo, vainilla (y artesanías de estas), café, nopal fresco y derivados, pan artesanal, aromáticas y medicinales, mermelada, miel y derivados, artesanías, y cada vez más se están integrando productores de productos frescos como son queso de vaca, frutas y hortalizas.

Estructura organizativa y funcionamiento del mercado

El Mercado de Productos Naturales y Orgánicos Macuilli Teotzin está organizado como Asociación Civil y cuenta actualmente con 3 Comités de Certificación Orgánica Participativa (CCOP), distribuidos en el Altiplano, la Huasteca y la Zona Centro. El día 30 de agosto del 2016 recibió el reconocimiento oficial por parte de SAGARPA-SENASICA para desarrollar la Certificación Orgánica Participativa, siendo el primer SCOP con registro ante estas instancias². Cada CCOP se compone por representantes académicos (o técnicos), productores y consumidores capacitados en aspectos de la Ley de Productos Orgánicos (LPO) y el proceso de Certificación Participativa (CP) dando constancia de ello documentalmente. Ellos actúan como grupo de control interno, para verificar el cumplimiento de los Lineamientos de Operación Orgánica de las Actividades Agropecuarias en México en la unidad de producción de los miembros del tianguis. Son los productores mismos en conjunto con por lo menos un representante de la instancia técnica y un consumidor quienes realizan la visita de acompañamiento de nuevos productores que solicitan

¹ Universidad Autónoma de San Luis Potosí

ingresar al Mercado Macuilli. Su trabajo se basa en una participación voluntaria, por lo que no reciben remuneración alguna. Los productores interesados en ingresar al tianguis sólo se hacen responsables de los gastos operativos (traslado, alimentación y hospedaje (si es el caso) de los integrantes del CCOP) al realizar las visitas de acompañamiento.

Con vigencia de 5 años a partir de la fecha de emisión, conforme a los siguientes alcances: producción vegetal, producción animal (domésticos), producción clase fungi, procesamientos de productos de las actividades agropecuarias, y comercialización de productos de las actividades agropecuarias (SENASICA-OCOP-24-001).

Requisitos de integración y proceso de Certificación Participativa

Para que los productores puedan integrarse al mercado, tienen que presentar su solicitud de ingreso que implica el llenado de algunos documentos básicos y ciertas actividades:

1. Solicitud de ingreso al mercado orgánico
2. Cuestionario
3. Programación de visita de acompañamiento
4. Carta de compromiso
5. Plan de manejo orgánico

Estos documentos se revisan en los comités locales de CP. Los requisitos mínimos de ingreso al mercado son:

- a) Que sus procesos de producción apliquen principios agroecológicos, para lo cual deberán demostrar experiencia y conocimiento en los lineamientos para la producción orgánica en México
- b) Que los productos sean de origen potosino
- c) Vender directamente sus productos por lo menos un día al mes de acuerdo al calendario preestablecido en la asamblea de integrantes del mercado
- d) Ofrecer sus productos a precios justos
- e) Garantizar la transparencia y honestidad sobre sus procesos de producción

Los productores que cumplen con estos requisitos pueden incorporarse como integrantes del mercado con sus productos en la sección de: “natural”, “transición”, “orgánico”, “biodegradable” o “artesanías”. En caso contrario, si el productor no cumple con las normas establecidas, su participación en el tianguis será “rechazado con apoyo de asesoría técnica”. Este puede someter su

solicitud al siguiente año, después de haber hecho las modificaciones respectivas. Si el productor ya tiene una certificación por parte de una agencia o está certificado por otro mercado orgánico con Certificación Participativa puede ingresar al tianguis con una solicitud y la documentación comprobatoria.

Para poder garantizar el cumplimiento de los productores en apego a las recomendaciones establecidas a largo plazo, los Comités locales conducen cada año visitas a las unidades de producción de cada productor integrante del mercado. En las unidades de producción se da seguimiento *in situ* a las acciones que debieron realizar a lo largo de 12 meses. Si el productor muestra avances, el dictamen se ratifica. Las visitas de seguimiento evalúan procesos, no acciones en específico, es decir se consideran los avances y la voluntad de realizarlos. Los productores tienen la opción de solicitar a la coordinación del mercado capacitación específica para atender las observaciones.

El Mercado Macuilli, ha permitido además integrar y sistematizar académicamente, suficiente información sobre las tendencias de consumo y tipo de consumidor que acude a estas instancias, ratificando su papel alternativo en varios aspectos, como lo reportado por Bara y Jarquin (en revisión), después de haber encuestado a 110 consumidores en el propio mercado Macuilli entre septiembre y diciembre del 2016 en cuyos resultados se observa que el nivel económico de los consumidores es bajo y que consideran justos los precios de venta y no alto (Figura 2 y Figura 3) y que la mayoría son compradores locales y no extranjeros como normalmente se ha estigmatizado a los productos orgánicos (Tabla 1).

Figura 2. Nivel económico de los consumidores del Mercado Macuilli

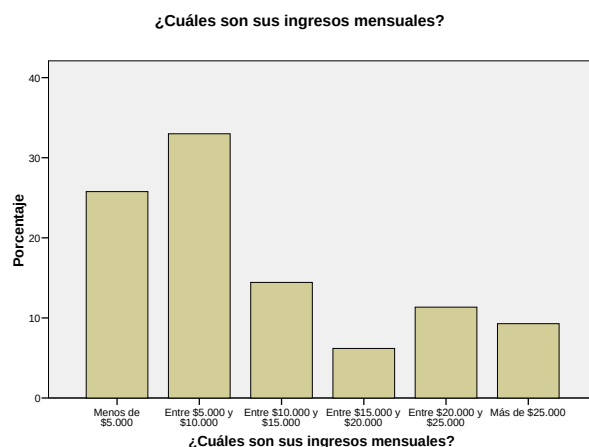


Figura 3. Percepción del consumidor sobre los precios de los productos del mercado Macuilli



Escala (2 nada justo, 3 regularmante justo, 4 justo, 5 suficientemente justo, 6 bastante justo, excelentemente justo)

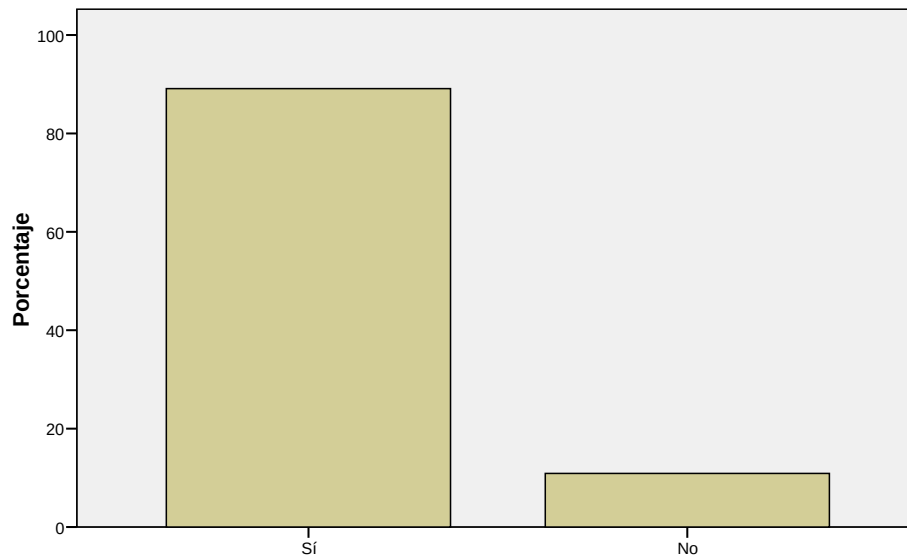
Consumidores	% de la muestra
San Luis Potosí	80.9
Soledad de Graciano Sánchez	7.3
Otros	11.8
Nacionales	93.6
Extranjeros (Alemania , Bélgica , Perú)	6.4

Tabla 1. Origen de los consumidores del mercado Macuilli

Así mismo a través de este estudio se ha ratificado la trascendencia que guarda la certificación para los consumidores (Figura 3)

Figura 3.- Importancia de la certificación orgánica de los productos del mercado para los consumidores.

¿Usted piensa que es importante tener un sistema que respalda de manera formal la producción orgánica de los productos?



¿Realmente es una alternativa la certificación Orgánica participativa para nuestro país?

Desde nuestra perspectiva y de acuerdo a los resultados obtenidos, este tipo de certificación, es la única opción que tienen los productores más vulnerables de nuestro país, para recibir un reconocimiento por la protección de su patrimonio natural, cultural y productivo. Con el cuál, real y legalmente pueden obtener un valor agregado de su esfuerzo.

La C.O.P. genera en los mal llamados “pequeños productores” elementos tangibles de autogestión y esperanza para continuar haciendo lo que saben y ofreciendo al oportunidad a los consumidores de la ciudad a consumir, sano y cercado, al fortalecer las redes de circuitos y cadenas cortas de producción y consumo de alimentos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Diario Oficial de la Federación. México, D.F. (7/02/2006).
- Diario Oficial de la Federación. México D.F. (26/03/2010).
- Diario Oficial de la Federación. México D.F. (28/10/2013).
- IFOAM (International Federation of Organic Agriculture Movements). 2013. *Sistemas Participativos de Garantía - Estudios de caso en América Latina*. Bonn: IFOAM
- IFOAM Organics International. s.f. Participatory Guarantee Systems (PGS). Recuperado el 04 de 11 de 2016 de International Federation of Organic Agriculture Movements: <http://www.ifoam.bio/en/organic-policy-guarantee/participatory-guarantee-systems-pgs>

IFOAM. 2008. Lineamientos para SPG. Cómo pueden desarrollarse y funcionar los Sistemas Participativos de Garantía. Recuperado el 04 de 11 de 2016, de International Federation of Organic Agriculture Movements: http://www.ifoam.org/sites/default/files/page/files/pgs_guidelines_es.pdf

Jarquín G.R. y Castro T. N. 2016. Caficultores y académicos generan conocimientos. Avances de las ECEA en la Huasteca potosina. *Leisa Revista de Agroecología*. Vol. 32, Núm. 1 13-15 pp.

National Commission of Participatory Certification. 2015. *Diagnóstico y capacitación en Certificación Orgánica Participativa*. Recuperado el 04 de 11 de 2016, de Tianguis y Mercados Orgánicos: <http://tianguisorganicos.org.mx/wp-content/uploads/ReporteCP2015.pdf>

Nelson, E., Schwentesius Rindermann, R., and Gómez Tovar, L. 2012. Los mercados locales orgánicos y la certificación participativa en México. In *Competencia y dinámicas de ajuste en la horticultura* edited by H. Gaxiola Carrasco, R. Schwentesius Rindermann, M. Gómez Cruz, B. Avendaño Ruiz, and J. Trujillo Félix. Sinaloa: Universidad Autónoma de Sinaloa: 535-545

REDAC (Red Mexicana de Tianguis y Mercados Orgánicos). 2015. *Guía informativa sobre la certificación participativa*. Guadalajara: Ecotlan.

Duhau, E., and Giglia, A. 2007. Nuevas centralidades y prácticas de consumo en la ciudad de México: del microcomercio al hipermercado. *Revista Eure*. Vol. 33 No. 98, 77-95.

CALIDAD E INOCUIDAD DE LA LECHE PRODUCIDA EN UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN ORGÁNICA: UNA REVISIÓN

Rey Gutiérrez Tolentino*, Salvador Vega y León, Jorge Luis Ruiz Rojas, Claudia Cecilia Radilla Vazquez**, José Jesús Pérez González, Rutilio Ortiz Salinas, Beatriz Schettino Bermúdez, Arturo Escobar Medina

Departamento de Producción Agrícola y Animal, **Departamento de Atención a la Salud, Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco, Clazada del Hueso 1100, col. Villa Quietud, 04960, Coyoacán, CDMX, México. *: reygut@correo.xoc.uam.mx

ANTECEDENTES

A lo largo de la historia y hasta la actualidad, la alimentación ha sido una de las necesidades básicas y prioritarias de las sociedades. Hoy en día, implica una problemática tecnológica, ambiental, económica y política compleja, a la par de un incremento en la demanda de alimentos de alta calidad e inocuidad, que provengan de sistemas de producción amigables con el ambiente. Ante ello, las alternativas de producción sustentable basadas en los principios de la agroecología y la producción limpia adquieren cada vez mayor importancia. Entre dichas alternativas se encuentra la ganadería orgánica (Aguilar *et al.*, 2012).

La ganadería orgánica, ecológica o biológica, es un sistema de producción con unas bases técnicas y una normativa propia que tiene como principal objetivo obtener alimentos de máxima calidad sin utilizar sustancias químicas de síntesis (plaguicidas, abonos químicos, etc.) ni organismos genéticamente modificados (Pérez y Romero, 2014). En la Figura 1 se muestra en términos generales los principios básicos de la ganadería orgánica.

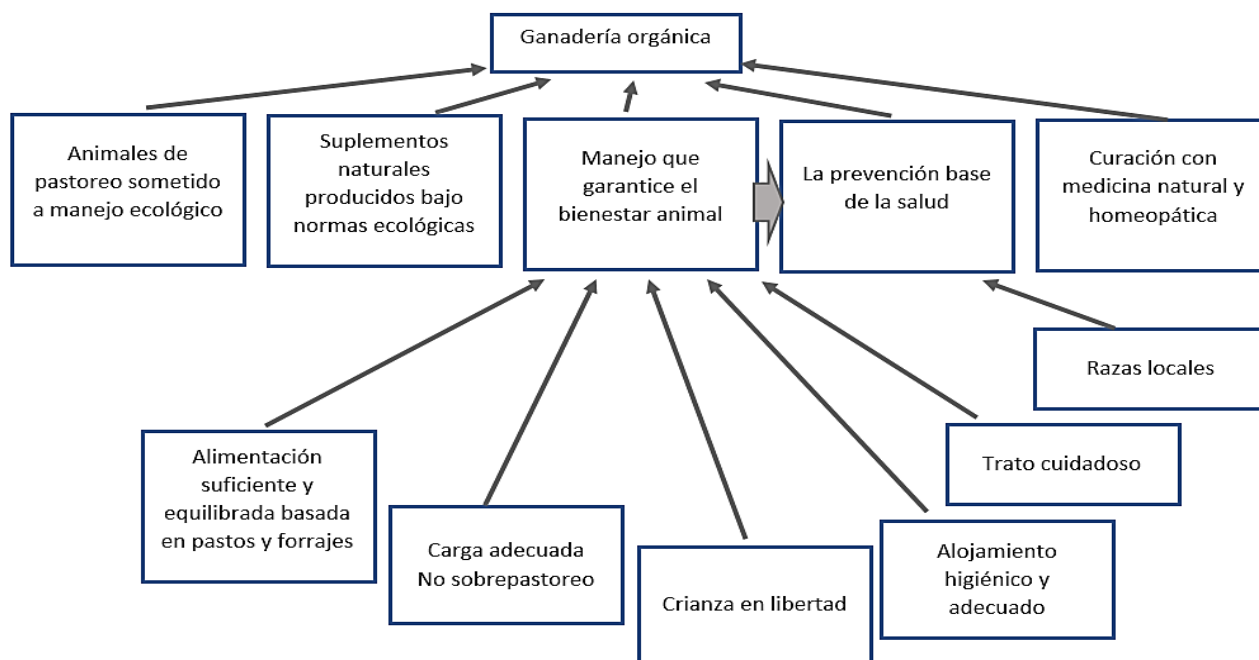


Figura 1. Principios básicos de la ganadería orgánica

Modificado de: Rebollo y García, S/A y Pérez y Romero, 2014.

Es por ello, que las vacas en producción de leche orgánica deben recibir una alimentación más saludable; en lugar de cultivos que utilizan agroquímicos y transgénicos, los medicamentos deben ser de origen biológico, a no ser que la normativa obligue a usar determinados medicamentos de origen químico, y se prohíbe el uso de sustancias artificiales para estimular el crecimiento y la reproducción del ganado (Calderón *et al.*, 2014), además sólo se permiten dos vacas lecheras por hectárea (Moreno, 2013), todo ello para obtener una leche de calidad.

En México la definición de leche de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana 243-SSA1-2010 es “la secreción natural de las glándulas mamarias de las vacas sanas o de cualquier otra especie animal, excluido el calostro” (SSa, 2010). No obstante todavía no se acuerda la definición de leche orgánica.

Se estima que la población mundial consume anualmente cerca de 500 millones de toneladas de leche en diversas presentaciones para alimento humano. El 85% corresponde a leche de vaca y el resto a otras especies (búfala 11%, cabra 2% y otras 2%). La leche de búfala sólo tiene importancia en el comercio local de países del sur de Asia (India y Paquistán) (SE, 2012). En México cada

habitante ingiere diariamente un poco más de un cuarto de litro de leche (280 mL), ya sea en consumo directo o a través de algún derivado (INEGI, 2015).

El consumo de productos orgánicos en México es mínimo, solamente se destina al mercado interno el 15% de la producción y es importante señalar que de este porcentaje únicamente el 5% se comercializa como producto orgánico mientras que el 10% restante se comercializa como producto convencional (Díaz *et al.*, 2015).

La producción de leche orgánica se destaca por la mayor producción de cultivos y fertilizantes libres de pesticidas, prolongada estación de pastoreo y estrategia anti parasitaria sin drogas, entre otros factores, con lo que cumple su objetivo principal de mejorar el bienestar y la salud animal (Olarte, 2013).

Los alimentos orgánicos deben estar certificados, las certificaciones tienen por objetivo asegurar que la producción cumpla con estándares muy rigurosos, determinados por empresas nacionales y extranjeras. A los productores se les somete a distintos procesos de análisis y pruebas que vigilan el cumplimiento de la norma orgánica (Monroy, 2008).

En México, la sociedad civil Certificadora Mexicana de Productos y Procesos Ecológicos (CERTIMEX) realiza actividades de inspección y certificación de productos y procesos orgánicos de acuerdo a normas, reglamentos y leyes nacionales e internacionales con competencia, independencia e imparcialidad (Vega, 2012). Sin embargo, uno de los principales problemas en América Latina es que la certificación depende principalmente de empresas extranjeras, lo que encarece aún más los alimentos, costando hasta 30% más caros (Monroy, 2008).

Calderón *et al.* (2014) mencionan que los consumidores deciden comprar leche orgánica por la utilidad en salud, además de la percepción sobre riesgos y peligros transmitidos por los alimentos tradicionales, lo cual depende de factores socioeconómicos. Aunque el cuidado por el ambiente influye en el consumo de productos ecológicos.

Junto con el aumento de la producción orgánica, han surgido diversos cuestionamientos por parte de los consumidores, los cuales buscan saber específicamente que beneficios trae el consumo de productos orgánicos al ser humano, o si su composición nutricional es diferente a sus equivalentes tradicionales (Contreras, 2013).

Una clara comparación entre la calidad y composición de los productos orgánicos y convencionales es difícil de establecer, debido a la gran variación entre los sistemas de producción, relacionado

entre otras cosas con el grado de intensificación, manejo nutricional y razas utilizadas (Ángeles *et al.*, 2014).

CALIDAD NUTRIMENTAL DE LA LECHE ORGÁNICA

En general, la leche tiene el mismo contenido nutricional tanto si procede de formas convencionales de recolección como si procede de animales criados con las características de la producción orgánica (Galiano y Moreno, 2016).

La composición grasa de la leche está conformada en su mayoría por triacilglicéridos (aproximadamente 98%), diacilglicerol (2%), colesterol (menos del 0.5%), fosfolípidos (alrededor del 1%) y ácidos grasos libres (0.1%). Debido a que la grasa de la leche se encuentra relativamente emulsificada, es de fácil digestión (Maza y Legorreta, 2011).

San Juan (2014) menciona que, al comparar la composición de la leche de vaca procedente de sistemas de producción orgánico y convencional, se encuentran niveles similares de grasa total, pero en la leche orgánica existen niveles más altos de ácido linoleico conjugado, ácidos grasos omega 3, ácidos grasos poliinsaturados, α -linolénico y de antioxidantes solubles en grasa, tales como la vitamina E (α -tocoferol), β -caroteno (precursor de vitamina A) y otros antioxidantes (luteína y zeaxantina). Asimismo Tena (2014) menciona que en lo que respecta a la mayor presencia de ácidos grasos omega-3, de ácido vaccénico y de ácido linoleico conjugado en la leche y derivados de origen orgánico, hay que atribuirlo al régimen alimenticio de los animales.

De igual manera, Zapata (2014) indica que la leche orgánica es un producto de mayor valor nutricional al contener más materia seca y menos agua por unidad de producto fresco y a su vez contiene mayor cantidad de vitaminas y oligoelementos, además aporta ácidos grasos omega 3 ayudando al sistema cardiovascular y a la función cerebral.

De igual forma se ha observado que la relación entre los principales compuestos de la familia de los omega-3 y los omega-6 mejora si aumenta la proporción de hierba y heno en la alimentación de los animales y/o disminuye la proporción de concentrados. Dado que las vacas lecheras orgánicas se alimentan principalmente de hierba y heno, así la leche orgánica tiene normalmente una composición lipídica más saludable que la leche de las vacas convencionales de alto rendimiento, alimentadas a base de una alta proporción de alimento concentrado (FiBL, 2017).

Villar *et al.* (2011) observaron que el valor medio del contenido en ácidos grasos saturados es inferior en la leche de producción orgánica que, en las convencionales, las diferencias sólo son

estadísticamente significativas respecto a las convencionales extensivas. También los contenidos en omega 3 y ácidos grasos conjugados del linoleico en la leche orgánica son superiores a los valores encontrados para las convencionales (extensiva e intensiva), siendo el contenido en ácidos grasos conjugados del linoleico de la leche orgánica un 29.6% superior al de las extensivas y más del doble (115%) del contenido de la leche producida en las intensivas como se muestra en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Perfil de ácidos grasos en la leche de tanque en función del tipo de explotación

Característica (% sobre grasa)	SIGNIFICANCIA ESTADÍSTICA	Producción orgánica	Convencionales	
			Extensiva	Intensivas
		Media $\pm$ DS	Media $\pm$ DS	Media $\pm$ DS
Total, Saturados	***EC-IC ***EC-EX ***EX-IC	65.14b $\pm$ 3.15	66.94a $\pm$ 3.09	66.79ab $\pm$ 2.45
Total, Insaturados	*EC-EX *EX-IC	31.16a $\pm$ 3.02	29.92b $\pm$ 2.84	30.64a $\pm$ 2.59
Ac. Butírico (4:0)	**	3.8a $\pm$ 0.33	3.82a $\pm$ 0.27	3.6b $\pm$ 0.28
Ac. Oleico (18:1) (1)	*EC-EX	25.16a $\pm$ 2.57	24.37b $\pm$ 2.83	24.58ab $\pm$ 2.20
Ac. Linoleico (18:2) (W6)	***EC-IC ***EX-IC	2.02b $\pm$ 0.38	2.00b $\pm$ 0.28	2.93a $\pm$ 0.52
Ac. 1-Linolénico (18:3) (W3) (2)	***	0.65a $\pm$ 0.13	0.54b $\pm$ 0.09	0.46c $\pm$ 0.08
Ácidos grasos conjugados del linoleico (3)	***	1.27a $\pm$ 0.63	0.98b $\pm$ 0.41	0.59c $\pm$ 0.15
Relación (W6/W3)	***EC-IC **EC-EX ***EX-IC	3.24c $\pm$ 0.97	3.83b $\pm$ 0.84	6.58a $\pm$ 1.56

Ácidos grasos monounsaturados	*EC-EX	27.21a ± 2.50	26.41a ± 2.47	26.66a ± 2.15
Ácidos grasos poliinsaturados	*** EC/EX *** EX/IC	3.94a ± 0.72	3.52b ± 0.52	4.04a ± 0.58
PUFA/saturados	*** EC/EX *** EX/IC	0.061a ± 0.013	0.053b ± 0.01	0.060a ± 0.01

* P< 0.05; ** P< 0.01; *** P< 0.001; N.S. Diferencias No Significativas.

(1) Sólo se incluye el isómero Cis-9 (C18:1);

(2) Sólo se incluye el isómero Cis-9,12,15 (C18:3);

(3) Sólo se incluye el isómero Cis-9, trans-11 (ácido ruménico)

Fuente: Villar *et al.* (2011)

Sin embargo, Balaciano (2014) menciona que, los estudios comparativos de alimentos orgánicos vs convencionales son estudios analizados con baja calidad metodológica, no aleatorizados y muy heterogéneos. Además, no se han analizado variables relevantes como mortalidad, morbilidad y calidad de vida; tampoco se ha estudiado si los beneficios observados serían clínicamente relevantes. Actualmente, las guías nacionales e internacionales recomiendan una alimentación variada que contenga diferentes alimentos como frutas, vegetales, carnes, granos y lácteos; sin hacer hincapié en su forma de cultivo.

Una pregunta que algunos se plantean es: ¿es mejor el alimento orgánico para el consumo humano? Mientras no existan estudios epidemiológicos acerca de los efectos de dichos productos en la salud humana, resulta difícil responder a esa pregunta (Espinoza *et al.*, 2009).

INOCUIDAD DE LA LECHE ORGÁNICA

Un alimento inocuo es aquel que está libre de contaminantes perjudiciales para la salud del consumidor. Entre las causas que afectan la inocuidad de un producto ganadero están las sustancias químicas sintéticas (plaguicidas, hormonas, antibióticos, desparasitantes), biológicas (virus, bacterias, hongos, parásitos) y físicas (pedazos de metal, astillas, estiércol, etc.). Según lo establece el código que reglamenta la calidad e inocuidad de los alimentos (*Codex Alimentarius*), un alimento se considera contaminado cuando contiene alguno de estos contaminantes en concentración mayor a las permitidas. Dichas características, junto con las organolépticas y nutricionales, constituyen la

calidad sanitaria y nutricional de un alimento, además brindan un alto grado de confianza para el consumidor (Gómez *et al.*, 2011).

La producción de alimentos orgánicos no están exentos de presentar contaminantes químicos a pesar de que se cumplan las buenas prácticas agrícolas, ya que no se han reportados diferencias fundamentales entre las enfermedades que se presentan en el ganado lechero en los sistemas de producciones orgánicas y convencionales con respecto a desórdenes metabólicos, mastitis y parasitosis (internas y externas) lo que conlleva a que los tratamientos con medicamentos son similares, pudiendo aparecer estos como residuales (Gutiérrez *et al.*, 2013).

La NMX-F-700-COFOCALEC-2004 establece que en la leche destinada al consumo humano no deben existir residuos de antibióticos. Su presencia indica el uso indiscriminado de antibióticos, la leche es una materia prima de consumo humano y puede haber riesgos en la salud pública o resistencia bacteriana en humanos por el consumo de productos de origen animal con residuo de antibióticos (Sánchez *et al.*, 2014).

Sánchez *et al.* (2014) en su estudio comparativo de la calidad de la leche en unidades de producción orgánica y convencional del municipio de Mezcalapa, Chiapas encontraron residuales de antibióticos en la leche procedentes de explotaciones convencionales como orgánicas, siendo mayor la presencia de sulfamidas con un 43% y 33%, para la leche procedente de sistemas de producción convencional y orgánica respectivamente, seguida de residuos de tetraciclina (3.03% y 2.70%, respectivamente) y siendo negativas para B-lactámicos.

Fuentes *et al.* (2014) en su estudio con vacas Jersey de tres años de edad en promedio, criadas bajo un sistema de producción con manejo orgánico, encontraron que las bacterias mesofílicas y coliformes, exceden los límites máximos permitidos por la NOM-243-SSA1-2010 "Productos y servicios. Leche, fórmula láctea, producto lácteo combinado y derivados lácteos", que indica que no deberán contener más de 100 UFC/g de microorganismos no patógenos y 0 UFC/g de organismos patógenos, como la *Salmonella* spp, el *Staphylococcus aureus* y la *Listeria monocytogenes* y además, contener menos de 3 NMP/g por mL de producto; esto es un indicador de que hay problemas de contaminación durante el proceso, pudiendo ser los utensilios para la elaboración de productos lácteos, agua, empaquetado, higiene de la mesa de trabajo, operador o refrigeración inadecuada.

Rodríguez *et al.* (2010) en su estudio compararon la incidencia de la contaminación por *Staphylococcus aureus*, que es un agente que causa mastitis. Alguna de sus cepas producen

enterotoxinas termorresistentes, capaces de provocar intoxicaciones alimentarias. La presencia en leche de este patógeno se detectó en una muestra de leche convencional (16%) y en 11 muestras de leche orgánica (36%). En la producción de leche orgánica existe el riesgo de contagios en el ganado por microorganismos patógenos. Esto derivado a las limitaciones que este sistema de producción pone al uso de antibióticos para el tratamiento de infecciones.

Ortiz (2014) y Landeros *et al.* (2012) mencionan un estudio donde se tomaron 9 muestras de leche cruda, 20 muestras de leche ultrapasteurizada y 15 muestras de leche orgánica, para determinar la ocurrencia de aflatoxina m1 y se determinó que el 59% de las muestras presentaron niveles de aflatoxina m1 y todos los casos se encontraron por encima del límite máximo de residuo de la UE 0.05ppb.

Sin embargo, Palacios *et al.* (2017) cita un artículo donde evaluaron la salud general de las vacas y la calidad de su leche en granjas convencionales, en ganaderías orgánicas con cierta antigüedad en estos procedimientos (antes de 1990), en ganaderías orgánicas convertidas más recientemente (antes de 1995), y en ganaderías recién convertidas a orgánica. El estudio concluyó que cuanto más tiempo lleve un rebaño explotado bajo las condiciones de la producción orgánica, mejor es su calidad e inocuidad de la leche.

Asimismo, en la leche cruda existen diversos grupos de sustancias con actividad antimicrobiana, como el sistema lactoperoxidasa, lactoferrina y otras proteínas que se asocian al hierro, protegiendo la leche contra el deterioro e inhibiendo el desarrollo de bacterias patogénicas (OPS, 2016).

Por otro lado, la leche orgánica no contiene hormonas sintéticas, está prohibido el uso de ellas para estimular a las vacas a producir leche, las hormonas incluso en muy pequeñas cantidades pueden causar cambios metabólicos en las personas (Toro y Madrid, 2011).

Algunas ventajas y oportunidades de la producción de la leche orgánica

- Las condiciones agronómicas en México son idóneas para producir leche en base a pastos y recursos forrajeros propios que es la base de la alimentación animal en la normativa orgánica.
- La producción de leche orgánica supone una diferenciación en los mercados y un mayor valor añadido de la leche y los productos derivados.
- Puede constituir una alternativa para las zonas geográficas desfavorecidas.
- La demanda de productos orgánicos muestra una tendencia al alza.

- Se adapta a las crecientes exigencias medioambientales y reduce la problemática ligada a la gestión de residuos (Villar y Salcedo, 2011)

EL PROCESO DE INDUSTRIALIZACIÓN DE LA LECHE FLUIDA

La producción de los diferentes tipos de leche fluida combina una serie de operaciones como la clarificación y separación (para la producción de leches con menor contenido de grasa), estandarización, pasteurización o ultrapasteurización, y homogeneización como se muestra en la Figura 2. El objetivo de someter la leche cruda a estos procesos es obtener un producto de calidad sanitaria y organoléptica adecuada para las necesidades del mercado (Pérez, 2011).

En México los productos lácteos como son los quesos y los yogurts, así como las leches industrializadas: pasteurizada, ultrapasteurizada y en polvo, ocupan los primeros lugares de comercialización manifestando una tendencia hacia el abastecimiento de las zonas urbanas, ya que estas poseen vías de comunicación accesibles y concentran grupos con niveles de ingreso más altos, en contraste con las zonas no urbanas, donde el consumo de lácteos se limita principalmente a leche cruda y productos artesanales (SE, 2012).

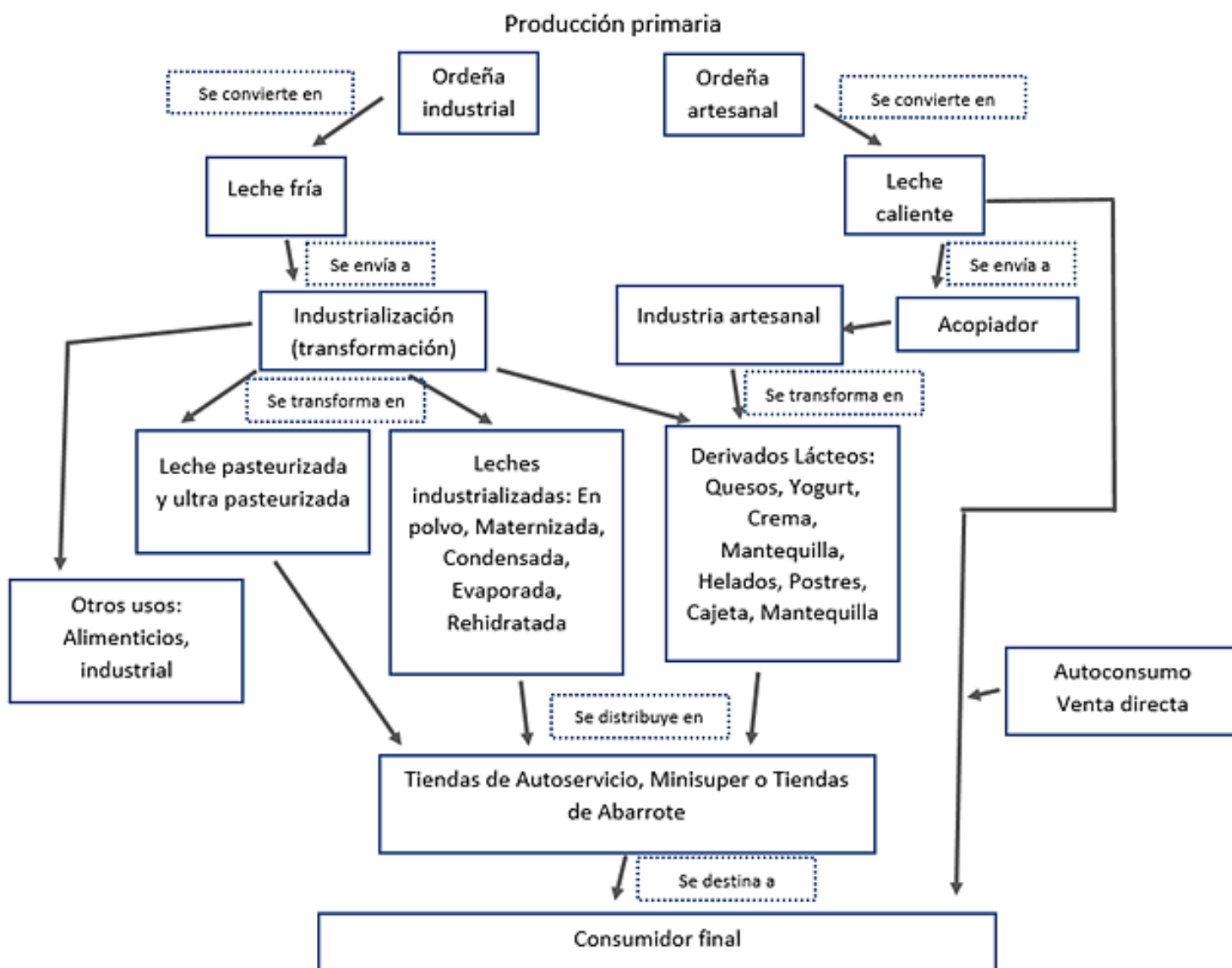


Figura 2. Diagrama de transformación y distribución de la leche

Fuente: Modificado de Secretaría de Economía, 2012.

CONCLUSIÓN

Es posible que la leche orgánica presente menos residuos químicos en comparación con la leche convencional; el riesgo que la leche convencional podría representar para la salud humana radica en residuos de aditivos, pesticidas o medicamentos, sin embargo la leche orgánica podría tener presencia de toxinas de origen microbiano y otras formas naturales de contaminación. Por otro lado, hacen falta estudios epidemiológicos para determinar si el consumo de alimentos orgánicos presenta beneficios adicionales para la salud en comparación con su contraparte.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguilar R., Nahed J., Parra M., García L., Ferguson B. (2012). Medios de vida y aproximación de sistemas ganaderos al estándar de producción orgánica en Villaflores, Chiapas, México. *Avances en Investigación Agropecuaria*; 16(3): 21-51.

Ángeles Hernández J. C., Pérez Hernández A. H., Malcher Pérez Rocha J., González Ronquillo M. (2014). Producción orgánica de leche de oveja. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*; 17: 49 – 62.

Balaciano G. (2014). La alimentación orgánica en comparación con la alimentación convencional no tendría beneficios en la salud. *Evid Act Pract Ambul*; 17(4):122.

Calderón García A., Tobón Orozco D., Cardona Nieto V., Agudelo Viana G. (2014). Características, incentivos a la producción y disponibilidad a pagar por leche ecológica en medellín. *Semestre Económico*;35: 43-74.

Contreras Rivas M. J. (2013). Aspectos de la producción bovina en sistemas orgánicos, con énfasis en la reproducción: Revisión bibliográfica. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Veterinarias Instituto de Ciencia Animal. Disponible en: <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2013/fvc764a/doc/fvc764a.pdf> Consultado el 26 de julio de 2017.

Díaz Viquez A., Pérez Hernández A., Hernández Ávila J. (2015). Caracterización del consumidor de productos orgánicos en la Ciudad de Toluca, Méx. *Revista Mexicana de Agronegocios*;36: 1178-1187.

Espinoza J., Palacios Espinoza A., Guerrero Islas D., González Peña D. (2009). La ganadería orgánica: Aspectos generales. *Ciencia y Tecnología Ganadera Vol. 3 No. 2*, p. 51-59

Fuentes Coto G., Ruiz Romero R. A., Sánchez Gómez J. I., Ávila Ramírez D. N., Escutia Sánchez J. (2013). Análisis microbiológico de leche de origen orgánico: atributos deseables para su transformación. *Agricultura, sociedad y desarrollo*; 10(4): 419-432.

Galiano Segovia M. J., Moreno Villares J. M. (2016). Los alimentos orgánicos en la alimentación infantil. *Acta Pediatr Esp*; 74(9):225-230.

Gómez Castro H., Pinto Ruiz R., Jiménez Trujillo J. A., Guevara Hernández F., Medina Jonapa F. J., Rivas Platero G. La ganadería orgánica en Chiapas: una alternativa para la inocuidad alimentaria. CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza). Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/GONZALO_GALILEO_RIVAS_PLATERO/publication/25

9976271_La_ganaderia_organica_en_Chiapas_una_alternativa_para_la_inocuidad_alimentaria_Sintesis_para_decisores_Policy_Brief/links/0deec52ed3e3654997000000.pdf Consultado el 27 de julio de 2017.

Gutiérrez R., Vega S., Pérez J. J., Ruiz J. L., Yamazaki A., Rivera J. G., Urbán G., Escobar A. (2013). Evaluación de aflatoxina M1 en leche orgánica producida en Tecpatán, Chiapas, México. *Revista de Salud Animal*; 35(1): 33-37.

Instituto de Investigación para la Agricultura Orgánica (FiBL). (2017). Sostenibilidad y calidad de los alimentos ecológicos. Generalitat de Catalunya. Gobierno Vasco. Disponible en: http://www.bioecoactual.com/wp-content/uploads/2017/06/31012017_Sostenibilidad-y-calidad-de-los-alimentos-ecol%C3%B3gicos-BABESTUA.pdf Consultado el 27 de julio de 2017.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. INEGI. (2015). Estadísticas a propósito del día mundial de la alimentación (16 de octubre). Datos nacionales. Disponible en: <http://www.inegi.org.mx/saladeprensa/aproposito/2015/alimentacion0.pdf> Consultado el 27 de julio de 2017.

Landeros P., Noa M, López Y., González D. G., Noa E., Real M., Juárez C., Medina M. S. (2012). Niveles de aflatoxina m1 en leche cruda y pasteurizada comercializada en la zona metropolitana de Guadalajara, México. *Revista de Salud Animal*; 34(1): 40-45.

Maza Pastrana M., Legorreta Cao P. (2011). Generalidades de la leche y los productos lácteos. En: El libro blanco de la leche y sus productos lácteos. Cámara Nacional de Industriales de la Leche. Disponible en: http://www.canilec.org.mx/descarga_archivos_publico/Libro_Blanco_mail.pdf Consultado el 25 de julio de 2017.

Monroy M. (2008). Productos orgánicos. Alimentación y nutrición. Consumidor. 58-63. Profeco. Disponible en: https://www.profeco.gob.mx/revista/publicaciones/adelantos_08/58-63%20Organicos%20OKMM.pdf Consultado el 25 de julio de 2017.

Moreno Grande A. (2013). Guía básica de ganadería ecológica. Diputación de lujo. Unión Europea. Disponible en: http://www.concellodebecerrea.com/media/uploads/Guia_Basica_Ganaderia_Ecologica.pdf Consultado el 25 de julio de 2017.

Olarte Calsina S. (2013). La producción de leche orgánica en la región Puno: una alternativa de desarrollo sostenible. *Mundo Agrario*; 13(26).

Organización Panamericana de la Salud. OPS. (2016). Peligros biológicos. Inocuidad de Alimentos - Control Sanitario - HACCP. Disponible en: http://www.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=10838%3A2015-peligros-biologicos&catid=7678%3Ahacpp&Itemid=41432&lang=es Consultado el 26 de julio de 2017.

Ortiz Alvarado M. (2014). Detección de la presencia de Aflatoxina M1 y antibióticos en leche cruda en las fincas de mayor producción del cantón Biblián. Universidad del Azuay. Disponible en: <http://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/3341/1/10109.pdf> Consultado el 26 de julio de 2017.

Palacios C., De la Fuente F., Abecia J. A. (2017). Efecto de la conversión a la producción ecológica sobre los parámetros cuantitativos y cualitativos de la leche de oveja. ITEA; 113 (2): 122-137.

Pérez Lizauro M. (2011). El proceso de industrialización de la leche fluida. En: El libro blanco de la leche y sus productos lácteos. Cámara Nacional de Industriales de la Leche. Disponible en: http://www.canilec.org.mx/descarga_archivos_publico/Libro_Blanco_mail.pdf Consultado el 25 de julio de 2017.

Rebollo Vergara X., García Trujillo R. (S/A). La ganadería ecológica. Consejería de agricultura y pesca. Junta de Andalucía. Disponible en: <https://www.agroecologia.net/recursos/asesoramiento/recursos-ja/ganaderia/folletoganaderianew.pdf> Consultado el 25 de julio de 2017.

Rodríguez González A., Hernández Barranco A. M., Martínez Fernández B. (2010). Leche ecológica en Asturias: una apuesta por la calidad. Tecnología Agroalimentaria; (7): 42-47.

San Juan Iglesias D. (2014). Calidad, Desarrollo e Innovación de los Alimentos. Influencia del sistema de explotación del ganado ovino sobre la calidad de la leche. Universidad de Valladolid. Disponible en: <http://uvadoc.uva.es/bitstream/10324/6624/1/TFM-L172.pdf> Consultado el 26 de julio de 2017.

Sánchez Muñoz J. B., Nahed Toral J., Ruiz Rojas J. L., Cruz López J. L., Orantes Zebadua M. A., Manzur Cruz A., Delgadillo Puga C., Gutiérrez Tolentino R. (2014). Estudio comparativo de la calidad de la leche en unidades de producción orgánica y convencional del municipio de Mezcalapa, Chiapas. Universidad Autónoma de Chiapas. Facultad de Medicina Veterinaria y

Zootecnia. Fundación Produce Chiapas Proyecto: Análisis de la sustentabilidad en unidades productoras de leche orgánica de Chiapas.

Secretaría de Economía. (2012). Análisis del sector lácteo en México. Disponible en: http://www.economia.gob.mx/files/comunidad_negocios/industria_comercio/informacionSectorial/analisis_sector_lacteo.pdf Consultado el 25 de julio de 2017.

Secretaría de Salud. SSa. (2010). NORMA Oficial Mexicana NOM-243-SSA1-2010, Productos y servicios. Leche, fórmula láctea, producto lácteo combinado y derivados lácteos. Disposiciones y especificaciones sanitarias. Métodos de prueba. Disponible en: http://dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5160755 Consultado el 25 de julio de 2017.

Tena Camporesi A. (2014). La calidad y el impacto ambiental de la producción ecológica: desde los resultados de la investigación al consumidor. Relaciones ecosociales y cambio global; 126: 163-172.

Toro Trujillo M., Madrid Villa J. C. (2011). Fundamentos estratégicos para la especialización de la producción primaria en leche orgánica o ecológica como valor agregado desde los hatos lecheros. Corporación Universitaria Lasallista. Facultad de Ciencias Administrativas y Agropecuarias. Especialización en Gerencia Agropecuaria Caldas (Antioquia). Disponible en: http://repository.lasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/789/1/Produccion_leche_organica_o_ecologica.pdf Consultado el 27 de julio de 2017.

Vega y León S., Gutiérrez Tolentino R., Ortiz Romero M., Vázquez Francisco M. (2012). Productos lácteos orgánicos. Hablemos claro. Disponible en http://www.hablemosclaro.org/Temas/4/22/Productos_l%C3%A1cteos_org%C3%A1nicos#.WXo22Yg1-00 Consultado el 27 de julio de 2017.

Villar Bonet A., Barrachina Fuentecilla M., Salcedo Díaz G. (2011). Análisis comparativo de la calidad y perfil de ácidos grasos de la leche de vacuno procedente de explotaciones con manejo convencional y ecológico. Cría y Salud; 38: 40-49.

Villar Bonet A., Salcedo Díaz G. (2011). Recomendaciones para la mejora de la calidad de la leche ecológica. Gobierno de Cantabria. Consejería de Ganadería, Pesca y Desarrollo Rural. Disponible en: <http://www.cifacantabria.org/Documentos/cifa%20leche.pdf> Consultado el 26 de julio de 2017.

Zapata Aristizabal A. M. (2014). Propuesta de la lechería ecológica como una alternativa agronegocio sustentable para los pequeños y medianos productores de leche bovina del país.

Universidad de La Salle. México. Disponible en:
http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/16974/86112203_2014.pdf?sequence=3
consultado el 26 de julio de 2017.

CAPÍTULO IV. REPRODUCCIÓN Y MEJORAMIENTO GENÉTICO



USO DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN PARA MONITOREAR LA REPRODUCCIÓN DE LOS HATOS BOVINOS: DESDE LO PARTICULAR HASTA LO MULTI-POBLACIONAL

Juan José Romero-Zúñiga^{1*} Sandra Estrada-König¹ Miguel Bolaños-Segura¹ José Rojas Campos¹
¹Programa de Investigación en Medicina Poblacional, Escuela de Medicina Veterinaria, Universidad Nacional, Costa Rica, Telefax: 22602155, Tel: 2562-4566.
*jromero@medvet.una.ac.cr; ^αsandrae@una.cr; ^βmiguel.bolanos.segura@una.cr; ^δjrojas @una.cr
*Autor para correspondencia

RESUMEN

Los sistemas de producción animal son, hoy día, agronegocios en los cuales se invierten importantes sumas de dinero por parte de sus propietarios, pero a su vez, sistemas frágiles en los que múltiples factores pueden dar al traste con su sustentabilidad, tanto en lo económico como ambiental, con los costos sociales que pueda esto representar. Adicionalmente, en prácticamente todos los países del mundo, representan un importante porcentaje del producto interno bruto, de generación de empleos directos e indirectos, y es, en sí mismo, un movilizador social. Entonces, la planificación administrativa en sus tres niveles: operacional (corto plazo), táctica (mediano plazo) y estratégica (largo plazo) se convierte en una obligación impostergable; en la que la información que el mismo sistema de producción genera, es el punto de partida para la toma de decisiones técnicas y administrativas buscando el máximo rendimiento del sistema, no solo en eficacia sino en eficiencia, o sea, buscando la máxima producción posible dentro de una dinámica de sustentabilidad; todo esto, sin dejar de tomar en cuenta la producción de alimentos seguros (inocuos) y de alta calidad nutricional sin descuidar el bienestar animal.

Así, el control y monitoreo máximo posible de todos los componentes que conforman los sistemas de producción –o al menos de los mínimos necesarios- hará posible tener los elementos de juicio que apoyen la toma de decisiones adecuadas en el momento oportuno. Eso requiere de un sistema de información estable y consistente, sencillo, ágil, amigable y que permita la interacción fluida y directa con el usuario para facilitar sus quehaceres y optimizar los recursos, entre ellos tiempo, personal, alimentación, animales, infraestructura, etc., y reducir el uso de insumos.

En este artículo se exponen los elementos fundamentales que orientan al uso de sistemas de información automatizados para el control y el manejo de sistema de producción, tomando como modelo el área de la reproducción de hatos bovinos, desde el plano individual, hasta el multipoblacional.

Palabras clave: Vampp bovino, hatos lecheros, administración, eficiencia, informática, agromática.

Aspectos generales

Tradicionalmente, los propietarios de las fincas han administrado su negocio tomando decisiones basados en apreciaciones, muchas veces, sin el sustento que datos fiables ofrecen, por tanto, con un alto margen de riesgo. Quizás un factor que ha incidido negativamente en este aspecto es que, de alguna manera, el productor siempre tiene acceso a una cantidad de dinero proveniente de su negocio, lo que le hace pensar que la finca produce: en efecto lo hace, pero quizás no en el volumen y con la calidad que podría –y debería- hacerlo. Los datos generados en la misma finca, y en las otras de su zona, estado o país se convierten, así, en el principal aliado en la búsqueda de la eficiencia productiva. Nada de esto es posible sin un sistema de información confiable, que retroalimente al productor y sus técnicos asistenciales, con informes del estado del sistema en tiempo real (Romero et al., 2011a).

Una máxima de la era de la tecnología de la información y la comunicación dice que “Información es poder”. Esto se refiere a que quien tenga la información adecuada y en el momento oportuno, tendrá la posibilidad de tomar las mejores decisiones. En el caso de los sistemas de producción animal, resulta casi imposible pensar en que un productor que tiene en su finca un agronegocio, tome las decisiones basado en corazonadas, instituciones o en otras razones que no sean la información fidedigna que el mismo sistema de producción genera.

En este sentido, los Sistemas de Información para el Manejo de la Finca (SIMF) se convierten en herramientas esenciales en el apoyo a la toma de decisiones, en primera instancia en la misma finca, pero yendo más allá, permitiendo analizar los datos de varios sistemas de producción, llegando a generar información general sobre la realidad del sector, desde la particularidad de todos y cada uno de los sistemas de producción (Romero et al., 2011a).

No solo baste decir que el sistema es eficaz porque produce leche, carne o animales para la venta; hay que detallar en cuán eficiente es el sistema, esto medido por medio de indicadores zootécnicos o bio-económicos. Todo sistema debe apuntar a la sostenibilidad (económica, social y ambiental), buscando producir alimentos inocuos en suficiente cantidad y calidad. En este entramado de condiciones, el sistema de información se reafirma como el elemento esencial para controlar y

monitorear todas las actividades del sistema de producción y determinar si las metas y objetivos de la finca se cumplen o no (Figura 1).

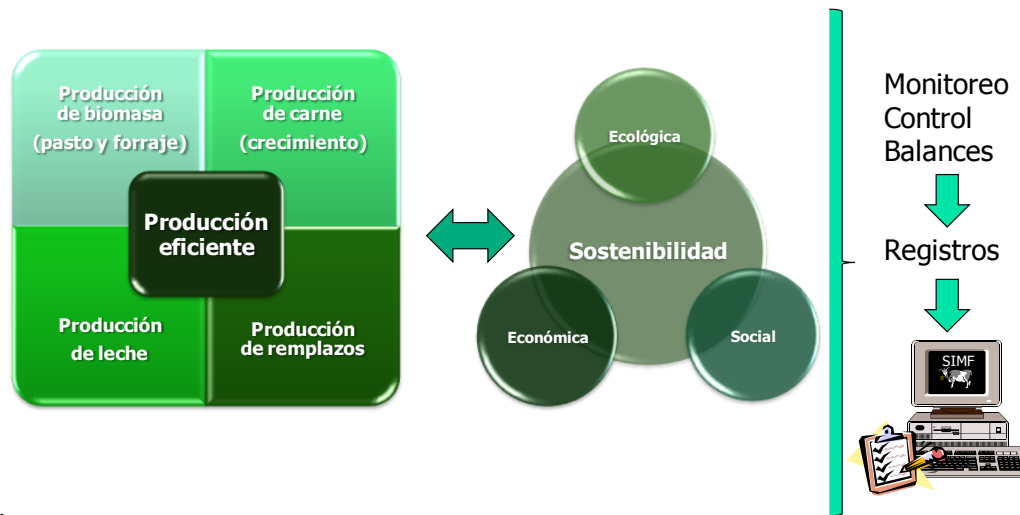


Figura 1. Relación producción-sostenibilidad y el rol que desempeñan los SIMF.
Fuente: Romero et al., 2011a

Los datos en el proceso de planificación

Dentro de los procesos de búsqueda de la eficiencia productiva, la planificación a corto (operacional), mediano (táctica) y largo plazo (estratégica) se vuelve una necesidad de los productores que quieran obtener de su finca el mejor rendimiento (Figura 2).

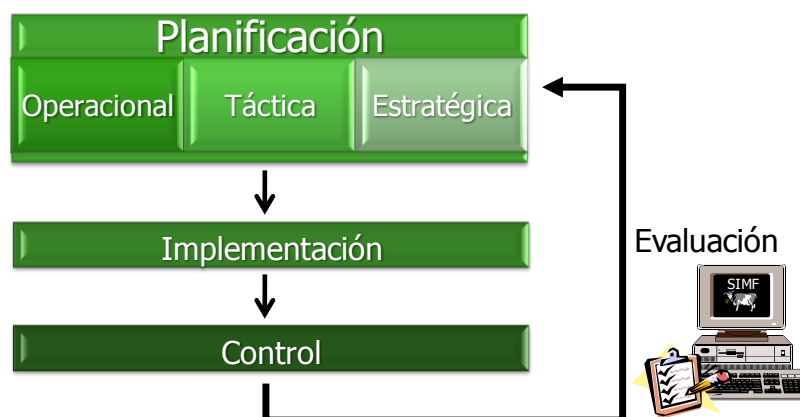


Figura 2. Niveles de planificación en el proceso administrativo del sistema de producción, y el rol que desempeña el sistema de información. Fuente: Romero et al., 2011a

Hay múltiples elementos que deben ser monitoreados y controlados por parte del productor, administradores y profesionales que dan asistencia técnica al sistema de producción, entre ellos: nutrición y alimentación, recursos humanos, reproducción, producción (leche, carne, crías), infraestructura, insumos, entre otros (Brand et al, 1997; Noordhuizen. 2012, Green et al., 2012). Se ha estimado que, en una finca lechera especializada, más de 200 tipos de actividades se realizan en un mes promedio.

Por eso, es que surge la metodología de la Salud de Hato –hoy día, Salud de la Finca-, basado en el uso de protocolos específicos para cada área y sub-áreas de trabajo del sistema (Brand et al.,). Lo que se busca es una forma estandarizada de trabajo, independientemente de quien lo realice y, junto con el trabajo, un registro adecuado y oportuno del producto de la actividad realizada. De este modo, cada actividad produce datos que deben ser sistematizados e introducidos en un sistema de información, ojalá automatizado, que permita el análisis riguroso, apropiado y oportuno para obtener la información que sea el sustento de la toma de decisiones (Romero et al., 2011 a).

Los datos, en la finca, cumplen con un ciclo que va desde su generación y captura en las distintas áreas de trabajo (crianza de terneras, reproducción, producción de leche o carne, nutrición y alimentación, salud, personal, finanzas, etc.), hasta que se convierten en información procesada y disponible para la toma de decisiones por parte del dueño de la finca o el administrador, asesorado muchas veces por un profesional. Pero para esto, los datos deben haber sido capturados e introducidos en el SIMF mediante un proceso riguroso, constante y confiable. Así, los datos individuales e independientes producidos por cada unidad de producción o los actores del sistema de producción, se convierten en información útil para la toma oportuna de decisiones adecuada (Figura 3).

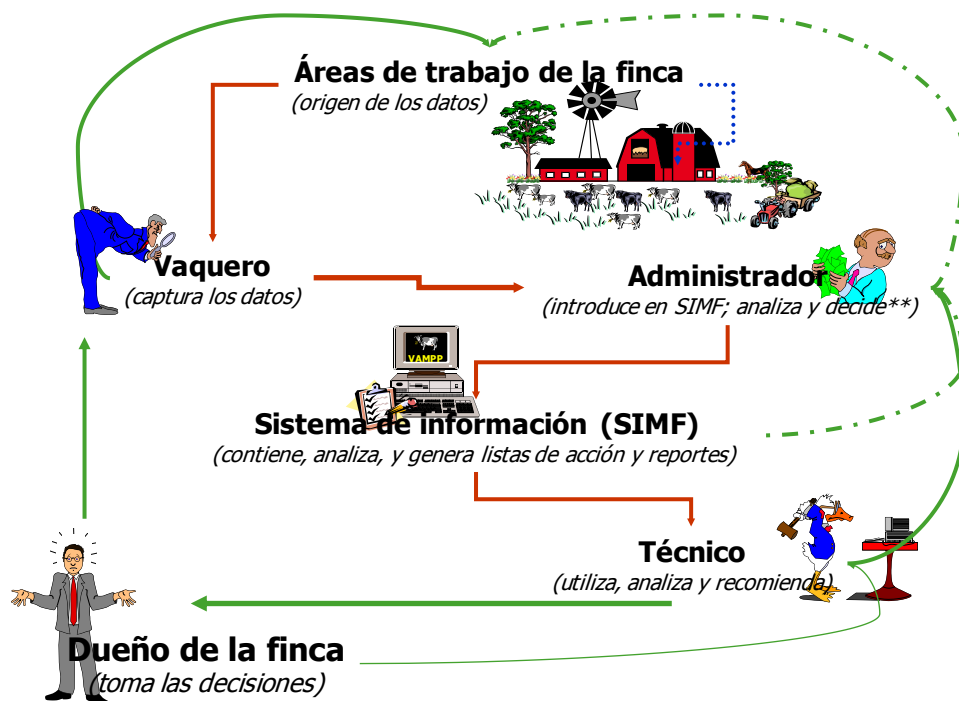


Figura 3. Ciclo de los datos e información dentro del sistema de producción.

Fuente: Romero et al., 2011a

Normalmente, cuando se proponen las metas para los parámetros zootécnicos del sistema (productivos, reproductivos y de salud), estas se toman de la literatura –muchas veces internacional- y, con algunas excepciones, basado en los resultados de estudios nacionales que, en muchas ocasiones, lo que presentan son promedios generales que no toman en cuenta las particularidades del sistema, tales como ubicación por zona ecológica, raza y edad de los animales y nivel de intensificación del sistema, entre otras.

Reproducción, producción y salud son, usualmente, los elementos que más interesan al productor, y que más trabajan los técnicos, con un efecto directo sobre la economía y las finanzas del sistema, así como sobre el recurso humano del mismo. Especial importancia se le ha concedido a la reproducción, quizás por la máxima de que “si la vaca no pare, no produce leche”; claro, no es lo mismo producir 2000 que 12000 kg de leche por lactancia; no obstante, la eficiencia productiva y los factores que influyen en ella, pocas veces son la causa de consulta o la puerta de entrada de un profesional, sea médico veterinario, zootecnista o agrónomo, a un sistema de producción: no al menos con la facilidad que la reproducción abre las puertas a una finca.

Es por esto, pero dejando sentado que no es la reproducción en sí misma el principal factor limitante de los sistemas de producción bovina lechera, ella puede ser un elemento trazador de la eficiencia del sistema y de la calidad de manejo que se da: la mala nutrición, las incorrectas estrategias de alimentación, malas prácticas de manejo de la ternera, mal manejo del parto y el período seco, entre otras, se verán reflejados de manera directa en los parámetros reproductivos (Romero et al., 2011b). Por esto, tomaremos utilizaremos la reproducción como un ejemplo del análisis que se puede hacer del sistema y de cómo se pueden identificar fortalezas y debilidades, así como dar luces de por dónde están las causas y, por ende, las soluciones al problema identificado.

Control de la reproducción para el manejo eficiente del sistema productivo

Tradicionalmente se mencionan como indicadores primarios de eficiencia reproductiva el intervalo entre partos (IEP), los días abiertos (DA), el porcentaje de abortos y la edad al primer parto (EPP) (Brand et al, 1997; de Graaf et al. 1995). Estos parámetros son puntos de encuentro de muchos otros elementos de manejo de la finca que influyen sobre ellos. Por ejemplo, una alta edad al primer parto puede ser el resultado de terneras nacidas con bajo peso, con enfermedades (diarrea o respiratorias) el primer mes de vida, nutrición deficiente o con malas estrategias de alimentación (ganancia diaria de peso por debajo de lo deseable), mala detección de celos, problemas de inseminación, infertilidad o abortos, por mencionar los principales. Claro está, cada uno de ellos, representa en sí mismo un componente complejo que requiere de su propio análisis (Figura 4).

Generalmente, al menos en los sistemas en que se existe un sistema de información (o de registros), el IEP, los DA, el porcentaje de abortos y la edad al primer parto (EPP) se utilizan como los principales elementos de juicio; pero hacerlo requiere de la habilidad de reconocer las relaciones intrínsecas que existen entre ellos, así como el hecho de que estamos en presencia de indicadores que son promedios de variables que, generalmente, se analizan sin tomar en cuenta su variación y su distribución estadísticas, y que, más serio aún, únicamente toman en cuenta a los animales que presentan los eventos reproductivos; o sea, solo las que paren entran en el IEP, las que se preñan en los DA, las que paren por primera vez en la EPP y las preñadas, en el denominador de las que pueden abortar. Esta situación, sin duda, podría llevar al consultor inexperto a cometer errores de análisis y, por ende, de recomendación de las medidas a tomar, con las consecuencias no deseables que podrían ocurrir.

Ante esta realidad, en los últimos años, se ha impulsado el uso de un indicador más “completo” pues toma en cuenta todas las hembras reproductivamente aptas y listas para el servicio: la tasa de preñez (Referencias). Este parámetro incluye a todas las hembras que, según la decisión del finquero, están listas para ser servidas, sean novillas (edad en meses para iniciar el servicio) o las multíparas (días pos parto para iniciar el servicio). Así, en ellas se toma en cuenta el porcentaje de celos observados, el porcentaje de servicios realizados y el porcentaje de preñeces logradas, y lo hace para un período de 21 días (Figura 5). El cálculo de la tasa de preñez en forma continua permite monitorear el estado reproductivo, detectar y cuantificar un problema y tomar decisiones dentro de plazos más cortos respecto a las vacas vacías (Lee, 2001; Pooks et al., 2009).

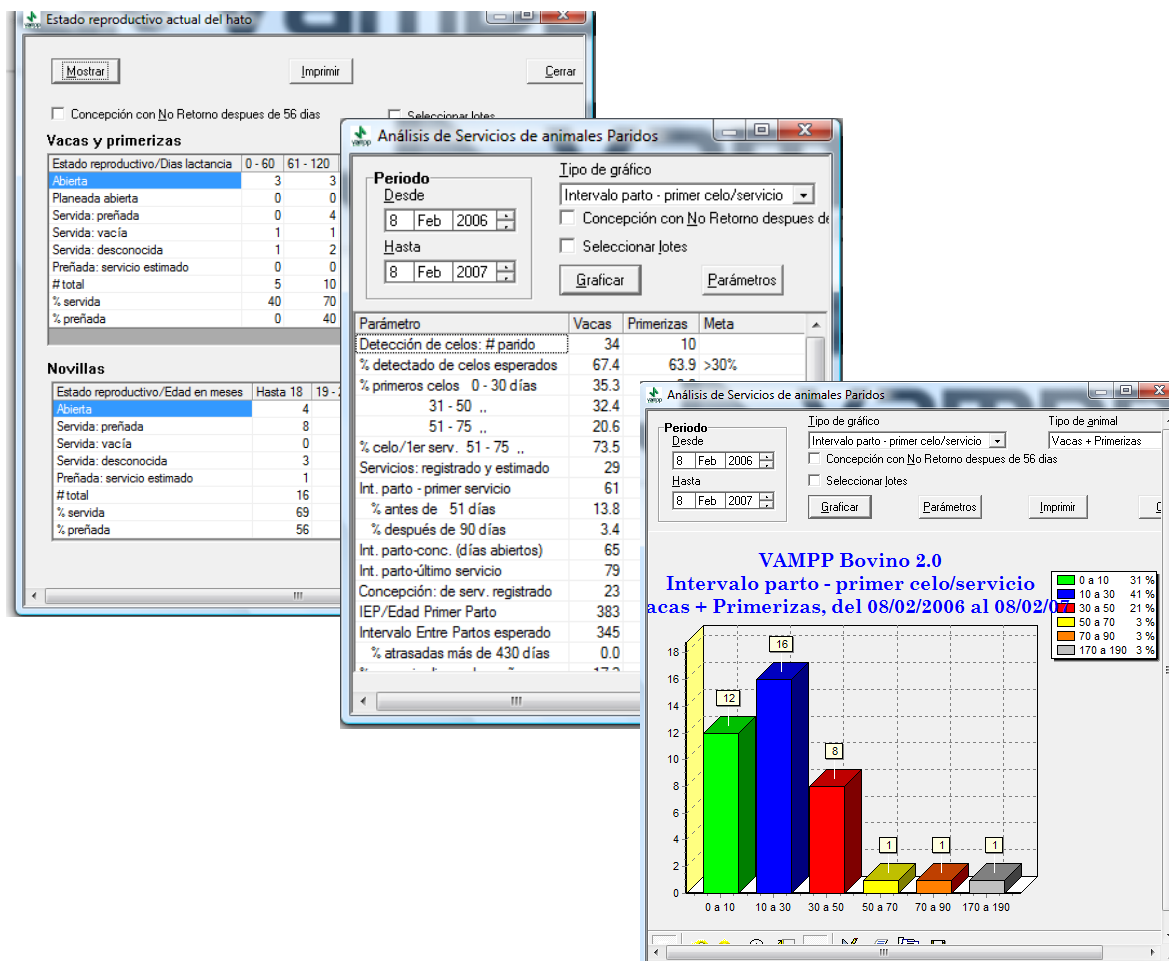


Figura 4. Resultados del análisis de parámetros reproductivos generados en un sistema de información para el control de sistemas bovinos que refleja la situación particular de una finca. (Fuente: Programa VAMPP Bovino 3.0). Fuente: Rojas et al., 2011a

Por supuesto, decisiones de los productores respecto a la edad a la que una novilla entra a servicio, o a la que lo hace una vaca posparto, pueden afectar positiva o negativamente este indicador, pues entre más madura la novilla, y más avanzado el posparto cuando la vaca ha salido el balance energético negativo, más chance hay de que la vaca o la novilla queden gestantes con pocas inseminaciones; sin embargo, la detección de celos y la eficacia en la inseminación, siempre serán factores a considerar y de alta incidencia sobre el parámetro.

Servicios

Parámetro	Vacas	Primerizas	Meta
☐ Detección de celos: # parto	112	26	
☒ % detectado de celos esperados	70.7	58.8	>65%
☒ Total de servicios	95	20	
☒ Total de concepciones	81	18	
☐ % serv. sin diagn. de preñez	9.5	10.0	
☒ Intervalo parto - primer servicio	64	63	50 - 70 días
☒ Int. parto-conc. (días abiertos)	78	103	<85días
☐ Intervalo parto - ultimo servicio	85	101	<100días
☐ IEP/Edad Primer Parto	375	24.0	<24meses
☒ Intervalo Entre Partos esperado	358	383	<300días
☒ % atrasadas más de 430 días	7.4	16.7	<5%
☒ Intervalo entre servicios (#)	53	22	

Partos

Parámetro	Vacas	Primerizas	Meta
☐ Animales paridos (incl. aborto)	112	26	
☐ Días secos antes del parto *	57 (111)		
☐ Intervalo entre partos *	375 (111)		
☐ Edad prom. al primer parto *		24.0 (26)	<24meses
☐ Longitud de gestación *	281 (111)	0 ()	
☐ Partos difíciles/cesarea	4	3	<5% an. paridos
☐ Partos gemelares	0	0	
☐ Nacidos vivos (H/M/D)	54/56/-	17/8/-	
☐ Nacidos muertos (H/M/D)	1/-/1	1/-/-	<10% de nacidos
☒ Problemas posparto	17	3	
☒ Casos de muerte fetal	6	4	<10% an. paridos

Tasa preñez (1-4-2017)

Grupo animal	Presentes	Lactantes	Elegibles	Preñadas	DPS	DA	SPC	TC	TDC	Tasa preñez
Vacas	104	92	90	71	55	86	1.87	53	72	39
Primerizas	22	21	17	13	51	98	2.46	41	71	29
Novillas	124		39	30	7	33	1.77	57	68	38
Todas	250	113	146	114	42	73	1.91	52	71	37

Figura 5. Ejemplo de resultado del análisis de la tasa de preñez, en contraste con otros parámetros reproductivos, relativos a servicios y partos, en un sistema de información de una lechería especializada.

Fuente VAMPP Bovino 3.0

Tomar decisiones basados en esos elementos es un punto de partida, pero debemos reconocer muchos más elementos de la finca; por ejemplo, y lo más sencillo de todo: el inventario y las calidades (edad, sexo, raza, número de lactancias) de los animales que existen en el hato. Ni qué decir que conocer su nivel de producción, su historia del puerperio, las medidas de condición corporal, sus medidas para los “los diez puntos indicadores de la salud general de la vaca en producción”², de la relación grasa/proteína en la leche o de los niveles de BUN o MUN en sangre o leche.

² Condición corporal, llenado ruminal, consistencia de las heces, digestión de la fibra, estado de los esfínteres de los pezones, limpieza del tren posterior, estado de las pezuñas, posición de las patas, locomoción.

Ante toda esta realidad, tener esos elementos disponibles en un sistema de información automatizado, de alta calidad y fiabilidad, altamente amigable y de interactividad elevada y en tiempo real, posibilita una mejor interpretación de la realidad de la vaca, del sistema de producción individual, y de un grupo de sistemas de producción, sea de una región o de un país entero.

VAMPP Bovino como fuente de datos para análisis sectorial

Por la forma en que se capturan los datos en la finca, por la periodicidad y constancia en la generación de datos por parte de los productores y por la garantía de calidad en la introducción de los datos al sistema de información, VAMPP Bovino (Noordhuizen & Buurman, 1984; Rojas et al., 2012b) se convierte en una poderosa herramienta para realizar análisis de los datos, tanto a nivel particular de finca (que es su objetivo primario), hasta el nivel regional, estatal o nacional.

Respecto a este último punto, la integración de las bases de datos individuales de las fincas en una sola base de datos centralizada, ojalá administrada por una universidad o instituto de investigación independiente, permite reconocer el panorama global de la producción, identificando aquellos aspectos que a la mayoría de los productores les representa un problema, así como identificar sistemas de élite que pueden servir de modelo para la transferencia de tecnología; asimismo, se puede identificar razas o cruces de rendimiento superior, vacas extraordinarias para transferencia de embriones o fertilización in vitro, toros con alta habilidad predicha de transmisión de características deseables probados en el mismo entorno del país o la región, conocer el rendimiento productivo y asociarlo con aspectos de manejo nutricional y sanitario, entre muchas otras bondades. La concepción de VAMPP Bovino desde una institución académica de alto prestigio y proyección social como lo es la Escuela de Medicina Veterinaria de la UNA, a través de su programa CRIPAS, hizo que el SIMF fuese diseñado para poder agrupar los datos de todas las fincas que usen el sistema en una gran base de datos que permitiese el análisis de ellos y produjese información en distintos niveles, llegando inclusive al nivel regional mesoamericano si fuese necesario.

Estas y muchas otras cosas más se han logrado ya en Costa Rica, en donde VAMPP Bovino es utilizado por cerca de 1500 fincas y permite la centralización de los datos en la Base Nacional de Datos VAMPP, que ha permitido la investigación local constante, alimentando con datos cerca de 10 tesis de doctorado, más de 20 de maestría y decenas de tesis de licenciatura de estudiantes de instituciones de Costa Rica, Centroamérica, Sur América, México, Estados Unidos y Europa. Además, los resultados de estas investigaciones llegan a los productores directamente mediante

publicaciones especializadas, conferencias, talleres y congresos, así como indirectamente mediante el uso de esos conocimientos logrados en los alumnos de la carrera de medicina veterinaria, que luego serán los médicos de las fincas, así como la capacitación constante de los médicos veterinarios practicantes mediante cursos de educación continua.

Análisis comparativo de mi finca respecto a mis similares

El conocimiento de la situación particular de un hato lechero es de interés primordial de su propietario, en primera instancia, pero también lo debe ser para todos los actores involucrados en el sistema de producción (Figura 1). VAMPP Bovino provee las herramientas que hacen posible, mediante su módulo de Reportes y Análisis, conocer en pocos segundos cuál es la condición del rendimiento de la finca -como un todo- y de cada animal –en el plano individual- (Figuras 4 y 5). Este valioso instrumento de autoevaluación del sistema de producción tiene mucho sentido en el tanto las metas que se hayan propuesto para el sistema sean acordes a la realidad del sistema mismo. Normalmente, cuando se proponen las metas para los parámetros zootécnicos del sistema (productivos, reproductivos y de salud), estas se toman de la literatura –muchas veces internacional- y, con algunas excepciones, basado en los resultados de estudios nacionales que, en muchas ocasiones, lo que presentan son promedios generales que no toman en cuenta las particularidades del sistema, tales como ubicación por zona ecológica, raza y edad de los animales y nivel de intensificación del sistema.

Conocedores de esa realidad y, antes las sugerencias de los usuarios de VAMPP Bovino, en CRIPAS nos dimos a la tarea de desarrollar un sistema de análisis comparativo de fincas en el cual cada finca se compara con sus similares en lugar de hacerlo con la media nacional, aunque también ese dato se presenta al usuario.

¿Cómo funciona el sistema de análisis comparativo de fincas?

El personal de CRIPAS genera los parámetros nacionales de los sistemas de producción en sus distintas particularidades, desde la ubicación en la zona ecológica o geográfica, así como para las condiciones de los animales en características de raza y número de lactancia, para diferentes años dentro de un período, utilizando para ella la Base Nacional de Datos VAMPP. Esta base de datos se actualiza todos los años, dos veces al año, mediante la recolección de las bases de datos individuales de cada finca (respaldos). Estos respaldos, que son archivos que el mismo VAMPP

Bovino genera, pueden hacerse llegar a CRIPAS mediante Internet (por medio del correo electrónico o subiendo el archivo al sitio web de VAMPP directamente), mediante respaldo en dispositivos físicos (CD, llave USB o tarjeta de datos), o por medio de las asociaciones de productores como la Cámara Nacional de Productores de Leche, la Asociación de Productores de Leche de Monte Verde S.A. o utilizando como medio cooperativas como la Cooperativa de Productores de Leche R.L. (Dos Pinos).

La validez de los datos dependerá de la representatividad y la cantidad de respaldos recolectados. Así, entre más fincas de una zona de producción haya, mayor posibilidad de tener indicadores válidos para esa zona, ecológica o geográfica. La meta de CRIPAS es llegar a recolectar la máxima cantidad de respaldos por año, pero dada la alta cantidad de licencias activas de VAMPP Bovino, se depende mucho de que los usuarios hagan llegar o cedan sus respaldos a CRIPAS. Históricamente el porcentaje de fincas con sus respaldos en la Base Nacional de Datos VAMPP ha rondado entre el 35 y 50%. Aun así, no cabe duda de la validez de los indicadores generados dadas la representatividad y alta cantidad de datos involucrados en los cálculos estadísticos.

De ese modo, para que una finca pueda utilizar este módulo de comparación de datos, debe tener sus datos respaldados en la Base Nacional de Datos de VAMPP Bovino. El sistema entonces genera dos sets de datos, los nacionales y los propios de la finca, los cuales contrasta de forma gráfica, posibilitando así ubicar su finca respecto a sus similares.

¿Cómo opera a nivel global y de finca?

El sistema calcula todas las posibles combinaciones, en la Base Nacional, de las siguientes variables: Zona de vida (9), Razas (7), Número de lactancia (4), Año (15), Distritos (478). Así, multiplicando todos los factores se obtiene las posibles combinaciones (tablas) para cada parámetro: $9 \times 7 \times 4 \times 15 \times 478 = 1,806.840$. En total, VAMPP Bovino 3.0 calcula y grafica un total de 20 parámetros, entre los productivos y los reproductivos. De ese modo, el sistema estará en la capacidad de generar un total de 36,136.800 tablas de datos nacionales. Si se incluyera el nivel país, en caso de datos regionales mesoamericanos, se multiplica esa cifra por cuantos países aportaran datos.

Por otra parte, calcula todas las posibles combinaciones en la base particular de la finca: Zona de vida (1), Razas (1-7), Número de lactancia (4), Año (15), Distritos (1). Por tanto, se podrían obtener

un mínimo de 60 y un máximo de hasta 420 tablas para cada parámetro en la finca; así, la cantidad de tablas que podría crear el sistema para una finca estarán entre 420 a 8400.

En las figuras 6 a 11, se presenta una serie de imágenes que ilustran cómo funciona este módulo de comparación de fincas, entre la propia del usuario y sus similares.

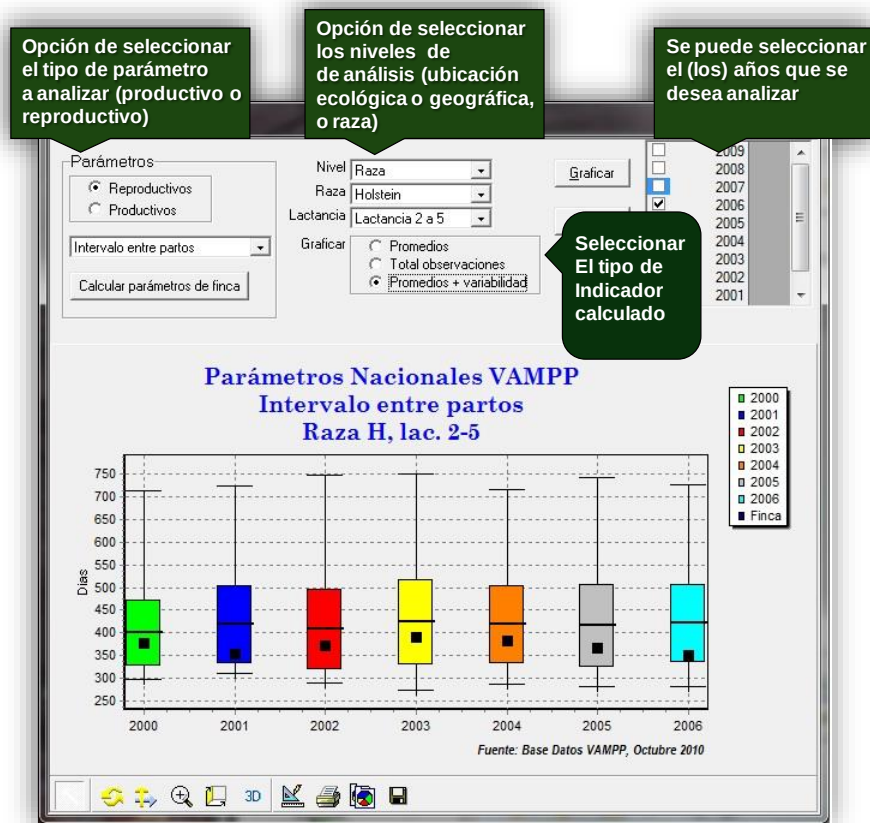


Figura 6. Elementos generales a especificar en el módulo de comparación de hatos con respecto a sus similares, para el intervalo entre partos, según raza y número de lactancias. Fuente VAMPP Bovino 3. Fuente: Rojas et al., 2011a.

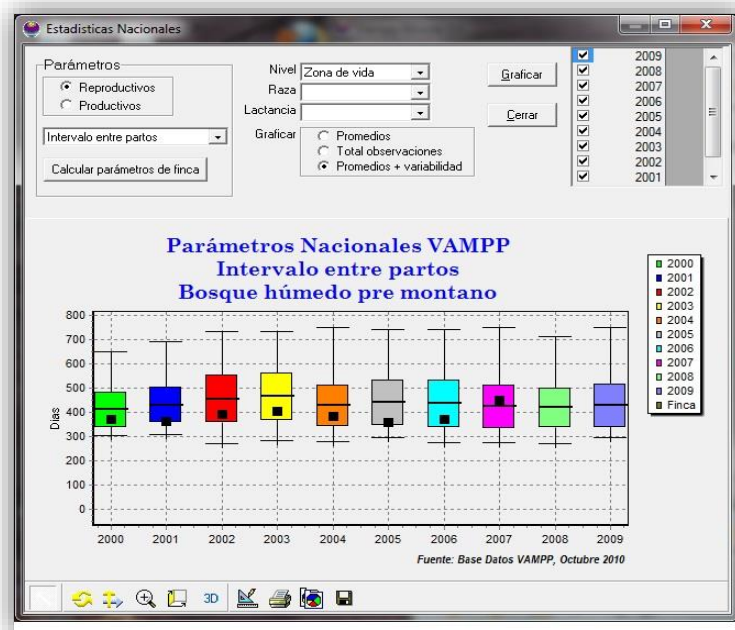


Figura 7. Elementos generales a especificar en el módulo de comparación de hatos con respecto a sus similares, para el intervalo entre partos, según zona de vida, todas las razas y todas las lactancias. *Fuente: Rojas et al., 2011^a*

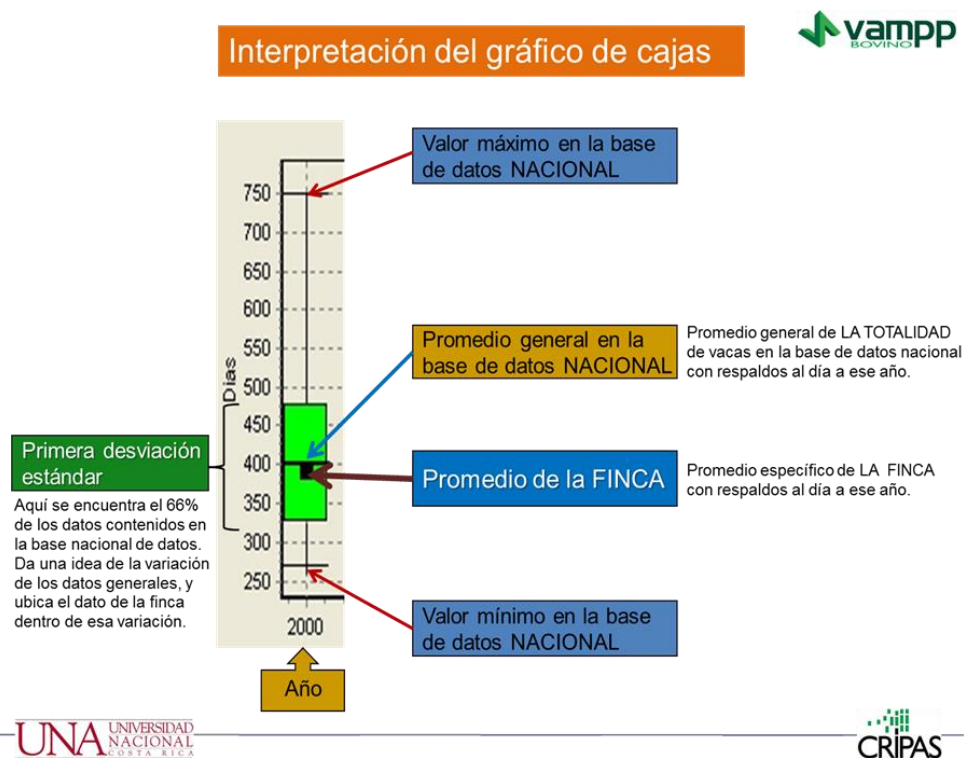


Figura 8. Explicación del significado de cada uno de los elementos que presenta el gráfico de cajas y bigotes (box-plot) en el módulo de comparación de hatos. *Fuente: Rojas et al., 2011a*

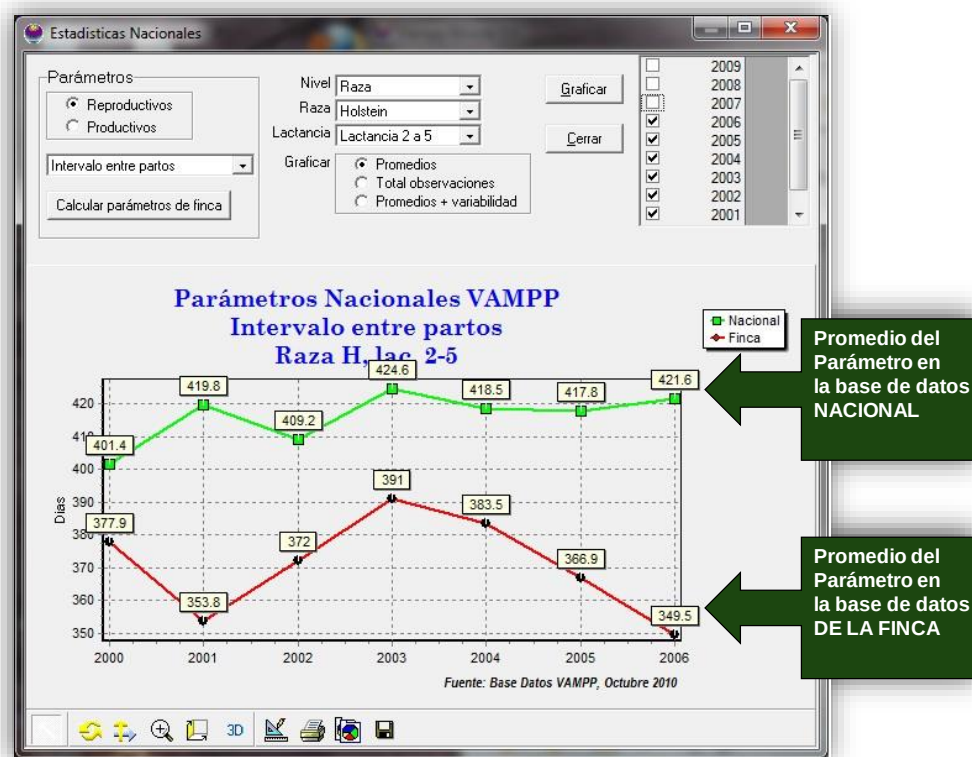


Figura 9. Explicación del significado de cada uno de los elementos que presenta el gráfico de líneas, con datos absolutos del parámetro, en el módulo de comparación de hatos.

Fuente: Rojas et al., 2011a



Figura 10. Explicación del significado de cada uno de los elementos que presenta el gráfico de líneas, con datos del número de observaciones, en el módulo de comparación de hatos.

Fuente: Rojas et al., 2011a

CONCLUSIONES

- Los sistemas de producción bovina son sistemas complejos y sensibles que requieren de un manejo meticuloso y de precisión para obtener ganancias de manera sostenible y sin afectar el ambiente.
- Para el control de la salud y la producción de los hatos, los sistemas de información automatizados son la herramienta necesaria e imprescindible.
- Como ejemplo puntual, la reproducción es un área específica de los sistemas ganaderos en que el análisis de la situación reproductiva del hato ofrece importantes ventajas.
- Si bien es cierto los indicadores primarios y secundarios para el análisis de la reproducción son relevantes, dejan por fuera elementos cruciales para conocer la salud del hato en ese aspecto; entonces, la tasa de preñez viene a ofrecer importantes ventajas analíticas.
- Tener sistemas de información que ofrezcan ambos tipos de datos, ojalá presentados con amplitud e integración con otros elementos relacionados con la reproducción, se vuelve necesario y trascendental.
- No se puede obviar las particularidades de los sistemas de producción a la hora de analizar las tendencias de los parámetros reproductivos. Lo importante es conocer las variaciones en el parámetro, pero más importante aún, saber cuál es la posición (situación) respecto al parámetro de la zona en que se ubica la finca -o del país-, que debe ser la base de comparación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Brand, A., Noordhuizen, J.P.T.M., Schukken, Y. 1997. Herd health and production management in dairy practice. Wageningen pers. Wageningen, The Netherlands.

deGraaf, T., Pérez-Gutiérrez, E., Baars, R., Estrada-König, S., Solano-Patiño, C., Vargas-Leitón, B. 1995. Manual para el Manejo de la Salud y Producción de Hato. UNA. Heredia, Costa Rica.

Green, M. 2012. Dairy herd health. Cabi Books. Nottingham, England.

Lee, K. 2001. Monitor your herd's pregnancy rate. Michigan State University. <http://www.dairyherd.com/dairy-resources/Monitor-your-herds-pregnancy-rate-122938328.html>

Noordhuizen JP, [Buurman J](#). Vet Q. 1984 VAMPP: a veterinary automated management and production control programme for dairy farms (the application of MUMPS for data processing). 6(2):66-72.

Noordhuizen, J.P.T.M. 2012. The Dairy Herd Health And Management Book. A guide for veterinarians and dairy professionals. Context Eds. England.

Pooks, S., Horner, J., Milhollin, R. 2009. Dairy Cattle Reproductive Manual. Missouri Dairy Growth Council's. University of Missouri. EEUU.

Rojas-Campos, J., Romero-Zúñiga, J.J., Estrada-König, S. 2011a. Análisis comparativo de fincas mediante VAMPP Bovino aplicado a nivel individual. Ventana lechera. 5(16):15-20.

Rojas-Campos, J., Romero-Zúñiga, J.J., Estrada-König, S. 2011b. VAMPP: Un programa en constante evolución. Ventana lechera. 5(16):47-56.

Romero-Zúñiga, J.J., Rojas-Campos, J., Estrada-König, S. 2011a. El programa VAMPP Bovino como herramienta de apoyo a la toma de decisiones en los sistemas de producción bovinos. Ventana lechera. 5(16):4-14.

Romero-Zúñiga, J.J., Rojas-Campos, J., Estrada-König, S., Bolaños-Segura, M. 2011b. Análisis de datos (re)productivos. Ventana lechera. 5(16):26-41.

FALLA REPRODUCTIVA EN EL GANADO BOVINO Y MEDICINA PREVENTIVA

Rubén Vázquez Aguilar

ZOETIS - Mexico

INTRODUCCIÓN

La eficiencia reproductiva constituye un conjunto de medidas, expresadas en parámetros reproductivos de beneficio rentable, mientras que la **ineficiencia o falla reproductiva** comprende uno de los problemas más costosos que enfrenta la ganadería.

La fertilidad reducida es preocupación de ganaderos, investigadores y profesionales afines por representar un agravante en la ganadería bovina ya que Impacta negativamente en la producción de leche, carne y en menor cosecha de becerros (17).

Las fallas reproductivas de los animales afectan en forma directa la productividad del rebaño, y al menos 50 por ciento de éstas se relacionan con enfermedades infecciosas que se traducen en bajos índices de preñez y partos (muerte temprana del embrión o abortos), alta tasa de mortalidad en becerros, reducción de peso al destete, elevado porcentaje de eliminación involuntaria del pie de cría, e ineficiencia en los programas de inseminación artificial o transferencia de embriones (21).

- **Causas infecciosas de Falla Reproductiva:**

- Infecciones sistémicas con presencia de elevación de temperatura
- Infecciones con microorganismos patógenos: Brucelosis, Leptospirosis, IBR, DVB, endotoxinas bacterianas, etc.

- **Causas no infecciosas:**

- Anormalidades genéticas
- - Medio ambientales (temperatura) / mecánicas, estrés, dolor
- - Nutricional: Deficiencias (vit A, selenio, yodo), fitotoxinas (incluyendo micotoxinas – zearalenone)
- - Desbalances hormonales: disminución de Progesterona.
- Intoxicaciones / envenenamiento: Nitritos, nitratos, alcaloides (ergotamina), Ioduro de sodio.
- Iatrogénicas: Administración de medicamentos.

- Parasitarias (Neosporosis, Trichomoniasis, Anaplasmosis o Piroplasmosis, Toxoplasmosis). (20).

Otros eventos de falla reproductiva. También ocasionan fallas reproductivas, los quistes ováricos, abortos, retención placentaria, anestro, metritis, reabsorción embrionaria, y diversas alteraciones anatómicas (adherencias, tumores, entre otras) (19).

Aunado a esto, los tratados y acuerdos comerciales en la compra de ganado o semen, incrementan el riesgo de introducir enfermedades. México sostiene relación comercial con más de 43 países y es importante considerar esta situación (22).

De acuerdo con la información de comercio exterior publicada por la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), en el periodo de enero del 2000 a abril del 2009, México ha importado alrededor de 1.72 millones de cabezas de ganado bovino. La importación de vacas lecheras desde enero del 2000 hasta abril del 2009 ha acumulado un total de 247,581. Las principales importaciones se realizan desde Australia, Nueva Zelanda y Estados Unidos, con una participación en el volumen de 42, 37 y 14%, respectivamente (28).

Las Fallas Reproductivas comunes son identificadas por: la muerte embrionaria, muerte fetal, partos prematuros y terneros nacidos muertos o débiles. La Muerte Embrionaria temprana expresa pérdidas de gestaciones de 40 - 60%, la tardía de 10 - 15% y la muerte fetal con 5 a 15% (17). La Muerte Embrionaria ocurre en los primeros 44 días de la gestación y el Aborto en las vacas se define como la muerte fetal y expulsión ocurridas entre los días 45 y 265 de gestación(20).

En algunos estudios, se demuestra que las pérdidas de la gestación ocurren en vacas en un 50% durante los primeros 30 días (25). Las causas de abortos en México permanecen como desconocidas en más de un 70 % de las veces⁽²³⁾

Se ha observado que el 90 % de los casos diagnosticados de abortos son de origen infeccioso⁽²⁴⁾

Las enfermedades que ocasionan abortos en bovinos en México ocasionan pérdidas económicas que fluctúan entre los \$937 a \$1,100 dólares por vaca abortada (26). El costo de un día abierto se calcula entre \$ 2 a \$ 5 dólares x vaca.

En México, un estudio dio a conocer la seroprevalencia de enfermedades abortivas en bovinos en trópico húmedo, donde se obtuvieron resultados cuyos porcentajes de positividad fueron: Brucelosis 13.96%, **55.32%** por **Leptospirosis**, 13.66% para **IBR** y 12.27% de **DVB**. Esto es, en

tan sólo 3 enfermedades como son DVB, IBR y Leptospirosis se logró obtener un 81% de importancia como causa de abortos (26).

La eficiencia reproductiva es un componente crítico en el desempeño de las explotaciones ganaderas, sin embargo; se han identificado diversos factores que ocasionan efectos adversos en la reproducción del ganado, donde enfermedades como Diarrea Viral Bovina (DVB) y Rinotraqueítis Infecciosa Bovina (IBR) ocupan un lugar importante.

La DVB e IBR son enfermedades de distribución mundial y endémica en la mayoría de las poblaciones bovinas; son responsables de ocasionar un amplio rango de manifestaciones clínicas y lesiones siendo los trastornos reproductivos los de mayor impacto económico, entre los que se encuentran; fallas en la fertilidad, muerte embrionaria temprana, aborto y anomalías congénitas (1,2,3).

Desde hace más de 30 años se reportó la presencia de uno o ambos virus en bovinos bajo diferentes sistemas de producción y ubicados en diferentes estados de la república Mexicana. Los porcentajes de seroprevalencia para IBR (57%) y DVB (65%) reportados en el 2003, concluyen que ambos virus se encuentran presentes en un porcentaje elevado en el ganado bovino (5). Actualizando el dato, en 2009, Córdova-Izquierdo *et al.*, refieren haber detectado una prevalencia de 87% en el ganado del sureste de México para DVB y para IBR, el 90% (27).

RINOTRAQUEITIS INFECCIOSA BOVINA (IBR)

El IBR es ocasionado por el *Herpesvirus* Bovino 1, (HVB-1), el cual se reconoce primariamente como patógeno respiratorio. Este virus también afecta otros tejidos, incluyendo el tracto reproductivo. Conforme el virus de IBR se fue reconociendo como una enfermedad común, se han observado otros signos de la infección viral, tales como: vulvovaginitis pustular infecciosa, balanopostitis, conjuntivitis, enteritis, encefalitis, abortos y enfermedad sistémica mortal en becerros (4).

El HVB-1 permanece inactivo o latente después de una infección y es reactivado por el estrés generado en los animales. Los sitios preferidos de la infección viral latente son el tejido nervioso (ganglio trigémino, plexo lumbosacro o ganglios sensoriales) y células linfoides. El animal infectado se considera reservorio y disemina el virus a través de secreciones oculares, nasales y del aparato reproductivo (semen contaminado) (3,6).

El HVB-1 es un *alfa*herpesvirus y puede dividirse en 3 subtipos basado en sus presentaciones clínicas. Se cree que las diferencias antigénicas resultan en las diferentes formas clínicas.

HVB 1.1, se involucra en cuadro respiratorio, aborto y enfermedad neonatal fatal sistémica.

HVB 1.2, se aprecian problemas genitales y aborto.

HVB 1.3, produce encefalitis. (3).

EFFECTOS SOBRE EL APARATO REPRODUCTIVO

En el ovario se produce una ooforitis necrosante afectando por lo general a ambos ovarios, sin embargo, el daño más severo ocurre en el cuerpo lúteo, el cual es más vulnerable a la infección viral durante los primeros 3 ó 4 días posteriores a la ovulación; por lo que si la infección ocurre en momentos cercanos al estro, la función lútea de ese ciclo estral es severamente interrumpida. En la mayoría de los animales, el siguiente celo ocurre de manera normal, en algunos otros, el ciclo estral puede retardarse hasta por 2 meses. Después de la recuperación de una primera infección, no existen daños aparentes en la función ovárica. El tejido ovárico es raramente un sitio de reactivación viral. (4).

En el útero el virus produce una endometritis necrosante severa, sin embargo, la lesión cede de 1 a 2 semanas después; lo que sugiere que el uso de semen contaminado con IBR probablemente cause infertilidad temporal (4).

En la gestación la inoculación experimental de animales preñados, mostró que el virus se disemina por vía sistémica, atraviesa la barrera materno-fetal, infecta letalmente al feto y ocurre el aborto. Los abortos pueden ocurrir en cualquier momento de la gestación, aunque por lo general ocurren durante el último trimestre. Se ha demostrado que cuando los animales se infectan 7 días después de la inseminación, el virus puede atravesar el epitelio uterino, infectar las membranas embrionarias y causar la muerte del embrión. Cuando la muerte ocurre rápidamente (a los pocos días después de la infección), el único signo clínico de falla en la preñez, es un ciclo estral ligeramente prolongado. Esto es frecuentemente interpretado, como una falla de la concepción en vez de una interrupción de la gestación (4).

DIARREA VIRAL BOVINA (DVB)

La Diarrea Viral Bovina es un virus ARN, miembro del género *pestivirus* perteneciente a la familia *Flaviviridae*. Es uno de los principales causantes de las fallas reproductivas y un componente del Complejo Respiratorio Bovino; siendo por tanto, responsable de grandes pérdidas económicas en la ganadería mundial (7). Presenta dos biotipos diferenciados por sus efectos en cultivo celular: biotipo citopático (CP), el cual produce lisis celular y no induce infección persistente, y biotipo no citopático (NCP) que no lisa el cultivo de tejidos, pero induce infección persistente en el ganado manteniéndolo como un reservorio de DVB representando la principal ruta de transmisión viral. (8, 9). Así mismo, tiene dos genotipos, el tipo 1 (recientemente, subdividido en 1 a y 1 b) y el tipo 2 (11).

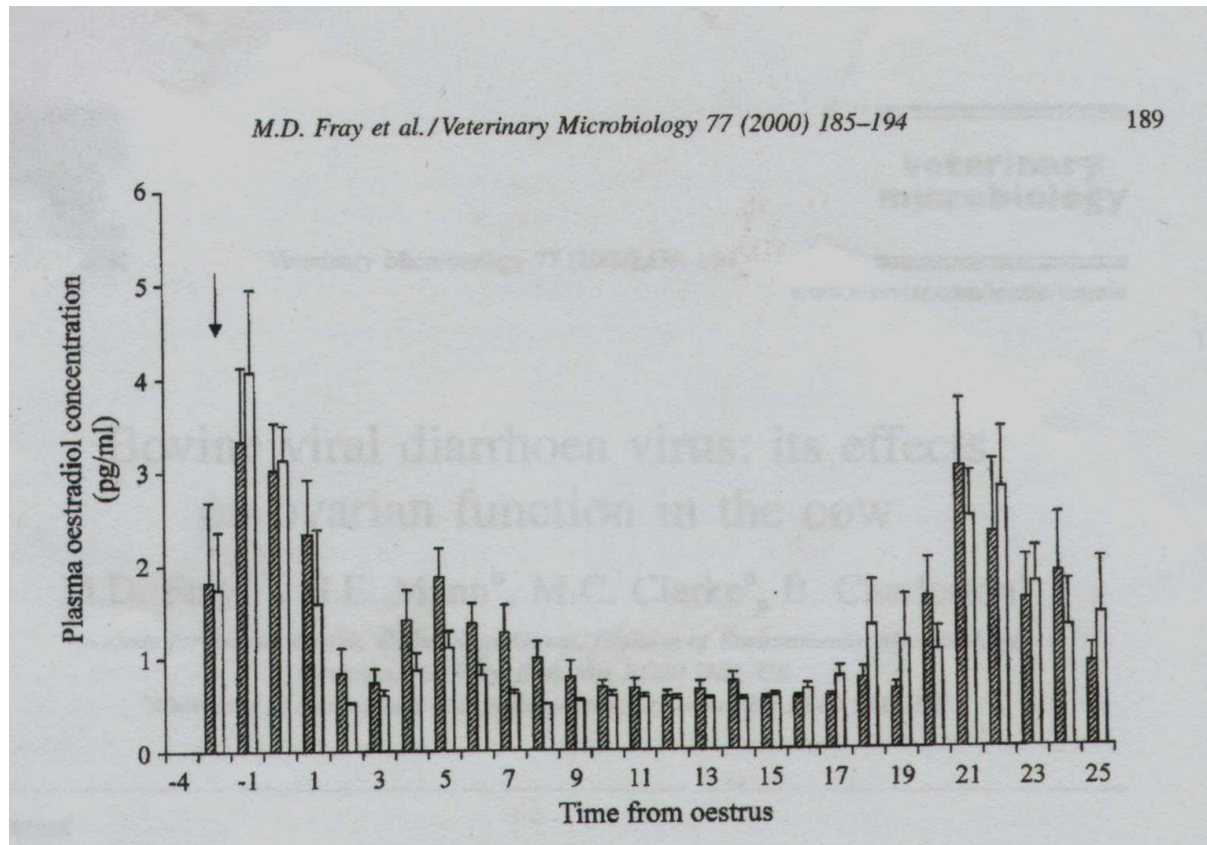
El tipo 1 se asocia a fallas reproductivas, infecciones persistentes, enfermedad respiratoria y entérica, así como a la enfermedad de las mucosas. El tipo 2 está asociado con el síndrome hemorrágico en el ganado (8).

EFFECTOS SOBRE EL APARATO REPRODUCTIVO

En el ganado bovino la infección pre y posnatal está asociada con una gran variedad de síndromes que incluye inmunodepresión, defectos congénitos, abortos, enfermedad mucosal y una importante disrupción de la función reproductiva (9).

El virus de DVB tiene un particular “tropismo” para infectar células entre las que se incluyen las de la teca, granulosa, células lúteas, ovocitos y gonadótropos hipofisarios. Se ha demostrado que el virus no citopático de DVB tiene el potencial para alterar la función de uno o más componentes del eje hipotálamo-hipófisis-ovario (9).

Fray et al (1999 / 2000) demostraron que la viremia por DVB ocasiona alteración en la función folicular. La viremia inducida durante los primeros 2 a 6 días del ciclo estral produce una disminución en la secreción del estradiol proveniente del primer folículo dominante que emerge después de la ovulación. La reducción en la frecuencia en los pulsos de LH después de la infección de DVB, ayudan a explicar como el virus puede reducir la secreción tónica del estradiol. (10,12). (gráfica).



La infección del virus de DVB está asociada con una reducción del 50% en los pulsos de LH comparada con la frecuencia de los pulsos en animales sanos (10).

Recientemente, sabemos que la viremia durante el estro puede reducir los índices de concepción alrededor del 50%, retarda el desarrollo folicular y reduce los índices de ovulación. Estas observaciones sugieren que el virus de DVB tiene un efecto directo sobre el ovario y la función endometrial (12).

En conclusión, el virus de DVB tiene el potencial para disminuir la fertilidad en el ganado ejerciendo un efecto directo sobre el desarrollo de los ovocitos y comprometiendo la esteroidogénesis a nivel de los ovarios (12).

La infección por el virus de DVB extiende la duración del intervalo entre ovulación y el momento en que la concentración de progesterona alcanza niveles mayores a un nanogramo por mililitro, lo que significa un retraso en la producción de la misma entre los días 3 y 11 después de la ovulación. Recientes estudios muestran que concentraciones bajas de progesterona en plasma durante la fase lútea temprana están correlacionados con un pobre desarrollo del embrión. Este proceso ha sido investigado por Mann y Lamming (2001) quienes observaron un retraso en el desarrollo

embrionario y una disminución significativa en la secreción de interferón TAU. Estos embriones pequeños también tienen una habilidad limitada para suprimir el mecanismo luteolítico en la vaca (13).

Las viremias ocasionadas por el virus no citopático de DVB durante la fase folicular tienen el potencial para reducir la fertilidad en el ganado, debido a una alteración en la capacidad del folículo ovulatorio para formar un cuerpo lúteo completamente activo. La subsecuente disminución en la secreción de progesterona, puede en teoría, retardar el desarrollo embrionario temprano y comprometer el reconocimiento materno de la gestación (9).

En adición, ambos virus (IBR y DVB), pueden replicarse también en células del oviducto resultando en lisis celular y por consiguiente, la eliminación de sus funciones, tales como: los factores de secreción embriotópicos que dan soporte al desarrollo embrionario (14).

Se menciona la importancia de DVB en la Infección Testicular de Toros Sementales y su transmisión hasta por periodos prolongados de 12.5 meses (a través del contacto natural con PI o inoculación intranasal). La prevalencia de animales persistentemente infectados es claramente definido en previos estudios (0.13 a 1.7%) (16).

Los animales PI surgen cuando una vaca susceptible es infectada con el virus de DVB biotipo No Citopático durante el primer tercio de la gestación o antes de que el feto desarrolle su sistema inmune (Brownlie et al, 1998).

En general los datos de prevalencia de los animales PI fluctúan entre el 0.5 al 2% pudiendo sin embargo, en algunos hatos alcanzar hasta el 10%.

Animales PI, inducen el incremento de enfermedades secundarias, tales como: diarreas y neumonías, (15).

Debido al impacto económico que IBR y DVB generan en la ganadería mundial y sus consecuencias directamente en la productividad, se hace imperativo establecer programas preventivos integrales de salud en donde la vacunación juega un papel indispensable. Cuarentenar animales de nuevo ingreso, limpiar y sanitizar, puede ayudar a prevenir la transmisión.

LEPTOSPIROSIS

Una de las Enfermedades Bacterianas que hoy día llama la atención en los diferentes hatos y de gran consideración en México. La serovariedad *Hardjo* parece ser el serotipo más frecuentemente reconocido en bovinos (29).

La frecuencia de seropositividad a una o más serovariedades va de 75.5% a 94% (53,54).

Las formas aguda, subaguda y crónica de la Leptospirosis Bovina, causa bajas considerables en la productividad y rentabilidad. La presencia de muerte embrionaria temprana, abortos, muerte fetal, nacimiento de becerros débiles, mastitis, baja en la producción láctea y retraso en el crecimiento son algunos signos presentes. El impacto económico es sin duda muy alto en los hatos lecheros. (30-37)

El diagnóstico preciso continúa siendo una limitante pues las pruebas rutinarias como la microaglutinación no son capaces de diferenciar entre *hardjo prajitno* y *hardjo bovis* pues aun cuando son genéticamente distintas son serológicamente indistinguibles por lo que se requiere de herramientas de diagnóstico específicas como el PCR (reacción en cadena de la polimerasa) para determinar con precisión el tipo de leptospira en animales infectados.

Como principal medio de control contra la leptospirosis bovina se utilizan vacunas que contienen leptospiros completas inactivadas con las serovariedades *hardjo-prajitno*, *pomona*, *grippotyphosa*, *icterohaemorrhagiae* y *canicola*, sin embargo, los expertos en el tema, han demostrado que las vacunas formuladas con cepas de *Leptospira interrogans*, serovar *hardjoprajitno*, estimulan sólo una inmunidad que protege deficientemente contra *Leptospira borgpetersenii* serovar *hardjo* (tipo *harjo-bovis*), siendo esta última la leptospira de mayor prevalencia y la que más daño causa en la producción bovina de E.U.A. (38-45).

Estudios realizados en 44 hatos lecheros en EEUU, demuestran una seroprevalencia de *Hardjo-bovis* promedio del 57%. Sin embargo, el estado de California es el de mayor prevalencia (91%), Noroeste (Washington/Oregon,55%), Medio este (Ohio,27%) y Florida (55%). (46)

Ellis, W.A señala que leptospira *hardjo bovis* también es el serovar más común en países como UK, Australia, New Zealand and North America.(44)

Bolin *et al.*, demostraron que la vacunación con una vacuna pentavalente de *Leptospira* autorizada en EE.UU. no protegía a las vacas contra las consecuencias de la infección con el serovar *hardjo-bovis*. (14). Se reportó ganado portador renal, que diseminaba periódicamente leptospiros infectantes del serovar *hardjo-bovis*, Algunos becerros aparentemente sanos al nacimiento tuvieron grandes cantidades de leptospiros en riñones a pesar de la vacunación consistente de sus madres, llevando a cabo las indicaciones de etiqueta de las vacunas polivalentes.

Otros estudios han reportado la incapacidad de las vacunas pentavalentes contra leptospira para superar a los anticuerpos maternos hasta que los becerros tienen aproximadamente 6 meses de edad,

dejándolos vulnerables a la infección desde las 13 semanas de edad cuando los anticuerpos maternos adquiridos pasivamente ya no son protectores.(47) De esta forma, los becerros expuestos a los serovares *hardjo-bovis*, donde simultáneamente comienzan a declinar los anticuerpos maternos (interfiriendo estos últimos en la respuesta inmune post-vacunación) quedarán expuestos a la infección corriendo el riesgo de convertirse en portadores renales y diseminadores permanentes de leptospiras. Al no haberse demostrado que las vacunas contra leptospira tengan efectos terapéuticos, *la excreción renal a través de la orina puede continuar aún después de que los becerros hayan sido vacunados*, esto ocurre típicamente cuando se vacunan hasta los 6 meses de edad.

Hoy disponemos de Spirovac®, que es una vacuna monovalente del serovar *hardjo-bovis*, que tiene como indicaciones específicas prevenir la colonización renal, excreción urinaria, colonización del tracto reproductor, abortos, mortinatos e infección trasplacentaria, causados por el serovar *hardjo-bovis* y tiene una duración de la inmunidad de 12 meses además de superar a los anticuerpos maternos en becerros calostrados, pudiendo ser utilizada tan temprano como a las 4 semanas de edad y su refuerzo 4 semanas después. (48-52).

Existe tratamiento para la Leptospirosis y el uso de antibióticos tales como Oxitetraciclina larga acción, Ceftiofur, y Tulatromicina (este último con terapia extendida por 9 días de acción terapéutica), son de gran elección y eficacia.

CONCLUSIONES

Se hace vital la prevención de esta otra enfermedad en forma oportuna, a través del uso de programas preventivos de salud, iniciándose lo más temprano de edad posible en becerras y previo a la etapa reproductiva que consideren vacunas con las serovariedades que afectan al ganado bovino (vacunas polivalentes) y el uso de vacuna contra *L. borgpetersenii* para lograr un óptimo nivel de protección, duración de la inmunidad y lograr también una adecuada protección fetal.

Otras Enfermedades de importancia en Falla Reproductiva son: Neosporosis, Listeriosis, Campylobacteriosis, Tricomoniasis, Brucelosis, Histofilosis. Las cuales también existen en México y su prevalencia ha sido determinada.

Protección fetal

“Uno de los objetivos es concentrarse en evitar la infección del feto para evitar abortos o el nacimiento de bovinos portadores permanentes. Para ello, la vacunación debería apuntar a proteger los vientres en su etapa reproductiva” (55).

¿COMO CONSTRUIR INMUNIDAD?

Debemos entender el Riesgo, principales enfermedades, diagnóstico preciso, seleccionar la vacuna adecuada y los programas de Bioseguridad (nutrición, higiene, programas de desparasitación, manejo y densidad de población, cuarentenas o eliminación y vacunación).

La inmunidad es una respuesta protectora montada a largo plazo contra bacterias y virus. Esta respuesta inmune debe ser necesariamente eficiente, y que se pueda medir. Es importante señalar que no siempre la vacunación producirá inmunidad suficiente. No todos los animales dentro de un grupo vacunado responden con el mismo nivel de protección. **Una respuesta inmune no asegura la protección contra la enfermedad clínica. Si la enfermedad, solo puede ser controlada por una respuesta mediada por células pero solo fue estimulada la respuesta humoral, entonces el animal no está protegido.**

La protección ocurre cuando un animal desarrolla una respuesta inmune que es capaz de prevenir la enfermedad clínica después de la exposición a una cepa de campo bacteriana o viral incluyendo una vacuna.

La sensibilización se lleva a cabo después de la aplicación de la primera dosis de vacuna muerta en un animal que es capaz de responder a esa vacuna. Esta dosis de sensibilización no protege contra la enfermedad. La inmunización se presenta después de la segunda dosis de vacuna muerta, cuando se administra dentro de un plazo de tiempo razonable según el inmunógeno inyectado.

Las vacunas muertas, son de gran utilidad cuando se lleva a cabo en vacas gestantes o que mantienen contacto con otros animales de diferentes edades en un mismo potrero y se desconoce su status preventivo y zootécnico.

En otro escenario (becerras, vaquillas, vacas vacías y sementales), la inmunización ocurre después de una sola dosis de vacuna a virus vivo modificado, ya que la réplica viral puede estar en contacto con el sistema inmune por un período amplio. El refuerzo ocurre en un animal previamente inmunizado después de cualquier dosis subsecuente de vacuna.

Las vacunas vivas modificadas tienen la capacidad de infectar a las células de mamíferos sin causar la enfermedad. Por lo tanto, el único modo de estimular de manera efectiva la protección contra la enfermedad viral clínica (sin pasar por la enfermedad) es usar una vacuna viral viva modificada.

Al vacunar las vacas antes del servicio se incrementan las oportunidades de protección al feto en desarrollo. Los refuerzos para la protección fetal deberán ser administrados “al menos” 30 días antes del servicio o de la inseminación artificial (21).

Debemos utilizar vacunas no por precio ni por su mayor número de antígenos, sino por las pruebas de desafío que hayan tenido y evaluado, su nivel de protección y duración de la inmunidad que confieren.

En el 2002, la USDA-APHIS (estableció y otorgó 5 niveles de protección a las vacunas en Veterinaria:

Nivel 1.- Previenen la Infección: Previene la colonización y replicación del microorganismo de Desafío.

Nivel 2.- Previenen la Enfermedad: Altamente efectiva en la prevención de la Enfermedad.

Nivel 3.- Ayudan a la Prevención de la Enfermedad.

Nivel 4.- Ayudan en la reducción de la severidad y duración de la Enfermedad.

Nivel 5.- Productos con otros beneficios que no son directos al control de la Enfermedad.

(Veterinary Services Memorandum No. 800.202- *APHIS: Animal and Plant Health Inspection Service. USDA: United States Department of Agriculture)(**).

Un Programa de Vacunación, deberá considerar:

*Iniciar antes del servicio con vacunas de Protección Fetal.

*En la Crianza tan temprano como sea necesario.

*Indispensable la continuidad.

*El intervalo entre las vacunaciones depende del biológico utilizado.

Es muy importante realizar constantes diagnósticos y estudios complementarios para determinar la causa de la Falla Reproductiva y realizar el mejor esquema de prevención y tratamiento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A.Córdova-Izq. and et al./Seroprevalence of Viral Diseases in Cattle Meat Producer under Humid Tropical Conditions. Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 3(4): 4067-4070, 2009.

Alt DP, Hornsby R, Bolin CA. Use of a monovalent leptospiral vaccine to prevent placental and fetal infection in cattle exposed to *Leptospira borgpetersenii* serovar *hardjo* during mid-gestation. JAVMA, submitted 2002.

Arturo C. Sánchez-Mejorada Porras. 2011. Estudio Serológico de Leptospirosis Bovina en la Comarca Lagunera. Publicado el: 22/12/2011 –Engormix.com

Biuk-Rudan N, Cvetnic S, Madic J, Rudan D. Prevalence of antibodies to IBR and BVD viruses in dairy cows with reproductive disorders. Theriogenology. 1999;51:875-81.

Blas-Machado U, Saliki JT, Duffy JC, Caseltine SL. Bovine viral diarrhea virus type 2-induced meningoencephalitis in a heifer. Vet Pathol. 2004;41:190-4.

Bolin CA, Alt DP, Zuerner RL. Protection of cattle from renal and genital tract colonization with *Leptospira borgpetersenii* serovar *hardjo*. Proceedings of the 21st World Buiatrics Congress. Punte del Este, Uruguay, December 2000.

Bolin CA, Alt DP. Use of a monovalent leptospiral vaccine to prevent renal colonization and urinary shedding in cattle exposed to *Leptospira borgpetersenii* serovar *hardjo*. AJVR 2001;62:995.

Bolin CA, Cassells JA, Zuerner RL, et al. Effect of vaccination with a monovalent *Leptospira interrogans* serovar *hardjo* type *hardjo-bovis* vaccine on type *hardjo-bovis* infection of cattle. AJVR 1991;52:1639-1643.

Bolin CA, Thiermann AB, Handsaker AL, et al. Effect of vaccination with a pentavalent leptospiral vaccine on *Leptospira interrogans* serovar *hardjo* type *hardjo-bovis* infection of pregnant cattle. AJVR 1989;50(1):161-165.

Cano MS, Rodríguez AG, Ávila GJ, Moles CLP y Cisneros PMA. 2001 *Leptospira spp* En Ganado Bovino Productor de Carne en Trópico HÚMEDO Córdoba Argentina, Congreso Nacional Buiatría.

Clinical Leptospirosis in animals. In: Faine S, Adler G, Bolin CA, Perolat P, eds. Leptospira and Leptospirosis 2nd ed. Melbourne, Australia: MediSci: 1999:113-122.

Cordoba Jimenez et al, Seroprevalence of cattle abortive diseases from Mexican humid tropic. *Revista Veterinaria* Volume: 18 Issue: 2 Pages: 139-142 Published: 2007.

Data on file. Study 2934A-60-00-096, Pfizer Inc.

Departamento Técnico. Boletín Técnico. Prevalencia de Diarrea Viral Bovina y rinotraqueítis bovina en ganado del trópico mexicano. *Pfizer Salud Animal*. 2000;1-4.

Diarrea Viral Bovina (DVB) Dr. Méd. Vet. Anselmo Odeón*. 2006. *Producir XXI*, Bs.As., 14(174):24-30.

Dr. Leonardo J. De Luca. Aborto Bovino. *Engormix* 2006.

Dra. Beatriz Galindo-revista digital-Animales Siglo XXI

E.E.A. INTA Balcarce. www.produccion-animal.com.ar

Eligio Esquivéz González. Importaciones de Bovino. eleconomista.com.mx/notas-impreso/.../07/.../importaciones-bovino, Jul 14, 2009, 21:45.

Ellis WA, Thiermann AB, Marshall RB. Genotypes of *Leptospira hardjo* and their role in clinical disease. *Proceedings, 14th World Congr Dis Cattle* 1986;971-974.

Ellis WA, Thiermann AB. Isolation of leptospires from the genital tracts of Iowa cows. *AJVR* 1986;47:1694-1696.

Ellis WA, Zygraich W. Experimental studies with a *Leptospira interrogans* serovar hardjovaccine. *Proceedings, 14th World Congr Dis Cattle* 1986;966-971.

Ellis WA. Recent developments in bovine leptospirosis. In: Grunsell CSG, Hill FWG, eds. *The Veterinary Annual*. 23rd issue. Bristol:Scientetchnica:1983:95-95

Ellis WA. Leptospirosis as a cause of reproductive failure. *Vet Clin North Am L&Anim Pract*. 1994;10(3):463-478.

Fray MD, Mann GE, Bleach EC, Knight PG, Clarke MC, Charleston B. Modulation of sex hormone secretion in cows by acute infection with bovine viral diarrhoea virus.

Fray MD, Mann GE, Clarke MC, Charleston B. 2000. Bovine viral diarrhoea virus: its effects on ovarian function in the cow. *Vet Microbiol.*;77:185-94.

Fray MD, Mann GE, Clarke MC, Charleston B. Bovine viral diarrhoea virus: its effects on estradiol, progesterone and prostaglandin secretion in the cow. *Theriogenology*. 1999;:1533-46.

Gallegos de la Hoya, Minjares Flores, 2010. Causas de infertilidad en bovinos lecheros y enfermedades metabólicas. *FMVZ. Durango.México- Engormix*, 2010.

Grooms DL, Brock KV, Pate JL, Day ML. Changes in ovarian follicles following acute infection with bovine viral diarrhea virus. *Theriogenology* 1998;49:595-605.

Hanson LE. Control of bovine leptospirosis. *Bovine Pract* 1972;7:17

Heath SE, Johnson R. Leptospirosis *JAVMA* 1994; 205:1518-1523.

Hernández C, J. 2000. "**Causas y Tratamiento de la infertilidad en la vaca lechera**". Departamento de Reproducción, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia Universidad Nacional Autónoma de México, México, DF.

http://sisbib.unmsm.edu.pe/BibVirtualData/Tesis/Salud/Morales_C_S/DISCUSION.pdf

Información Sagarpa 2010. www.sagarpa.com.mx

J.E.P. Santos et al. / *Animal Reproduction Science* 82–83 (2004) 513–535.

Lluén, 2008 - 2009. "**Causas de infertilidad en vacas lecheras**". MV. Benigno Román Lluén Gonzales.

M.D.Givens- BVDV Testicular infection in cattle: Incidence and Significance. 4th U.S. BVDV Symposium. Phoenix Arizona. January 25-27, 2009.

Mann GE, Lamming GE. Relationship between maternal endocrine environment, early embryo development and inhibition of the luteolytic mechanism in cows. *Reproduction*. 2001;121:175-80.

Mickelsen D, Evermann JF. In utero infections responsible for abortion, stillbirth and birth of weak calves in beef cows. *Vet Clin North Amer Food Anim Practice* 1994;10(1):1-14

Miller JM. The effects of IBR virus infection on reproduction function of cattle. *Veterinary Medicine* 1991;86:95-98.

Morales Cauti, Siever Miguel. Detección de Terneros con infección congénita con el virus de DVB en 2 hatos lecheros de la provincia de Arequipa.

Munoz-Zanzi CA, Thurmond MC, Hietala SK. Effect of bovine viral diarrhea virus infection on fertility of dairy heifers. *Theriogenology* 2004;61:1085-99.

Naiman BM, Alt D, Bolin CA, et al. Protective killed *Leptospira borgpetersenii* vaccine induces potent Th1 immunity comprising responses by CD4 and ?? Tlymphocytes. *Infection and Immunity* 2001;69(12):7550-7558.

Ortiz GO. Causas más comunes de aborto en México. X Curso Internacional de Reproducción Bovina, México, DF. 2004:77-81.

Palit A, Middleton H, Sheers J, et al. The influence of maternal antibody and age of calves on effective vaccination against *Leptospira interrogans* serovar *hardjo*. *Australian Veterinary Journal* 1991;68:299-303

Pearson JKL., Mackie DP, Ellis WA. Milk drop syndrome resulting from *Leptospira hardjo*. *Vet. Rec* 1980;106:135

Pellerin C, van den Hurk J, Lecomte J, Tussen P. Identification of a new group of bovine viral diarrhea virus strains associated with severe outbreaks and high mortalities. *Virology*. 1994;203:260-8.

Reproduction. 2002;123:281-9.

Reyes J M*; Vázquez R y García J A. Seroprevalencia de IBR y DVB en Hatos muestreados en México. 2002-2003. Congreso Nacional de Buiatría 2004.

Segura Correa, V. M., J. J. Solís-Calderón, y J. C. Segura-Correa. 2003. Seroprevalence of and Risk Factors for Leptospiral Antibodies among Cattle in the State of Yucatan, Mexico. *Tropical Animal Health and Production*, 35:293-299.

Schollum LM, Marshall RB. Age and the ability of calves to respond to leptospiral vaccine *New Zealand Veterinary Journal* 1985;33(9):146-147.

Six A, Banks M, Engels M, Bascunana CR, Ackermann M. Latency and reactivation of bovine herpesvirus 1 (BHV-1) in goats and of caprine herpesvirus 1 (CapHV-1) in calves. *Arch Virol* 2001;146:1325-35.

Smith BP. *Large Animal Internal Medicine*, 3rd ed. St. Louis, Missouri: Mosby:2002.

Thiermann AB, Handsaker AL, Foley JW, et al. Reclassification of North American leptospiral isolates belonging to serogroups Mini and Sejroe by restriction endonuclease analysis. *AJVR* 1986;47:61-66.

Thiermann AB. Bovine leptospirosis: bacteriologic versus serologic diagnosis of cows at slaughter. *AJVR* 1983; 44:22442245.

Vanroose G, de Kruif A, Van Soom A. Embryonic mortality and embryo-pathogen interactions. *Anim Reprod Sci*. 2000 Jul 2;60-61:131-43. Review.

Veterinary Services Memorandum No. 800.202- *APHIS: Animal and Plant Health Inspection Service. USDA: United States Department of Agriculture.

White FH, Sulzer KR, Engel RW. Isolations of *Leptospira interrogans* serovars *hardjo*, *balcanica*, and *pomona* from cattle at slaughter. *AJVR* 1982;43:11721173.

www.animalesxxi.com.ar/.../bovinos/327-bovinos-muerte-embionaria-.

INTERACCIONES ENTRE KISSPEPTINA, NEUROKININA B Y DINORFINA A EN BECERRAS CEBÚ PREPÚBERES

Alejandro Villa-Godoy

Departamento de Fisiología y Farmacología, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México. Circuito Exterior S/N, Edificio 2, Cubículo 2314, Ciudad Universitaria, 04510, Coyoacán, Ciudad de México, México. aavillagodoy@gmail.com

RESUMEN

El principal mecanismo que determina la pubertad es el aumento de la frecuencia pulsátil de la Hormona Liberadora de Gonadotropinas (GnRH). La consecuencia de dicho aumento es el incremento de la frecuencia de pulsos de las hormonas luteinizante (LH) y folículo estimulante (FSH), lo cual dirige a un aumento en la actividad esteroidogénica y folicular en los ovarios, lo que a su vez determina la primera ovulación que marca el inicio de la pubertad. La familia de péptidos denominada Kisspeptina (Kiss) desempeña una función preponderante en el inicio y mantenimiento de la ciclicidad estral en mamíferos. La Kiss determina la calidad de la liberación de GnRH y es sintetizada principalmente en dos núcleos de neuronas hipotalámicas: uno de ellos produce únicamente Kiss y regula la secreción fásica de GnRH y por tanto de LH y FSH; mientras que el núcleo KNDy co-secreta Kiss, Neurokinina B (NKB) y Dinorfina A (DynA) y se encarga de regular la liberación tónica de GnRH, LH y FSH. NKB and DynA actúan en forma autocrina mediante un fenómeno de retroalimentación, ya que la NKB aumenta la secreción de Kiss, mientras que la DynA la inhibe. La localización de dichos núcleos en el hipotálamo varía entre especies y se desconoce su localización en vaquillas cebú prepúberes. Por otro lado, la Kiss también participa en la regulación del eje somatotrópico, el cual actúa principalmente a través de la Hormona de Crecimiento (GH) y del Factor Similar a la Insulina-1 (IGF-1). Además de discutir los citados mecanismos, en este trabajo se informan los resultados de varios experimentos, mediante los cuales nuestro grupo de trabajo determinó los efectos de dosis y el formato de aplicación de Kiss10 (una o repetida) en la liberación de LH, FSH y GH; así como la influencia de la edad de las vaquillas y las concentraciones circulantes de estradiol, IGF-1 y leptina en dichos efectos. Así mismo, se reporta la localización de las neuronas productoras de Kiss, NKB y DynA en el hipotálamo de vaquillas Cebú prepúberes.

Palabras clave: Kisspeptina, Neurokinina-B, Dinorfina-A, Pubertad, Vaquillas Cebu.

INTRODUCCIÓN

Importancia de la pubertad y de la GNRH

En las hembras bovinas, la presentación temprana de la pubertad influye positivamente en la fertilidad (Byerley et al., 1997; Lin et al., 1988) y productividad de por vida (Perry, 2012). En los sistemas de producción de carne y leche de bovino en el trópico, las vaquillas presentan la pubertad tardíamente y por ello tienen su primer parto entre los tres y cuatro años de edad (Mukasa-Mugerwa, 1989), cuando el ideal zootécnico desde el punto de vista de productividad en ganado bovino en genral es de aproximadamente dos años (Hoffman, 1997) o de 2.5 años en ganado Cebú (Segura-Correa et al., 2013). La tardía edad y bajo peso al primer parto de las vaquillas de trópico, determinan una baja producción de becerros y de leche durante su vida (Deresz et al., 1987; Segura-Correa et al., 2013). Consecuentemente es importante conocer los mecanismos fisiológicos reguladores de la pubertad y los factores que los afectan, lo cual potencialmente conducirá al desarrollo de nuevas estrategias de manejo para reducir la edad a la pubertad de las vaquillas, mejorar la eficiencia reproductiva y la rentabilidad de las unidades de producción ganadera. Ahora bien, el fenómeno de la pubertad y los mecanismos lo disparan es uno de los misterios centrales de la biología reproductiva (Seminara y Crowley, 2008), por lo tanto de manera utilitaria y como entendimiento de los mecanismos fisiológicos básicos que regulan la pubertad, es importante generar los conocimientos que actualmente impiden la comprensión plena del proceso que determina que un individuo inicie su vida reproductiva. Se ha establecido (Terasawa y Fernández, 2001) que la pubertad es precedida por un incremento progresivo en la secreción pulsátil de la hormona liberadora de las gonadotropinas (GnRH), siendo este cambio el componente clave de control para iniciar la pubertad (Etherton, 2004).

LA KISSPEPTINA ENTRA EN EL JUEGO

Varios grupos de investigadores señalan a la Kisspeptina (Kiss) como el elemento estimulador preponderante que gobierna la actividad de las neuronas productoras de GnRH (Abbara et al., 2013). A su vez, la Kiss es el principal intermediario entre las sustancias señalizadoras de origen somático y ambiental que modulan la función reproductiva y las neuronas productoras de GnRH, determinando tanto la liberación tónica como la secreción fásica de las gonadotropinas hipofisiarias

(Smith, 2012). La Kiss es un sistema hipotalámico integrado por una familia de cuatro péptidos (**Figura 1**) estructuralmente relacionados (denominados por su número de residuos de aminoácidos: Kiss-10, Kiss-13, Kiss-14, y Kiss-54). Los cuatro péptidos Kiss actúan a través de su receptor GPR54, mismo que está presente en las neuronas de GnRH. A través de su unión a dicho receptor y la subsecuente activación del mismo, los péptidos Kiss inducen una respuesta biológica similar independientemente de su número de aminoácidos. El sistema está involucrado en el inicio (pubertad) y mantenimiento de la ciclicidad reproductiva (Pinilla *et al.*, 2012). Ahora bien, ¿cuál es la historia de la Kiss? De manera resumida, el gen denominado KISS-1, fue descubierto a mediados de los años 90 y se encontró que su expresión determinaba la supresión de la metástasis de un melanoma maligno humano sumamente agresivo (Lee *et al.*, 1996). Según una versión, el gen recibió dicho nombre debido a que la universidad donde se descubrió (Pennsylvania State University), está localizada en la ciudad de Hershey sitio donde también radica la fábrica de chocolates cuyo producto emblemático es el chocolatito llamado Kiss. Una vez que se demostró que el péptido de 54 aminoácidos denominado inicialmente metastina (Ohtaki *et al.*, 2001), poseía además de sus propiedades anti-metastásicas, una actividad central en la reproducción (Seminara y Crowley, 2008) fue renombrado como “Kisspeptina”.

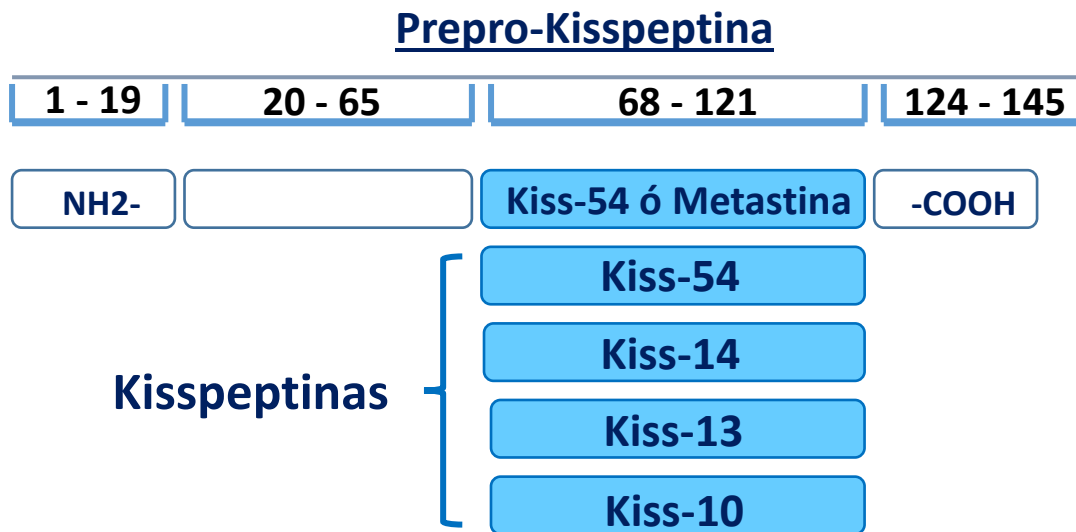


Figura 1. Estructura de la kisspeptina humana, y los más importantes productos (kisspeptinas) generados por escisión diferenciada de un precursor común. La prepro-kisspeptina (proteína de 145 aminoácidos) contiene un péptido señal de 19 aminoácidos y una región central de 54 aminoácidos, el cual está flanqueado por dos sitios de escisión consensuada. La proteólisis de la

prepro-kisspeptina genera la Kiss-54 (ó metastina). Escisiones posteriores dan origen a tres Kiss de menor peso molecular (Kiss-14, -13 y -10). La secuencia de Kiss-10 es conservada en los otros péptidos y todos poseen la misma habilidad de activar el receptor GPR54. Modificado de Roa et al., 2008a.

KISSPEPTINA Y SU ACTIVIDAD EN EL EJE GONADOTRÓPICO

Como se mencionó en un párrafo previo, el inicio de la pubertad es precedido por un aumento progresivo en la frecuencia de pulsos de GnRH, que a su vez estimula en la hipófisis la secreción de las hormonas Luteinizante (LH) y Folículo-estimulante (FSH); ambas gonadotropinas son requeridas para que se efectúen las funciones ováricas que contribuyen al inicio de la pubertad: esteroidogénesis, foliculogénesis y producción de gametos. El sistema mencionado, es un componente reproductivo altamente conservado en mamíferos (Roa *et al.* 2008a) y se le ha atribuido un carácter esencial en el desarrollo puberal (Tena-Sempere, 2006), ya que la pérdida funcional del receptor GPR54 en las neuronas de GnRH (Seminara *et al.*, 2003), así como la administración a nivel de los ventrículo cerebrales (VC) de un antagonista de Kiss (Pineda *et al.*, 2010), reduce la secreción de las gonadotropinas hipofisarias y genera la ausencia de la pubertad en roedores. Por otro lado, en las especies mamíferas estudiadas durante el periodo prepúber temprano, la secreción hipotalámica de la Kiss está reducida (Desroziers *et al.*, 2012) y ésta se incrementa en la transición puberal (Han *et al.*, 2005; Clarkson *et al.*, 2009, Redmond *et al.*, 2011a). En animales adultos, hay una limitada expresión hipotalámica de la Kiss en condiciones de balance energético negativo (Castellano *et al.*, 2005; Luque *et al.*, 2007) y en el anestro estacional (Mason *et al.*, 2007, Smith *et al.*, 2008a). En estos casos, la Kiss exógena es capaz de estimular la liberación de las gonadotropinas hipofisiarias (Navarro *et al.*, 2004; Castellano *et al.*, 2005; Roa *et al.*, 2006; Mason *et al.*, 2007; Castellano *et al.*, 2011; Smith *et al.*, 2009) e inducir la ovulación, seguida de uno o más cuerpos lúteos en una elevada proporción de ratas (Castellano *et al.*, 2005; Castellanos *et al.* 2006; Roa *et al.* 2008b) y borregas (Caraty *et al.* 2007; Sébert *et al.* 2010; Redmond *et al.* 2011b). Los citados efectos de la Kiss son ejercidos principalmente a través de la liberación de la GnRH (Messenger *et al.*, 2005; Arreguin-Arevalo *et al.*, 2007; Smith *et al.*, 2008b).

LA KISSPEPTINA Y SU ACTIVIDAD EN EL EJE SOMATOTRÓPICO

El sistema Kisspeptidérgico también ha sido propuesto como un participante en la regulación del eje somatotrópico ya que, bajo algunas condiciones experimentales, la Kiss ha sido capaz de estimular la secreción de la Hormona de Crecimiento (GH; Gutiérrez-Pascual *et al.*, 2007; Kadokawa *et al.*, 2008a; 2008b; Suzuki *et al.*, 2008; Withlock *et al.*, 2008; Withlock *et al.*, 2010; Ezzat *et al.*, 2011; Luque *et al.*, 2011). De acuerdo con esto, se ha informado que el receptor GPR54 está presente en los somatotropos de ovinos, lo que proporciona una base fisiológica para la acción de Kiss a ese nivel (Smith *et al.*, 2008a). La GH regula el metabolismo energético y proteico en los mamíferos, afectando con ello la tasa de crecimiento, la composición corporal y la producción de leche (Etherton, 2004). Algunos efectos de la GH son mediados por el Factor de Crecimiento Parecido a la Insulina-1 (IGF-1). La concentración sanguínea de éste factor está asociada con la edad a la pubertad y la actividad ovárica posparto (Velázquez *et al.*, 2008). La deficiencia de GH y/o de IGF-1 afecta negativamente el inicio de la pubertad en vaquillas (Armstrong *et al.*, 1992), por lo que la interacción funcional entre los ejes gonadotrópico y somatotrópico es innegable. La secreción hipotalámica de la Kiss es sensible a los cambios hormonales asociados con variaciones del metabolismo (Castellano *et al.*, 2005; Luque *et al.*, 2007; Castellano *et al.*, 2011) y del ciclo ovárico (Adachi *et al.*, 2007), por lo que la variación en su patrón de secreción podría ser uno de los principales mecanismo de regulación central del eje reproductivo. Las variaciones en la liberación de Kiss son influidos por los cambios en las concentraciones séricas de IGF-1, la leptina y los esteroides ováricos. En esta avenida de pensamiento, la función reproductiva durante la transición puberal podría estar sujeta a un mecanismo adicional que sinergiza con el citado anteriormente, ya que en roedores se determinó que tanto el número de neuronas de GnRH despolarizadas (Han *et al.*, 2005), como la magnitud del incremento de LH (Han *et al.*, 2005; Castellano *et al.*, 2006) en respuesta a una inyección de Kiss10, fueron mayores en animales adultos comparado con los prepuberales, lo cual es sugerente de una mayor eficiencia en la señalización de la Kiss, o una mayor capacidad de respuesta del sistema GnRH a Kiss concomitante a la maduración puberal.

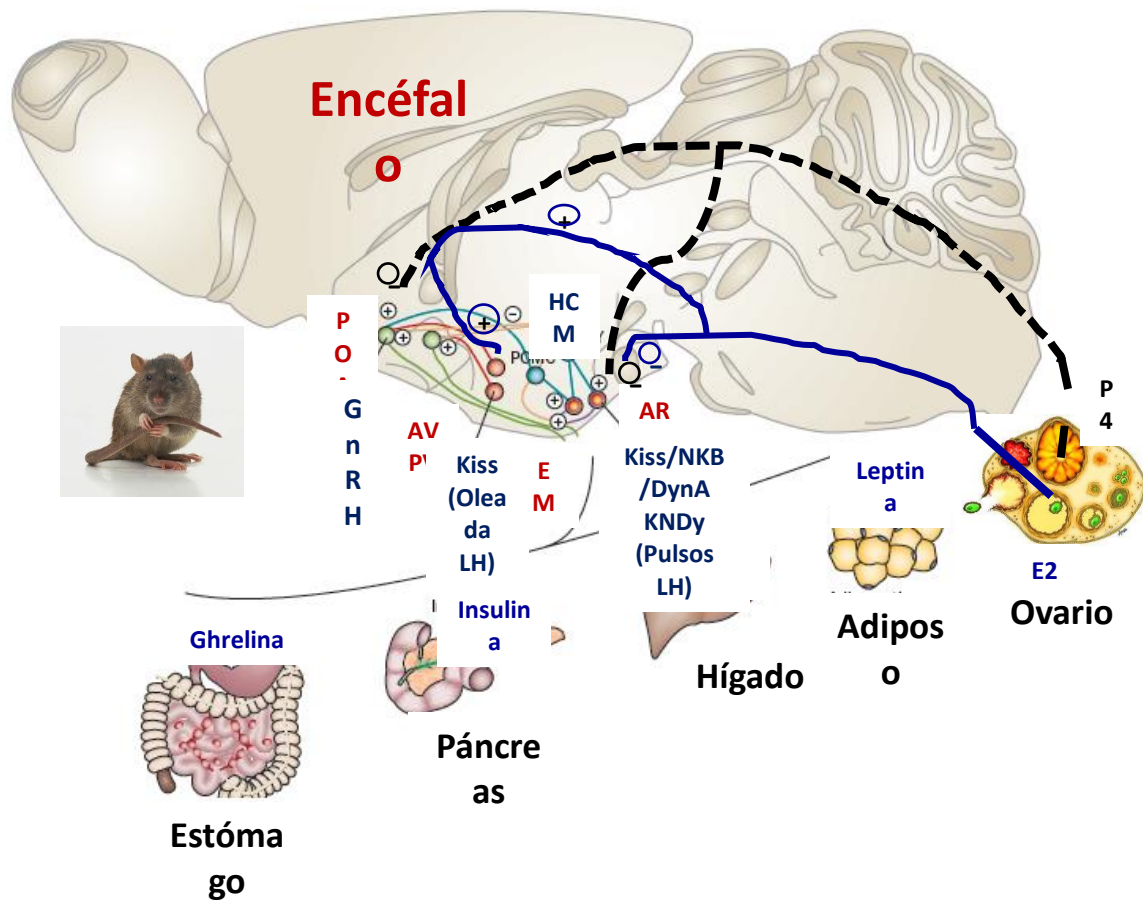


Figura 2. Encéfalo de rata y otros órganos o tejidos que participan en la regulación de la actividad kisspeptérgica. Principales hormonas, neuropéptidos y señalizadores metabólicos que regulan la actividad de las neuronas productoras de kisspeptina (Kiss) y las neuronas que co-sintetizan Kiss, neurokinina B (NKB) y dinorfina A (DynA). Otras abreviaturas: ARC, núcleo arcuato; AVPV/PeN, núcleo anteroventral periventricular/núcleo rostral periventricular; GnRH, hormona liberadora de gonadotropinas; IGF-1, factor de crecimiento similar a la insulina; KNDy, neuronas que coexpresan Kiss, NKB y dinorfina A; ME, eminencia media; POA, área preóptica; POMC, proopiomelanocortina; NPY, neuropéptido Y; HCM, hipotálamo centromedial; P4, progesterona; E2, estradiol. Modificado de Navarro y Tena-Sempere, 2012.

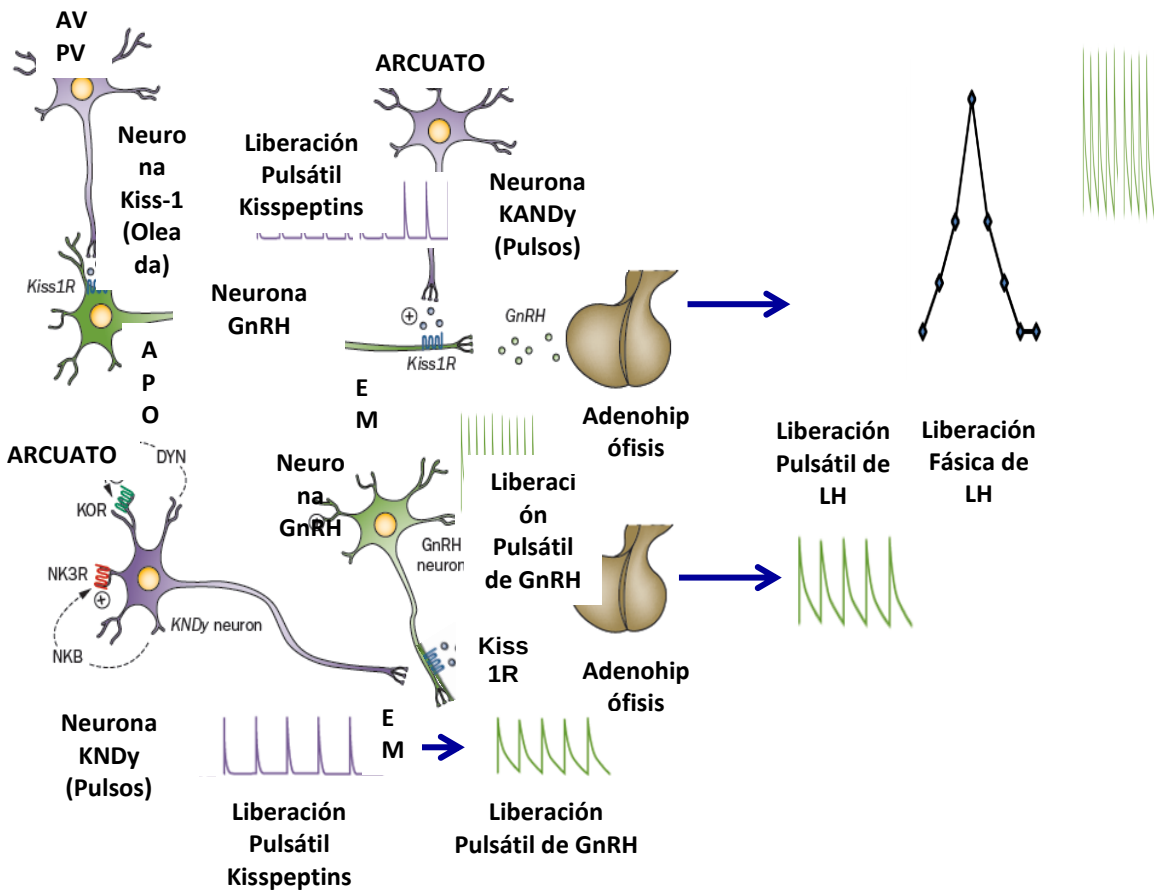


Figura 3. Modelo trabajado en roedores de los mecanismos de regulación de la secreción de GnRH por dos poblaciones neuronales que sintetizan y liberan kisspeptina. Una de ellas se encuentra en el núcleo arcuato (ARC) y la otra en el núcleo anteroventral periventricular/núcleo rostral periventricular (AVPV/PeN). La población AVPV/PeN está involucrada en el efecto de retroalimentación positiva de estradiol y el control de la modalidad de liberación de GnRH, LH y FSH. La población del ARC desempeña un papel de pivote en la regulación de la liberación tónica (pulsátil) de GnRH / LH/ FSH y en la intermediación de los efectos de retroalimentación negativa de los esteroides sexuales. Las neuronas del ARC co-expresan Kiss, NKB y Dyn A, por lo que son denominadas neuronas KNDy. Tanto NKB como Dyn A operan de manera recíproca (estimulante e inhibitoria, respectivamente) como reguladores autosinápticos de la cantidad de Kiss disponible para las neuronas de GnRH. Abreviaturas: ARC, núcleo arcuato; AVPV/PeN, núcleos anteroventral periventricular /rostral periventricular; GnRH, hormona liberadora de gonadotropinas; KNDy, neuronas que co-expresan Kiss1, NKB y Dyn A; KOR, receptor κ de opioides; LH, hormona luteinizante; FSH, hormona folículo estimulante; NKB, neurokinina B; DynA, dinorfina A; NK3R, NKB receptores de NKB; POA, área preóptica. Modificado de Navarro y Tena-Sempere, 2012.

Interacciones entre kisspeptina, neurokinina b y dinorfina a

Los cambios mencionados en el patrón de secreción de GnRH que son inherentes al proceso del desarrollo puberal, son el resultado de acciones concertadas a nivel central y periférico (Ebling, 2005). Entre estos eventos de desarrollo, hay cambios estructurales y funcionales en los elementos aferentes de las neuronas de GnRH que son cruciales para disparar la pubertad, a través de la combinación de señales estimulantes que aumentan y de señales inhibitorias que disminuyen (Hassanen et al., 2016; Ojeda et al., 2006; Plant, 2002). En las últimas dos décadas, se ha dilucidado al menos parcialmente la naturaleza de dichas señales excitatorias e inhibitorias a través de estudios relacionados con el papel que desempeña la Kiss (Han et al., 2005; Navarro et al., 2009) y los péptidos asociados (Navarro et al., 2009) en el control del proceso puberal en mamíferos. El modelo que explica este fenómeno (Tena-Sempere, 2013) propone que la liberación pulsátil de GnRH es iniciada por la co-secreción de dos péptidos excitatorios que actúan a nivel local, la familia Kiss y la NKB, así como la acción disminuida del péptido DynA. En los mamíferos estudiados hasta la fecha, los cuerpos neuronales de las células productoras de Kiss están localizadas en dos áreas hipotalámicas (Oakley et al., 2009; Skrapits et al., 2015; Lehman et al., 2010). La población de neuronas Kiss más numerosa está en el núcleo Arcuato (**ARC**). Las neuronas de Kiss del ARC co-expresan Kiss, NKB y DynA, y son denominadas “KNDy”, mismas que son responsables de la liberación pulsátil (tónica) de GnRH (Tena-Sempere, 2013; Oakley et al., 2009). Estas neuronas están altamente conservadas entre especies y han sido identificadas en el ARC de roedores, humanos, otros primates, equinos, cabras y borregos (Oakley et al., 2009; Skrapits et al., 2015; Lehman et al., 2010). La otra población de neuronas no expresa NKB ni DynA, sino que expresa exclusivamente Kiss. La localización de dichas neuronas varía enormemente entre especies; por ejemplo, se han localizado en el área preóptica (**POA**) de borregos, primates incluido el humano, y cabras (Matsuda et al., 2015); en el área anteroventral periventricular (**AVPV**) de roedores (Oakley et al., 2009; Skrapits et al., 2015; Lehman et al., 2010), en el hipotálamo dorsomedial (**DMH**) de los caballos (Lehman et al., 2010) y en el núcleo periventricular (**NPV**) de los cerdos (Tomikawa et al., 2010). Estas ubicuas neuronas están involucradas en la regulación del modo de secreción fásica (de oleada) de la GnRH y consecuentemente de LH y FSH. Los modelos animales más estudiados son la rata y la ratona. Con base en ellos se ha propuesto un modelo (**Figura 2**), en el que las neuronas de Kiss desempeñan un papel de pivote, ya que reciben múltiples señales provenientes de tejidos somáticos (ovario, tejido adiposo, hígado, páncreas, estómago, entre otros)

y de varias estructuras del encéfalo. Las neuronas de Kiss interpretan las señales periféricas y centrales mediante la liberación de Kiss, misma que determina el patrón de secreción de GnRH y de las gonadotropinas hipofisiarias (**Figura 3**). Una de las últimas especies estudiadas con respecto a la localización de las neuronas productoras de Kiss es la de los bovinos. Recientemente, se detectó inmuno-reactividad de Kiss en el hipotálamo de vacas *Bos taurus* (Tanco et al., 2016), vaquillas *Bos taurus* que se encontraban ciclando (Hassaneen et al., 2016) y vaquillas prepúberales cruzadas (*Bos taurus* x *Bos indicus*; Alves et al., 2015; Cardoso et al., 2015). En dos de esos trabajos también se encontró NKB (Hassaneen et al., 2016; Tanco et al., 2016) y solo en uno de ellos se determinó la co-localización de Kiss, NKB y DynA en el hipotálamo (Tanco et al., 2016). Los datos de los artículos mencionados indican que hay una aparente heterogeneidad en las poblaciones neuronales que expresan Kiss, ya que se observó la co-expresión de Kiss y DynA (Tanco et al., 2016) en vacas *Bos taurus* ciclando en ARC y sorpresivamente en POA y NPV. En contraste, en vaquillas *Bos taurus* ciclando (Tanco et al., 2016) las células que co-expresaron Kiss, DynA y NKB fueron únicamente detectadas en ARC. Adicionalmente, las neuronas que solo expresaron Kiss fueron observadas en el hipotálamo ventro medial (HVM) y el septo lateral de vacas *Bos taurus* que estaban ciclando (Tanco et al., 2016), mientras que en vaquillas *Bos taurus* cíclicas (Hassaneen et al., 2015) se observó un elevado número de neuronas Kiss en POA y unas cuantas en el órgano vascular de la *lamina terminalis*. Ahora bien, en vaquillas prepúberes *Bos taurus* x *Bos indicus* las neuronas que expresan Kiss fueron encontradas solamente en ARC (Alves et al., 2015, Cardoso et al., 2015), a pesar de que otras estructuras hipotalámicas fueron examinadas, tales como: POA, área hipotalámica anterior, HVM, núcleo dorsomedial hipotalámico, NPV, eminencia media (EM) y APV. Sin embargo, en ese tipo de animales no se ha examinado la expresión de NKB o DynA. Debido a los escasos datos en bovinos y a que no se había estudiado este aspecto de la fisiología en Ganado Cebú puro, nuestro equipo de trabajo determinó en hipotálamo de vaquillas Cebú prepúberes la inmunoexpresión de los tres antes citados péptidos, así como de GnRH (datos no presentados).

Para ello, se utilizaron seis becerras Sardo Negro (Villa-Godoy et al., 2017) prepúberes que fueron agrupadas de acuerdo a su peso en: Pesadas (n=3; 317±30.32 kg) y Ligeras (n=3; 229±5.36 kg). El sacrificio de las becerras fue con pentobarbital sódico intravenoso (20 mg/kg); una vez insensibilizados, los animales fueron decapitados y la cabeza perfundida a través de las arterias carótidas con dos litros de solución salina (0.9%) heparinizada (12.5 UI/ml), cada una seguida de

3 litros de una solución amortiguadora de fosfatos (PBS; 0.1M, pH 7.4) con paraformaldehído al 4% (solución PBS+PFA). La perfusión se realizó con una bomba peristáltica MetyFlex modelo 913. El cerebro fue extraído y el hipotálamo fue disecado haciendo los cortes siguientes: 1) Craneal, inmediatamente anterior al quiasma óptico, 2) Posterior, sobre los cuerpos mamilares, 3) Parasagital, a 0.5 cm de la línea media, y 4) Horizontal, inmediatamente dorsal a la comisura anterior. La fijación de los tejidos hipotalámicos y la inmunotinción de los mismos se basó en Nestor *et al.*, 2012. En este estudio se observó (**Figura 4**) que las neuronas que co-expresan Kiss, NKB y DynA se localizan en los núcleos ARC y lateral tuberal (**LTN**), así como en la zona periventricular (**PVZ**); mientras que los cuerpos neuronales de células que solamente inmunoexpresaron Kiss se localizaron únicamente en la eminencia media (EM). Dificilmente se pueden comparar estos hallazgos con los obtenidos en otros estudios con hembras bovinas, ya que en vacas Holstein secas que se encontraban ciclando (Tanco *et al.*, 2016) únicamente se determinó la inmunoexpresión de Kiss y DynA, mas no la de NKB; sin embargo puesto que en otras especies las neuronas que expresan Kiss y DynA también co-expresan NKB y, asumiendo que en bovinos ocurriría lo mismo, especulamos que las neuronas KNDy se expresan en vacas *Bos taurus* en ARC, POA y NPV. Por su parte, las vaquillas *Bos taurus* cíclicas (raza Japonesa Negra y sus cruza con Holstein; Hassaneen *et al.*, 2016) presentan las neuronas KNDy únicamente en ARC. En cuanto a vaquillas prepúberes con sangre cebuina (*Bos taurus* x *Bos indicus*), en los dos únicos trabajos disponibles (Alves *et al.*, 2015; Cardoso *et al.*, 2015) se encontraron neuronas que inmunoexpresaron Kiss solamente en ARC, pero en dichos trabajos no se examinó la expresión de NKB o de DynA. Por lo tanto, parece que las neuronas KNDy se encuentran en ARC, independientemente de la subespecie estudiada o la condición reproductiva en que se encontraban las vacas o vaquillas. Sin embargo, nuestros datos (Villa-Godoy *et al.*, 2017) parecen indicar que en vaquillas Cebú prepúberes, dichas neuronas KNDy se encuentran en una estructura nunca reportada en hembras bovinas o de otra especie: el núcleo lateral tuberal (LTN). En lo que se refiere a las neuronas que solo sintetizan Kiss, también existe gran heterogeneidad ya que nosotros (Villa-Godoy *et al.*, 2017) las detectamos en la eminencia media de vaquillas Cebú prepúberes, mientras que en vacas *Bos taurus* cíclicas se localizaron en el septo lateral y en el NVM (Tanco *et al.*, 2016); por su parte, en vaquillas *Bos taurus* cíclicas se encontraron las neuronas de Kiss únicamente en POA (Hasaneen *et al.*, 2016). A pesar de que la diferencia en metodología entre los artículos citados no puede ser descartada como fuente de variación en cuanto a la localización de las

poblaciones neuronales de Kiss y KNDy en ganado bovino, es posible que el estado de desarrollo, la condición fisiológica y la subespecie puedan tener un papel en la determinación de la expresión neuronal de Kiss, NKB y DynA. Consecuentemente, es necesario y conveniente: 1) unificar metodologías para detectar la expresión de los multicitados péptidos y uniformar los criterios de identificación de las distintas regiones hipotalámicas de los bovinos y 2) efectuar experimentos que incluyan dentro del mismo contexto experimental, hembras de distintas subespecies, o bien de reconocida diferencia en cuanto a la precocidad para que se establezca la pubertad.

Efectos de la kisspeptina exógena

En los estudios efectuados en hembras bovinas prepúberes en el momento que nuestro equipo de trabajo decidió incursionar experimentalmente en este tema, sólo se había evaluado una dosis de Kiss10 en forma de bolo IV: 5 µg/kg de peso vivo (PV), con becerras de 7 (Kadokawa *et al.*, 2008a) y de 5 a 6 meses de edad (Ezzat *et al.*, 2009), con resultados que coincidieron en cuanto a un aumento en la liberación de las gonadotropinas hipofisiarias, pero discreparon con respecto al efecto liberador de Kiss sobre la GH. Se desconocía también si con un tratamiento crónico de Kiss10 administrado ya sea en forma de pulso, o de manera continua era posible inducir la ovulación en hembras bovinas prepúberes, como se ha demostrado en ratas (Castellano *et al.*, 2005; Castellanos *et al.*, 2006; Roa *et al.*, 2008b) y corderas (Redmond *et al.*, 2011b) peripuberales, así como en borregas en anestro estacional (Caraty *et al.*, 2007; Sébert *et al.*, 2010). La escueta información disponible en becerras prepúberes no incluía el estudio de la participación de algunos señalizadores somáticos (como leptina, IGF-1 y estradiol) en la sensibilidad de los ejes gonadotrópico y somatotrópico en respuesta a Kiss. En otros modelos de estudio tales como vacas ovariectomizadas (Withlock *et al.*, 2008) y células adenohipofisiarias de bovinos mantenidas *in vitro* (Ezzat *et al.*, 2010; 2011), el estradiol potencializó los efectos de la Kiss10 en la liberación de GH pero no generó un aumento adicional en LH y FSH, por lo que éste y tal vez otros moduladores de la función reproductiva asociados al metabolismo energético y proteínico (IGF-1 y/o leptina), podrían influir en la activación de los ejes reproductivo y somatotrópico evocada por la Kiss10.

Recientemente nuestro equipo de trabajo determinó (Alamilla *et al.*, 2017) que una aplicación intravenosa de Kiss0 (5 µg/kg de PV) en becerras prepúberes de 4, 7 y 11 meses (m) de edad induce un aumento de LH en el 100% de ellas; no obstante las de 4m mostraron una menor capacidad de

liberación de LH en respuesta a Kiss10 que las de 11m (**Cuadro 1**). Así mismo, todas las becerras de 11 y 7m respondieron al tratamiento con un incremento de FSH, pero solamente en el 71.4 % de las de 4m aumentó dicha hormona en respuesta a Kiss10. Por otro lado, todas las becerras de 11m mostraron un incremento de GH postratamiento, pero solo 87.5 % de 7m y 71.4 % de las de 4m respondieron (Alamilla *et al.*, 2017). Con respecto a FSH y GH, las becerras que respondieron a la Kiss10, lo hicieron con la misma magnitud (Cuadro 1). En el mismo estudio se determinó que las becerras de 11m, mismas que mostraron la mayor respuesta de LH a Kiss10, tuvieron concentraciones significativamente mayores de IGF-1 y estradiol que las de 7 y 4m de edad, pero presentaron las menores concentraciones de leptina (**Figura 5**); consecuentemente, dichas hormonas podrían ser agentes endógenos que cambian con la edad y modifican la respuesta de las hormonas de LH a Kiss.

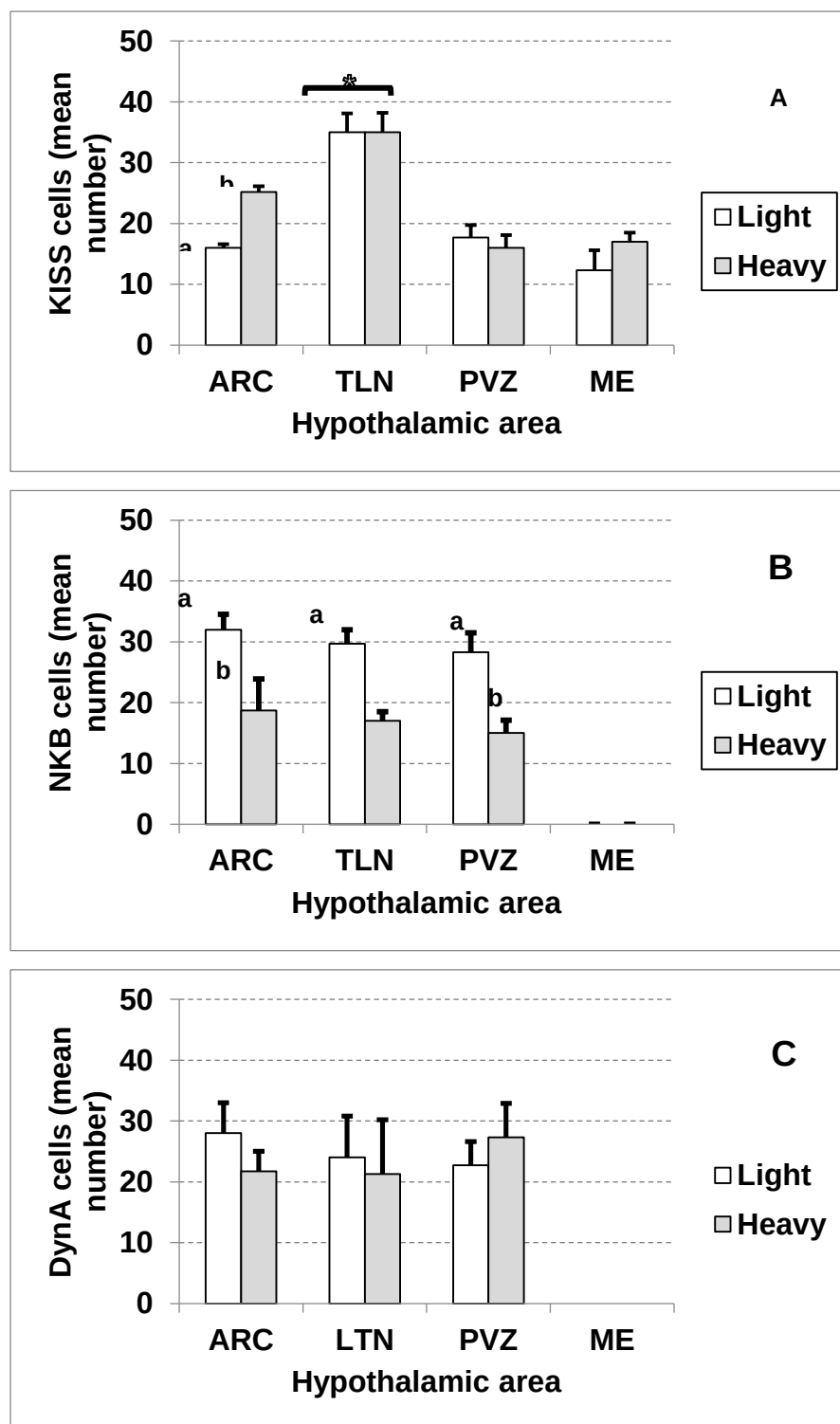


Figura 4. Neuronas inmunoreactivas a kisspeptina (KISS), neurokinina B (NKB) y dinorfina A (DynA) en el núcleo arcuato (ARC), núcleo lateral tuberal (LTN), zona periventricular (PVZ) y eminencia media (ME) del hipotálamo de vaquillas Cebú prepúberes Pesadas (Heavy) y Ligeras (Light). Letras desiguales (^a, ^b) indican diferencia entre medias dentro de cada estructura hipotalámica ($p < 0.05$). * Indica diferencia con la media de otras estructuras ($p < 0.05$). Tomado de Villa-Godoy et al., 2017.

En ese momento, la única dosis de Kiss que se había empleado en vaquillas era la de 5 µg/kg de PV (Alamilla et al., 2017; Ezzat et al., 2009; Kadokawa et al., 2008a); consecuentemente, se decidió aplicar una dosis 10 veces mayor a vaquillas prepúberes. Se usaron 20 vaquillas Holstein o Suizo Pardo x Cebú (100 a 232 kg de peso corporal y de 7 a 11 meses de edad). Las becerras fueron estratificadas por edad y peso, y con base en esos criterios fueron asignadas aleatoriamente para recibir un bolo IV de 5 (n=10) ó 50 (n=10) µg de KISS-10 por kg de peso (3.75 ó 37.50 nmol/kg de peso). La administración de 5 ó 50 µg de Kiss10/kg estimuló en todas las vaquillas la liberación de LH y FSH, pero ambas dosis solo estimularon la liberación de GH en 40 % de ellas. No se detectó diferencia en la respuesta de LH, FSH ni GH ($p > 0.05$) atribuible a la dosis (**Figuras 6 y 7**). Con relación a la asociación entre la respuesta de LH, FSH y GH con los indicadores somáticos evaluados, se detectó una correlación positiva ($p < 0.05$) del IGF-1, mas no de la leptina, con las variaciones en la respuesta de LH ($R = 0.65$; $p < 0.05$) y FSH ($R = 0.73$; $p < 0.05$) a una aplicación de Kiss10, en la dosis de 5 µg/kg; en cambio no se registró una correlación significativa ($p > 0.05$) con la dosis alta de Kiss10. Estos datos permiten concluir que a diferencia del eje somatotrópico, el eje gonadotrópico es altamente sensible a la Kiss exógena, puesto este péptido indujo incrementos de LH y FSH más no de GH. Además, a diferencia de la FSH, la sensibilidad de los mecanismos de liberación de la LH en respuesta a KISS es mayor al aumentar la dosis de KISS-10; dicha sensibilidad está inversamente relacionada con los niveles endógenos de IGF-I. La variación en las concentraciones circulantes de leptina no estuvo asociada con la magnitud de respuesta de LH y FSH inducida por KISS-10 ó en la concentración de GH posterior a su aplicación, por lo tanto, otra conclusión es que el IGF-I más no la leptina modula los efectos de KISS-10 en el eje gonadotrópico.

Por otro lado, en experimentos realizados para tratar de adelantar la pubertad, al administrar GnRH en becerras, imitando la liberación pulsátil de la GnRH endógena, se logró inducir la formación de cuerpo lúteo en 28 y 33 % de las becerras pero no la actividad cíclica ovulatoria (McLeod et al., 1985; Skkags et al., 1986). Existen evidencias de que la Kiss-10 administrada en forma repetida induce la apertura vaginal en ratas prepúberes (Navarro et al., 2004; Castellano et al., 2005), así como la ovulación y formación de cuerpos lúteos en corderas próximas a la pubertad (Redmond et al., 2011b), en una elevada proporción de animales (> 60 %). Por lo anterior, se diseñó un estudio (Santos et al., 2014) para determinar los efectos de la Kiss-10 administrada repetidamente, sobre la liberación de LH, la función lútea y el desarrollo folicular ovárico en becerras prepúberes;

asimismo se determinó la asociación de IGF-1 y leptina séricas con dichos efectos. Los resultados más sobresalientes se muestran en las **Figuras 8 y 9**. La Kiss-10 indujo una oleada preovulatoria de LH y la formación de un CL funcional en 28 % de las becerras. Un resultado similar se observó en becerras de 12 a 14 meses de edad tratadas con GnRH(Santos, 2014) por la misma vía, frecuencia y duración del tratamiento que en el presente experimento. En becerras de menor edad, un tratamiento de GnRH similar al señalado indujo una oleada preovulatoria de LH en 75 % de los animales, de los cuales solo el 25 % formó un CL de corta duración(McLeod et al., 1985). Por tanto, se propone que la respuesta del hipotálamo a Kiss-10 y de la hipófisis a GnRH exógenas varía en función de la edad de los animales. En apoyo a lo mencionado, en borregas pre-púberes en etapas cercanas al inicio de la pubertad, la Kiss-10(Redmond et al., 2011b) y la GnRH(Pirl et al., 1987) administradas cada hora por 1 y 10 días respectivamente, indujeron una oleada de LH y la función lútea en más del 60 % de ellas. De igual manera, en ratas que aproximadamente se encontraban a ocho días del inicio de la pubertad, un tratamiento de Kiss-10 cada 12 h por seis días adelantó la apertura vaginal en 74 % de ellas (Navarro et al., 2004).

Estos estudios ponen en evidencia la estrecha asociación que parece existir entre el grado de desarrollo corporal y la proporción de hembras que manifiestan una oleada preovulatoria de LH y la subsecuente función lútea, en respuesta a un tratamiento intermitente de Kiss-10 o GnRH. En un estudio previo con becerras de 4, 7 y 11 meses de edad, se informó que las becerras de 11 meses en comparación de las de menor edad, presentaron la mayor respuesta de LH a un bolo i.v. de Kiss-10, lo cual coincidió con mayores concentraciones de IGF-1 y estradiol y las menores concentraciones de leptina(Alamilla et al., 2017). En el presente estudio, las becerras que presentaron una oleada de LH y formación de CL en respuesta a Kiss-10 presentaron un comportamiento similar en cuanto a IGF-1 y leptina; por lo tanto, la IGF-1 y estradiol podrían modular positivamente los efectos de la kisspeptina en la actividad del eje gonadal, ya que, aparentemente, se requieren concentraciones endógenas relativamente elevadas de dichas hormonas como señal indicadora de desarrollo somático, mientras que los efectos señalizadores de la leptina, si es que se ejercen en becerras, pudieron haber ocurrido mediante incrementos en edades más tempranas, como fue documentado por nuestro grupo en un trabajo anterior(Alamilla et al., 2017), donde se determinó que las becerras de 4 y 7 meses de edad tuvieron niveles circulantes de leptina mayores que las de 11 meses de edad; mientras que otros autores no encontraron una asociación consistente entre los niveles de leptina y el inicio de la pubertad en vaquillas(Block et

al., 2003). Los datos discutidos, nos permitió concluir que la Kiss-10 administrada repetidamente a becerras pre-púberes es un estímulo suficiente para evocar incrementos consistentes de LH, para inducir la ovulación y actividad lútea en animales con concentraciones séricas elevadas de IGF-1 y bajas de leptina, pero no para inducir la ciclicidad estral. Una implicación es que factores diferentes a los aquí evaluados, que están presentes o ausentes en la becerro pre-púber, determinan los efectos de la kisspeptina en la respuesta ovulatoria y subsecuente actividad ovárica cíclica.

Observaciones finales

Existe una abundante información relacionada con las acciones de la Kiss en la reproducción y el metabolismo de los mamíferos; no obstante, la mayor parte de ella, así como el cúmulo de conocimientos sobre la regulación de la secreción de Kiss, proviene de los roedores y primates. En general, lo que se ha efectuado en rumiantes es muy limitado y destaca lo realizado en ovinos en materia de investigación básica y aplicada. En cuanto al conocimiento generado en hembras bovinas es sumamente reducido. Los estudios han sido mayoritariamente efectuados en hembras *Bos taurus*, tanto en vacas como en vaquillas prepúberes y cíclicas. Dentro del ámbito de las hembras Cebú, prácticamente solo existe un artículo aún no publicado en una revista científica (Villa-Godoy et al., 2017), mismo que aborda el tema indicado por el título de la presente ponencia, es decir la interacción entre Kiss, NKB y DynA en hembras Cebú; sin embargo, dicho estudio es de enfoque anatómico. Se encuentran disponibles varios artículos efectuados en hembras cruzadas de *Bos taurus* x *Bos indicus*. Estos últimos estudios se han efectuado en México y en Texas, estado del vecino país del norte donde abunda el ganado Brahman; consecuentemente, es factible que los investigadores de dicha entidad ya se encuentren efectuando trabajos en la citada raza cebuína, por lo que sería recomendable que grupos de académicos de nuestro país, particularmente los que radican en los estados donde predomina el ganado Cebú y sus cruas con razas no cebuínas, tomen el liderazgo en esta línea de trabajo, ya que se ignora cómo interactúan los péptidos motivo de esta plática y que señales de origen central o periférico modulan su síntesis y liberación en cualquier especie.

Cuadro 1. Valor máximo y duración de la respuesta de LH, FSH y GH (media $\pm$ ee) y proporción de becerras que respondieron a Kiss10. Tomado de Alamilla et al., 2017.

Hormona / Variable de Respuesta	Edad de las becerras (meses)		
	4	7	11
LH			
Animales con respuesta, %	100 (7/7)*	100 (7/7)	100 (7/7)
Valor máximo, ng/ml	6.10 $\pm$ 1.3 ^a	7.23 $\pm$ 1.3 ^{ab}	11.62 $\pm$ 1.3 ^b
Duración, minutos	64.29 $\pm$ 20.05 ^c	92.14 $\pm$ 20.05 ^{cd}	132.86 $\pm$ 20.05 ^d
FSH			
Animales con respuesta, %	71.4 (5/7)	100 (7/7)	100 (7/7)
Valor máximo, ng/ml	1.5 $\pm$ 0.3	1.2 $\pm$ 0.3	2.0 $\pm$ 0.3
Duración, minutos	81.0 $\pm$ 23.4	85.7 $\pm$ 19.8	147.9 $\pm$ 19.8
GH			
Animales con respuesta, %	71.4 (5/7)	85.7 (6/7)	100 (7/7)
Valor máximo, ng/ml	28.6 $\pm$ 7.7	36.7 $\pm$ 7.0	36.83 $\pm$ 6.5
Duración, minutos	105.0 $\pm$ 29.7	87.5 $\pm$ 27.1	143.6 $\pm$ 25.1

*En paréntesis (animales que respondieron/animales expuestos). Distintas literales dentro de variable de respuesta indican diferencias entre grupos de edad (^{a,b} p<0.01; ^{c,d} p<0.05).

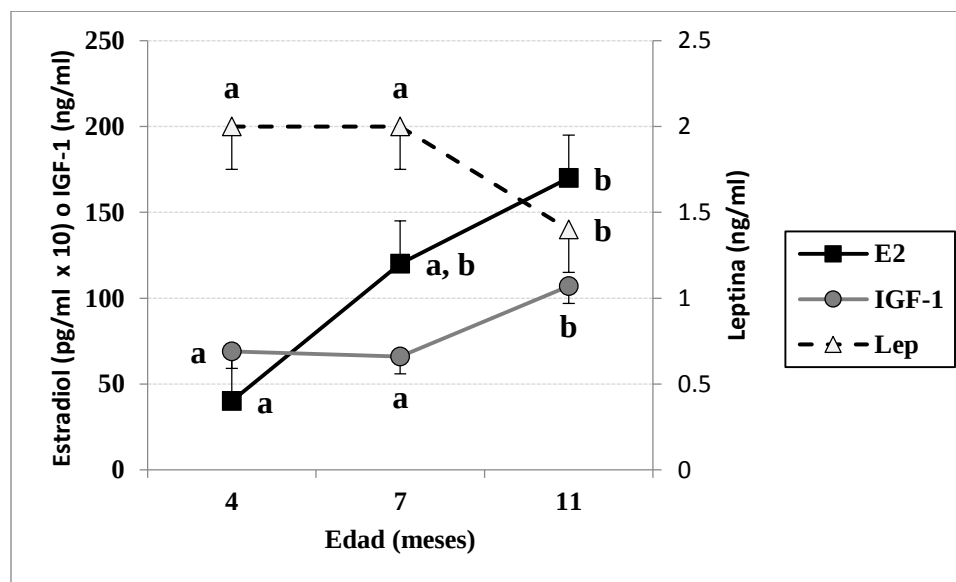


Figura 5. Concentraciones de estradiol, IGF-I y leptina en suero (media + ee) de becerras prepúberes de diferentes edades. Para cada hormona, distintas literales indican diferencia entre medias (a, b p<0.05). Tomada de Alamilla et al., 2017.

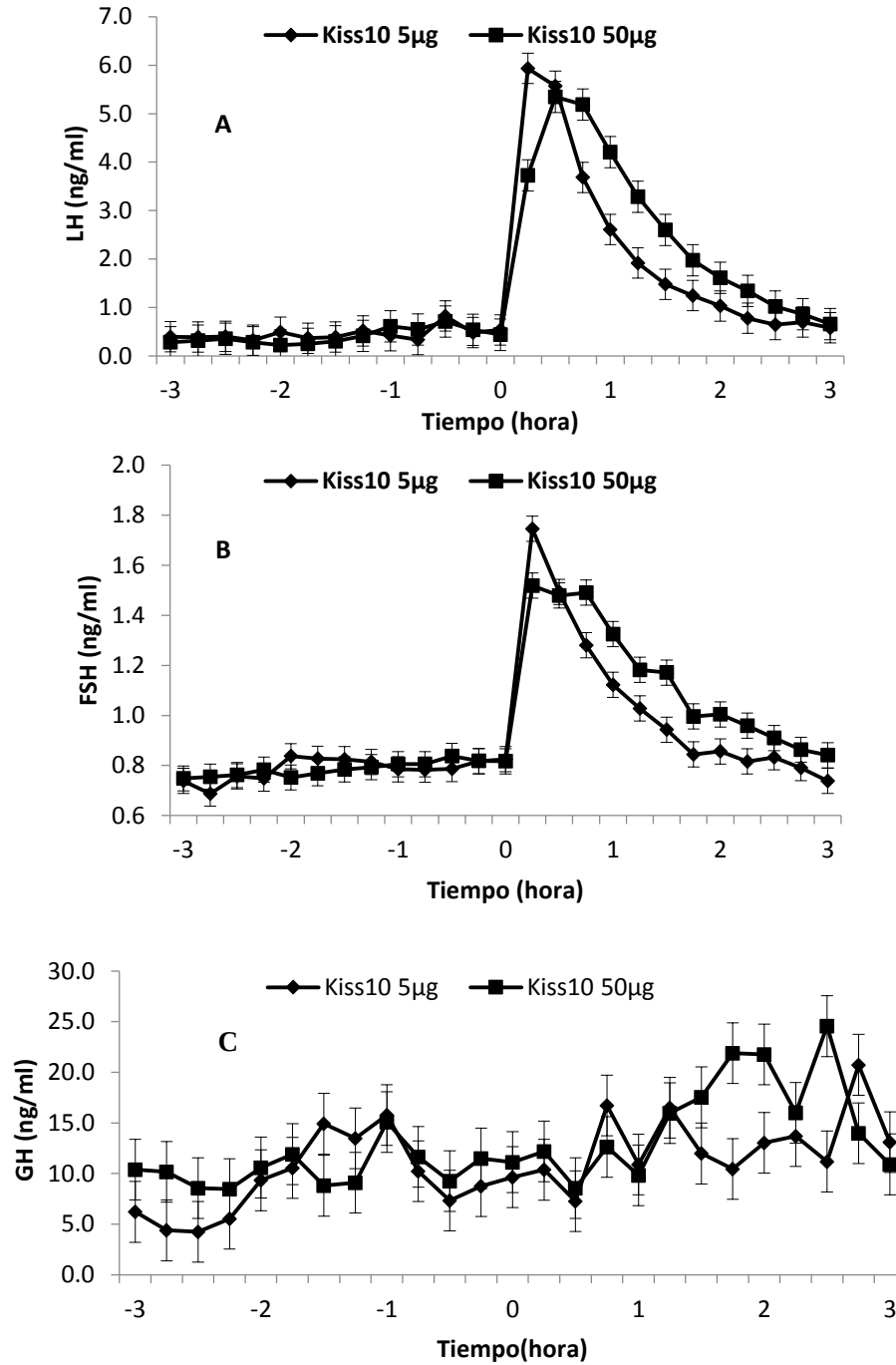


Figura 6. Media $\pm$ ee de las concentraciones séricas de LH (panel superior), FSH (panel medio) y GH (panel inferior) en respuesta a un bolo intravenoso de 5 ó 50 μ g de Kiss10/kg de peso corporal en becerras *Bos taurus* x *Bos indicus* prepúberes. El tiempo cero fue el momento de la aplicación de Kiss10. *Indica diferencia entre dosis ($p < 0.05$). Tomado de Santos, 2014.

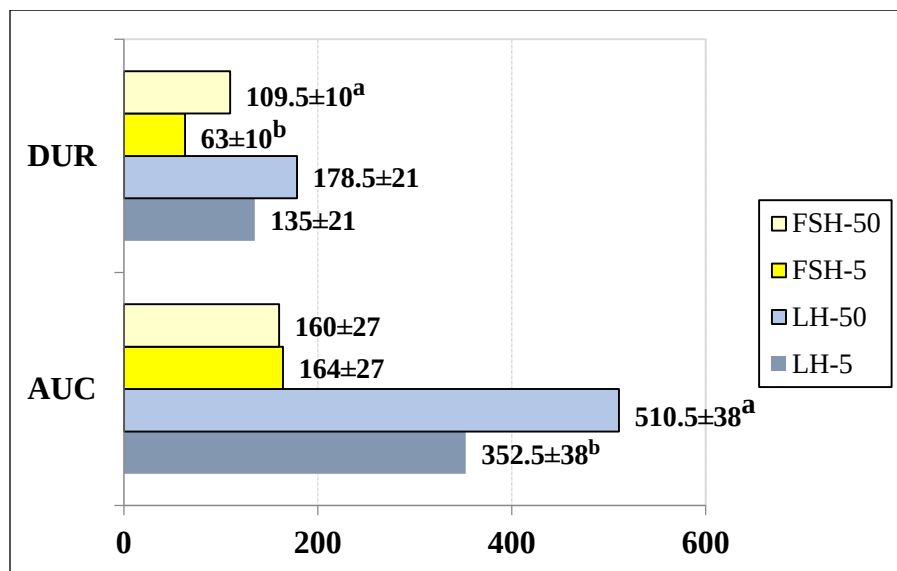


Figura 7. Media $\pm$ error estándar de la respuesta de LH y FSH a dos dosis de Kisspeptina-10 (5 y 50 μ g/kg de peso corporal) aplicadas en un bolo intravenoso a vaquillas *Bos taurus* x *Bos indicus* prepúberes. DUR (duración de la respuesta, minutos); AUC (área bajo la curva, unidades arbitrarias). ^{a, b} Dentro de variable de respuesta y de hormona ($p < 0.05$). Tomado de Santos, 2014.

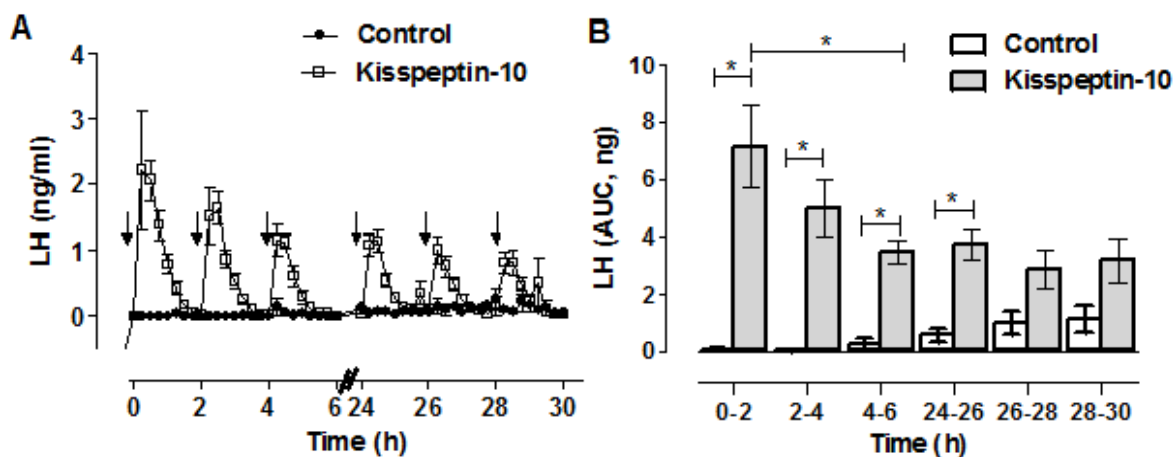


Figura 8. Respuesta de la hormona luteinizante (LH) a Kiss10 (Kisspeptin-10) o pulsos espontáneos de LH en animales testigo (Control, solución salina). A: Perfil de LH (media $\pm$ ee) después de iniciados los tratamientos (flecha). B: Área bajo la curva (AUC) de los incrementos de LH registrados en intervalos de dos horas relativos a cada aplicación de los tratamientos. * ($P < 0.01$). Tomado de Santos et al., 2014.

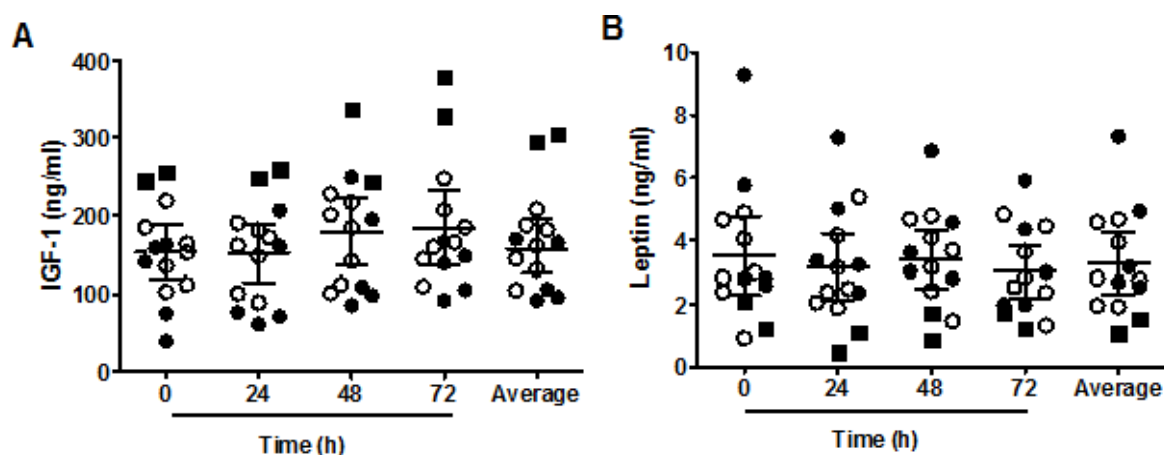


Figura 9. Concentración sérica de IGF-1 (A) y leptina (B, Leptin) de becerras prepúberes tratadas cada dos horas por tres días con Kiss10 (círculos negros) o solución salina fisiológica (círculos blancos) en muestras de sangre tomadas a 0, 24, 48 y 72 h de los tratamientos. Los cuadros negros representan dos vaquillas (2/7=28.6%) que mostraron una oleada preovulatoria de LH en respuesta a Kiss10; ninguna (0%) de las vaquillas control mostró la oleada preovulatoria de LH. Tomado de Santos et al., 2014.

Agradecimientos

Se agradecen los apoyos de: Macroproyecto 7.03.02 de SDEI-UAIFE-UNAM: PRODUCTIVIDAD SOSTENIBLE DE LOS HATOS DE CRÍA EN PASTOREO “Inducción precoz de la pubertad en vaquillas como base de la eficiencia reproductiva de los hatos de cría”. Así como de DGAPA-PAPIIT- IN205510- UNAM: “Participación de la Kisspeptina en el inicio de la pubertad en vaquillas” y DGAPA-PAPIIT- IN205510- UNAM: “Participación de la Kisspeptina en el inicio de la pubertad en vaquillas”.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abbara A, Radnasabapathy R, Jayasena CN, Dhillon W 2013 The effects of kisspeptin on gonadotropin release in non-human mammals. Chapter 4 páginas 63-87. In: Kauffman AS, Smith JT. Kisspeptin signaling in reproductive biology. Springer, NY, USA.

Adachi S, Yamada S, Takatsu Y, Matsui H, Kinoshita M, Takase K, Sugiura H, Ohtaki T, Matsumoto H, Uenoyama Y *et al* 2007. Involvement of anteroventral periventricular Metastin/Kisspeptin neurons in estrogen positive feedback action on Luteinizing Hormone release in female rats. *Journal of Reproduction and Development* 53:367–378.

Alamilla RM, Rosete FVJ, Calderón RRC, Rodríguez HK, Vera AHR, Gutiérrez ACG, Arreguín AJA, Nett TM, González PE, Gómez-Chavarín M, Villa-Godoy A 2017. Kisspeptina en becerras prepúberes: I. Influencia de la edad en la respuesta de LH, FSH y GH a kisspeptina-10 y su asociación con IGF-I, leptina y estradiol circulantes. *Rev Mex Cien Pecu* 8(4). En prensa.

Alves BRC, Cardoso RC, Prezotto LD, Thorson JF, Bedenbaugh M, Sharpton SM; Caraty A, Keisler DH, Tedeschi LO, Williams GL, Amstalden M 2015. Elevated body weight gain during the juvenile period alters neuropeptide Y-gonadotropin-releasing hormone circuitry in prepubertal heifers. *Biol Reprod* 92:46, 1-10.22.

Armstrong J D, Stanko RL, Cohick WS, Simpson RB, Harvey RW, Huff BG, Clemmons DR, Whitacre MD, Campbell RM, Heimer EP 1992. Endocrine events prior to puberty in heifers: role of somatotropin, insulin-like growth factor- I and insulin-like growth factor binding proteins. *Journal of Physiology and Pharmacology* 43:179–193.

Arreguin-Arevalo JA, Lents CA, Farmieri TA, Nett TM, Clay CM (2007) KiSS-1 peptide induces release of LH by a direct effect on the hypothalamus of ovariectomized ewes. *Animal Reproduction Science* 10:265-275.

Block SS, Smith JM, Ehrhardt RA, Diaz MC, Rhoads RP, Van Amburgh ME, Boisclair YR 2003 Nutritional and developmental regulation of plasma leptin in dairy cattle. *J Dairy Sci* 86: 3206-3214.

Byerley DJ, Staigmiller RB, Berardinelli JG, Short RE. 1997. Pregnancy rates of beef heifers bred either on pubertal or third estrus. *J Anim Sci* 65:645-650.

Calderón RRC, Villa-Godoy A, Lagunes LJ. Determinación ultrasonográfica de la primera ovulación: Asociación con la presentación de ciclos estrales regulares Cebú y Suizo Pardo mantenidas en el trópico. *Tec Pecu Mex* 34 (2):79-88.

Caraty A, Smith JT, Lomet D, Ben Said S, Morrissey A, Cognie J, Doughton B, Baril G, Briant C, Clarke IJ 2007 Kisspeptin synchronizes preovulatory surges in cyclical ewes and causes ovulation in seasonally acyclic ewes. *Endocrinology* 148:5258–5267.

Cardoso RC, Alves BRC, Sharpton SM, Williams G, Amstalden M 2015 Nutritional programming of accelerated puberty in heifers: Involvement of POMC neurones in the Arcuate Nucleus. *J Endocrinol* 27:647-657.

Castellano J, Navarro V, Fernandez-Fernandez R, Nogueiras R, Tovar S, Roa J, Vazquez M, Vigo E, Casanueva F, Aguilar E 2005. Changes in hypothalamic KiSS-1 system and restoration

of pubertal activation of the reproductive axis by Kisspeptin in undernutrition. *Endocrinology* 146:3917-3925.

Castellano JM, Bentsen AH, Sánchez-Garrido MA, Ruiz-Pino F, Romero M, Garcia-Galiano D, Aguilar E, Pinilla L, Diéguez C, Mikkelsen JD, Tena-Sempere M 2011. Early metabolic programming of puberty onset: impact of changes in postnatal feeding and rearing conditions on the timing of puberty and development of the hypothalamic kisspeptin system. *Endocrinology* 152:3396–3408.

Castellano JM, Navarro VM, Fernández-Fernández R, Castaño JP, Malagón MM, Aguilar E, Dieguez C, Magni P Pinilla L, Tena-Sempere M 2006. Ontogeny and mechanisms of action for the stimulatory effect of kisspeptin on gonadotropin-releasing hormone system of the rat. *Molecular and Cellular Endocrinology* 257:75–83.

Clarkson J, Chin Boon W, Simpson ER, Herbison AE 2009. Postnatal Development of an Estradiol-Kisspeptin Positive Feedback Mechanism Implicated in Puberty Onset. *Endocrinology* 150:3214–3220.

Deresz F, Jaume CM, de Carvalho MR, González CA 1987. The effect of body weight at calving on milk production and reproductive performance of FriesianxZebu heifers. *Animal Production* 45:325-333.

Desroziers E, Mikkelsen JD, Duittoz A, Franceschini I 2012. Kisspeptin-immunoreactivity changes in a sex- and hypothalamic-region-specific manner across rat postnatal development. *Journal of Neuroendocrinology* 24:1154–1165.

Ebling FJP 2005. The neuroendocrine timing of puberty. *Reproduction* 129:675-683.

EthertonTD 2004. Somatotrophic function: the somatomedin hypothesis revisited. *Journal of Animal Science* 82:239-244.

Ezzat AA, Saito H, Sawada T, Yaegashi T, Goto Y, Nakajima Y, Jin J, Yamashita T, Sawai K, Hashizume T 2010. The role of sexual steroid hormones in the direct stimulation by Kisspeptin-10 of the secretion of Luteinizing Hormone, Follicle-Stimulating Hormone and Prolactin from bovine anterior pituitary cells. *Animal Reproduction Science* 121:267–272.

Ezzat AA, Saito H, Sawada T, Yaegashi T, Jin J, Sawai K, Yamashita T, Hashizume T 2011. Sex steroid hormones do not enhance the direct stimulatory effect of Kisspeptin-10 on the secretion of Growth Hormone from bovine anterior pituitary cells. *Animal Science Journal* 82:73–77.

Gutierrez-Pascual E, Martinez-Fuentes AJ, Pinilla L, Tena-Sempere M, Malagon MM, Castano JP 2007. Direct pituitary effects of kisspeptin: activation of gonadotrophs and somatotrophs and stimulation of luteinising hormone and growth hormone secretion. *Journal of Neuroendocrinology* 19:521–530.

Han SK, Gottsch ML, Lee KJ, Popa SM, Smith JT, Jakawich SK, Clifton DK, Steiner RA, Herbison AE 2005. Activation of gonadotropin-releasing hormone neurons by Kisspeptin as a neuroendocrine switch for the onset of puberty. *The Journal of Neuroscience* 25:11349 –11356.

Hassaneen ASA, Naniwa Y, Suetomi Y, Matsuyama S, Kimura K, Ieda N, Inoue N, Uenoyama Y, Tsukamura H, Maeda KI, Matsuda F, Ohkura S 2016. Immunohistochemical characterization of the arcuate kisspeptin/neurokinin B/dynorphin A (KNDy) and preoptic kisspeptin neuronal populations in the hypothalamus during the estrous cycle in heifers. *J Reprod Dev* 62:471-477.

Hoffman PC (1997) Optimum body size of Holstein replacement heifers. *J Anim Sci* 75:836-845.

Kadokawa H, Matsui M, Hayashi K, Matsunaga N, Kawashima C, Shimizu T, Kida K, Miyamoto A 2008a. Peripheral administration of kisspeptin-10 increases plasma concentrations of GH as well as LH in prepubertal Holstein heifers. *Journal of Endocrinology* 196:331-334.

Kadokawa H, Suzuki S, Hashizume T 2008b. Kisspeptin-10 stimulates the secretion of Growth Hormone and Prolactin directly from cultured bovine anterior pituitary cells. *Animal Reproduction Science* 105:404–408.

Lee JH, Miele ME, Hicks DJ, Philips KK, Trent JM, Weissman BE, Welch DR 1996. KISS-1, a novel human malignant melanoma metastasis-suppressor gene. *J Natl Cancer Inst* 88:1731-1737.

Lehman MN, Merkley CM, Coolen LM, Goodman RL 2010. Anatomy of the kisspeptin neural network in mammals. *Brain Research* 1364:90-102.

Lin CY, McAllister AJ, Batra TR, Lee AJ, Roy GL, Vesely JA, Wauthy JM, Winter KA. Effects of early and late breeding of heifers on multiple lactation performance of dairy cows. *J Dairy Sci* 1988 71:2735-2743.

Luque RM, Cordoba-Chacon J, Gahete MD, Navarro MN, Tena-Sempere M, Kineman RD, Castaño JD 2011. Kisspeptin regulates gonadotroph and somatotroph function in nonhuman primate pituitary via common and distinct signaling mechanisms. *Endocrinology* 152:957–966.

Luque RM, Kineman RD, Tena-Sempere M 2007. Regulation of hypothalamic expression of Kiss-1 and GPR54 genes by metabolic factors: analyses using mouse models and a cell line. *Endocrinology* 148:4601–4611.

Mason AO, Greives TJ, Scotti MAL, Levine J, Frommeyer S, Ketterson ED, Demas GE, Kriegsfeld LJ 2007. Suppression of Kisspeptin expression and gonadotropic axis sensitivity following exposure to inhibitory day lengths in female Siberian hamsters. *Hormones and Behavior* 52:492–498.

Matsuda F, Nakatsukasa K, Suetomi Y, Naniwa Y, Ito D, Inoue N, Wakabayashi Y, Okamura H, Maeda KI, Uenoyama Y, Tsukamura H, Ohkura S 2015. The luteinizing hormone-surge generating system is functional in male goats as in females: Involvement of kisspeptin neurons in the medial preoptic area. *J Neuroendocrin* 27:57-65.

McLeod BJ, Peters AR, Haresign W, Lamming GE 1985. Plasma LH and FSH responses and ovarian activity in prepubertal heifers treated with repeated injections of low doses of GnRH for 72 h. *Journal of Reproduction and Fertility* 74: 589-595.

Messenger S, Chatzidaki EE, Ma D, Hendrick AG, Zahn D, Dixon J, Thresher RR, Malinge I, Lomet D, Carlton MBL, *et al.* 2005. Kisspeptin directly stimulates Gonadotropin-Releasing Hormone release via G protein-coupled receptor 54. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 102:1761-1766.

Mukasa-Mugerwa E 1989. A review of reproductive performance of female *Bos indicus* (Zebu) cattle. FAO-ILCA Monograph No. 6, Chapter 4 Measures of reproductive performance.

Navarro VM, Fernández-Fernández R, Castellano JM, Roa J, Mayen A, Barreiro ML, Gaytan F, Aguilar E, Pinilla L, Dieguez, Tena-Sempere M 2004. Advanced vaginal opening and precocious activation of the reproductive axis by KiSS-1 peptide, the endogenous ligand of GPR54. *Journal of Physiology* 561:379–386.

Navarro VM, Gottsch ML, Chavkin C, Okamura H, Clifton DK, Steiner RA 2009. Regulation of gonadotropin releasing hormone secretion by Kisspeptin/Dynorphin/Neurokinine B neurons in the Arcuate nucleus of the mouse. *J Neurosci* 29:11859-11866.

Navarro VM, Tena-Sempere M 2012. Neuroendocrine control by kisspeptins: role in metabolic regulation of fertility. *Nature Reviews Endocrinology* 8:40-53.

Nestor CC, Briscoe AMS, Davis SM, Valent M, Goodman RL, Hileman SM 2012. Evidence of a role for kisspeptin and neuokinin B on puberty of female sheep. *Neuroendocrinol* 153:2756-2765.

Oakley AE, Klifton DK, Steiner RA 2009. Kisspeptin signaling in the brain. *Endocrine Reviews* 30:713-743.

Ohtaki T, Shintani Y, Honda S, Matsumoto H, et al. 2001. Metastasis supresor gene KISS-1 encodes peptide ligand of a G-protein-coupled receptor. *Nature* 411: 613-616.

Ojeda SR, Lomniczi A, Mastronardi C, Heger S, Roth C, Parent AS, Matagne V, Mungenast AE 2006. The neuroendocrine regulation of puberty: Is the time ripe for a systems biology approach? *Endocrinol* 147:1166-1174.

Ojeda SR, Lomniczi A, Mastronardi C, Heger S, Roth C, Parent AS, Matagne V, Mungenast AE 2006 Minireview: The Neuroendocrine Regulation of Puberty: Is the Time Ripe for a Systems Biology Approach? *Endocrinol* 147: 1166-1174.

Perry GA 2012 Harnessing basic knowledge of factors controlling puberty to improve synchronization of estrus and fertility of heifers. *J Anim Sci* 90:1172-1182.

Pineda R, Garcia-Galiano D, Roseweir A, Romero M, Sanchez-Garrido MA, Ruiz-Pino F, Morgan K, Pinilla L, Millar RP, Tena-Sempere M 2010. Critical roles of Kisspeptins in female puberty and preovulatory gonadotropin surges as revealed by a novel antagonist. *Endocrinology* 151:722–730.

Pinilla L, Aguilar E, Dieguez C, Millar RP & Tena-Sempere M 2012. Kisspeptins and Reproduction: Physiological roles and regulatory mechanisms. *Physiology Reviews* 92:1235-1316.

Pirl KG, Adams TE 1987. Induction of precocious puberty in ewe lambs by pulsatile administration of GnRH. *Journal of Reproduction and Fertility* 80:355-359.

Plant TM. Neurophysiology of puberty. *J Adolesc Health* 2002 31:185-191.

Redmond JS, Baez-Sandoval GM, Spell KM, Spencer TE, Lents CA, Williams GL, Amstalden M 2011a. Developmental changes in hypothalamic Kiss1 expression during activation of the pulsatile release of Luteinising Hormone in maturing ewe lambs. *Journal of Neuroendocrinology* 23:815–822.

Redmond RS, Macedo GG, Velez IC, Caraty A, Williams GL, Amstalden M 2011b. Kisspeptin activates the hypothalamic–adenohypophyseal–gonadal axis in prepubertal ewe lambs. *Reproduction* 141:541–548.

Roa J, Aguilar E, Dieguez C, Pinilla L, Tena-Sempere M 2008a. New frontiers in kisspeptin/GPR54 physiology as fundamental gatekeepers of reproductive function. *Frontiers in Neuroendocrinology* 29:48–69.

Roa J, Vigo E, Castellano JM, Navarro VM, Fernández-Fernández R, Casanueva FF, Dieguez C, Aguilar E, Pinilla L, Tena-Sempere M 2006. Hypothalamic expression of Kiss-1 system and gonadotropin-releasing effects of Kisspeptin in different reproductive states of the female rat. *Endocrinology* 147:2864-2878.

Roa J, Vigo E, García-Galiano D, Castellano JM, Navarro VM, Pineda R, Diéguez D, Aguilar E, Pinilla L, Tena-Sempere M 2008b. Desensitization of gonadotropin responses to Kisspeptin in the female rat: analyses of LH and FSH secretion at different developmental and metabolic states. *American Journal of Physiology Endocrinology and Metabolism* 294:1088–1096.

Santos ER 2014. Participación de la kisspeptina en el inicio de la pubertad en becerras. Tesis de Doctor en Ciencias. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM, México.

Santos ER Calderón RRC, Vera ÁHR, Perera-Marín G, Arreguín-Arévalo JA, Nett TN, Gutiérrez AC, Villa-Godoy 2014. Hormona luteinizante y actividad ovárica en respuesta a kisspeptina-10 y su asociación con IGF-1 y leptina en becerras pre-púberes.

Sébert ME, Lomet D, Ben Saïd S, Monget P, Briant C, Scaramuzzi RJ, Caraty A 2010. Insights into the mechanism by which Kisspeptin stimulates a preovulatory LH surge and ovulation in seasonally acyclic ewes: potential role of estradiol. *Domestic Animal Endocrinology* 38:289–298.

Segura-Correa JC, Magaña-Monforte JG, Centurión-Castro F, Segura-Correa VM 2013. Efecto de grupo racial y edad a primer parto sobre el número de partos durante la vida útil de vacas cebú. *Arch Med Vet* 45: 41-44.

Seminara SB, Crowley WF 2008. Kisspeptin and GPR54: Discovery of a novel pathway in reproduction. *J Neuroendocrinol* 20 (6): 727-731.

Seminara SB, Messager S, Chatzidaki EE, Thresher RR, Acierno JS, Shagoury JK, *et al.* 2003. The GPR54 gene as a regulator of puberty. *The New England Journal of Medicine* 349:1614-1627.

Skaggs CL, Able BV, Stevenson JS (1986) Pulsatile or continuous infusion of luteinizing hormone-releasing hormone and hormonal concentrations in prepubertal beef heifers. *Journal of Animal Science* 62:1034-1048.

Skrapits K, Borsay BA, Herczeg L, Ciofi P, Liposits Z, Hrabovszky E 2015. Neuropeptide co-expression in hypothalamic kisspeptin neurons in laboratory animals and the human. *Front Neurosci Article* 29, 9:1-9.

Smith JT, Saleh SNH, Clarke LJ 2009. Seasonal and cyclical change in the luteinizing hormone response to Kisspeptin in the ewe. *Neuroendocrinology* 90:283-291.

Smith JT 2012. The role of kisspeptine and gonadotrophin inhibitory hormone in the seasonal regulation of reproduction in sheep. *Domestic Anim Endocrinol* 43:75-84.

Smith JT, Coolen LM, Kriegsfeld LJ, Sari IP, Jaafarzadehshirazi MR, Maltby M, Bateman K, Goodman RL, Tilbrook AJ, Ubuka T, Bentley GE, Clarke IJ, Lehman MN (2008a). Variation in Kisspeptin and RFamide-Related Peptide (RFRP) expression and terminal connections to Gonadotropin-Releasing Hormone neurons in the brain: A novel medium for seasonal breeding in the sheep. *Endocrinology* 149(11):5770–5782.

Smith JT, Rao A, Pereira A, Caraty A, Millar RP, Clarke IJ 2008b. Kisspeptin is present in ovine hypophysial portal blood but does not increase during the preovulatory Luteinizing Hormone surge: Evidence that gonadotropes are not direct targets of Kisspeptin in vivo. *Endocrinology* 149:1951–1959.

Tanco VM, Whitlock BK, Jones MA, Wilborn RR, Brandebourg TD, Foradori CD 2016. Distribution and regulation of gonadotrophin-releasing hormone, kisspeptin, RF-amide related peptide-3 and dynorphin in the bovine hypothalamus. *PeerJ* DOI 10.7717/peerj.1833.

Tena-Sempere M 2006. GPR54 and kisspeptin in reproduction. *Human Reproduction Update* 12(5):631–639.

Tena-Sempere M. Keeping puberty on time: Novel signals and mechanisms involved. Chapter 11 in *Current topics in developmental biology*, Volume 105, Elsevier Inc. 2013, pages 299-329. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780123969682000117>

Terasawa EI, Fernández DL 2001. Neurobiological mechanisms of the onset of puberty in primates. *Endocrine Rev* 22:111-151.

Tomikawa J, Homma T, Tajima S, Inamoto Y, Takase K, Inoue N, Ohkura S, Uenoyama Y, Maeda KI, Tsukamura H 2010. Molecular characterization and estrogen regulation of hypothalamic KISS1 gene in the pig. *Biol Reprod* 82:313-319.

Velazquez MA, Spicer LJ, Wathes DC 2008. The role of endocrine insulin-like growth factor-I (IGF-1) in female bovine reproduction. *Domestic Animal Endocrinology* 35:325–342.

Villa-Godoy A, Álvarez MB, Gómez-Chavarín M, Perera Marín G, Arreguín-Arévalo JA, M. Nett TM, Calderón RCR, Rosete FJV, Gutiérrez-Ospina G 2017 Location of kisspeptin, neurokinin b and dynorphin a neurons in hypothalamus of prepubertal Zebu heifers. J Anat Remitido.

Whitlock BK, Daniel JA, Wilborn RR, Rodning SP, Maxwell HS, Steele BP, Sartin JL 2008. Interaction of Estrogen and Progesterone on Kisspeptin-10-stimulated Luteinizing Hormone and Growth Hormone in ovariectomized cows. Neuroendocrinology 88:212-215.

[RECUESTO GRÁFICO DE LAS DIFERENTES RAZAS LOCALES
DE ANIMALES DOMÉSTICOS EN CHIAPAS, MÉXICO]

R. A. Perezgrovas Garza

Instituto de Estudios Indígenas, Universidad Autónoma de Chiapas
Corresponding author: rgrovas@unach.mx

RESUMEN

En este trabajo se hace un recuento de las principales características fenotípicas y productivas de las diferentes razas locales de animales domésticos de Chiapas, México, con el objetivo de dejar constancia del desarrollo de un esfuerzo de largo aliento por estudiarlas de manera sistemática. Se inicia con la descripción de las aves domésticas, y se prosigue con el ganado lanar y los cerdos, para culminar con la caracterización de los bovinos criollos de Chiapas. Igualmente se hace mención de algunos datos sobre la historia de las razas locales y de los sistemas de manejo diseñados para su cuidado y atención, principalmente por las poblaciones indígenas y campesinas de las regiones montañosas de Chiapas. Se propone una conjunción de voluntades de investigadores y de instituciones para preservar estos recursos zoogenéticos chiapanecos, y para fomentar su uso sustentable con miras a las amenazas que significa el cambio climático.

Palabras clave: recursos zoogenéticos, fenotipos, historia, sistemas de manejo.

INTRODUCCIÓN

Conocemos la historia académica del Dr. Jorge De Alba Martínez, quien fuera un incansable defensor de los valores genéticos de las razas locales de bovinos americanos, a las que él mismo se refería como “ganado Criollo”, en el más puro significado del concepto: ‘animales de origen europeo pero nacidos en el continente americano’. En su libro póstumo sobre los bovinos criollos de América (De Alba, 2011: v), se relata cómo, al encontrarse en tierras nicaragüenses al inicio de su vida como investigador en el año de 1949, el Dr. De Alba modificó su visión académica centrada en los libros de texto extranjeros escritos en las tierras templadas para reconocer una nueva zootecnia basada en la selección empírica de los hatos criollos tropicales.

Sin embargo, el legado de los más de 60 años que dedicó el Dr. De Alba a valorar los recursos genéticos criollos, en particular los bovinos, se ve disminuido por la constante influencia de esos libros de texto escritos en el contexto de países extranjeros, y también por la creciente introducción

al medio rural mexicano de razas exóticas de animales domésticos, cuya adaptación podría ser cuestionada, y cuya eficiencia productiva no siempre alcanza los estándares de sus lugares de origen.

La experiencia vivida por el Dr. De Alba respecto de los criterios empíricos de selección en el ganado criollo del sur de Nicaragua, debería ser hoy día un ejemplo a seguir; con una cubeta de seis litros de leche como medida establecida para desechar o mantener una vaca dentro del establo, aunado a la conservación de ciertas características fenotípicas de conformación corporal, cuernos y color de la capa (De Alba, 2011: vi) se tenían suficientes elementos para desarrollar un programa completo de mejoramiento genético con resultados espectaculares. El producto de ese esfuerzo sistemático de selección empírica es el ganado Criollo Lechero Tropical, hoy día reconocido mundialmente por sus hatos en México, Centroamérica y en el norte del continente americano.

Debemos considerar también en este artículo, la irreparable pérdida de razas de animales domésticos que se vive actualmente, a razón de una raza por mes a partir del año 2000 (FAO, 2007: xxxv); dicha pérdida se ve incrementada por la falta de caracterización y estudio de los animales locales. Este fenómeno está cada vez más asociado al uso no controlado de ejemplares de unas pocas razas especializadas de “alta producción”, lo que significa una erosión genética que está disminuyendo la diversidad animal.

Ante esta crítica situación de pérdida de razas animales locales, a las que la misma FAO denomina “unidades de conservación”, el organismo mundial propone que cada país lleve a cabo una priorización de las razas a conservar, de acuerdo a los siguientes criterios: a) diversidad genética de la raza local; b) caracterización fenotípica de la raza, en particular sus rasgos de valor económico, sus características únicas y su adaptación; c) valor histórico o cultural de la raza; y d) su probabilidad de éxito en la conservación (FAO, 2013: 61-63).

Con esos antecedentes, el objetivo del presente trabajo es evidenciar el trabajo de caracterización y estudio de las principales razas locales de animales domésticos en Chiapas, a través de un recuento gráfico de material genético que se tiene principalmente en las zonas indígenas del estado, y que pueda motivar el interés en incrementar los esfuerzos para su valoración y fomento.

MATERIAL Y MÉTODOS

Para este trabajo se retoman los diversos estudios realizados con el objetivo de caracterizar los recursos genéticos que significan las razas locales de animales domésticos de Chiapas, en particular

aquellos que tuvieron efecto en las zonas indígenas, por ser donde se han encontrado las mayores proporciones de animales Criollos.

Para seguir un orden sistemático, se hará referencia a las especies animales dependiendo de su tamaño corporal, comenzando por las más pequeñas, las aves domésticas ubicadas dentro de los traspatios familiares, principalmente las gallinas, y prosiguiendo con las de tamaño medio con una aproximación cronológica: primero las ovejas y luego los cerdos, para culminar con la descripción del ganado de mayor tamaño, los bovinos criollos de Chiapas.

De varias especies animales todavía no se ha generado suficiente información, por lo que en este momento quedan fuera de la lista los caprinos y los diferentes integrantes de la familia de los équidos domésticos (caballos, burros y mulas).

En este trabajo se hace referencia a las principales características fenotípicas de las razas locales, a los sistemas empíricos de manejo que utilizan las poblaciones indígenas y campesinas, y a su valor histórico y cultural, con lo cual se cubren varios de los requisitos establecidos por la FAO en la jerarquización de unidades de conservación que debe realizar cada país. Dentro del presente trabajo se incluye una selección de fotografías alusivas a cada especie, como constancia de la diversidad fenotípica que todavía se encuentra en el estado de Chiapas, y que poco a poco se va perdiendo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Aves criollas y nativas

Todas las unidades domésticas ubicadas en zonas indígenas y campesinas de Chiapas cuentan con un cierto número de aves domésticas en sus traspatios; en estos sitios predominan las gallinas criollas de plumajes multicolores y con características fanerópticas diversas, pero también se encuentran guajolotes nativos (*Meleagris gallopavo*) con una amplia diversidad de plumajes y faneros, y patos también nativos del género *Cairina moschata*.

A continuación se hace referencia a los criterios empíricos para la selección de reproductores (gallos y gallinas) en algunas comunidades de los municipios tzeltales de San Juan Cancuc, y tzotziles de San Pedro Chenalhó y San Miguel Mitontic, en Los Altos de Chiapas, así como a las características fanerópticas que más llaman la atención de las mujeres indígenas que cuidan las aves.

La observación de la forma en que se criaban las gallinas en las distintas unidades domésticas visitadas, permitió establecer un patrón común en las prácticas de manejo tradicional. Las aves

pernoctan en lugares elevados, en ocasiones en las ramas de los árboles que están dentro del traspatio y a veces en alojamientos rústicos hechos de madera reciclada, a los que se les coloca un palo apoyado en diagonal para que las aves puedan subir por las tardes y bajar al clarear el alba al día siguiente.

Durante el día los animales se encuentran libres para deambular en el área aledaña a la vivienda, la que generalmente no está delimitada con mallas o cercos; ahí van buscando las plantas y los animales que forman parte de su dieta, y las gallinas van llamando a sus pollitos cuando hay algo que pueden comer, para que vayan aprendiendo. El resto de la alimentación de las aves consiste en masa de maíz cocido, o bien maíz quebrado o entero que las mujeres les proporcionan un par de veces al día.

La reproducción es igualmente libre, en virtud de que los gallos están sueltos juntos con las gallinas todo el tiempo, aunque la elección del macho es parte fundamental del sistema de manejo, como se verá más adelante. Las gallinas que terminan de empollar se dejan un par de días en el sitio donde cuidaron los huevos, por lo general en un sitio elevado y aislado, y luego se les incorpora a la parvada. En cuanto a los aspectos sanitarios, no se acostumbra el uso de recipientes para proporcionar el alimento, como tampoco para el agua de bebida, la cual toman los animales de cualquier charco o en el sitio donde se lavan los trastos, casi siempre fuera de la vivienda. La presencia de enfermedades es común, con mortalidad elevada, y no se realiza la prevención de enfermedades por medio de vacunación ni se utiliza medicina veterinaria de patente, aunque sí se conocen algunos tratamientos empíricos. Las gallinas, gallos y pollitos conviven con otras aves en el traspatio, generalmente guajolotes, y en ocasiones patos locales (*Cairina moschata*).

Elección de reproductores

En referencia a los criterios empleados por las mujeres para elegir las aves que se utilizan dentro de la parvada como reproductoras, se pudo apreciar una diferenciación por el sexo de los animales (Cuadro 1). Se observó que los gallos tenían que cumplir más requisitos que las gallinas, lo que se asocia a que pueden generar muchos pollitos de manera simultánea con varias de las hembras, y que implica la necesidad de hacer una selección cuidadosa que multiplique las características deseables. En el caso de las gallinas, la elección de las reproductoras se basa en su capacidad para poner huevos y empollarlos, pero también fue importante el color del plumaje, que es un criterio subjetivo asociado al gusto de cada productora (Figura 1).

Cuadro 1. Criterios de selección de aves criollas en comunidades tzotziles de Chenalhó, Chiapas

Sexo	Características
Gallo [kotz]	- Diversidad de plumajes, “para que haya pollitos de todos colores” - Características fenotípicas, “que esté bonito, para sacar raza” - Tamaño del ave, “que sea pesada, para comer en caldo” - Gastronomía local, “que tenga la carne negra, pues es muy sabrosa” - Temperamento del ave, “que no pique a los otros pollos”
Gallina [caxán]	- Características reproductivas, “que sea buena ponedora” - Multiplicación de la parvada, “que ponga de 13 a 14 huevos antes de echarse” - Características fenotípicas, “que el color de las plumas sea bonito”

Figura 1. Ejercicios de identificación fenotípica realizados por mujeres indígenas



Se puede generalizar en el sentido de que el objetivo de la elección del gallo tiene que ver con la presencia de aves de distintos colores dentro de la parvada, es decir, que las mujeres están garantizando la conservación de la biodiversidad empleando estrategias empíricas como seleccionar un macho cuyo fenotipo sea en ese momento menos común, para reproducir esa característica en la siguiente generación de pollitos. Ello implica que el recambio de los gallos se haga de manera regular, cada vez que las crías con sus características fenotípicas empiecen a ser más abundantes.

La siguiente motivación para seleccionar el gallo se relaciona con el consumo de aves dentro de la unidad doméstica, es decir, que cumple primero una razón económica, porque el caldo de gallina de rancho es una de las escasas fuentes de proteína de origen animal a las que tiene acceso la familia y que está al alcance de su mano sin erogación alguna; además de ello, la ocasión de hacerlo representa un evento social que reúne a todos los integrantes alrededor del fogón, lo cual refuerza las tradiciones e incrementa el capital social del grupo familiar. Resultó interesante registrar la

preferencia o gusto gastronómico por animales “de carne negra” (*ikal beket*), y colegir que esta característica no siempre está asociada a un plumaje oscuro en el ave. Al respecto, llamó la atención el caso de un gallo de plumaje totalmente blanco (*sakil kotz*) y piel de las patas de color negro, que había sido seleccionado como reproductor precisamente porque “va a dar carne negra”, lo que también es evidencia de los saberes empíricos de las mujeres sobre las características productivas de sus gallinas.

Cabe señalar que el huevo de las gallinas del traspatio se consume en promedio dos veces por semana (dos unidades por persona), y que también puede intercambiarse por otros productos alimenticios, lo cual constituye un recurso tanto alimentario como económico en el seno de la familia. De este modo, el huevo se constituye como la fuente primaria de proteína de origen animal en las comunidades visitadas, y la plática con las mujeres comprobó que muchas veces las familias no son autosuficientes, de modo que tienen que gastar un recurso económico para adquirirlo o bien realizar algún trueque con vecinas.

En contraste con los resultados de la presente investigación, Jerez-Salas *et al.* (2014: 31) reportaron que en diferentes comunidades de los Valles Centrales de Oaxaca, los criterios de selección de gallinas en el traspatio se relacionan con el tamaño del animal, por la cantidad de huevo que ponen y por el color de los tarsos; las dos primeras características son fáciles de explicar en términos económicos, pero no se explicaron los motivos por los que las productoras incluyeron el color de los tarsos como criterio de selección, que probablemente se asocie a preferencias personales.

Fenotipo de las aves

Las características fenotípicas de las aves fueron registradas indistintamente del sexo de los animales debido a que las mujeres así las fueron relatando. A continuación se establecen las descripciones que hicieron las dueñas de las aves en idioma tzeltal o tzotzil, con su traducción en términos sencillos en español (Cuadro 2). Cabe aclarar que las mujeres fueron especificando las características dependiendo del animal que se estuviera evaluando, de manera que particularmente hablaban del gallo (*kotz*) o la gallina (*caxán*), pero aquí se les asigna el genérico de *mut* (ave) para evitar confusiones.

Cuadro 2. Descriptores fenotípicos del plumaje en aves criollas de comunidades tzotziles de Chiapas

Descripciones locales	Características
<i>Xic mut</i> , ave de color gris (Fig. 2)	Plumaje barrado o sarado en gris y blanco
<i>Ikal mut</i> , ave negra (Fig. 3)	Plumaje negro
<i>Tsoj tsojtik sba</i> , color medio rojo	Plumas mezcladas de colores rojo, amarillo y blanco
<i>Sakil mut</i> , ave blanca (Fig. 4)	Plumaje blanco sólido o con pequeñas manchas
<i>But'um ikal mut</i> , color revuelto (Fig. 5)	Plumaje “revuelto” de diversos colores
<i>St'sijó</i> , collar dorado (Fig. 6)	Plumas doradas en el cuello, sobre fondo negro
<i>Canal caxán</i> , gallina de color amarillo	Plumaje barrado en amarillo/naranja y blanco
<i>Tsirín tiksbák</i> (Fig. 7)	Plumaje estriado, con plumas negras de bordes dorados
<i>Muruch'</i> o <i>molo</i> x (Fig. 12)	Plumaje rizado o “colocho”

Se aprecia que la diversidad fenotípica es considerable, pues además de los colores básicos del plumaje (negro, blanco, gris, rojo, amarillo), se registraron distintas combinaciones de ellos para producir algunos patrones que se encontraron con relativa frecuencia, como las aves de plumaje barrado en gris o en amarillo, de plumaje “revuelto” con parches de diferentes tonalidades, o las que tienen un collar de distinto color. Podría pensarse que existiera cierta preferencia por las gallinas de color negro, puesto que según algunos estudios antropológicos “tienen un alma interior más fuerte” (Vogt, 1993: 135), y que se han reportado como parte de los rituales tzotziles de sanación, en una especie de alegoría por el uso ancestral de guajolotes en estas ceremonias de origen prehispánico: “Los pollos, que probablemente sustituyeron a los pavos como artículo de la comida ritual después de la conquista, son ‘alimento para los dioses’, y el sustituto de la vida del paciente en las ceremonias de curación. El ave asume así un significado simbólico de mediador ante los dioses” (*Ibíd.*: 72).

Sin embargo, tal preferencia no es absoluta, pues a pesar del uso consuetudinario de gallinas de color negro en muchos de los rituales tzotziles —que según Vogt (1993: 103) deben ser del mismo sexo que el paciente—, a pregunta expresa, las mujeres fueron muy claras al manifestar que les gusta mucho disfrutar de la variedad de plumajes dentro de su parvada, y es por ello que van cambiando la coloración de los gallos de manera frecuente.

Características fanerópticas

En referencia a los faneros visibles en la piel de las aves, el resultado de las entrevistas y los ejercicios de descripción fenotípica mostró una serie de indicadores que las mujeres conocen y utilizan para explicar las diferencias entre los animales. En el Cuadro 3 se aprecian los indicadores fanerópticos señalados con mayor frecuencia por las dueñas de las aves.

Cuadro 3. Descriptores fanerópticos de aves criollas de comunidades tzotziles de Chenalhó, Chiapas

Nombres locales	Características
<i>T'otz jol, oscajal</i> (Fig. 8)	Copete sobre la cabeza, con “peluca”
<i>Pelín, pelón, kutkut nuk, mir nuk</i> (Fig. 9)	Cuello desnudo
<i>Mol chac</i>	Cola mocha, “con poca nalga”
<i>B'osó</i>	Cresta en roseta
<i>Ts'erum, kerech, t'ot shin</i>	Cresta sencilla
<i>Ts'el tsel</i>	Cresta en filita
<i>Tsotsil yakán, tsots bex</i>	Con plumas en los tarsos (patas)
<i>Nat yakán</i>	Tarsos largos
<i>Ikal sni</i> (Fig. 10)	Pico negro
<i>Bukis</i>	Plumas en las orejillas
<i>Puchón</i> (Fig. 11)	Plumas largas en orejillas y barbillas

Algunos de estos descriptores son muy evidentes, como los copetes sobre las cabezas de las aves — para lo cual se registraron varios nombres locales— o la presencia de plumas en las patas u orejillas, aunque otros son menos aparentes como el color del pico o la forma y el tamaño de las crestas (la que tiene forma de roseta es muy valorada). Estos faneros pueden ser indicadores de la capacidad ponedora de las gallinas, pues en los tratados clásicos de avicultura (por ejemplo Hurd, 1930: 252) se ha registrado que sus cambios de color dicen mucho respecto de la manera en que una gallina pone huevos: el color desaparece al iniciar la postura, y la decoloración va avanzando desde la base hacia la punta del pico, en un proceso que se revierte al suspenderse la postura.

En el mismo tratado se establece que una gallina que suspendió temporalmente la producción de huevo (por enfermedad u otra causa), mostrará una banda amarilla a mitad del pico de color blanco, y que un pico con varias bandas de color intercaladas señalan a una productora irregular y pobre. Puede apreciarse que en esos textos clásicos de hace varias décadas, se tomaban en cuenta muchos más indicadores que ahora, lo que puede ser una señal de que en la actualidad son más importantes las ganancias económicas, mientras que anteriormente se trataba de conservar animales por más tiempo.

En el caso del color de la piel de los tarsos, las mujeres explicaron con detalle que no es un criterio de selección, pero tampoco de desecho, pues les gustan de cualquier color, pero igualmente demuestran su conocimiento empírico al declarar que puede ser blanco, amarillo, negro e incluso con combinaciones de estas tonalidades. La presencia de plumas en los tarsos (*tsotsil yakán*), como muchas otras particularidades fanerópticas como las crestas en roseta, o el plumaje erizado (*muruch'*) les resultan agradables a las mujeres, pues son pinceladas de biodiversidad que buscan dentro de su parvada porque alegran su vida y las hacen muy felices.

Figura 2. Gallo barrado (sarado) en colores gris y blanco.



Figura 5. Gallina con plumaje de color “revuelto”.



Figura 3. Gallina con plumaje de color negro.



Figura 6. Gallina con collar de color dorado.



Figura 4. Gallina con plumaje de color blanco.



Figura 7. Gallina con plumas de color negro y bordes dorados.



Figura 8. Gallina con copete sobre la cabeza.



Figura 9. Gallina de cuello desnudo.



Figura 10. Gallina con pico y patas de color negro (*ikal yakán*).



Figura 11. Gallina con plumas en orejillas y barbillas (*puchón*).

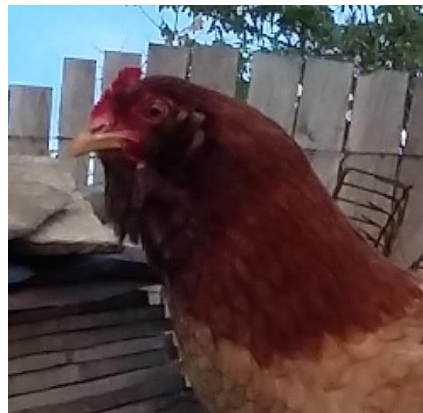


Figura 12. Gallina colocha o *murux*.



El Borrego Chiapas

Desde hace varios años, el ganado lanar de Chiapas ha sido el modelo para la realización de estudios de caracterización fenotípica y de los sistemas tradicionales de manejo, en este caso diseñados por las pastoras tzotziles de las regiones montañosas del estado. Los protocolos de caracterización iniciaron en 1984, cuando se publicó un primer artículo sobre la apariencia externa de estos animales en sus rebaños ubicados en las montañas de la región central, así como también se señalaron los primeros indicadores productivos (Perezgrovas y Pedraza, 1984). Desde entonces se comenzó a manejar el concepto de “Borrego Chiapas” para esta raza, incluso antes de saber si constituía una cabal “unidad de conservación” en los términos expuestos por la FAO (2013), y ya se tenían antecedentes de que la actual región V Altos Tzotzil-Tzeltal era la de mayor concentración de ejemplares de la raza local mexicana Borrego Chiapas.

A ese artículo sobre los patrones de crecimiento y los fenotipos del Borrego Chiapas, le siguieron varios otros sobre su infestación parasitaria natural, sobre sus indicadores reproductivos y sobre su potencial para producir leche, y finalmente, tras numerosas ponencias en congresos nacionales e internacionales, se concentraron todos los resultados de investigación en un solo volumen, el ya clásico libro titulado “*Los Carneros de San Juan. Ovinocultura Indígena en Los Altos de Chiapas*”, que publicó tres ediciones hasta la última que apareció al inicio del siglo XXI (Perezgrovas, 2004). Tras aparecer el ganado lanar de Chiapas en el catálogo mundial de razas de ganado lanar con vellones de color (Lundie y Wilkinson, 2004: 162-163) y en otras publicaciones internacionales sobre investigación pecuaria participativa (Conroy, 2005: 257), el parteaguas para el reconocimiento oficial de la raza “Borrego Chiapas” se dio en el año 2005, cuando fue incorporada a la base de datos mundial de recursos zoogenéticos (FAO, www.dad.fao.org) gracias a los múltiples trabajos de investigación etno-zootécnica llevados a cabo por el Instituto de Estudios Indígenas de la UNACH sobre esta raza local mexicana.

Con un censo aproximado de 120,000 cabezas, estos animales forman parte de las estrategias de desarrollo del grupo étnico Tzotzil, cuyas comunidades se asientan en las montañas del centro del estado (2000-2800 msnm). Este ganado lanar no se sacrifica ni se consume por la población indígena, y se cría principalmente para obtener la valiosa fibra textil con que se confecciona la ropa típica de los tzotziles. Una población adicional del ganado lanar autóctono se localiza en la región económica XI Sierra Mariscal, por arriba de los 3000 msnm, en donde la población de origen mam lo cría para producir el abono que requiere para sus cultivos.

Como se mencionó arriba, lo más importante para los habitantes de las comunidades tzotziles de Los Altos es la producción de lana y su utilización como materia prima para confeccionar la ropa típica con que se visten todos los miembros de la familia. Con lana negra se tejen los pesados abrigos con mangas que usan los hombres, las faldas y chales que portan las mujeres, y la mayor parte de la ropa ceremonial para ambos. Pero también se necesita lana blanca para los cotones sin mangas que llevan los hombres para el trabajo cotidiano, y lana café para tejer las blusas ceremoniales de las mujeres.

Y si se habla de lana se tiene que hacer hincapié en la labor que han hecho las mujeres tzotziles para conservar no sólo el recurso zoogenético, hoy reconocido mundialmente como ‘Borrego Chiapas’, sino la biodiversidad en su conjunto. Ante una constante presión de los organismos gubernamentales para ‘uniformar’ la producción de lana hacia las fibras cortas, delgadas y blancas que demanda la industria, han sido las pastoras y las artesanas tzotziles quienes han preservado distintas razas locales de ganado lanar precisamente porque ellas requieren de vellones muy diferentes: de doble capa formados por mechas de lana gruesa, larga y de distintos colores para cubrir sus necesidades textiles y sus históricas responsabilidades culturales.

La conservación de las razas locales es una de las consecuencias más importantes de la cría de ovejas por mujeres tzotziles. El trabajo de la UNACH ha sido en ese sentido, de apoyar a las mujeres en su labor de conservación de la biodiversidad. Las pastoras tzotziles reconocen tres razas locales de ganado lanar que cumplen con todos los requisitos que fija la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2012) sobre identificación racial. De acuerdo con los lineamientos de la FAO, el término ‘raza’ pone de manifiesto una propiedad **cultural** más que una definición científica rigurosa. Las pastoras tzotziles afirman tener animales que son diferentes, tanto así que les denominan ‘borregos verdaderos’ (*batsi chijetik*, en su lengua tzotzil) y los distinguen de aquellos ovinos traídos por el gobierno nacional y estatal en distintas épocas y a los que llaman ‘borregos mexicanos’ en tono marcadamente despectivo por la mala calidad de su vellón y su escasa supervivencia.

Las pastoras también reconocen a sus distintas razas locales de ganado lanar y les han asignado un nombre: *ik sat* (ojos negros) a la raza definida técnicamente como Chiapas Blanca y que tiene como características raciales una piel y vellón de color blanco y con la presencia de manchas negras en ojos, morro y orejas (Figura 13).

Figura 13. Hembras y macho de la raza local Borrego Chiapas, variedad Blanca



Por su parte, la raza local Chamula negra (Fig. 14) tiene la piel y el vellón de ese color, pero los animales muestran una mancha de color blanco en la parte alta de la cabeza y en la punta de la cola, razón por la cual su nombre en lengua tzotzil es *sak jol* (cabeza blanca).

Figura 14. Ejemplares de la raza local Borrego Chiapas variedad Negra o Chamula



Finalmente, la raza local Café (Figura 15) se caracteriza por tener la piel de color café y el vellón en un rango de color que va del crema al gris oscuro, por lo que no es extraño que el nombre en lengua indígena sea *xac shic* (gris).

Figura 15. Ganado lanar de la raza local Borrego Chiapas variedad Café



También hay que reconocer que las propias ovejas y el sistema tradicional de manejo han sido parte fundamental en la vida cotidiana de muchas generaciones de pastoras (Perezgrovas, 2004); el manejo se ha perfeccionado por ensayo y error desde hace siglos, y los animales han sido seleccionados por las propias mujeres aplicando sus criterios empíricos de calidad el vellón (Figura 16). De este modo, las pastoras tzotziles cumplen de manera cabal con los requisitos estipulados por la FAO, aun sin conocerlos.

Figura 16. Ejercicios de evaluación de la calidad de los vellones por pastoras tzotziles en borregos Chiapas



Fenotipos y zoometría

Sabemos que el borrego Chiapas proviene de las razas autóctonas españolas Churra, Manchega, Lacha, Rasa Aragonesa, Castellana y Canaria, entre otras, pero las características morfológicas y fenotípicas de estos animales los hacen únicos, ya que a través de siglos de adaptación han logrado sobrevivir bajo condiciones que podrían considerarse extremas: alta precipitación, orografía accidentada y sobrepastoreo. En estudios previos (Perezgrovas y Pedraza, 1984) habíamos identificado la presencia de ejemplares blancos (43.5%), negros (36.8%), cafés (10.3%) y grises

(9.4%), motivo por el cual se pensó necesario profundizar en la conformación de los rebaños indígenas de acuerdo al color de sus animales.

Para tal efecto se efectuaron visitas a los cuatro municipios con mayor densidad ovina en la región de Los Altos: San Juan Chamula, San Cristóbal de Las Casas, San Lorenzo Zinacantan y Teopisca, seleccionando al azar 57 unidades familiares. En cada una de ellas se hizo una revisión completa y detallada de los rebaños, levantando un registro pormenorizado de las características fenotípicas de cada uno de los borregos, y tomando una serie de medidas zoométricas básicas, en una muestra representativa de los ejemplares cuya apariencia externa correspondía a los patrones fenotípicos que fueron resultando más comunes. El estudio de zoometría se realizó en 406 borregos adultos, tanto en hembras como en machos, cuya edad dentaria fuera de dos a cuatro años y medio y clínicamente sanos.

Variedad Blanca

Ovinos de tamaño mediano, bien proporcionados. La piel es de color blanco pero tienen manchas definidas de color negro alrededor de los ojos, hocico, ollares y en la parte distal de las orejas (pigmentación centrífuga). Las extremidades están bien aplomadas y pueden tener manchas pequeñas o un punteado en color negro. La cabeza y las extremidades están desprovistas de lana. El vellón, de mechas largas, es de color blanco. Los machos pueden presentar cuernos. El peso corporal de las hembras es de 27.8 ± 0.7 kg.

El fenotipo de este animal es muy estable, presentando una alzada anterior y posterior de 59.8 cm. La mayoría de los patrones zoométricos (peso, perímetro torácico, caña posterior y la longitud del cuerpo), presentan una alta correlación entre ellos; en forma particular, las mejores correlaciones que se presentan son: perímetro torácico-peso (0.76), longitud del tronco-perímetro torácico (0.70) y caña posterior-perímetro torácico (0.70).

Considerando los datos anteriores, se puede señalar a la variedad Blanca del borrego Chiapas como probable descendiente de la raza autóctona española Churra. Desde este punto de vista, observamos que conserva el color de la piel y del vellón; la pigmentación centrífuga en negro alrededor de los ojos, ollares, hocico, en la punta de las orejas y en las extremidades; el perfil subconvexo; lana burda con mechones cónicos; orejas de tamaño medio con inserción horizontal; tronco largo; línea dorso-lumbar ascendente hacia la grupa; y extremidades delgadas. El peso corporal que presenta el ovino criollo de Chiapas representa la mitad del correspondiente a la raza Churra española (67

kg); sin embargo, en la Península Ibérica existe todavía un tipo de borrega Churra que habita en regiones montañosas cuyo peso corporal es en promedio de sólo 37 kg, lo que hace pensar que la disminución en el tamaño está muy relacionada a la selección natural que ejerce el medio ambiente en el que se desarrollan los animales.

Variedad Negra

Son ovinos de un tamaño mediano, con un peso promedio de 28 kg, bien proporcionados. La piel es de color negro, pero presenta un mechón de lana blanca en la parte alta de la frente (copete) y en el extremo distal de la cola. La cara y las extremidades están desprovistas de lana. El vellón es de color negro uniforme, aunque a la inspección se pueden encontrar fibras de color blanco en cantidades variables. El perfil es subconvexo y los machos pueden llegar a presentar cuernos. Este es el fenotipo que predomina más en la región de Los Altos de Chiapas (27%), sobre todo en las comunidades de población indígena chamula. La preferencia por este fenotipo en esta región, se explica porque una parte de la vestimenta tradicional de este grupo indígena está elaborada con lana negra, lo que ha favorecido el desarrollo de este fenotipo.

Este tipo de borrego probablemente sea descendiente directo de la raza autóctona Manchega, en su variedad negra. Entre las características geno-fenotípicas que se han mantenido en esta oveja chiapaneca pueden mencionarse las siguientes: perfil fronto-nasal convexo, piel y vellón de color negro con presencia de manchas blancas en la frente y en la parte terminal de la cola, tronco largo, región dorso-lumbar plana, extremidades largas y cañas fuertes y proporcionadas. Al igual que para el fenotipo anterior, la raza autóctona española Manchega es mucho más pesada (74 kg) que su correspondiente variedad en Chiapas (28 kg), aunque no hay que perder de vista que en épocas recientes las razas españolas han seguido procesos de selección tendientes a mejorar la capacidad cárnica de estos animales.

Variedad Café

Está conformada por ovinos ligeros (25.3 kg), de tamaño medio (alzada a la cruz de 58.4 cm). La piel de la cara, el abdomen y las extremidades puede ser de color amarillo, café o negro, en diversas tonalidades. La lana está partida en la región del dorso y es de color blanco en su base y se torna más oscura al exterior, en tonos que van del café al gris. Tanto los machos como las hembras pueden presentar cuernos. El perfil es recto o subconvexo.

Las características fenotípicas, así como las zoométricas de estos animales, sugieren que su principal ascendiente es la raza autóctona española Lacha, y conservan aún las siguientes características: perfil fronto-nasal recto o ligeramente subconvexo, orejas medianas, línea dorso-lumbar ligeramente ascendente hacia la grupa, extremidades fuertes pero finas, proporcionadas y con tamaño pequeño o mediano. Es típica en este fenotipo la pigmentación de la piel de la cara en colores que van del rubio al café oscuro, mientras que el vellón es de color claro. Uno de los aspectos importantes de la raza española Lacha, y que con seguridad permitió su adaptación a las condiciones del medio en Los Altos de Chiapas, es su rusticidad, pues ha logrado aclimatarse a terrenos abruptos con elevado índice de humedad.

Como se puede observar en el Cuadro 4 sobre zoometría, y en la descripción de los fenotipos arriba anotada, las características que presenta el ganado lanar de Chiapas son muy variadas, pero en general conservan mucha similitud con las razas autóctonas españolas, principalmente de la Churra, Manchega y Lacha. No se puede descartar, sin embargo, la posibilidad de la participación de otras razas autóctonas españolas como Castellana y Canaria en la formación del actual borrego Chiapas.

Cuadro 4. Medidas zoométricas básicas en los diferentes fenotipos del Borrego Chiapas

Parámetro ²	Variedad		
	Blanca	Negra	Café
Perfil	2.2	2.4	2.1
Largo de oreja	10.8	10.5	10.7
Ancho de oreja	6.6	6.4	6.4
Largo del tronco	70.5	70.4	68.0
Alzada a la cruz	59.8	60.2	58.4
Alzada a la grupa	59.8	60.0	58.9
Largo del cuerpo	93.8	93.7	90.6
Perímetro torácico	74.4	74.2	72.8
Caña anterior	8.3	8.5	8.2
Caña posterior	9.5	9.8	9.1
Peso vivo (kg)	27.8	28.0	25.3

¹ Adaptado de Sarmiento (1989).

² Excepto el perfil (escala 1=recto, 4=convexo) y el peso vivo (kg), todas las medidas están expresadas en centímetros.

Cerdos criollos

En lo que se refiere al ganado porcino autóctono de Chiapas, también se le encontró mayormente en las áreas montañosas centrales, donde forma parte de las complejas estrategias de desarrollo de la población indígena. Entre los tzotziles, el sistema tradicional de manejo señala que uno o dos

cerdos locales se encuentran amarrados bajo un árbol, en las áreas comunales cercanas a las viviendas; estos animales son movidos con regularidad para que sigan hozando, y al sitio donde están atados las mujeres les llevan el alimento que consiste en desperdicio de cocina y algo de maíz en grano. En algunas comunidades, los cerdos se encuentran en 70% de las unidades domésticas (Perezgrovas, 2007), y el objetivo de la cría de los porcinos locales es la engorda para su comercialización en momentos de urgencia monetaria, lo que sirve el propósito de amortiguar riesgos e incrementar la sustentabilidad de las familias. Estos cerdos locales son pequeños (25-30 kg), tienen una capa externa de colores diversos, principalmente rojo, se enferman poco, presentan alta rusticidad y tienen apenas unos pocos lechones por parto.

Por su parte, en las comunidades tzeltales existe un sistema de manejo extensivo del ganado porcino local, donde el bajo costo de producción compensa el reducido precio con que se comercializa; la producción es bajo el esquema de pastoreo y reproducción libres, con resguardo nocturno y uso prácticamente nulo de insumos externos; en la época de lluvias los cerdos pasan más tiempo en sus resguardos, para evitar perjuicios en las milpas, o bien se les coloca un “yugo” hecho con ramas de árbol, que les impide atravesar las cercas de alambre de púas que delimitan las áreas sembradas.

La alimentación de los animales es a base de ‘achigual’, que es el desperdicio de cocina fermentado por un par de días, además de lo que ellos pueden obtener durante el día cuando deambulan libremente por las calles y en los lotes baldíos y basureros de la comunidad. El objetivo de la cría de los porcinos es exclusivamente su comercialización, vendiendo los animales a compradores foráneos que recorren las comunidades. El peso adulto de los animales es en promedio de 45 kg, y se alcanza en unos 12 meses.

En estas comunidades tzeltales se encontraron cerdos localmente adaptados de diversos fenotipos, predominando el negro (28%), rubio (26%), rojo (14%) y manchado (14%), que recuerdan a algunas razas autóctonas españolas, principalmente de las líneas célticas e ibéricas como el negro extremeño, el cerdo rojo andaluz, el Chato de Murcia y las razas gallegas (Galdámez y Perezgrovas, 2007). Por desgracia, los cerdos y el sistema de manejo aquí descritos están muy cerca de desaparecer, en vista que las autoridades sanitarias (federales y estatales) niegan a las mujeres las firmas que requieren para mantenerse vigentes en los programas de subsidios (actualmente denominado PROSPERA) si no encierran a sus marranos, cuando la realidad es que no tienen maíz suficiente para criarlos bajo esa modalidad de encierro permanente.

Patrones generales de la cría de cerdos autóctonos

La asistencia regular a la comunidad evidenció la existencia de una gran cantidad de cerdos autóctonos de diversos colores, los que se hallaban en las calles, en los terrenos baldíos, cerca de los arroyos, y en los basureros (Figura 17). Los animales se encontraban generalmente durmiendo bajo algún árbol o a un lado de las cercas que delimitan las unidades domésticas, y las hembras mostraban signos de estar preñadas o eran seguidas por un pequeño grupo de lechones de colores variados. Esta situación explica el por qué los distintos investigadores que llegan a la comunidad reportan como un hecho notable la existencia numerosa de ganado porcino.

Figura 17. Sistema extensivo de cría de cerdos en extensivo en comunidades tzeltales



Los sistemas de cría de cerdos

Se identificaron dos sistemas tradicionales de cría de cerdos que se basan en la raza de los animales y que tienen prácticas de manejo y de alimentación muy independientes. El 61% de las familias se dedica a la cría extensiva de cerdos autóctonos -también llamados ‘de rancho’ o ‘chamulas’-, mientras que el 39% mantiene cerdos de granja de manera intensiva en corrales fijos de madera y piso de cemento. En el Cuadro 5 se presenta un resumen de las características de la unidad doméstica y de los dos sistemas de cría encontrados en la comunidad.

Cuadro 5. Características de los sistemas tradicionales de cría de cerdos en Aguacatenango, Chiapas

Característica/ Sistema de Cría	Cerdos Autóctonos	Cerdos de Granja
Número de cerdos	3 (rango 1-9)	6 (rango 1-19)
Número de gallinas	12 (rango 1-50)	8 (rango 1-23)
Periodo de engorda de los cerdos	6 a 12 meses	6 a 8 meses
Precio de venta de los cerdos	\$400	\$1000
Tipo y frecuencia de alimentación	Maíz/Posol (2 día ⁻¹)	Maíz/Concentrado (3 día ⁻¹)
Cantidad de alimento por cerdo	1.2 kg comida ⁻¹	1.5 kg comida ⁻¹
Tipo de corral para los cerdos	Palos/Piso de tierra	Madera/Piso de cemento
Enfermedades de los porcinos	‘No se enferman’	Diarrea, fiebre, sarna
Desparasitación de los marranos	5 %	17 %
Tratamientos conocidos	Sábila, sal de uvas	Hierro, tetraciclinas, albendazole, vitaminas

Cría de cerdos autóctonos

El marrano criollo se mantiene en corrales sencillos y de dimensiones reducidas hechos de palos de madera y dotados de un techo de lámina, pero estos son simples resguardos para que los animales pasen la noche dado que –al tener una puerta abierta hacia la calle– durante el día se les encuentra deambulando libremente en caminos, terrenos baldíos, arroyos y basureros. La alimentación de los puercos autóctonos es a base de maíz, el que se les ofrece dos veces al día, y además una porción de ‘achigual’ o desperdicio de cocina que comen al mediodía. Las mujeres son las encargadas de atender a los cerdos, y los llaman de manera efusiva para que se acerquen a sus corrales a comer.

Este sistema de manejo es propio de la temporada de sequía, y se modifica en la de lluvias, cuando los animales se mantienen encerrados para que no ‘hagan perjuicio’ en las áreas sembradas. Una variante de este sistema es colocar un ‘yugo’ de madera a los animales, el cual les impide atravesar las cercas de alambre de púas que delimitan las superficies sembradas.

Al permanecer los animales gran parte del día en la calle, no existe un control sobre la reproducción, y las mujeres no saben cuál verraco monta a cuál hembra. Las cerdas preñadas se encierran en su corral apenas unos días antes del parto, y permanecen ahí durante menos de una semana, para después retomar su vida habitual, ahora acompañadas de un grupo de inquietos lechones de diversos colores (Figura 18).

Figura 18. Sistemas empíricos de alimentación y reproducción de cerdos autóctonos en Aguacatenango



Estos lechones se crían con maíz y achigual durante varios meses, y son comercializados en Aguacatenango, vendiéndolos a intermediarios que llegan en sus camionetas recorriendo las calles del poblado. El precio que se puede obtener por un cerdo autóctono de unos 8 ó 9 meses de edad es de \$400 pesos, cuando alcanzan un peso de más o menos 40 kilos. Esta cantidad puede bajar hasta \$200 pesos cuando los marranos tienen ‘grano’,³ para lo cual los compradores hacen una prueba atravesando un palo en la trompa para abrirla, palpando la lengua del animal y detectando en ese músculo las protuberancias o bolitas que delatan la enfermedad.

Resultó interesante el constatar que ninguna de las personas entrevistadas conocía el origen de la enfermedad de los cerdos que denominan ‘grano’, ni podían relacionar la defecación al aire libre y la cría extensiva de los marranos como parte de un mismo evento patológico.

En términos económicos, la ventaja de criar cerdos autóctonos es que únicamente comen maíz y achigual, los que son producidos en la misma unidad doméstica; además, estos animales se enferman poco, por lo que no se necesita gastar en medicamentos, así que el producto de la venta ‘es pura ganancia’.

Este sistema tradicional de manejo de cerdos autóctonos sigue un patrón que se encuentra en gran cantidad de países latinoamericanos, en el que los animales se pasean por calles y veredas en busca de alimento, agua y espacios para protegerse del sol y la lluvia (Benítez, 2001). Según esta recopilación de experiencias sobre cerdos criollos explotados de manera extensiva en América Latina, los animales regresan por la tarde o noche a dormir cerca de la casa de sus propietarios en donde les proporcionan los mínimos cuidados alimentarios, donde no existen instalaciones especiales, y los cerdos, denominados ‘vagabundos’, recorren grandes distancias en búsqueda de alimento.

³ Presencia de cisticercos, que son la fase larvaria -localizada en los músculos de los cerdos- de una tenia que parasita el intestino delgado de los humanos.

En México, este sistema de producción porcina rural de autoconsumo se denomina ‘de traspatio’ (Lemus y Alonso, 2005), y se caracteriza por su empleo escaso de capital, con animales que andan sueltos y se alimentan de desperdicios de cocina y diversas especies de hierbas, escasa aplicación de medidas sanitarias y carencia de selección sistemática. En este sistema de producción los alojamientos consisten de palizadas donde los animales se guarecen por la noche mientras que de día se encuentran en libertad; todo ello constituye un problema de salud pública cuando no existen hábitos de educación sanitaria en la población y se utilizan los cerdos como ‘servicio de limpieza’.

Cabe recordar, sin embargo, que la finalidad de la cría de cerdos en Aguacatenango no es el autoconsumo sino la venta de animales en pie, lo que podría significar una menor incidencia de enfermedades en la población humana de esta comunidad, pero no en la que será la consumidora final. Esto requerirá de estudios epidemiológicos específicos, los que deberán involucrar a las instancias de salud presentes en el poblado.

Producción de cerdos ‘de granja’

En contraste con la cría de cerdos autóctonos, la producción de cerdos ‘de granja’ se hace con animales blancos de la raza Yorkshire, y existe un mayor uso de desparasitantes y de medicina veterinaria de patente; cada familia tiene un número considerable de animales que se engordan por menos tiempo y se comercializan al doble de precio que los ‘de rancho’. Una diferencia importante es el régimen alimenticio, el cual se basa en una mezcla (4:1) de maíz con alimento balanceado comercial conteniendo 36 % de proteína, a razón de una fanega de grano (160-180 kg) por cada bulto de concentrado de 40 kg; esta es la composición de la dieta para marranos adultos.

El cuidado de los cerdos de granja incluye darles agua y comida a diario, bañarlos cada 3 ó 4 días, y también lavar el piso del corral; este trabajo es una responsabilidad de las mujeres (65%) o de los hijos (26%). Al alcanzar el tamaño de mercado (o al existir una urgencia económica), los animales son vendidos a los intermediarios de fuera de la comunidad que hacen recorridos regulares en este poblado. El precio que se paga por los cerdos autóctonos es apenas la mitad del que alcanzan los cerdos de granja.

Sanidad animal

Los cerdos autóctonos de esta comunidad indígena no reciben medicamentos comerciales; en caso de enfermedad se les proporcionan remedios caseros hechos a base de plantas medicinales y sal de uvas. Durante los exámenes de laboratorio se encontró la presencia de huevecillos de *Ascaris suum*, de otros nemátodos gastroentéricos, y de ooquistes de los protozoarios conocidos genéricamente como coccidias (*Eimeria spp.*). Los cerdos autóctonos tienen mayores cargas parasitarias de nemátodos gastroentéricos y

coccidias, lo que se puede asociar a su vida libre, mientras que el lavado regular de corrales de los cerdos de granja y de los propios animales ocasiona una disminución de las fases infectivas de los parásitos.

De acuerdo con los productores, la enfermedad más común de los cerdos es ‘la diarrea’, si bien al decir de ellos los animales autóctonos ‘no se enferman’; por lo general no se aplican vacunas a ninguno de los porcinos. Según un estudio sobre la producción porcina tradicional en América Latina (Benítez y Sánchez, 2001), se ha comprobado que los animales criados de manera extensiva no son afectados por enfermedades infectocontagiosas, lo cual puede estar asociado a una mayor resistencia de las razas autóctonas, hecho que ha sido demostrado en distintas especies, o bien a un mayor nivel de anticuerpos generado por la continua exposición a agentes patógenos. Al preguntarles sobre las enfermedades que atacaban a sus animales, las mujeres respondieron que las principales dolencias que padecían eran: diarrea, calentura, gripa y sarna, aunque algunas dijeron que sus animales ‘no se enfermaban’.

Cuando se les preguntó a las mujeres sobre los productos que utilizaban para curar a los animales, explicaron que generalmente no hacen nada por tratar las enfermedades; algunas de ellas acuden a la farmacia veterinaria a comprar medicina, pero no recuerdan el nombre de los productos ni las dosis que les suministran a los animales ya que el encargado del negocio hace el diagnóstico a distancia y les vende lo que cree conveniente. Además, aclaran que en ciertos casos los animales no presentan mejoría; ante esta situación sólo dejan que estos mueran, sin saber qué enfermedad los atacó o por qué se enfermaron. Otras mujeres recurren a las plantas para curar enfermedades como la diarrea y la calentura.

Reproducción

No existe un control reproductivo de los cerdos autóctonos, debido a su vida libre; las camadas son pequeñas (4 a 6 lechones) y el destete se produce de manera natural a los 2-3 meses de edad, momento en que muchos de ellos serán vendidos a los compradores foráneos a un precio de \$150 cada uno. Es por ello que con frecuencia se observa a los compradores de lechones autóctonos quienes, después de terminar sus negocios, se retiran del poblado conduciendo uno o dos pares de lechoncillos con simples lazos atados a sus patas.

Caracterización fenotípica

Se identificaron cinco grupos o patrones fenotípicos principales (Cuadro 6). El primero y más común corresponde a cerdos de color negro (28%), que son animales robustos; el color es uniforme aunque los animales pueden tener manchas blancas en una o más patas; sus orejas son pequeñas y levantadas. Existe dentro de este grupo un cerdo ‘tipo Hampshire’, con una franja blanca característica que rodea el tórax, llegando a veces hasta el abdomen; estos animales también son de gran talla.

El segundo grupo es de color rubio (26%) con subvariedades en tonos que varían del color claro a uno dorado intenso. El tercer grupo es de animales de color rojo (14%), y son cerdos grandes de color rojo ladrillo. El cuarto grupo es de cerdos pintos (14%) que pueden ser blancos o rubios con manchas distribuidas por todo el cuerpo, subdivididos por el número y tamaño de las manchas.

El grupo cinco es de animales color café (11%), los que pueden presentar líneas más oscuras que recorren todo su cuerpo de manera horizontal. Existió un 7% de animales que no se ajustaron a alguno de los patrones fenotípicos descritos.

Cuadro 6. Clasificación fenotípica de cerdos autóctonos, con descripción técnica del color.*

Patrón fenotípico	Color según Munsell	Descripción según Munsell
Rubio		
- Claro	10 YR 8/1	Blanco
- Dorado	10 YR 8/3	Marrón muy pálido
Negro		
- Patas blancas	7.5 YR 2/0	Negro
- Tórax blanco (tipo Hampshire)	7.5 YR 3/0	Gris muy oscuro
Rojo	5 YR 6/4	Rojizo-Marrón encendido
Pinto	10 YR 7/2	Gris ligero
Café	5 YR 4/3	Rojizo-Marrón

* Munsell Color Charts, 2002.

Los cerdos autóctonos de Aguacatenango pertenecen a uno de estos cinco grupos fenotípicos comunes, y se crían empleando técnicas rudimentarias y con muy escasos insumos externos, pero contribuyen de manera importante a la economía familiar. La diversidad fenotípica de los porcinos y el aislamiento en que vive la comunidad sugieren la existencia de grupos raciales antiguos, y habrá que hacer los estudios comparativos correspondientes con las razas autóctonas españolas y portuguesas. El trabajo de Benítez (2001) sobre cerdos criollos en Latinoamérica ya había mencionado la gran cantidad de fenotipos con diversidad de colores, longitud y forma de pelo, formato corporal y aptitud reproductiva, y un lento ritmo de desarrollo, todo lo cual describe también la situación de los cerdos criollos de Aguacatenango.

Caracterización zoométrica

La diversidad fenotípica del ganado porcino autóctono de Aguacatenango dio paso a la realización de un primer acercamiento zoométrico de estos animales, debido a que, excepto el peso de cerdos en crecimiento, nunca se habían registrado sus variables morfológicas.

Se eligieron para su evaluación zoométrica aquellos animales adultos mayores de un año de edad y que mostraran las características fenotípicas de los cerdos autóctonos. En este primer acercamiento se estudiaron 25 cerdos autóctonos, lo cual es una muestra reducida, pero que permite al menos tener una idea cuantitativa

aunque preliminar del patrón zoométrico, el cual se presenta en el Cuadro 7 para el peso vivo y otras 11 variables corporales en animales de 2 años de edad.

Cuadro 7. Patrón zoométrico de 25 cerdos autóctonos del Ejido Aguacatenango

Característica	Media	Desviación Estándar
Edad	2.17 años	± 0.88
Alzada a la Cruz	52.63 cm	± 4.81
Alzada a la Grupa	57.43 cm	± 5.22
Diámetro Longitudinal	68.74 cm	± 8.08
Perímetro Torácico	86.74 cm	± 10.61
Diámetro de la Caña	13.26 cm	± 1.06
Longitud de la Grupa	25.04 cm	± 2.98
Ancho de la Cara	10.52 cm	± 0.68
Longitud de la Cara	13.85 cm	± 2.29
Longitud de la Cabeza	27.04 cm	± 2.99
Peso Vivo	46.57 kg	± 13.35
Longitud de la Oreja	17.82 cm	± 2.69
Largo de la Cerda	5.69 cm	± 1.17

Este patrón indica que el cerdo autóctono de Aguacatenango es de morfometría mediana, más alto en la grupa que en la cruz y más largo de cuerpo que su altura media. La cabeza es delgada y alargada, mostrando una trompa larga con orejas extendidas hacia el frente y ligeramente caídas. El cuerpo está cubierto de grandes cerdas gruesas, que son más abundantes en la parte superior del cuello y hacia la región de la cruz. Comparativamente, el cerdo autóctono de Aguacatenango es semejante al Cerdo Cuino de Nayarit, el cual presenta una alzada anterior de 47.6 cm, una longitud del cuerpo de 65.2 cm y un perímetro torácico de 87.3 cm; en contraste, el cuino nayarita tiene una trompa algo más corta de 11.9 cm de longitud (Lemus y Alonso, 2005: 108). El peso corporal del Cerdo Cuino de Nayarit a los 175 días de edad es de 43.8 kg, que resulta semejante al peso adulto del cerdo tzeltal. Una de las diferencias importantes entre estas dos razas de porcinos autóctonos es la presencia de pelo o cerda en la chiapaneca (Figura 19), lo cual es una adaptación lógica a las condiciones climáticas de la comunidad de Aguacatenango que, a sus 1,700 m sobre el nivel del mar, presenta algunos días muy fríos durante el invierno.

Figura 19. Cerdos autóctonos de pelaje largo y comercialización de lechones en Aguacatenango, Chiapas



Con los resultados del estudio zoométrico se realizaron pruebas de correlación entre las distintas variables morfométricas que se evaluaron en el cerdo autóctono de Aguacatenango; los coeficientes de correlación más significativos se encontraron entre el perímetro torácico y el peso vivo (0.958).

En síntesis, por sus características fenotípicas y morfométricas, esta raza local representa un eslabón entre las razas autóctonas de la Península Ibérica y el actual ganado porcino criollo de México. Mayores estudios se requerirán para determinar cuáles fueron las razas Ibéricas que le dieron origen, aunque se puede mencionar un ancestro común, el cerdo *Sus scrofa mediterraneum* y las razas célticas e ibéricas (coloradas, rubias, negras y manchado de Jabugo), incluyendo el chato de Murcia y las razas gallegas. Los fenotipos aquí descritos del cerdo autóctono de Aguacatenango pueden asociarse *a priori* con los cerdos negros extremeños y con los cerdos rojos de la raza Andaluza. Sin embargo, se puede desde ahora descartar al cerdo ibérico como antecesor directo, puesto que ninguno de los animales tiene las características fenotípicas del Cerdo Pelón Mexicano, que es negro y lampiño, y que se le encuentra en regiones más tropicales de Chiapas cercanas a la selva.

El cerdo criollo mexicano debería estudiarse exhaustivamente antes de que los cruzamientos indiscriminados diluyan o extingan su antiguo conjunto de genes. Esta situación es común en América Latina, donde tienden a desaparecer las razas de tipo ibérico por la agresiva introducción de razas nórdicas, con la consecuente pérdida de resistencia a enfermedades, de rusticidad, y de la capacidad para transformar variados alimentos (Benítez, 2001). De la misma manera habrán de estudiarse los sistemas tradicionales de manejo de estos animales, que son parte de la cultura de los pueblos indígenas y campesinos de México.

Bovinos criollos

En el caso de los bovinos criollos de Chiapas los estudios se encuentran todavía en las fases iniciales de diagnóstico y caracterización fenotípica y de los sistemas tradicionales de manejo en algunas regiones económicas del centro y en las montañas (Perezgrovas *et al.*, 2011). Sin embargo, ya se puede establecer una baja frecuencia de ganado bovino localmente adaptado (<10 %) en las partes bajas del estado como son las regiones I Metropolitana y II Valles Zoque.

Como rasgo notable de la actividad ganadera en Chiapas, la cantidad de ganado criollo se incrementa proporcionalmente a la presencia de poblaciones indígenas y a la ubicación en las zonas de montaña; una prueba estadística demuestra que existe una alta correlación de $r=0.748$ entre esas características geográficas y ambientales con la proporción de genes locales, lo que debe estimular el debate sobre la participación de los grupos indígenas chiapanecos en la conservación de la biodiversidad animal (Perezgrovas *et al.*, 2014). La proporción global de bovinos Criollos en las cinco regiones del anterior estudio (24.1%) es muy similar a la que reporta el INEGI (2007) para Chiapas en su último censo ganadero y que es de 22.9%. Esta cifra se puede dimensionar mejor si se considera que, según el propio INEGI (2007), Chiapas es el estado con mayor cantidad de ganado “corriente” en todo el país, seguido de Durango (19.1 %), Chihuahua (18.6%) y Veracruz (15.4%).

Sin embargo, a pesar de que los datos oficiales señalan la existencia de esa gran diversidad de genes localmente adaptados, poco es lo que se ha hecho en Chiapas para estudiarlos, valorarlos y tratar de que se preserven como acervo genético y cultural, no sólo para el estado sino para el resto del país.

Al llegar a las zonas montañosas de Chiapas se incrementa significativamente el número de animales Criollos, y la mayoría de ellos está a cargo de pobladores indígenas de las etnias tzotzil, tzeltal y tojolabal. Como características generales, estos productores son de menores recursos, no están integrados a asociaciones o gremios ganaderos y no reciben asistencia técnica; por lo general, estos productores utilizan un sistema tradicional de manejo basado en el pastoreo extensivo, no aplican medicamentos o biológicos y no proporcionan suplementación alimenticia más allá de la sal común.

El hecho que los bovinos Criollos de Chiapas sean más numerosos en zonas de orografía accidentada y a mayor altura sobre el nivel del mar, así como entre productores pecuarios pertenecientes a alguna población indígena, ya había sido reportado en otros estados de la

República y con otros bovinos Criollos. Tal es el caso del ganado bovino autóctono de Nayarit, que se asocia a poblaciones de las etnias Huichol y Tepehuana que habitan en los parajes que están más alejados y que son de difícil acceso (Martínez, 2005), y que sería el mismo caso para el ganado Rarámuri de la sierra Tarahumara de Chihuahua.

Sobresale en el presente estudio la cantidad de vacas Criollas en las áreas rurales de la región V Altos (67.3%), que fue el porcentaje más elevado de todas las regiones analizadas; esta zona montañosa está habitada por indígenas de las etnias tzotzil y tzeltal, y tienen a la cría de vacas como un componente básico de sus estrategias diversificadas de desarrollo.

Los productores indígenas mencionaron que su ganado Criollo se enferma menos, produce con pocos insumos externos, si acaso sal común, y resiste mejor las condiciones ambientales adversas, principalmente la lejanía de las fuentes donde se encuentra el agua y las variaciones estacionales en la disponibilidad de forraje; todas estas características han permitido y siguen permitiendo la persistencia de las razas locales y les dan una ventaja sobre las exóticas. Este es el modo de vida integral del campesino de bajos recursos y del indígena cuya existencia está en el límite de la marginación, para quienes no es conveniente poner toda su energía y recursos en una sola gran actividad, lo que conlleva un riesgo inherente, sino tener diversas fuentes de ingreso que amortiguan dicho riesgo y coadyuvan a lograr la subsistencia.

Este último factor debe tomarse muy en cuenta, en especial ante las evidencias de desastres ambientales asociados al cambio climático, lo cual no es algo de ciencia ficción, sino una triste realidad en todo el mundo, donde ya son evidentes las modificaciones en los patrones anuales de temperatura y de precipitación pluvial, que deben estar poniendo focos rojos en la reducida base genética de las razas transfronterizas, que son tan carentes de resistencia, adaptación, rusticidad y resiliencia.

En otro orden de ideas, y tratando de emplear un enfoque de género, se pensaba que la actividad ganadera campesina e indígena era exclusivamente una responsabilidad de los varones y los jefes de familia, pero no es así, pues se ha observado en esta investigación que las mujeres están participando ahora en forma cada vez más directa y activa en el cuidado del ganado mayor (Figura 20), además de las labores que ya realizaban, asumiendo ellas los compromisos de los varones que salen de sus comunidades para contratarse como jornaleros o que tratan de buscar otras fuentes alternativas de ingreso para subsanar necesidades monetarias.

La situación se complica aún más ante las dificultades que muestra el relevo generacional en las actividades agropecuarias, particularmente las ganaderas, pues cada día es más frecuente observar que los jóvenes ya no quieren ocuparse de los hatos o de las tierras agrícolas familiares, y prefieren buscar nuevas fuentes de ocupación y de generación de ingresos económicos. Esta es una situación que deberá estudiarse de manera particular en el futuro cercano, pues es un ángulo poco conocido de la ganadería bovina chiapaneca.

Figura 20. Participación de las mujeres indígenas en las actividades de la ganadería bovina



Razas locales de bovinos Criollos en Chiapas

El registro de las características fenotípicas de varios cientos de animales sirvió para evidenciar la presencia de una serie de patrones comunes respecto de la apariencia externa del ganado local, los cuales se repetían con cierta frecuencia en todas las regiones económicas estudiadas; esta situación permitiría pasar de un escenario de ganado Criollo genérico, a otro con diferentes razas de bovinos localmente adaptados.

Cabe mencionar que esta no es una iniciativa nueva a nivel mundial, pues diferentes países de Europa y América están dedicando recursos humanos y económicos al estudio, la preservación y el fomento de sus razas autóctonas de ganado local, en todas las especies, y ya se encuentran pasando de la formación de asociaciones ganaderas al fomento de bienes y servicios pecuarios con valor agregado, ya sea en forma de productos y subproductos con denominación de origen que resalten la procedencia desde las razas locales, muchas veces por medio de procesos artesanales, o bien a través de estrategias relacionadas con el ecoturismo rural asociado a los sistemas tradicionales de cría de las razas autóctonas de ganado.

La primera iniciativa para conformar y definir las razas de bovinos autóctonos de Chiapas fue presentada por Perezgrovas *et al.* (2014), quienes no sólo consideraron las características fenotípicas que se presentaban de manera recurrente en los bovinos Criollos, sino que intentaron asociarlas con aquellas que presentan en la actualidad los ejemplares de algunas razas autóctonas españolas. En orden decreciente, a continuación se describen los biotipos más frecuentes en varias regiones de Chiapas, y que muestran una uniformidad fenotípica que representa un potencial para constituir razas de bovinos localmente adaptados; igualmente se propone la denominación que se les puede dar a estos biotipos chiapanecos.

Biotipo “Serrano”

Este biotipo representa el 26% de los ejemplares de raza Criolla encontrados en Chiapas, mayormente en áreas montañosas, pero también en aquellas por debajo de los 1,000 m snm, lo que le confiere una amplia distribución. El bovino Serrano es un animal de tamaño mediano (350-450 kg), con capa de color café oscuro muy cercano al negro, y que presenta una línea dorsal de color amarillo o rojizo de unos 15 cm de ancho; el testuz y el interior de las orejas están cubiertos de pelo largo de color rojo, y muestra un típico color crema en el morro (Figura 21). La línea dorsal pálida está asociada al locus con símbolo mendeliano A^i (de Alba, 2011). Los cuernos son delgados, de tipo europeo (*Bos taurus*) con dirección horizontal, luego hacia adelante y finalmente con las puntas hacia arriba; las orejas salen de la cabeza en dirección horizontal, son pequeñas y de forma redondeada.

Por sus características externas, el bovino Serrano de Chiapas se asemeja a la raza autóctona española Serrana de Teruel, antes conocida como raza Pajuna, que se encuentra en áreas montañosas de la provincia andaluza de ese país y que se caracteriza por el testuz algo saliente y cubierto de pelo abundante de color rojo encendido en los toros, de capa castaño oscuro y bociclaro (orla blanca alrededor del morro), con listón o decoloración a lo largo del raquis; estas características son exactamente las mismas que se pueden apreciar en el Serrano de Chiapas. Cabe hacer mención que este biotipo Serrano muestra también alguna semejanza con el ganado bovino de las Islas Canarias, al menos con las variedades oscurecidas en las que la cabeza pigmentada está orlada por una franja clara en el morro (Sánchez, 1984). Hay que recordar que el ganado Canario es bastante heterogéneo en virtud de su origen desde varias regiones de España, incluso del norte del país, y con alguna influencia de ganado africano.

Figura 21. Ejemplares de bovinos criollos del biotipo “Serrano”



Biotipo “Alteño Negro”

La frecuencia de este biotipo Criollo es de 22%, y está compuesto por animales de tamaño mediano (350-450 kg), con la capa de color negro sólido (símbolo mendeliano **E**), ocasionalmente con una mancha blanca de forma irregular y tamaño variable en el vientre (de Alba, 2011). Los cuernos son delgados de tipo europeo, con la misma disposición que la descrita para el Serrano, con las orejas que también salen en posición horizontal (Figura 22). Ocasionalmente se puede observar una mancha blanca irregular y de tamaño variable en el bajo vientre, lo cual definitivamente no constituye un inconveniente para los productores campesinos.

Su apariencia externa recuerda a la raza autóctona española Negra Andaluza que se localiza en el sur de la Península Ibérica, y cuyas características etnológicas muestran una capa de color negro zaíno con manchas ocasionales (e indeseables en España) de color blanco en el vientre; las orejas son pequeñas y ovoides (Sánchez, 1984).

Figura 22. Ejemplares de bovinos criollos de Chiapas del biotipo “Alteño Negro”



Biotipo “Pinto”

Este biotipo se encuentra en las comunidades de montaña con una frecuencia de 18%; son animales de tamaño pequeño (300-400 kg), y su principal característica externa es la presencia en su cuerpo de una serie de manchas grandes en tonos rojos o cafés y de forma irregular; los cuernos son de tipo europeo y las orejas se disponen en una posición horizontal. Las crías reproducen con facilidad la apariencia externa de sus madres, lo que indica que este fenotipo tiene una alta repetibilidad, en virtud de que fue muy común encontrar vacas pintas con sus becerros de la misma apariencia (Figura 23). Ello se comprueba porque la simbología mendeliana de este biotipo (**Bc1**, **Bc2**) se denomina “salpicaduras dominantes” de manchas irregulares sobre fondo blanco (de Alba, 2011). Aunque existen en España varias razas autóctonas con manchas de diversos tipos, como la Mostrenca y las Berrendas en Rojo y en Negro originarias de Andalucía, no se encontró un ancestro precisamente con estas características de color en la capa externa. Hay que recordar, sin embargo,

que esta provincia española pudo ser la que aportó mayor cantidad de animales de las diferentes especies que fueron llevados a las Islas Canarias y al Nuevo Mundo.

Figura 23. Ejemplares de bovinos criollos de Chiapas del biotipo “Pinto”



Biotipo “Tostado”

Los integrantes de este biotipo son animales de tipo mediano (350-450 kg), cuya frecuencia en los hatos es de 16%. Estos bovinos se caracterizan por tener la capa de color castaño oscuro o rojizo (tipo alazán), con un distintivo oscurecimiento de la cabeza y el cuello en tonos negruzcos o café oscuro (Figura 24), es decir, con el locus Agutí de símbolo mendeliano **A** que significa tener la cara y las extremidades de color negro con el resto del cuerpo en rojo.

Estos animales se denominan “hoscós o joscós” en otros estudios realizados en Latinoamérica (de Alba, 2011), y su amplia distribución a nivel nacional les confiere un buen potencial para ser sujetos de investigaciones de mayor cobertura. Los cuernos son de tipo europeo y las orejas se observan en posición horizontal. Su apariencia externa sugiere a la raza Pajuna del sur de España como su antecesora (Sánchez, 1984).

Cualquiera de estos cuatro biotipos resulta ser muy atractivo para dar inicio a una serie de estudios específicos sobre su productividad, perfil genético, patrones reproductivos, rusticidad, condiciones sanitarias, etc., así como el gusto de los productores por mantener animales de estas características externas dentro de sus hatos.

Figura 24. Bovinos criollos de Chiapas del biotipo “Tostado”



Los otros biotipos encontrados en las montañas de Chiapas, pero que se observan con una menor frecuencia en los hatos de las comunidades indígenas y campesinas de las montañas, son los siguientes, incluyendo el nombre de su capa y el símbolo mendeliano: Rojo (**E**), Ruano (**Rⁿ**), tipo Criollo Lechero Tropical, Barcino o Atigrado (**E^{br}**) y Berrendo (**S^s**) en negro y en rojo (Figura 25). Los distintos pelajes de los fenotipos de bovinos chiapanecos ya habían sido descritos para algunas razas de vacas criollas que se presentan en otras regiones de México, a veces con otros nombres (de Alba, 2011), y en general recuerdan algunas razas autóctonas españolas, aunque no se han realizado suficientes análisis específicos para establecer su cercanía genética, lo cual a todas luces sería una empresa digna de mayor consideración y análisis de pertinencia.

Como se observa en los párrafos anteriores, las razas autóctonas españolas asociadas a los biotipos localmente adaptados de Chiapas son de procedencia mayormente andaluza, provincia de donde salían las embarcaciones hacia el Nuevo Mundo en la época colonial; esta situación tiene una lógica geográfica si se piensa que las reses que subían a las naves se adquirirían en las estancias ganaderas

cercanas a los principales puertos, que en ese momento histórico eran Sevilla y Cádiz. Cabe mencionar, sin embargo, que existe un debate sobre la procedencia andaluza de las vacas que cruzaban el Atlántico, y que ahora se reconocen genes que provienen de ganado del norte de España (Galicia, Asturias) en los bovinos de las Islas Canarias (Sánchez, 1984), y que seguramente eran embarcados desde ahí hacia el Nuevo Mundo. Una explicación plausible es que, una vez regularizado el comercio entre las Islas Canarias y la Península Ibérica a principios del siglo XVI, “era más fácil transportar las mansas vacas norteñas que los broncos bovinos béticos” (Sánchez, 1984: 363).

Este ganado localmente adaptado se cría bajo sistemas tradicionales de producción que consisten en pastoreo extensivo generalmente en áreas de monte comunal, con encierro regular cada pocos días y con muy pocos insumos externos, representados por la sal común y algún desparasitante ocasional. Los productores que atienden estos bovinos locales no son sujetos de programas ganaderos oficiales, los cuales están diseñados particularmente para criadores de ganado que sean integrantes de alguna de las diversas asociaciones ganaderas confederadas. Los productores indígenas no suelen formar parte de estos gremios de ganaderos, y dichas agrupaciones están fuera de sus intereses y costumbres.

Figura 25. Diversidad de biotipos en el bovino Criollo de las montañas de Chiapas:
a) Rojo, b) Ruano, c) CLT, d) Barcino, e) Berrendo en negro, f) Berrendo en rojo



Recordando las advertencias de la FAO sobre la introducción de ganado exótico como causa fundamental del deterioro genético en las razas localmente adaptadas (www.fao.org/docrep/012/al383s/al383s00), resulta ser muy preocupante que en estas zonas de montaña —donde los bovinos criollos son todavía relativamente abundantes— ya se empieza a ver ganado de razas transfronterizas como Holstein y Suiza en Los Altos, y Cebú y Suiza en la Meseta Comiteca; esto representa una potencial y peligrosa dilución del material genético original, el que no ha sido aún debidamente estudiado como también lo recomienda la FAO. Ojalá que los tomadores de decisiones para el diseño de las políticas públicas consideraran estos hechos.

También hay que tener presente que el ganado Criollo se alimenta en pastoreo, es resistente a enfermedades y tiene una rusticidad que garantiza su supervivencia en momentos críticos, como son los que veremos de manera cada vez más frecuente a causa de las manifestaciones ambientales asociadas con el cambio climático; la resiliencia del ganado Criollo le da una clara ventaja sobre las razas transfronterizas especializadas.

CONCLUSIONES

La diversidad de los recursos zoogenéticos de Chiapas se manifiesta en la cantidad significativa de razas localmente adaptadas, de las distintas especies de animales domésticos. Estos recursos son parte de la historia y de la cultura de nuestro estado, y representan un acervo genético y cultural digno de ser no sólo preservado, sino también estudiado y promovido como una de las grandes riquezas chiapanecas.

Es motivo de preocupación, y ciertamente de ocupación, la continua erosión genética que representa la introducción y uso no controlado de razas transfronterizas de las llamadas de ‘alta especialización’, particularmente en las regiones montañosas habitadas por grupos étnicos ancestrales. Los animales Criollos tienen sus propias características que le han permitido no únicamente subsistir en ambientes difíciles, sino producir proteínas de origen animal, crías y otros subproductos valiosos como pueden ser el estiércol, la lana, la fuerza de tracción, el transporte de personas y de mercancías y, sobre todo, formar parte de estrategias de subsistencia y de desarrollo para las poblaciones menos favorecidas.

No se trata de cancelar las bondades de las razas exóticas de animales domésticos, sino de preservar el espacio social, económico y cultural que las razas localmente adaptadas se merecen. Este debe ser un compromiso que los investigadores, las instituciones académicas,

y las organizaciones gubernamentales y no gubernamentales deben emprender de manera coordinada en beneficio de la sociedad en su conjunto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

De AlbaMartínez, J., 2011, Los bovinos criollos de América, Colegio de Postgraduados, Universidad Autónoma Chapingo, Universidad Autónoma Antonio Narro, INIFAP, Mundi Prensa, México, D. F.

Benítez O., W., 2001, 'Los cerdos criollos en América Latina', en: FAO (compilador) *Los cerdos locales en los sistemas tradicionales de producción*, Serie: Producción y Sanidad Animal, N° 148, FAO, Roma, Italia. [Disponible en <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/005/Y2292s/Y2292s00.pdf>] Consultado el 22 de septiembre de 2016.

Benítez, W. y M. Sánchez, 2001, 'Aspectos generales de la producción porcina tradicional', en: FAO (compilador) *Los cerdos locales en los sistemas tradicionales de producción*, Serie: Producción y Sanidad Animal, N° 148, FAO, Roma, Italia. [Disponible en <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/005/Y2292s/Y2292s00.pdf>] Consultado el 22 de septiembre de 2016.

Conroy, C. (editor), 2005, *Participatory Livestock Research. A guide*, first edition, ITDG Publishing & Natural Resources Institute, University of Greenwich, Warwickshire, UK.

FAO, 2007, The State of the World's Animal Genetic Resources for Food and Agriculture, edited by Barbara Rischkowsky & Dafydd Pilling, FAO, Rome, Italy.

FAO, 2012, *Phenotypic characterization of animal genetic resources*, Annex 2. Checklist for phenotypic characterization of sheep and goats, Animal Production and Health Guidelines N° 11, FAO, Rome, Italy.

FAO, 2013, *In vivo conservation of animal genetic resources*, FAO Animal Production and Health Guidelines, N° 14, Rome, Italy.

Galdámez, F.D. y Perezgrovas, G.R., 2007, Las mujeres tzeltales de Aguacatenango y el cuidado de sus cerdos autóctonos, p. 87-120, en: *Cría de cerdos autóctonos en comunidades indígenas*, Instituto de Estudios Indígenas, Universidad Autónoma de Chiapas, San Cristóbal de Las Casas, Chiapas.

- Hurd, LM., 1930, *Practical poultry farming*, The Macmillan Company, New York.
- INEGI, 2007, *VII Censo Agrícola, Ganadero y Forestal*, Unidades de producción y existencias totales de ganado bovino según sistemas de producción (Cuadro 37) y según tipo de tecnología empleada (Cuadro 38), Aguascalientes, Ags.
- Jerez-Salas MP, MA Vázquez-Dávila, F Chávez-Cruz, MI Pérez-León y JC Carrillo-Rodríguez, 2014, Conocimiento tradicional, manejo y morfología de gallinas criollas en tres localidades de los Valles Centrales de Oaxaca, en: *Gallinas criollas y guajolotes nativos de México. Características y sistemas de producción*. R Perezgrovas, P Jerez y MA Camacho (editores). Instituto de Estudios Indígenas-UNACH y Red Mexicana CONBIAND, AC, Talleres Gráficos de la UNACH, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.
- Lemus F., C., y L. Alonso-Spilsbury, 2005, *El cerdo pelón mexicano y otros cerdos criollos*, Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Nayarit, Tepic, Nayarit.
- Lundie, R. & E. Wilkinson (editors), 2004, *The World of Coloured Sheep*, First edition, Pope Print, Timaru, New Zealand.
- Martínez Velázquez, G., 2005, *El ganado bovino Criollo en Nayarit: ubicación y población estimada*, Folleto Técnico N° 1. INIFAP-CIRPAC. Campo Experimental 'El Verdineño', Santiago Ixcuintla, Nayarit.
- Munsell Soil Color Charts, 2002, Munsell Color Company, Baltimore, Maryland. USA.
- Perezgrovas Garza, R., 2004, *Los Carneros de San Juan. Ovinocultura Indígena en Los Altos de Chiapas*, 3ª Edición, Serie Monografías N° 5, Instituto de Estudios Indígenas, Universidad Autónoma de Chiapas y Fundación Produce Chiapas, A. C., San Cristóbal de Las Casas, Chiapas, 307 pp.
- Perezgrovas Garza, R., 2007, *Cría de cerdos autóctonos en comunidades indígenas de Chiapas*, Serie Monografías N° 9, Instituto de Estudios Indígenas, Universidad Autónoma de Chiapas, San Cristóbal de Las Casas, Chiapas.
- Perezgrovas, R. y P. Pedraza, 1984, "Ovinocultura Indígena. I. Desarrollo corporal del borrego Chiapas", *Cuadernos de Investigación* No. 1, Universidad Autónoma de Chiapas. 14 pp.

Perezgrovas G., R., D. Vázquez M., G. Rodríguez y D. Galdámez, 2011, 'Aproximación fenotípica a la diversidad de los bovinos criollos en la región central montañosa de Chiapas, México', *Actas Iberoamericanas de Conservación Animal*, vol. 1: 384-387.

Perezgrovas G., R., D. Vázquez M. y D. Galdámez F., 2014, 'Características fenotípicas de bovinos criollos con potencial para conformar razas locales chiapanecas', p. 565-570, *Memorias*, Congreso Mesoamericano de Investigación UNACH, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

Sánchez Belda, A., 1984, *Razas bovinas españolas*, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid, España.

Sarmiento Tovilla, J. F., 1989, "Estudio zoométrico de los diferentes fenotipos de la oveja criolla de Los Altos de Chiapas", tesis de Licenciatura, Escuela de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Chiapas, Tuxtla Gutiérrez, Chis.

Vogt, EZ, 1993, *Ofrendas para los dioses. Análisis simbólico de los rituales zinacantecos*, Sección de Obras de Antropología, Fondo de Cultura Económica, México, D.F.

EL PAPEL DE LAS BIOTECNOLOGÍAS REPRODUCTIVAS EN LA CONSERVACIÓN DE RECURSOS ZOOGENÉTICOS DE ESPECIES DOMÉSTICAS

¹J. F. De La Torre Sánchez* y ¹H. Álvarez Gallardo

¹Centro Nacional de Recursos Genéticos-INIFAP. Blvd. De la Biodiversidad 400,
Tepatlán de Morelos, Jalisco.

Delatorre.fernando@inifap.gob.mx; alvarez.horacio@inifap.gob.mx

RESUMEN

La conservación *ex situ*, *in vitro* de germoplasma animal se da en Nitrógeno Líquido a temperaturas de hasta -196 °C. En estas condiciones es posible preservar células espermáticas (semen), embriones, óvulos y células somáticas. La crio-preservación de Semen es una tecnología que data de hace casi 70 años y es de uso rutinario en todas las especies domésticas (con la excepción de algunas especies de aves), siendo éste el método mas utilizado para la conservación *ex situ*, *in vitro* de recursos genéticos animales en los bancos de germoplasma a nivel mundial, con la desventaja, sin embargo, de que se esta conservando únicamente la mitad del acervo genético necesario para crear un individuo igual al de la dosis de semen, haciéndose necesarias estrategias como el cruzamiento absorbente. La crio preservación de embriones es la mejor opción para conservar la diversidad genética de un grupo racial y ofrece la vía mas rápida para restaurar una población con características favorables. No obstante en la actualidad sigue siendo, con respecto al semen una técnica que requiere mas inversión, mas recursos técnicos e infraestructura para la producción de cada unidad de germoplasma, por lo que su uso en bancos de germoplasma es muy limitado, del orden del 5% con respecto al semen. No obstante, existe consenso global de la necesidad de incrementar el resguardo de embriones en los bancos de germoplasma del mundo. La crio-conservación de embriones producidos *in vitro* y óvulos, básicamente por vitrificación, son tecnologías en fase de desarrollo y su uso en bancos de germoplasma es mínimo. La conservación de células somáticas es un procedimiento simple y rutinario, aunque su posible empleo para generación de germoplasma por trasplante nuclear no ha sido aplicado.

Palabras clave: Recursos Genéticos Animales, crio-preservación, semen, embriones, óvulos, ex

INTRODUCCIÓN

Con excepción de los guajolotes y algunas especies de abejas sin aguijón (meliponas), las especies domésticas que hoy sustentan la producción pecuaria en México, no son originarias del continente americano. Bovinos, equinos, ovinos, caprinos, porcinos y gallinas fueron introducidos al continente americano, provenientes de la península ibérica (España y Portugal) hace aproximadamente 500 años, dando origen, después de cinco siglos de adaptación a condiciones edafo-climáticas y de producción específicas, a razas localmente adaptadas, hoy conocidas genéricamente como criollas, con denominaciones específicas de acuerdo a la región donde permanecen, y que en la actualidad juegan un papel socioeconómico y ecológico importante en diferentes regiones del País, fuertemente asociadas a grupos de población de bajos recursos (Gallardo et al., 2002). Las razas localmente adaptadas en México son consideradas un recurso genético valioso por su capacidad de producir en condiciones adversas de clima y alimentación y si bien son en general consideradas de baja producción, al ser entes biológicos capaces de producir en condiciones difíciles y con bajos insumos, se vuelven opción en su forma pura o en cruzamiento para escenarios adversos, actuales o futuros (desertificación, cambio climático). Las poblaciones criollas se encuentran actualmente en su mayoría bajo el estatus de amenazada o en extinción en México y por ello se requiere la aplicación de estrategias de conservación in situ y ex situ, que ayuden a preservar esta fuente potencialmente valiosa de variabilidad genética, de cara a condiciones ambientales cambiantes (Martínez, 2005; Perezgrovas, 2003).

Por otra parte, la introducción reciente de especies domésticas animales a nuestro país (segunda mitad del siglo XIX a la fecha), ha traído razas de bovinos especializadas en la producción de leche y carne, de cerdos, ovinos, caprinos y aves, con características productivas sobresalientes, pero con mayores requerimientos de condiciones ambientales, insumos y manejo. Los programas de mejoramiento basados en evaluaciones genéticas y orientados a necesidades específicas de producción y el uso intensivo que se da a los animales sobresalientes gracias al uso de herramientas reproductivas, van reduciendo el espectro de variabilidad genética de estas razas, generando la necesidad de que se establezcan estrategias de conservación ex situ que permitan conservar el germoplasma de individuos relevantes a lo largo del tiempo y así preservar variabilidad genética que pudiera desaparecer ante la

acelerada evolución que experimentan estas razas y tenerlo disponible para reintroducción de germoplasma con características particulares al pool genético de la raza cuando así se requiera (CONARGEN, 1999).

Los diferentes métodos disponibles para la conservación de recursos genéticos pecuarios se agrupan en dos principales formas: la conservación in situ (conservación de la especie en su hábitat de origen o de domesticación), que permite la continua evolución y adaptación de especies en respuesta al medio ambiente, pero que deja mas expuestos a estos recursos a su reducción o desaparición por destrucción o fraccionamiento de hábitats ocasionados por desastres naturales o por interferencia humana. La conservación ex situ (conservación del germoplasma fuera de su ambiente natural) es por contraparte una forma inmediata y segura de conservar el recurso genético y tenerlo disponible en cualquier momento para agregar variabilidad genética a las poblaciones in vivo e incluso para reintroducir especies cuya población es escasa o extinta. Así, estos dos métodos son relevantes y complementarios y aunque siempre será la conservación in situ la forma mas recomendable para conservar la variabilidad de las poblaciones y promover cambios adaptativos a condiciones ambientales y de producción, la conservación ex situ, que se da principalmente en bancos de germoplasma deberá ser una herramienta complementaria estratégica para asegurar la supervivencia de las especies (Goodwin, et al., 2012).

En Recursos Genéticos Animales (RGA), la conservación ex situ se puede dar a través del mantenimiento de poblaciones animales en condiciones controladas y la conservación in vitro de Germoplasma animal. En los países en desarrollo, es mas común observar que se conservan poblaciones vivas, lo cual es sin embargo mas costoso que la conservación del Germoplasma e implica riesgos mayores para el adecuado mantenimiento de estas, por lo que la recomendación de FAO es que se implementen en estos países estrategias de conservación in vitro de RGA (Gibson, et al., 2006). El término Germoplasma animal, se refiere colectivamente a células que, por sí mismas o en combinación (primordialmente embriones en estadíos de pre-implantación, células espermáticas y óvulos) dan origen a descendencia viva. El Germoplasma animal se conserva en muy bajas temperaturas (usualmente en nitrógeno líquido a -196 °C). La crio conservación de germoplasma animal no solo tiene impacto como método de conservación ex situ de RGA, pero también es una herramienta reproductiva utilizada en ganadería para diseminar ampliamente la genética de

animales superiores a través de la inseminación artificial con semen congelado. Baste decir que en 1998, mas de 250 millones de dosis de semen proveniente de toros genéticamente superiores fueron crio preservadas a nivel mundial y que mas de 100 millones de vacas recibieron su primer servicio de Inseminación artificial de esas dosis (Mazur, et al., 2008).

El documento de interlaken establece en su prioridad estratégica N° 9 crear o potenciar los programas de conservación ex situ y lo justifica de esta manera: “Las medidas de conservación ex situ proporcionan una garantía de seguridad frente a las pérdidas de recursos zoogenéticos sobre el terreno, que se puede dar bien a través de la erosión o como resultado de emergencias. Las medidas ex situ complementan las medidas in situ, con las que deberían estar vinculadas, cuando proceda. Las colecciones ex situ también pueden desempeñar una función activa en los programas estratégicos de mejora genética” (FAO, 2007). La conservación ex situ, in vitro de RGA se establece pues como una prioridad para asegurar que el valor genético de animales con características favorables para la producción o la resistencia a enfermedades comprobadas, sea respaldado a través de la crio conservación del germoplasma animal y su resguardo en bancos de germoplasma. En función de la capacidad para generar descendencia de estos animales con características favorables, diferentes fuentes de germoplasma animal (semen, embriones, óvulos, células somáticas) pueden ser crio conservadas y eventualmente utilizadas bajo diferentes esquemas según sea el propósito de la regeneración (Sonesson et al., 2002).

La crio conservación de germoplasma animal demanda el concurso de conocimientos y tecnología en áreas como la fisiología animal, biología celular, embriología, cultivo in vitro de células y criobiología, entre otras. El mantener la viabilidad de los gametos, embriones y células somáticas después de someter el germoplasma a procesos de colección, dilución, cultivo, co-cultivo, adición de componentes orgánicos y químicos, exposición a sustancias tóxicas (crio protectores), enfriamiento y congelación, es el gran reto que enfrenta la conservación de RGA y una gran cantidad de información se ha generado a partir de la década de 1940, cuando de manera fortuita se descubrieron las cualidades crio protectoras del gliceról para la crio preservación de la célula espermática, hasta nuestros días en que el reto a vencer es la vitrificación de óvulos con tasas de sobrevivencia al proceso adecuadas. En los siguientes párrafos se hará una breve reseña del estado del arte de las diferentes

biotecnologías reproductivas usadas como herramienta para la conservación in vitro de germoplasma animal.

CONSERVACIÓN DE SEMEN

La crio preservación de semen esta respaldada por 68 años de investigación, desde el descubrimiento de las capacidades crio protectoras del glicerol (Polge et al., 1949) y es actualmente una tecnología de uso rutinario en todas las especies domésticas, tanto para la conservación de germoplasma como para el uso productivo (inseminación artificial). Adicionalmente, en virtud de que el volumen de un eyaculado se puede incrementar con el uso de diluyentes fisiológicos, es posible generar varios cientos de unidades de germoplasma de una sola colecta de semen. Estos hechos colocan a la conservación de semen como el método preferido y mas utilizado para la conservación ex situ de RGA en los bancos de germoplasma a nivel mundial; con la desventaja, sin embargo, de que se esta conservando únicamente la mitad del acervo genético necesario para crear un individuo, y que para poder generar una población del genotipo conservado que se desea traer a la vida, se requieren varias generaciones de cruzamiento absorbente (4 a 5 para obtener animales con 94 a 97 % de la composición genética deseada) (Ollivier and Renard, 1995). En adición, con el uso de semen como fuente de germoplasma, los genes provenientes del genoma mitocondrial no son transmitidos a la descendencia, lo cual puede resultar en variaciones en la transmisión de los caracteres deseados (Troy et al., 2001). Una última consideración en este apartado, es la dificultad que entraña la colección de muestras de semen como recurso genético, pues a diferencia de la colección comercial de individuos de alto mérito genético, que se realiza en instalaciones sanitariamente aseguradas, los machos que se colectan como resultado de la identificación de animales candidatos a representar la variabilidad genética en una población, por lo general están dispersos y resulta muy complicado asegurar condiciones sanitarias al momento de la colección (FAO, 2012). Por ello, es importante contar con métodos sensibles y específicos de evaluación de germoplasma post-crio preservación, que permitan asegurar la calidad sanitaria del Recurso genético a resguardar. El factor sanitario es crítico cuando se trata de resguardar el semen como germoplasma a largo plazo y con posible necesidad futura de distribuirlo hacia otras naciones. Por ello, investigaciones recientes orientadas a sustituir los componentes orgánicos de origen animal (yema de huevo, leche) con componentes

vegetales con propiedades similares (lecitina de soya) (Aires, et al., 2003; Ozanam, et al., 2011), resultan relevantes para la conservación de semen como germoplasma al suprimir la posibilidad de transporte de enfermedades contenidas en componentes de origen animal en el diluyente, a través de la distribución nacional e internacional del semen.

La crio preservación de semen en mamíferos domésticos ha sido llevada en mayor o menor medida a planos de uso rutinario para fines productivos y comerciales, lo que asegura la disponibilidad de protocolos estandarizados y probados para fines de conservación como recurso genético. En las aves, aunque existe información generada en los últimos 50 años en la crio preservación de semen de especies domésticas, incluyendo uso de crio protectores, congelación lenta y rápida, métodos de descongelado y métodos de empaque y no obstante que ya se ha congelado con éxito semen de guajolotes, patos, gansos, palomas e incluso algunas especies silvestres, los métodos mas robustos y exitosos son los desarrollados para gallos. Blesebois (2007) menciona que la investigación en crio preservación de semen aviar con fines de conservación de recursos genéticos debe apuntar a tres objetivos: a) Mejoramiento de predictores para reconocer machos con mejores posibilidad de producir semen congelable; b) Estandarización de protocolos de congelación de semen en especies diferentes al pollo y c) Promover el desarrollo de crio bancos de semen de ave (mencionando que en la actualidad solo existen tres bancos de semen de aves consolidados, en USA, Holanda y Francia).

CONSERVACIÓN DE EMBRIONES

La crio preservación de embriones es la mejor opción para conservar la diversidad genética de una población y ofrece la vía mas rápida para restaurar una población con características favorables (FAO, 2012). Aunque la producción de embriones a través de multiovulación y colección no quirúrgica (o mediante producción de embriones in vitro) y su posterior crio preservación es una técnica rutinaria en la actualidad (Mapletoft, 2012), sigue siendo, con respecto a la producción de semen un procedimiento que requiere mayor inversión, mas recursos técnicos y de equipamiento y la producción por colección por animal es menor (5.5 embriones congelables por colección para el caso de los bovinos). Por lo anterior, su uso en bancos de germoplasma es mucho menor (menos del 5% con respecto al semen), aunque

existe consenso a nivel global de la importancia de incrementar el porcentaje de conservación en forma de embriones en los bancos de germoplasma (FAO, 2012).

Una cantidad importante de investigaciones se han realizado en torno a mejorar la calidad, pero sobre todo la cantidad de embriones potencialmente viables que es capaz de producir una hembra en un lapso de tiempo. En lo que se refiere a incrementar el número de embriones congelables por tratamiento de superovulación, es muy poco o que se ha logrado con resultados inconsistentes; de hecho, en un estudio retrospectivo realizado sobre la producción de embriones en bovinos productores de leche, se observó que en período de 20 años, aunque se intentaron procedimientos emergentes, la respuesta en términos de embriones congelables no aumentó (Hasler, 2006). En lo que se refiere a incrementar el número de multiovulaciones y sus respectivas colectas embrionarias que se pueden dar en un lapso determinado de tiempo, se ha generado una tecnología denominada reciclado rápido de donadoras que ha permitido reducir de 60-70 a 33-35 días el intervalo entre tratamientos de superovulación sin menoscabo de la respuesta ovulatoria hasta en 18 tratamientos consecutivos, ofreciendo la posibilidad de casi duplicar la producción de embriones congelables por vaca por año. (Hasler, 2003). La producción in vivo de embriones se realiza con mayor o menor eficiencia en las diferentes especies de mamíferos domésticos y la posterior crío preservación de los embriones es también un procedimiento rutinario, realizado por el método de congelación lenta y en vigoroso desarrollo por el método de vitrificación (Saragusty and Arav, 2011).

Una limitante importante para la producción in vivo y crío conservación de embriones con fines de resguardo de recursos genéticos es la falta de información del uso de estos procedimientos en mamíferos domésticos de razas localmente adaptadas. Es necesario, por ejemplo, definir si estos animales presentan respuesta óptima a la superovulación con tratamientos hormonales tal y como se usan con razas modernas, toda vez que estos primeros son por lo general de talla mas pequeña y no están sujetos a estrés por alta producción. En este sentido, Villaseñor y col. (2017) encontraron que utilizando dosis reducidas de Hormona Folículo Estimulante con respecto a la dosis estándar recomendada para ganado de carne la respuesta ovárica se redujo, contrario a lo que ocurre con ganado cebuino y que en general la respuesta fue menor a la observada con razas modernas de ganado europeo y cebuino. Lo anterior resalta la importancia de generar información relacionada con procedimientos de obtención y crío preservación de embriones en razas localmente adaptadas.

La producción in vitro de embriones ha surgido en los últimos años como una alternativa prometedora para la obtención de embriones, tanto para fines comerciales como para la crio conservación de estos como recurso genético. La obtención de los óvulos de animales vivos a través de la aspiración folicular por la vía transvaginal (TVA) permite la selección de la hembra de la cual se obtendrán los gametos femeninos, que al fertilizarse in vitro con semen de un macho seleccionado ex profeso para los óvulos obtenidos, producirán embriones con la carga genética deseada. Esta tecnología se ha desarrollado en la mayoría de las especies domésticas y en especies como el bovino han sido exitosas en producir embriones a niveles comparables o mayores a la producción in vivo de embriones (Mapletoft and Hasler, 2005; Moreira, et al., 2010).

La verdadera limitante que se presenta con el embrión producido in vitro es la dificultad para obtener adecuadas tasas de sobrevivencia embrionaria después de la crio preservación; lo anterior debido a que el embrión producido in vitro presenta anormalidades morfológicas y fisiológicas, entre las que destaca una excesiva acumulación de lípidos intracitoplasmáticos con un efecto directo en la resistencia del embrión al proceso de crio preservación (De la Torre et al., 2006). Esta limitante ha sido resuelta desde dos perspectivas. En primera instancia, con el desarrollo de medios para la maduración, fertilización y cultivo in vitro de óvulos y embriones que son completamente definidos, es decir, que no contienen componentes de origen animal que necesariamente vienen con otros compuestos indisociables y variables en su concentración. Esto no solamente presenta la ventaja de asegurar la calidad sanitaria de los embriones que se producen (Hasler, 2010), sino que reduce considerablemente la acumulación de lípidos en el embrión (Summers and Biggers, 2003). La segunda es, la utilización del método de vitrificación para crio preservar los embriones. Este método que es descrito en la siguiente sección, ofrece una alternativa para incrementar la viabilidad de embriones producidos in vitro después de la crio preservación, en comparación con el método de congelación lenta (Saragusty and Arav, 2011).

CONSERVACIÓN DE ÓVULOS

La crio conservación de óvulos tiene la importancia estratégica de permitir, junto con la crio conservación de semen, la realización de cruzamientos programados con fines específicos, aún cuando los progenitores ya no estén disponibles. Esta opción cobra mayor relevancia

cuando se detecta un alto valor de la descendencia en una cruce específica de dos individuos. La crio conservación de ovocitos como germoplasma, sin embargo, reviste importantes dificultades técnicas y es a la fecha una tecnología en constante desarrollo (Saragusty and Arav, 2011), por lo que es muy reducido el número de unidades de germoplasma actualmente conservadas en los bancos de germoplasma a nivel mundial. (FAO, 2012). La vitrificación es el método de crio conservación que mejores resultados ha brindado en óvulos; este método requiere tiempos cortos de exposición a las sustancias crio protectoras y una tasa de enfriamiento ultrarrápida (+2000 °C/min). Diversos métodos se han ensayado con relativo éxito; sin embargo, todos ellos implican la exposición en mayor o menor grado al Nitrógeno Líquido, con la consecuente posibilidad de contaminación (Mapletoft y Hasler, 2005). El desarrollo de un método aséptico de vitrificación de ovocitos, sin que la muestra entre en contacto con el Nitrógeno Líquido es de vital importancia para la crio conservación de ovocitos en bancos de germoplasma. Recientemente se han desarrollado métodos para la vitrificación aséptica de ovocitos, con resultados variables. (Campos-Chillón, et al., 2006; Vajta, et al. 2015).

CONSERVACIÓN DE CÉLULAS SOMÁTICAS

Existe la opción de crio conservar células somáticas. Estas pueden ser utilizadas para obtención de ácidos nucleicos con fines de caracterización molecular o con fines de realizar trasplante nuclear (clonación). Si bien la obtención, preparación y crio preservación de células somáticas, así como la eventual extracción de los ácidos nucleicos son procedimientos estandarizados y relativamente sencillos, la aplicación de tecnologías como la clonación, traen la dificultad de requerir mayor aporte de tecnología. Con miras a realizar estos procedimientos a futuro, la crio conservación de células somáticas puede ser considerada como una opción razonable de conservación en bancos de germoplasma animal (Groenveld et al., 2008).

CONSIDERACIONES FINALES

Aunque existen alternativas tecnológicas para la crio-conservación de todo tipo de germoplasma animal (semen, embriones, óvulos, células somáticas y hasta larvas en el caso de germoplasma acuático), debido al nivel de tecnología requerido y altos costos de

conservación de embriones y óvulos, los bancos de germoplasma animal en el mundo solo conservan en su mayoría semen; esto con las limitantes que conlleva la conservación de sólo el gameto masculino y por ende sólo la mitad de la carga genética necesaria para producir un animal vivo. La mejor alternativa de conservación son los embriones, ya sea que sean obtenidos in vivo o que sean producidos in vitro.

No solo es importante la conservación de RGA de razas localmente adaptadas por el estado de riesgo en que se encuentran, pero también lo es la conservación de germoplasma de razas de reciente introducción y alta productividad, pues en esta se pueden observar reducción de la base genética de la raza por el uso intensivo por IA de pocos sementales; esto es particularmente relevante en bovinos.

Es importante puntualizar por último, que el aseguramiento del estatus sanitario de las unidades de germoplasma destinadas a conservación, no solo va a evitar el transporte de enfermedades a otros países al realizarse distribuciones internacionales de RGA, pero también va a contribuir a mantener la sanidad de nuestras explotaciones pecuarias.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aires, V.A., Hinsch, K.D., Mueller-Schloesser, F., Bogner, K., Mueller-Schloesser, S. And Hinsch E. 2003. In vitro and in vivo comparison of egg yolk-based and soybean lecithin-based extenders for cryopreservation of bovine semen. *Theriogenology*. 60:269-79.

Blesbois, E. 2007. Current status in avian semen cryopreservation. *World's Poultry Science Journal*. 63:02. 213-222. Campos-Chillón, L.F., Walker, D.J., de la Torre-Sanchez, J.F. and Seidel, G.E. Jr. 2006. In vitro assessment of a direct transfer vitrification procedure for bovine embryos. *Theriogenology*, 65:6, 1200-14.

CONARGEN, 1999. Programa Nacional de los Recursos Genéticos Pecuarios. Documento Corporativo del Consejo Nacional de los Recursos Genéticos Pecuarios, México, D.F. Disponible en <http://www.conargen.mx/index.php/acerca-del-conargen/documentos-corporativos> al 17 de Marzo del 2014.

De La Torre S.J.F, Gardner D.K., Preis K., Gibbons J. and Seidel G.E. 2006. Metabolic regulation of in-vitro-produced bovine embryos. II. Effects of phenazine ethosulfate, sodium azide and 2,4-dinitrophenol during post-compaction development on

glucose metabolism and lipid accumulation. *Reproduction Fertility and Development*. 18, 597–607.

FAO, 2007. Plan de acción mundial sobre los recursos zoogenéticos y la declaración de Interlaken. Comisión de Recursos Genéticos para la alimentación y la agricultura. Organización de las Naciones Unidas Para la Alimentación y la Agricultura. Roma, Italia.

FAO 2012. Cryoconservation of animal genetic resources. FAO Animal Production and Health Guidelines N° 12. Rome, Italy.

Gallardo N., J. L., A. Enciso S., R. Núñez D., C. A. Vega M., C. Vásquez P., D. Galván A., F. Ruiz L., G. Torres F., I. Mondragón V., J. J. Quezada E., J. Solís R., J. G. Magaña M., M. Montaña B., y R. Ramírez N. 2002. Informe sobre la situación de los recursos genéticos pecuarios de México. SAGARPA, México. *Claridades Agropecuarias* 111(Noviembre): 1-39.

Gibson, J., Gamage, S., Hanotte, O., Iñiguez, L., Maillard, J.C., Rischkowsky, B., Semambo, D. And Toll, J. 2006 Options and strategies for the conservation of farm animal genetic resources. Report of an International Workshop in Montpellier, France. Bioversity International, Rome, Italy.

Goodwin, S.F., Friedmann, T., and Dunlap, J.C. 2012. Biotechnologies for the management of Genetic Resources for food and agriculture. In: *Advances in Genetics*, V. 78, pp 6-112. Academic Press.

Groeneveld. E., Nguyen Huu Tinh, Kues, W. & Nguyen Thi Vien. 2008. A protocol for the cryoconservation of breeds by low-cost emergency cell banks – a pilot study. *Animal*, 2: 1–8.

Hasler, J.F. 2003. The current status and future of comercial embryo transfer in cattle *Anim Reprod Sci* 79, 245-264

Hasler, J.F. 2006. The Holstein cow in embryo transfer today as compared to 20 years ago *Theriogenology* 65, 4-16

Hasler, J.F. 2010. Synthetic media for culture, freezing and vitrification of bovine embryos. *Reproduction Fertility and Development*. 22, 119-125

Mapletoft, R.J. 2012 Perspectives on bovine embryo transfer. In: *WCDS Advances in Dairy Technology Volume 24*: 83-93. University of Saskatchewan, Saskatoon, Canada.

Mapletoft, R.J. y Hasler, J.F. 2005. Assisted reproductive technologies in cattle: a review. *Science Technology*; 24 (1): 393-403.

Martínez, V.G. 2005. El ganado bovino Criollo en Nayarit, Ubicación y población estimada. INIFAP-CIRPAC. Campo Experimental “El Verdineño”. Folleto Técnico Número 1, Nayarit.

Mazur, P., Leibo, S.P. and Seidel jr., G.E. 2008. Criopreservation of the germplasm of animals used in Biological and medical research: Importance, impact, status, and future directions. *Biol. Reprod.* 78, 2-12.

Moreira, V.J.H., Bruno, S.L.G., Pereira, P.M. and Camargo, L.S.A. 2010. Use of in vitro Fertilization Technique in the Last Decade and its Effect on Brazilian Embryo Industry and Animal Production. *Acta Scientiae Veterinariae*. 38 (Suppl 2), 661-664

Ollivier, L. & Renard, J.P. 1995. The costs of cryopreservation of animal genetic resources. In *Book of abstracts of the 46th Annual Meeting of the European Association for Animal Production*, p. 57. Wageningen, the Netherlands. Wageningen Press.

Ozanam, P.F., Barcelos, F.G., Marin, M.C., Alvarenga, M.A., De Vita, B., Trinque, C., Pouli-Filho, J.N. and Dell’Aqua, J.A. 2011. Replacing egg yolk with soybean lecithin in the cryopreservation of stallion semen. *Animal Reproduction Science* 129:73-77

Perezgrovas, R. 2003. El borrego Chiapas criollo. Una historia de vellones, mercados mundiales y mujeres de polleras de lana. *Revista Biodiversidad Sustento y Culturas*; N° 37, Julio del 2003.

Polge, C., Smith, A.U. and Parkes, A.S. 1949. Revival of spermatozoa after vitrification and dehydration at low temperatures. *Nature*, 164: 666-666.

Saragusty, J. and Arav, A. 2011. Current progress in oocyte and embryo cryopreservation by slow freezing and vitrification. *Reproduction*. 141, 1-19.

Sonesson, A.K., Goddard, M.E. & Meuwissen T.H. 2002. The use of frozen semen to mini- mize inbreeding in small populations. *Genetical Research*, 80: 27–30.

Summers, M.C. and Biggers, J.D. 2003. Chemically defined media and the culture of mammalian preimplantation embryos: historical perspective and current issues. *Hum. Reprod. Update*. 9, 557-82.

Troy, C.S., MacHugh, D.E., Bailey, J.F., Magee, D.A., Loftus, R.T., Cunningham, P., Chamberlain, A.T., Sykes, B.C. & Bradley, D.G. 2001. Genetic evidence for near-eastern origins of European cattle. *Nature*, 410: 1088–1091.

Vajta, G., Rienzi, L. And Ubaldi, F.M. 2015. Open versus closed systems for vitrification of human oocytes and embryos. *Reproductive BioMedicine Online*. 30-4, 325-333.

Villaseñor, G.F., De La Torre, S.J.F., Martínez, V.G., Álvarez, G.H., Pérez, R.S., Palacios, F.J.A., Polanco, S.R. y Montaña, B.M. 2017. Caracterización de la respuesta ovárica a la superovulación en bovino Criollo Coreño utilizando dosis reducidas de FSH, *RMCP*. 8:3, 225-232.

CAPÍTULO V. MEDICINA VETERINARIA



SITUACIÓN ACTUAL DE LAS ENFERMEDADES TRANSMITIDAS POR GARRAPATAS EN MÉXICO

J. Mosqueda^{1,2}, G. Aguilar-Tipacamú¹, B. I. Carvajal-Gamez²

¹Cuerpo Académico en Salud y Microbiología Ambiental, ²Laboratorio de Inmunología y Vacunas. Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Autónoma de Querétaro, Avenida de las Ciencias S/N Col. Juriquilla., CP. 76230, Querétaro, México. Tel: 442 192 1200, ext. 5312.

Autor correspondiente: Juan Mosqueda. E-mail: joel.mosqueda@uaq.mx.

INTRODUCCIÓN

Actualmente las enfermedades transmitidas por garrapatas de la familia *Ixodidae* a los hospederos vertebrados, incluidos los humanos, sus mascotas, los animales silvestres y de granja, representan un problema serio a nivel mundial (Jongejan and Uilenberg 2004). En México la babesiosis y la anaplasmosis bovinas son causada por dos especies; *Babesia bigemina* y *Babesia bovis*, las cuales son transmitidas por dos especies de garrapatas presentes en el país, *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* y *R. (B.) annulatus* (Osorno 1978, Hoffman and Lopez-Campos 2000). La distribución en el país de la garrapata *Boophilus*, está restringida a las áreas tropicales y subtropicales que cubren aproximadamente el 51% del territorio nacional. Existe una campaña nacional en México permanente para el control de la garrapata, basada en cuatro estrategias: capacitación, vigilancia epidemiológica, supervisión de baños de inmersión y estaciones cuarentenarias. A causa de esta campaña, cuatro de los treinta y dos estados incluyendo la Ciudad de México y el área metropolitana se encuentran libres de garrapata *Boophilus* y por lo tanto de babesiosis, además otros trece estados se encuentran parcialmente libres de garrapatas (www.sagarpa.gob.mx). Un aproximado del 75% de la población bovina del país, estimada en 2014 en 32,939,529 cabezas, se encuentra en zonas infestadas de garrapatas por lo tanto expuestas a la enfermedad (SIAP 2014) México, tiene una gran parte de su territorio considerado tropical o subtropical, un clima ideal para parásitos hematófagos como las garrapatas. Asimismo, algunas de estas garrapatas pueden a su vez ser vectores de patógenos de importancia humana como las bacterias de los géneros *Borrelia*, *Rickettsia*, *Ehrlichia* y *Anaplasma*. En México han sido reportados varios casos humanos de Ehrliquiosis y de Rickettsiosis del grupo de la Fiebre Manchada (Gongora-Biachi, Zavala-Velazquez et al. 1999, Zavala-Castro, Zavala-Velazquez et al. 2006). Por ejemplo, en México se ha reportado la presencia de garrapatas *Amblyomma imitator*, A.

cajennense y *Rhipicephalus sanguineus* infectadas con *Rickettsia rickettsii*, causante de la Fiebre Manchada de las Montañas Rocosas y con *Rickettsia prowazekii*, causante de la enfermedad del Tifus Epidémico. Recientemente surgió un brote en Baja California de Rickettsiosis en humanos causada por estos dos agentes con casos fatales (Oliveira, Pinter et al. 2010, J and JL 2011). En Baja California, se atribuye la transmisión de este agente a la garrapata del perro *Rhipicephalus sanguineus*, que puede transmitir la enfermedad y que está ampliamente distribuida en el país (Demma, Traeger et al. 2006, Wikswo, Hu et al. 2007). La Ehrliquiosis Monocitotrópica Humana es causada por *Ehrlichia chaffeensis* y transmitida por garrapatas de los géneros *Amblyoma* e *Ixodes*, ha sido reportada en humanos en Yucatán mediante serología y signos clínicos (Gongora-Biachi, Zavala-Velazquez et al. 1999, Reyes Novelo, Ruiz Piña et al. 2011). Por su parte, *Anaplasma phagocytophilum* es el agente causal de la Anaplasmosis Granulocítica Humana. Varias especies de garrapata del género *Ixodes* pueden servir como vectores de *A. phagocytophilum* e infectar a una amplia gama de mamíferos, incluyendo al humano, a las especies de animales domésticos, animales silvestres y su presencia en México no ha sido bien estudiada, aunque casos aun por confirmar en humanos han sido reportados. La enfermedad de Lyme es causada por los diversos genotipos del complejo *Borrelia burgdorferi* sensu lato, es una enfermedad de distribución mundial y es transmitida por garrapatas, principalmente *Ixodes scapularis* e *I. Pacificus*, además de *Amblyomma cajennense*. Es una enfermedad caracterizada por desórdenes multisistémicos y es zoonótica. En México la enfermedad de Lyme ha sido reportada en humanos que nunca han salido del país y que reportaron haber sido picados por garrapatas, y estudios recientes han reportado que existen en México todas las condiciones climáticas y los vectores potenciales para el establecimiento de esta enfermedad. Todas estas enfermedades transmitidas por las distintas especies de garrapatas tiene como reservorios a variadas especies animales, de tal forma que el establecimiento de los patógenos en una región determinada depende de: a) la presencia del vector, b) la presencia del reservorio, c) la condiciones ecológicas y d) la interacción de los humanos con los animales, lo que favorece el contacto con las garrapatas infectadas. Aun no se cuenta en México con información sobre la presencia de patógenos de importancia zoonótica poco buscados. Para estos es necesario el empleo de métodos de prospección y diagnóstico temprano que sean sensibles, específicos y adoptables por los laboratorios de diagnóstico regionales del país.

Los patógenos transmitidos por garrapatas se consideran actualmente como causales de enfermedades emergentes y representan un riesgo creciente para los seres humanos que viven y trabajan en zonas rurales y forestales debido a la exposición y contacto frecuente con los vectores en esas zonas, algo que se conoce como “enfermedades ocupacionales”. La presencia de estos patógenos en garrapatas que se alimentan de sangre de los animales domésticos y silvestres supone un riesgo directo a la salud de las personas relacionadas con la industria ganadera rural principalmente.

Otros artrópodos como los tábanos pueden ser también transmisores de hemoparasitosis a los animales de producción. Este es el caso de las tripanosomiasis bovinas y de otros rumiantes, entre los que se encuentran el *Trypanosoma (Megatrypanum) theileri*, *T. vivax* y *T. evansi*. Estas parasitosis están presentes en América, son en general benignas para el hospedador bovino y son transmitidas por las heces contaminadas de los tábanos. En el caso de *T. theileri*, se ha reportado su patogenicidad en bovinos concomitantemente infectados con otros hemoparásitos o sujetos a estrés severo, resultando en anemia y abortos.

LAS ENFERMEDADES TRANSMITIDAS POR VECTORES EN EL MARCO DE UN MUNDO, UNA SALUD

De acuerdo a la Organización Mundial de la Salud (OMS), el concepto “un mundo, una salud” subraya el vínculo existente entre las enfermedades animales y la salud pública. En este contexto, la humanidad enfrenta numerosos problemas que solo podrán ser resueltos mediante estrategias de colaboración multidisciplinaria y globalizada. Uno de ellos es la propagación de enfermedades infecciosas emergentes o reemergentes en las interfaces entre los humanos, los animales y los ecosistemas. Un 75 % de las enfermedades emergentes infecciosas humanas son de origen animal (Vallat 2009). Las pérdidas mundiales de producción debidas a enfermedades de los animales para el consumo superan el 20%, lo cual significa un incremento en los problemas de salud pública por las carencias y penurias que pueden ocasionar. También los actuales flujos de mercancías y de personas sin precedentes son mecanismos de propagación de agentes patógenos. La aparición y propagación de enfermedades zoonóticas transmitidas por garrapatas está relacionada con factores ambientales y sociales, incluida la proximidad cada vez mayor de las poblaciones humanas y animales causada por el crecimiento mismo de la población humana, su movilidad, la

deforestación y el cambio en uso del suelo con fines productivos. Finalmente, los cambios climáticos proporcionan nuevas oportunidades de propagación, especialmente generando microclimas para vectores de enfermedades como garrapatas y mosquitos, que hoy en día colonizan territorios que hace algunos años eran demasiado fríos o secos para su establecimiento. Es decir, en ambientes donde no existía la presencia de patógenos, hoy en día es posible encontrar estos patógenos que han llegado a establecerse gracias a las condiciones ideales y a la movilización de humanos desde zonas endémicas (migración). Esta propuesta permitirá identificar la presencia de patógenos de importancia médica en humanos, sus animales y los vectores utilizando el concepto “un mundo, una salud”.

DIAGNÓSTICO Y PROSPECCIÓN MOLECULAR DE ENFERMEDADES TRANSMITIDAS POR GARRAPATAS

La detección temprana de un patógeno específico es fundamental para enfrentar y controlar una amenaza emergente y tomar las medidas de control adecuadas. Por otra parte la transmisibilidad y los grados de virulencia de los diversos genotipos presentes en las poblaciones parasitarias de los reservorios (portadores crónicos de áreas endémicas, reservorios animales) constituyen factores determinantes de la incidencia y la severidad de la enfermedad en las poblaciones susceptibles. Por lo tanto, es importante desarrollar e implementar métodos eficaces de diagnóstico sensibles, específicos y rápidos. Entre estos métodos se encuentran los métodos moleculares de detección del DNA de los patógenos como el Reverse Line Blot Hybridization (RLBH) y la técnica Loop mediated Isothermal Amplification (LAMP). El RLBH es una técnica basada en la detección de productos de PCR a través de una sonda nucleotídica unida covalentemente a una membrana, permite la detección de múltiples organismos presentes en una misma muestra y el análisis de un número importante de muestras por ensayo (Bekker, de Vos et al. 2002). Asimismo, por las características de las sondas utilizadas en el RLBH, es posible detectar géneros conocidos que contengan a su vez nuevas especies o genotipos de patógenos. Estos análisis de “prospección molecular” permiten además la detección de especies patógenas crípticas o simplemente desconocidas. Por su parte la técnica de LAMP, basada en la amplificación de DNA dependiente de una polimerasa con desplazamiento de hebra, es un método novedoso de diagnóstico que no requiere de termociclador, ya que la amplificación del DNA se realiza

en condiciones “isotérmicas” con un grado de sensibilidad mayor al del PCR, disminuyendo costos y sobre todo, facilitando su implementación en centros de diagnóstico de zonas rurales, poco equipados. Con el nuevo sistema de LAMP basado en el colorante azul de hidroxinaftol, no es ni siquiera necesario el análisis del DNA en geles de agarosa, de tal forma que las muestras positivas cambian de color instantáneamente, haciendo de este método, una opción aún más económica y rápida (Goto, Honda et al. 2009). Asimismo estas metodologías permitirán realizar estudios prospectivos a fin de determinar la existencia de especies o genotipos subdetectados o desconocidos que pudieran estar coinfectando a los humanos y a sus animales.

VACUNAS CONTRA LA BABESIOSIS BOVINA

A la fecha, la vacunación se utiliza en algunos países para controlar brotes y restringir la diseminación de la enfermedad. A pesar de que las vacunas actuales en algunos países consisten en preparaciones de parásitos vivos atenuados (De Vos and Bock 2000), en México no hay vacunas comerciales de ningún tipo. Las vacunas vivas, aunque confieren una inmunidad sólida, tienen muchos riesgos incluyendo el de transmitir agentes infecciosos, la reversión a la virulencia y el mal manejo de la cadena fría. Debido a esto se requieren vacunas mejoradas a base de antígenos específicos. Estos antígenos deben poseer varias características importantes: a) deben contener epítomos B conservados en cepas de distintas zonas geográficas, b) que estén expuestos a la unión de los anticuerpos, es decir expuestos en la superficie de la proteína y expuestos en la superficie de la célula del patógeno, c) deben ser inmunogénicos, d) deben estar involucrados en mecanismos de importancia biológica para el patógeno como la adhesión, la invasión o la reproducción sexual y e) deben contener epítomos T conservados. La realidad es que, a la fecha, no se ha encontrado ningún antígeno en ningún parásito apicomplejo incluyendo *Babesia*, *Plasmodium*, *Theileria* o *Toxoplasma* que contenga todas estas características. Hoy en día con las herramientas de bioinformática, de biología molecular y de proteómica es posible analizar antígenos candidatos vacunales e identificar porciones de estos que contengan epítomos B o T que sean conservados en secuencias de cepas de distintas regiones geográficas, y que sean antigénicos e hidrófilos (Crompton *et al*, 2010). También hoy en día es posible unir mediante distintos métodos, varios de estos péptidos y generar antígenos quiméricos multiepitópicos que contengan sólo

las secuencias que son importantes desde el punto de vista inmunológico, de tal manera que se evitan epítomos inmunodominantes no protectores, regiones hipervariables y regiones internas de los antígenos no expuestas al sistema inmunológico (Crompton *et al*, 2010). Por todo lo anterior, en este proyecto se desarrollarán líneas de investigación básica cuya meta es la generación de antígenos multiepitópicos que generen respuestas inmunitarias protectoras en bovinos susceptibles contra *B. bovis* y *B. bigemina*.

Las alternativas para desarrollar herramientas de control de la babesiosis bovina basadas en biotecnología recombinante no han sido muy exitosas. La principal razón además de la variación de antígenos immuno-dominantes, es el amplio arsenal de proteínas que tienen estos protozoarios para invadir a sus células blanco. Por ejemplo, *Babesia* y *Plasmodium* spp., dos protozoarios del phylum *Apicomplexa*, utilizan un mecanismo de invasión que involucra antígenos de la cubierta superficial para adherirse a receptores en la membrana de los eritrocitos. Esto es seguido de la liberación de antígenos de organelos como las micronemas que ayudan a la orientación del parásito para que la porción apical quede en contacto con la membrana del eritrocito. Acto seguido hay liberación de proteínas de las roptrías y de los cuerpos esféricos que facilita la invaginación de la membrana del eritrocito y la penetración (Jack and Ward 1981, Chitnis and Blackman 2000, Cowman and Crabb 2006). Aunque existen diferencias entre las distintas especies durante el proceso de invasión, lo cierto es que las vacunas basadas en un solo antígeno tienen pocas posibilidades de conferir una protección adecuada, independientemente del tipo de antígeno usado (McElwain, Perryman *et al.* 1991, Hines, Palmer *et al.* 1995, Norimine, Mosqueda *et al.* 2003). Cuando dos o más antígenos se han usado en combinación los resultados han mejorado notablemente indicando que es necesaria una exposición a diferentes tipos de epítomos presentes en diversos antígenos ya sea usando antígenos nativos o recombinantes (Wright, Casu *et al.* 1992, Schetters, Scholtes *et al.* 1996, Alonso, Sacarlal *et al.* 2005). De estos resultados podemos inferir que existen epítomos que inducen respuestas humores y celulares protectoras. Algunos de estos epítomos ya han sido mapeados por su capacidad de estimular respuestas protectoras de tipo T_H1 (Hotzel, Brown *et al.* 1996, Brown, McElwain *et al.* 1998, Norimine, Suarez *et al.* 2002, Norimine, Mosqueda *et al.* 2004). Al mismo tiempo, los esfuerzos para generar antígenos recombinantes que induzcan respuestas humores neutralizantes, se han visto opacados por la variabilidad de los epítomos expuestos y por la presencia de epítomos inmunodominantes

que inducen una gran cantidad de anticuerpos no protectores (Palmer, McElwain et al. 1991, Hines, Palmer et al. 1995). Otros antígenos de superficie han mostrado una gran variabilidad entre cepas, lo cual limita su capacidad como inmunógenos o herramientas de diagnóstico (Fisher, McElwain et al. 2001, Genis, Mosqueda et al. 2008, Lau, Cereceres et al. 2010).

ESTRATEGIAS PARA EL DISEÑO DE VACUNAS MEJORADAS

Una estrategia planteada en esta propuesta para solventar los problemas arriba mencionados es la selección de epítomos específicos de proteínas involucradas en los distintos pasos del proceso de invasión que contengan la capacidad de inducir respuestas humorales protectoras. Esta estrategia puede hacerse en dos pasos; primero, seleccionar epítomos de proteínas de superficie que sean conservados y que induzcan respuestas humorales. Una vez que se tenga este panel de epítomos, en un siguiente paso se ensamblarán los péptidos para formar un antígeno multiepitópico compuesto de cada uno de estos epítomos en tandem con espaciadores entre cada péptido y que al ser utilizado como antígeno, genere respuestas inmunológicas humorales que induzcan la producción de anticuerpos contra epítomos conservados, expuestos y que inhiban varias funciones del parásito como la adhesión, la invasión o la fusión.

ANTÍGENOS CANDIDATOS VACUNALES

Antígenos de *Babesia* spp., que ya han sido probados por contener epítomos conservados que inducen respuestas inmunitarias tipo T_H1 son la proteína asociada a las roptrías (RAP) y la proteína de choque térmico 20 (HSP-20). Aunque HSP-20 no se expresa en la superficie de los merozoitos, RAP-1 es liberada durante la invasión, además de que es altamente conservada, inmunogénica y contiene epítomos que estimulan respuestas inmunitarias caracterizadas por la activación y memoria de linfocitos cooperadores del tipo CD4⁺ (Hotzel, Brown et al. 1996, Brown, McElwain et al. 1998, Brown, Ruef et al. 2001, Norimine, Suarez et al. 2002, Norimine, Mosqueda et al. 2004) y de forma importante, generan anticuerpos que inhiben la adhesión e invasión de esporozoitos y merozoitos a los eritrocitos (Figuerola and Buening 1991, Mosqueda, McElwain et al. 2002). Se ha demostrado que los bovinos que sobreviven a la infección por babesiosis muestran respuestas inmunitarias caracterizadas por la activación de linfocitos cooperadores (CD4⁺) que secretan interferón gamma y que

estimulan respuestas humores con producción de anticuerpos opsonizantes del tipo IgG2 (Palmer and McElwain 1995, Brown, Norimine et al. 2006). Consiguientemente, una vacuna contra la babesiosis debe idealmente, estimular este tipo de respuestas. Se ha demostrado sin embargo que es necesaria la presencia de epítomos de proteínas expuestas en la superficie del merozoito que induzcan respuestas humores neutralizantes, ya que de otra manera, una respuesta de tipo T_H1 que no induzca anticuerpos neutralizantes, no conferirá protección en animales desafiados (Norimine, Mosqueda et al. 2003). Si a eso le adicionamos el hecho de que la transferencia pasiva de anticuerpos es suficiente para generar protección contra babesiosis clínica en las distintas especies -siempre y cuando no exista variación antigénica- (Nocard 1902, Sibinovic 1967, Precigout, Delbecq et al. 2004) y de que antígenos solubles, secretados por organelos como roptrías, micronemas y cuerpos esféricos inducen inmunidad protectora contra babesiosis (Montenegro-James, Toro Benitez et al. 1987, Schetters, Kleuskens et al. 2001), podemos deducir que los anticuerpos neutralizantes (y con propiedades opsonizantes y de activación del complemento) son en realidad los que confieren inmunidad. Congruentemente con esto, los ensayos exitosos de neutralización de esporozoitos y merozoitos a eritrocitos se han hecho con anticuerpos contra estos antígenos (McElwain, Perryman et al. 1991, Hines, Palmer et al. 1992, Mosqueda, McElwain et al. 2002, Mosqueda, McElwain et al. 2002, Wilkowsky, Farber et al. 2003, Gaffar, Yatsuda et al. 2004). La principal desventaja de los antígenos de superficie es la variabilidad entre la secuencia de los antígenos de cepas de distintas zonas geográficas que inducen anticuerpos contra regiones no conservadas o bien contra regiones inmunodominantes no neutralizantes (Palmer, McElwain et al. 1991, Hines, Palmer et al. 1995, Fisher, McElwain et al. 2001). Aunque esto es más difícil de solventar, las nuevas herramientas de bioinformática, genómica y proteómica permiten amplificación, clonación y secuenciación rápida de los distintos genes (y sus alelos), el alineamiento para obtener el grado de conservación de las proteínas codificadas por estos genes y la predicción de epítomos B expuestos en la superficie. Otras proteínas que han sido estudiadas por su potencial son las proteínas de los cuerpos esféricos (SBPs). Estas proteínas fueron identificadas inicialmente en *Babesia bovis* y presentan epítomos T_H1 conservados en distintas cepas (Brown, Zhao et al. 1993, Hines, Palmer et al. 1995). En recientes investigaciones, nosotros hemos encontrado genes homólogos a los genes que codifican a tres SBPs en *B. bigemina* los cuales se transcriben y expresan en merozoitos

(Mosqueda, Falcón et al. 2006). La importancia de estas proteínas es que son secretadas durante el proceso de invasión y forman parte del sobrenadante de la vacuna contra babesiosis canina, que existe en forma comercial (Schetters 2005) y aunque en babesiosis bovina han mostrado variabilidad antigénica (Hines, Palmer et al. 1995), esto podrá solventarse con la estrategia empleada en esta propuesta. Otra proteína que ha mostrado potencial como candidato vacunal es el antígeno de la membrana apical 1 (AMA-1). Inicialmente descrita en *Plasmodium* spp., es un antígeno muy conservado en los distintos géneros Apicomplexa incluyendo *Plasmodium*, *Toxoplasma*, *Neospora* y *Babesia* (Marshall, Peterson et al. 1989, Cheng and Saul 1994, Donahue, Carruthers et al. 2000, Sonda, Fuchs et al. 2000, Gaffar, Yatsuda et al. 2004, Zhou, Yang et al. 2006). AMA-1 es almacenada en los micronemas y se secreta a la porción apical del parásito durante la invasión (Howell, Well et al. 2003). Anticuerpos contra AMA-1 neutralizan la invasión del parásito a su célula blanco en distintas especies y en *Plasmodium* es líder candidato vacunal en fase de vacunación (Cubillos, Salazar et al. 2002, Salazar, Alba et al. 2002, Gaffar, Yatsuda et al. 2004). En *Babesia* se ha descrito en *B. bovis*, *B. gibsoni*, y *B. divergens* (Gaffar, Yatsuda et al. 2004, Zhou, Yang et al. 2006, Montero, Rodriguez et al. 2009). En estudios realizados recientemente por nuestro grupo una secuencia fue encontrada en el genoma de *Babesia bigemina* con homología al gen *ama-1* de *B. bovis* y *B. gibsoni* que se transcribe y expresa en merozoitos (Mosqueda, Ramos et al. 2007) y que tiene más de 95 % de conservación a nivel de aminoácidos entre cepas de distintas partes del mundo incluyendo México, Argentina, Brasil, Italia y Turquía (Mosqueda et al., manuscrito en preparación). Congruente con esto, y también como datos preliminares, un epítipo lineal B conservado y expuesto en la superficie de AMA-1 diseñado con herramientas empleadas en esta propuesta fue capaz de generar anticuerpos que reconocen la proteína nativa (Vallejo-Esquerre 2011). El elevado potencial de AMA-1 como candidato vacunal en otras especies la propone como un antígeno para ser incluido en una vacuna contra la babesiosis bovina. Finalmente, los antígenos que deben ser incluidos en una vacuna multiantigénica son aquellos que se expresan en las fases sexuales de los parásitos dentro del intestino de las garrapatas y que intervienen en la fusión de los gametos durante la reproducción sexual. Anticuerpos contra estos antígenos impiden la fusión de los gametos y la formación del cigoto, con lo cual se bloquea el ciclo biológico del protozoario en la garrapata, las vacunas que inducen este tipo de anticuerpos se les denomina vacunas

bloqueadoras de la transmisión (Sinden, Butcher et al. 1996). Mediante estudios en *Lilium longiflorum* en células generativas de polen, las cuales son progenitoras de células espermáticas se caracterizó al gen *gcs1* (*Generative Cell Specific 1*) (Mori, Kuroiwa et al. 2006). El análisis de la secuencia proteica muestra la presencia de una posible señal transitoria, un dominio transmembranal, y un dominio HAP2 al cual se le atribuye la función de la proteína. La proteína GCS1 también llamada HAP2 se ha identificado en parásitos protozoarios como *Plasmodium* spp, *Toxoplasma gondii*, *Cryptosporidium hominis*, *Theileria parva* y *Trypanosoma brucei*; análisis bioinformáticos sugieren la presencia del gen en la mayoría de los organismos eucariontes (Liu, Tewari et al. 2008). De forma importante, recientemente en estudios *in vivo* se ha demostrado que el gen *hap2* en *P. berghei* es un blanco potencial para bloquear la transmisión del parásito; anticuerpos específicos contra la proteína HAP2 mezclados con eritrocitos de ratón infectados con *P. berghei*, fueron usados para alimentar mosquitos *Anopheles*, posteriormente se disectaron los intestinos de los mosquitos y se contaron los oquinetos formados; el resultado de este experimento fue la inhibición de la formación de oquinetos hasta un 81%, lo cual demuestra la capacidad de anticuerpos anti HAP2 para bloquear la transmisión de *Plasmodium* (Blagborough and Sinden 2009). *Babesia bovis* tiene en su genoma un gen con dominio HAP2 (Brayton, Lau et al. 2007) y recientemente, apoyando la estrategia empleada en esta propuesta, nosotros mediante herramientas de bioinformática encontramos y caracterizamos un gen homólogo a *hap2* en el genoma de *B. bigemina* que se transcribe y expresa en fase sexuales y que tiene un dominio HAP2 muy conservado en cepas de distintas partes del mundo y que, de forma importante, contiene epítomos B conservados que generan anticuerpos que reconocen las fase sexuales de *B. bigemina* (Rocha Martínez 2011).

CONSIDERACIONES FINALES

Las enfermedades transmitidas por garrapatas y otros vectores son cada día más importantes debido al cambio climático y otros factores importantes que además de incrementar su presencia, incrementan su distribución. No hay vacunas comerciales contra estas enfermedades ni nuevos métodos de diagnóstico sensibles, específicos, automatizados y al alcance de los laboratorios de diagnóstico regionales o estatales. Es importante impulsar el

desarrollor de estas medidas de prevencion y control, simepre con una visión en el marco de “Un Mundo, Una Salud”.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alonso, P. L., J. Sacarlal, J. J. Aponte, A. Leach, E. Macete, P. Aide, B. Sigauque, J. Milman, I. Mandomando, Q. Bassat, C. Guinovart, M. Espasa, S. Corachan, M. Lievens, M. M. Navia, M. C. Dubois, C. Menendez, F. Dubovsky, J. Cohen, R. Thompson and W. R. Ballou (2005). "Duration of protection with RTS,S/AS02A malaria vaccine in prevention of Plasmodium falciparum disease in Mozambican children: single-blind extended follow-up of a randomised controlled trial." Lancet **366**(9502): 2012-2018.

Bekker, C. P., S. de Vos, A. Taoufik, O. A. Sparagano and F. Jongejan (2002). "Simultaneous detection of Anaplasma and Ehrlichia species in ruminants and detection of Ehrlichia ruminantium in Amblyomma variegatum ticks by reverse line blot hybridization." Vet Microbiol **89**(2-3): 223-238.

Beltran, L. G. (1975). National anti-Tick Campaign. Ectoparasites Seminar, CIAT.

Blagborough, A. M. and R. E. Sinden (2009). "Plasmodium berghei HAP2 induces strong malaria transmission-blocking immunity in vivo and in vitro." Vaccine **27**(38): 5187-5194.

Brayton, K. A., A. O. Lau, D. R. Herndon, L. Hannick, L. S. Kappmeyer, S. J. Berens, S. L. Bidwell, W. C. Brown, J. Crabtree, D. Fadrosch, T. Feldblum, H. A. Forberger, B. J. Haas, J. M. Howell, H. Khouri, H. Koo, D. J. Mann, J. Norimine, I. T. Paulsen, D. Radune, Q. Ren, R. K. Smith, Jr., C. E. Suarez, O. White, J. R. Wortman, D. P. Knowles, Jr., T. F. McElwain and V. M. Nene (2007). "Genome sequence of Babesia bovis and comparative analysis of apicomplexan hemoprotozoa." PLoS Pathog **3**(10): 1401-1413.

Brown, W. C., T. F. McElwain, I. Hotzel, C. E. Suarez and G. H. Palmer (1998). "Helper T-cell epitopes encoded by the Babesia bigemina rap-1 gene family in the constant and variant domains are conserved among parasite strains." Infect Immun **66**(4): 1561-1569.

Brown, W. C., J. Norimine, D. P. Knowles and W. L. Goff (2006). "Immune control of Babesia bovis infection." Vet Parasitol.

Brown, W. C., B. J. Ruef, J. Norimine, K. A. Kegerreis, C. E. Suarez, P. G. Conley, R. W. Stich, K. H. Carson and A. C. Rice-Ficht (2001). "A novel 20-kilodalton protein

conserved in *Babesia bovis* and *B. bigemina* stimulates memory CD4(+) T lymphocyte responses in *B. bovis*-immune cattle." Mol Biochem Parasitol **118**(1): 97-109.

Brown, W. C., S. Zhao, V. M. Woods, C. A. Tripp, C. L. Tetzlaff, V. T. Heussler, D. A. Dobbelaere and A. C. Rice-Ficht (1993). "Identification of two Th1 cell epitopes on the *Babesia bovis*-encoded 77-kilodalton merozoite protein (Bb-1) by use of truncated recombinant fusion proteins." Infect Immun **61**(1): 236-244.

Cheng, Q. and A. Saul (1994). "Sequence analysis of the apical membrane antigen I (AMA-1) of *Plasmodium vivax*." Mol Biochem Parasitol **65**(1): 183-187.

Chitnis, C. E. and M. J. Blackman (2000). "Host cell invasion by malaria parasites." Parasitol Today **16**(10): 411-415.

Cowman, A. F. and B. S. Crabb (2006). "Invasion of red blood cells by malaria parasites." Cell **124**(4): 755-766.

Cubillos, M., L. M. Salazar, L. Torres and M. E. Patarroyo (2002). "Protection against experimental *P. falciparum* malaria is associated with short AMA-1 peptide analogue alpha-helical structures." Biochimie **84**(12): 1181-1188.

De Vos, A. J. and R. E. Bock (2000). "Vaccination against bovine babesiosis." Ann N Y Acad Sci **916**: 540-545.

Demma, L. J., M. Traeger, D. Blau, R. Gordon, B. Johnson, J. Dickson, R. Ethelbah, S. Piontkowski, C. Levy, W. L. Nicholson, C. Duncan, K. Heath, J. Cheek, D. L. Swerdlow and J. H. McQuiston (2006). "Serologic evidence for exposure to *Rickettsia rickettsii* in eastern Arizona and recent emergence of Rocky Mountain spotted fever in this region." Vector Borne Zoonotic Dis **6**(4): 423-429.

Donahue, C. G., V. B. Carruthers, S. D. Gilk and G. E. Ward (2000). "The *Toxoplasma* homolog of *Plasmodium* apical membrane antigen-1 (AMA-1) is a microneme protein secreted in response to elevated intracellular calcium levels." Mol Biochem Parasitol **111**(1): 15-30.

Economic Research Service, U. (2007). "Cattle Imports from Mexico." 2007.

Figuerola, J. V. and G. M. Buening (1991). "In vitro inhibition of multiplication of *Babesia bigemina* by using monoclonal antibodies." J Clin Microbiol **29**(5): 997-1003.

Fisher, T. G., T. F. McElwain and G. H. Palmer (2001). "Molecular basis for variable expression of merozoite surface antigen gp45 among American isolates of *Babesia bigemina*." Infect Immun **69**(6): 3782-3790.

Gaffar, F. R., A. P. Yatsuda, F. F. Franssen and E. de Vries (2004). "Erythrocyte invasion by *Babesia bovis* merozoites is inhibited by polyclonal antisera directed against peptides derived from a homologue of *Plasmodium falciparum* apical membrane antigen 1." Infect Immun **72**(5): 2947-2955.

Genis, A. D., J. J. Mosqueda, V. M. Borgonio, A. Falcon, A. Alvarez, M. Camacho, M. de Lourdes Munoz and J. V. Figueroa (2008). "Phylogenetic analysis of Mexican *Babesia bovis* isolates using msa and ssrRNA gene sequences." Ann N Y Acad Sci **1149**: 121-125.

George, J. E. (2003). The impact of acaricide-resistant ticks on the exportation of cattle from México into the U.S. V International Seminar of Animal Parasitology, Merida, Yucatan, Mexico.

Gongora-Biachi, R. A., J. Zavala-Velazquez, C. J. Castro-Sansores and P. Gonzalez-Martinez (1999). "First case of human ehrlichiosis in Mexico." Emerg Infect Dis **5**(3): 481.

Goto, M., E. Honda, A. Ogura, A. Nomoto and K. Hanaki (2009). "Colorimetric detection of loop-mediated isothermal amplification reaction by using hydroxy naphthol blue." Biotechniques **46**(3): 167-172.

Hines, S. A., G. H. Palmer, W. C. Brown, T. F. McElwain, C. E. Suarez, O. Vidotto and A. C. Rice-Ficht (1995). "Genetic and antigenic characterization of *Babesia bovis* merozoite spherical body protein Bb-1." Mol Biochem Parasitol **69**(2): 149-159.

Hines, S. A., G. H. Palmer, D. P. Jasmer, W. L. Goff and T. F. McElwain (1995). "Immunization of cattle with recombinant *Babesia bovis* merozoite surface antigen-1." Infect Immun **63**(1): 349-352.

Hines, S. A., G. H. Palmer, D. P. Jasmer, T. C. McGuire and T. F. McElwain (1992). "Neutralization-sensitive merozoite surface antigens of *Babesia bovis* encoded by members of a polymorphic gene family." Mol Biochem Parasitol **55**(1-2): 85-94.

Hoffman, A. and G. Lopez-Campos (2000). Biodiversidad de los acaros en Mexico. Mexico, D.F., CONABIO.

Hotzel, I., W. C. Brown, T. F. McElwain, S. D. Rodriguez and G. H. Palmer (1996). "Dimorphic sequences of rap-1 genes encode B and CD4+ T helper lymphocyte epitopes in the Babesia bigemina rhoptry associated protein-1." Mol Biochem Parasitol **81**(1): 89-99.

Howell, S. A., I. Well, S. L. Fleck, C. Kettleborough, C. R. Collins and M. J. Blackman (2003). "A single malaria merozoite serine protease mediates shedding of multiple surface proteins by juxtamembrane cleavage." J Biol Chem **278**(26): 23890-23898.

J, F.-C. and S.-M. JL (2011). "Rickettsiosis en Baja California." Bol Clin Hosp Infant Edo Son **28**(2): 44-50.

Jack, R. M. and P. A. Ward (1981). "The entry process of Babesia merozoites into red cells." Am J Pathol **102**(1): 109-113.

Jongejan, F. and G. Uilenberg (2004). "The global importance of ticks." Parasitology **129 Suppl**: S3-14.

Lau, A. O., K. Cereceres, G. H. Palmer, D. L. Fretwell, M. J. Pedroni, J. Mosqueda and T. F. McElwain (2010). "Genotypic diversity of merozoite surface antigen 1 of Babesia bovis within an endemic population." Mol Biochem Parasitol **172**(2): 107-112.

Liu, Y., R. Tewari, J. Ning, A. M. Blagborough, S. Garbom, J. Pei, N. V. Grishin, R. E. Steele, R. E. Sinden, W. J. Snell and O. Billker (2008). "The conserved plant sterility gene HAP2 functions after attachment of fusogenic membranes in Chlamydomonas and Plasmodium gametes." Genes Dev **22**(8): 1051-1068.

Marshall, V. M., M. G. Peterson, A. M. Lew and D. J. Kemp (1989). "Structure of the apical membrane antigen I (AMA-1) of Plasmodium chabaudi." Mol Biochem Parasitol **37**(2): 281-283.

McElwain, T. F., L. E. Perryman, A. J. Musoke and T. C. McGuire (1991). "Molecular characterization and immunogenicity of neutralization-sensitive Babesia bigemina merozoite surface proteins." Mol Biochem Parasitol **47**(2): 213-222.

Montenegro-James, S., M. Toro Benitez, E. Leon, R. Lopez and M. Ristic (1987). "Bovine babesiosis: induction of protective immunity with culture-derived Babesia bovis and Babesia bigemina immunogens." Parasitol Res **74**(2): 142-150.

Montero, E., M. Rodriguez, Y. Oksov and C. A. Lobo (2009). "Babesia divergens apical membrane antigen 1 and its interaction with the human red blood cell." Infect Immun **77**(11): 4783-4793.

Mori, T., H. Kuroiwa, T. Higashiyama and T. Kuroiwa (2006). "GENERATIVE CELL SPECIFIC 1 is essential for angiosperm fertilization." Nat Cell Biol **8**(1): 64-71.

Mosqueda, G., N. Falcón, A. Ramos, M. Álvarez and M. Figueroa (2006). Estrategias genómicas para la identificación de antígenos de *Babesia bigemina*. Reunión Nacional de Investigación Pecuaria, Veracruz. Ver.

Mosqueda, G., A. J. Ramos, A. Falcon, C. R. Vichido, J. V. Figueroa, A. Alvarez and A. B. Arévalo (2007). Identificación y caracterización molecular de un antígeno de *Babesia bigemina* con homología al antígeno de la membrana apical 1 (AMA-1) de *Babesia bovis*. Reunión Nacional de Investigación Pecuaria, Culiacán, Sinaloa.

Mosqueda, J., J. V. Figueroa, A. Alvarez, C. R. Bautista, A. Falcon, A. J. Ramos, A. G. Canto and C. A. Vega y Murguía (2007). "Advances in the development of molecular tools for the control of bovine babesiosis in Mexico." Parassitologia **49**(Suppl.1): 19-22.

Mosqueda, J., T. F. McElwain and G. H. Palmer (2002). "*Babesia bovis* merozoite surface antigen 2 proteins are expressed on the merozoite and sporozoite surface, and specific antibodies inhibit attachment and invasion of erythrocytes." Infect Immun **70**(11): 6448-6455.

Mosqueda, J., T. F. McElwain, D. Stiller and G. H. Palmer (2002). "*Babesia bovis* merozoite surface antigen 1 and rhoptry-associated protein 1 are expressed in sporozoites, and specific antibodies inhibit sporozoite attachment to erythrocytes." Infect Immun **70**(3): 1599-1603.

Nocard, E. a. M., C (1902). "Contribution a l'e'tude de la piroplasmose canine." Ann. L'Institut Pasteur **16**: 257-290.

Norimine, J., J. Mosqueda, G. H. Palmer, H. A. Lewin and W. C. Brown (2004). "Conservation of *Babesia bovis* small heat shock protein (Hsp20) among strains and definition of T helper cell epitopes recognized by cattle with diverse major histocompatibility complex class II haplotypes." Infect Immun **72**(2): 1096-1106.

Norimine, J., J. Mosqueda, C. Suarez, G. H. Palmer, T. F. McElwain, G. Mbassa and W. C. Brown (2003). "Stimulation of T-helper cell gamma interferon and immunoglobulin G responses specific for *Babesia bovis* rhoptry-associated protein 1 (RAP-1) or a RAP-1 protein lacking the carboxy-terminal repeat region is insufficient to provide protective immunity against virulent *B. bovis* challenge." Infect Immun **71**(9): 5021-5032.

Norimine, J., C. E. Suarez, T. F. McElwain, M. Florin-Christensen and W. C. Brown (2002). "Immunodominant epitopes in *Babesia bovis* rhoptry-associated protein 1 that elicit memory CD4(+)-T-lymphocyte responses in *B. bovis*-immune individuals are located in the amino-terminal domain." Infect Immun **70**(4): 2039-2048.

Oliveira, K. A., A. Pinter, A. Medina-Sanchez, V. D. Boppana, S. K. Wikel, T. B. Saito, T. Shelite, L. Blanton, V. Popov, P. D. Teel, D. H. Walker, M. A. Galvao, C. Mafra and D. H. Bouyer (2010). "Amblyomma imitator ticks as vectors of *Rickettsia rickettsii*, Mexico." Emerg Infect Dis **16**(8): 1282-1284.

Osorno, M. (1978). "Babesiosis en México." Veterinaria México **11**: 203-218.

Palmer, G. H. and T. F. McElwain (1995). "Molecular basis for vaccine development against anaplasmosis and babesiosis." Vet Parasitol **57**(1-3): 233-253.

Palmer, G. H., T. F. McElwain, L. E. Perryman, W. C. Davis, D. R. Reduker, D. P. Jasmer, V. Shkap, E. Pipano, W. L. Goff and T. C. McGuire (1991). "Strain variation of *Babesia bovis* merozoite surface-exposed epitopes." Infect Immun **59**(9): 3340-3342.

Precigout, E., S. Delbecq, A. Vallet, B. Carcy, S. Camillieri, K. Hadj-Kaddour, J. Kleuskens, T. Schetters and A. Gorenflot (2004). "Association between sequence polymorphism in an epitope of *Babesia divergens* Bd37 exoantigen and protection induced by passive transfer." Int J Parasitol **34**(5): 585-593.

Reyes Novelo, E., H. Ruiz Piña, J. Escobedo-Ortegon, R. I. Rodriguez-Vivas, M. E. Bolio-Gonzalez, A. Polanco-Rodriguez and P. Manrique-Saide (2011). "Situación actual y perspectivas para el estudio de las enfermedades zoonóticas emergentes, reemergentes y olvidadas en la península de Yucatán, Mexico." Tropical and Subtropical Agroecosystems **14**: 35-54.

Rocha Martínez, M. K. (2011). Identificación y Caracterización del gen hap2 en Babesia bigemina. Maestría en Ciencias Genómicas, Universidad Autónoma de la Ciudad de México.

Rothwell, J. (2003). New pharmacological solutions to tick control. V International Seminar of Animal Parasitology, Merida, Yucatan, Mexico.

Salazar, L. M., M. P. Alba, M. H. Torres, M. Pinto, X. Cortes, L. Torres and M. E. Patarroyo (2002). "Protection against experimental malaria associated with AMA-1 peptide analogue structures." FEBS Lett **527**(1-3): 95-100.

Schetters, T. (2005). "Vaccination against canine babesiosis." Trends Parasitol **21**(4): 179-184.

Schetters, T. P., J. A. Kleuskens, N. C. Scholtes, A. Gorenflot, K. Moubri and A. N. Vermeulen (2001). "Vaccination of dogs against heterologous *Babesia canis* infection using antigens from culture supernatants." Vet Parasitol **100**(1-2): 75-86.

Schetters, T. P., N. C. Scholtes, J. A. Kleuskens and H. J. Bos (1996). "Not peripheral parasitaemia but the level of soluble parasite antigen in plasma correlates with vaccine efficacy against *Babesia canis*." Parasite Immunol **18**(1): 1-6.

SIAP (2014). Cattle Population in Mexico 1999-2014. <http://www.sagarpa.gob.mx/>.

Sibinovic, K. H. (1967). "Immunogenic properties of babesial serum antigens." J. Parasitol **53**: 1121-1129.

Sinden, R. E., G. A. Butcher, O. Billker and S. L. Fleck (1996). "Regulation of infectivity of *Plasmodium* to the mosquito vector." Adv Parasitol **38**: 53-117.

Sonda, S., N. Fuchs, B. Gottstein and A. Hemphill (2000). "Molecular characterization of a novel microneme antigen in *Neospora caninum*." Mol Biochem Parasitol **108**(1): 39-51.

Vallat, B. (2009). Un mundo, una salud. O. M. d. S. Animal. France, Jouve. **2009**: 65.

Vallejo-Esquerro, E. (2011). Identificación y Evaluación de Epítomos Inmunogénicos de la Proteína Apical 1 de *Babesia bigemina*. MVZ, Universidad Autónoma de Querétaro.

Wikswa, M. E., R. Hu, M. E. Metzger and M. E. Ereemeeva (2007). "Detection of *Rickettsia rickettsii* and *Bartonella henselae* in *Rhipicephalus sanguineus* ticks from California." J Med Entomol **44**(1): 158-162.

Wilkowsky, S. E., M. Farber, I. Echaide, S. Torioni de Echaide, P. I. Zamorano, M. Dominguez, C. E. Suarez and M. Florin-Christensen (2003). "*Babesia bovis* merozoite surface protein-2c (MSA-2c) contains highly immunogenic, conserved B-cell epitopes that elicit neutralization-sensitive antibodies in cattle." Mol Biochem Parasitol **127**(2): 133-141.

Wright, I. G., R. Casu, M. A. Commins, B. P. Dalrymple, K. R. Gale, B. V. Goodger, P. W. Riddles, D. J. Waltisbuhl, I. Abetz, D. A. Berrie and et al. (1992). "The development of a recombinant *Babesia* vaccine." Vet Parasitol **44**(1-2): 3-13.

Zavala-Castro, J. E., J. E. Zavala-Velazquez, D. H. Walker, E. E. Ruiz Arcila, H. Laviada-Molina, J. P. Olano, J. A. Ruiz-Sosa, M. A. Small and K. R. Dzúl-Rosado (2006).

"Fatal human infection with *Rickettsia rickettsii*, Yucatan, Mexico." Emerg Infect Dis **12**(4): 672-674.

Zhou, J., J. Yang, G. Zhang, Y. Nishikawa, K. Fujisaki and X. Xuan (2006). "Babesia gibsoni: An apical membrane antigen-1 homologue and its antibody response in the infected dogs." Exp Parasitol **114**(4): 329-333.

RESISTENCIA A LOS IXODICIDAS Y SU ESTADO ACTUAL

G. Aguilar-Tipacamú¹, Juan Mosqueda¹, A. Olvera-Ramírez¹

¹Cuerpo Académico Salud Animal y Microbiología Ambiental, Licenciatura en Medicina Veterinaria y Zootecnia, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Autónoma de Querétaro.

*Autor corresponsal: gabriela.aguilar@uaq.mx

INTRODUCCIÓN

La garrapata *Rhipicephalus microplus* (*R. microplus*) es considerado uno de los ectoparásitos tropicales más importante en la ganadería bovina, por las pérdidas económicas que ocasiona y por transmitir enfermedades (Brossard y Wikel 2004). Recientemente, el método más usado para controlar a estos ectoparásitos es la aplicación de ixodicidas (Fragoso *et al.* 1999). Uno de los ixodicidas más utilizado para controlar vectores de importancia veterinaria, agrícola y de salud pública son los piretroides sintéticos ya que poseen algunas ventajas como son: el rápido metabolismo y baja toxicidad para los mamíferos; estabilidad en campo, elevada persistencia, rápido efecto de derribe y muerte en una amplia variedad de insectos, y son efectivos contra cepas resistentes a organofosforados, ciclodienos y carbamatos (Elliot, 1976; Lee *et al.* 1999; Hemingway *et al.* 2004), sin embargo el uso constante de estos productos han ocasionado la aparición de cepas de garrapatas resistentes a varios ixodicidas. En esta revisión se discutirán y presentarán los problemas de resistencia en la garrapata *R. microplus* hacia los diferentes ixodicidas.

IMPORTANCIA GLOBAL DE *Rhipicephalus microplus*

La garrapata *R. microplus* en México se encuentra distribuida en regiones tropicales y subtropicales abarcando zonas ganaderas importantes que ocupan el 53% del territorio nacional (Solís, 1991).

La importancia económica de las garrapatas es elevada para la ganadería bovina ya que pueden transmitir microorganismos patógenos como son protozoarios, virus, rickettsias y espiroquetas (Solorio y Rodríguez 1997; Jongejan y Uilenberg 2004). Además son un importante vector en salud pública, por las enfermedades que transmiten al humano como

son la borreliosis, encefalitis y fiebres hemorrágicas (Jongejan y Uilenberg 2004; Rodríguez-Vivas *et al.* 2007).

En lo que respecta a la garrapata *R. microplus* ocasiona pérdidas en la ganancia de peso a la ganadería, ya que consumen de 1 a 3 ml de sangre durante todo su ciclo de vida en el mismo hospedero. Las picaduras provocan irritación estrés y daño en la piel del bovino. Las lesiones ocasionadas en la piel originan puertas de entradas para agentes infecciosos como los antes mencionados (Castellanos, 1993; Cardozo y Franchi 1996).

Las garrapatas ejercen un efecto desfavorable directo sobre la ganancia de peso de los animales, se ha demostrado que en ganado de engorda cada hembra ingurgitada puede llegar a reducir la ganancia diaria de peso 0.6 g y las pérdidas económicas atribuidas a este factor, han sido estimadas en 7.3 dólares/cabeza/año (FAO, 1984).

En 2013 se estimó un impacto económico potencial en millones de dólares de (US\$ 573'608,076); considerando una población en riesgo de 24, 973,983 cabezas de ganado incluyendo tanto animales de abasto o dedicados a engorda como ganado lechero. El ganado infestado con *R. microplus* y que es criado para la exportación a Estados Unidos de América es rechazado, las perdidas en ganado lechero pueden llegar a los 90.24L por animal productivo por lactancia y en ganado de engorda se pueden perder de 1.18g a 1.37g por día dependiendo de la genética del ganado (Rodríguez-Vivas *et al.* 2017).

CICLO BIOLÓGICO DE *Rhipicephalus microplus*

El ciclo biológico de *Rhipicephalus spp* se caracteriza por utilizar un solo hospedero, y su huésped preferente son los bovinos, sin embargo, en ocasiones de manera esporádica puede infestar a los equinos, ovinos y caprinos; para completar su ciclo de vida. Consta de cuatro estadios biológicos, huevo, larva o pinolillo, ninfa y adulto (Encinas *et al.* 1999). Su ciclo de vida está compuesto de dos fases: no parasitaria y parasitaria (Encinas *et al.* 1999).

La fase no parasitaria comprende a partir de que la hembra ingurgitada se desprende del hospedero en busca de lugares adecuados para la ovoposición, hasta la presencia de larvas en los pastizales. Se caracteriza por presentar varias etapas: preoviposición, oviposición, incubación y sobrevivencia larval. La duración de cada una de estas etapas, se encuentra condicionada por los factores climáticos, principalmente la humedad y temperatura (Núñez, 1982; Castellanos, 1993).

La fase parasitaria inicia cuando las larvas logran vencer tanto las barreras climáticas y las del hospedero, fijándose al bovino en donde completarán y realizarán los procesos fisiológicos (alimentación, muda y cópula) en las etapas de larva, ninfa y adulto (Solís, 1986; Camino, 1991). La duración de esta fase, es relativamente constante, se ha estimado que aproximadamente la duración es de 18 a 22 días y la alimentación, muda y cambio de estadio se lleva acabo todo el tiempo en el bovino. El índice de mortalidad de las garrapatas en esta fase, está determinada por la resistencia del huésped (Castellanos, 1993; Núñez, 1982).

R. microplus cambia a la etapa adulto juvenil aproximadamente en el día 13 del ciclo, diferenciándose sexualmente. Una vez que pierde la exubia, al siguiente día el macho se encuentra listo para copular. El macho es muy móvil y camina por el huésped en busca de hembras para aparearse, regularmente se le encuentra debajo de las hembras semirepletas. La hembra no es móvil como el macho y se fija en el huésped durante todo su ciclo de vida. La hembra termina su ciclo al ovopositar (Núñez, 1982).

CONTROL QUÍMICO

Recientemente, el método más usado para controlar a estos ectoparásitos es la aplicación de ixodicidas (Fragoso *et al.* 1999). Las familias de Ixodicidas utilizados para controlar vectores de importancia veterinaria y de salud pública en México son los organofosforados (OP) (diazinón, Coumaphos, Clorfenvinphos), piretroides sintéticos (deltametrina, flumetrina y cipermetrina), mezclas (flumetrina+Cyflutrin, permetrina+clorpiriphos, cymiazol+cipermetrina, clorfenvinfos+cipermetrina), Amidinas (amitraz) y endectocinas (ivermectinas, doramectinas y moxidectinas); también se tienen a los inhibidores del desarrollo como (fluazurón) y fenilpirazolonas (fipronil) (Rodríguez-Vivas *et al.* 2005). Las pérdidas económicas asociadas con la presencia de *R. microplus* sobre el cuerpo de los animales y la continua aplicación de los productos anteriormente citados con el fin de controlar esta infestaciones, han ocasionado el desarrollo de resistencia a estos productos en *R. microplus* (Benavides, 2008). La resistencia a los acaricidas recientemente es uno de los grandes problemas en áreas tropicales y subtropicales en donde la producción bovina es una de las actividades de mayor importancia económica, debido a la múltiple resistencia a todas las familias de los ixodicidas utilizados (Rodríguez-Vivas *et al.* 2007). El problema de la resistencia en *R. microplus* en México, despertó el interés para realizar estudios de campo y

fue así que en la década de los 80's, en varios estados de la República Mexicana se empezaron a realizar estudios sobre la resistencia a los acaricidas, monitoreando cepas de campo. Estos estudios dieron como resultado la presencia de una cepa resistente a los organofosforados "Tuxpan" y otra que fue resistente a los organofosforados y organoclorados llamada "Tempoal" (Santamaría *et al.* 1999). Con los resultados obtenidos en este diagnóstico, se buscaron alternativas para controlar a esas cepas resistentes y fue así, que el gobierno federal permitió la comercialización de nuevos productos como los piretroides y amidinas como métodos alternativos de control (Fragoso *et al.* 1999). Los piretroides resultaron ser eficaces en el control de la mosca de los cuernos *H. irritans* y *R. microplus* que afecta al ganado bovino en zonas tropicales, y debido a esta ventaja fueron utilizados continuamente en zonas ganaderas, por lo que, en poco tiempo se presentaron los primeros brotes de cepas de *H. irritans* y *R. microplus* resistentes a los piretroides, complicando cada vez más el control de las garrapatas con estos productos (Fragoso *et al.* 1995). Posteriormente, las amidinas empezaron a cobrar popularidad como método de control, pero debido a su inestabilidad en los baños de inmersión, su comercialización se vio limitada; sin embargo, la presencia de resistencia a los piretroides en 1993, hizo que se incrementará el uso de este ixodicida, ya que demostró ser la alternativa más adecuada para el control de las cepas con doble resistencia (organofosforados y piretroides) (Aguirre, 1993; Ortiz *et al.* 1995; Fragoso y Soberanes, 2001). A principios del 2001, en el estado de Tabasco se reportó el primer caso de resistencia hacia el amitraz en *R. microplus* llamada "San Alfonso", esta cepa tenía la característica de ser resistente al amitraz y además ser resistente también a los piretroides y organofosforados (Soberanes *et al.* 2002) (Ver fig. 1)

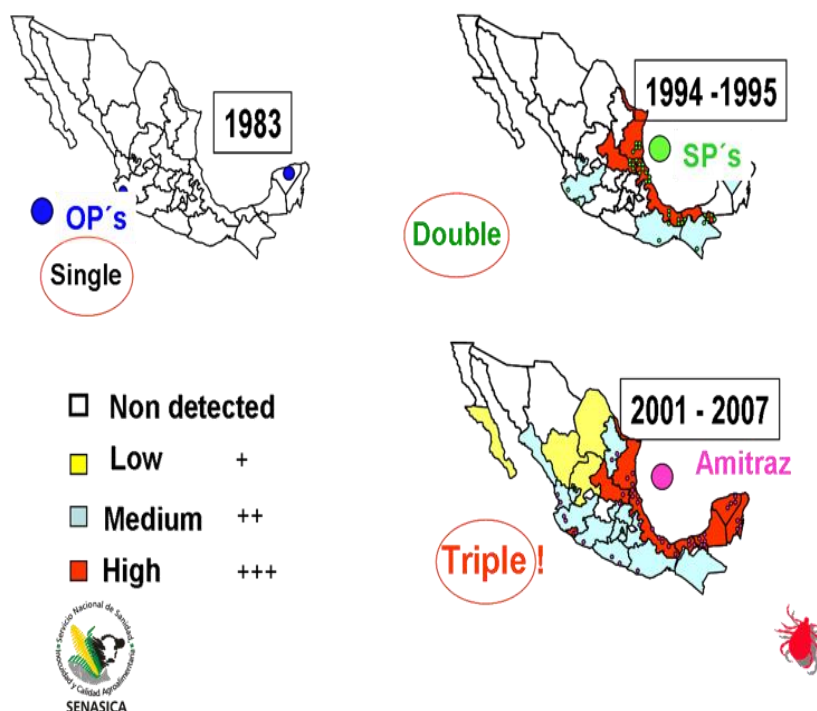


Figura 1. Desarrollo de resistencia múltiple en México
(Frontiers in Bioscience 14, 2657-2665, January 1, 2009)

Las lactonas macrocíclicas (MLs, IVM, DOM y MOX) aplicadas subcutáneamente y de la forma pour-on han sido utilizadas desde hace 10 años, para controlar a los nematodos gastrointestinales y garrapatas en México (Aguilar-Tipacamú y Rodríguez-Vivas, 2003; Rodríguez-Vivas *et al.* 2010). La resistencia cruzada a DOM, IVM y MOX en *R. microplus* fue por primera vez notificada en Brasil por Martins y Furlong (2001), así mismo Klafke *et al.* (2006) reportaron resistencia a las Ivermectinas en el estado de Sao Paulo y en Uruguay (Castro-Janer *et al.* 2011).

En Yucatán, México Cogollo *et al.* (2010) reportaron por primera vez la resistencia a IVM en cepas de campo.

La resistencia múltiple a los ixodicidas en México durante los últimos años continúa extendiéndose debido al uso constante de estos; actualmente se han diagnosticado poblaciones resistentes de garrapatas a organofosforados, piretroides y amidinas prácticamente en todo el país (Rosario-Cruz *et al.* 2009). En una investigación realizada en el sureste mexicano (Yucatán, Quintana Roo, la región Frailesca de Chiapas y región de los

ríos en Tabasco) para detectar el problema de resistencia a *R. microplus* a los diferentes ixodicidas utilizados en dichos estados, se encontró la siguiente prevalencia a los diferentes productos (Rodríguez-Vivas *et al.* 2005).

Cuadro 1. Prevalencia de ranchos ganaderos con garrapatas *R. microplus* resistentes a los ixodicidas

Grupo Químico	Sustancia Química	Yucatán %	Q. Roo %	Tabasco %	Chiapas %
Amidinas	Amitraz	19.40	51.5	72.0	60.8
	Coumaphos	45.90	26.56	48.5	5.1
Organofosforados	Clorfenvinphos	35.70	32.81	36.8	10.3
	Diazinón	80.60	89.93	94.1	58.7
	Cipermetrina	59.18	87.5	89.7	82.4
Piretroides sintéticos	Deltametrina	61.22	90.62	92.6	87.6
	Flumetrina	64.28	95.31	94.1	87.6

(Rodríguez-Vivas *et al.* 2005).

En el cuadro anterior, se observa que en el sureste de la República Mexicana el problema de resistencia hacia los ixodicidas ha evolucionado rápidamente, y existen a la fecha cepas resistentes a los organoclorados (OC), organofosforados (OF), amitraz y piretroides sintéticos (PS) (Santamaría *et al.* 1999). Es importante mencionar, que una vez que la resistencia se encuentra presente en una zona, los productores se enfrentan con la problemática de ineffectividad de los acaricidas que utilizan como métodos de control, es entonces, cuando el productor decide realizar algunas acciones para seguir utilizándolos, como son: incrementar la concentración recomendada y números de tratamientos; cambiar a otro producto con un ingrediente activo diferente. Estas acciones dan como resultado un gasto adicional en el control de las garrapatas

DESARROLLO DE LA RESISTENCIA

Los acaricidas utilizados continuamente provocan una fuerte presión de selección eliminando a los individuos susceptibles, ocasionando un fenómeno de resistencia al producto utilizado, ya que este, se convierte en el agente de selección más importante. La resistencia es un proceso evolutivo que aparece por selección genética (Lee *et al.*, 2000). La velocidad de desarrollo de la resistencia dentro de una población depende principalmente de la intensidad

de selección, frecuencia inicial de genes que confieren la resistencia y el grado de dominancia del gen (Stone, 1972).

Se han identificado tres fases en el desarrollo de la resistencia a los ixodicidas que son: Establecimiento: esta fase surge como un mecanismo de preadaptación a través de mutaciones naturales e independientes del proceso de selección (FAO, 2001). En la fase de dispersión existe una sobrevivencia preferencial de individuos resistentes al aplicarse los ixodicidas. En esta fase predomina la condición heterocigótica y este período es relativamente corto. El alelo resistente se encuentra en una frecuencia baja y no son detectables las fallas en la efectividad de los productos (FAO, 2001). La fase de emergencia se presenta como resultado de una elevada tasa de presión de selección, y la duración es corta. El alelo resistente es común en la población por lo que, los ixodicidas dejan de ser efectivos gradualmente (FAO, 2001).

La resistencia a los acaricidas actualmente es uno de los grandes problemas en áreas tropicales en donde la producción bovina es una de las actividades de mayor importancia económica, debido a la múltiple resistencia a todas las familias de los acaricidas utilizados actualmente (Rodríguez-Vivas *et al.* 2007).

GENÉTICA DE LA RESISTENCIA

Los principales mecanismos de resistencia, reportados en una amplia variedad de insectos son: el incremento en la tasa de detoxificación y las alteraciones en el sitio de acción (Miller *et al.* 1999; Bisset, 2002; Dauterman y Hongson 1993). Sin embargo, existen otros mecanismos que confieren resistencia a los acaricidas, como son la resistencia a la penetración y por comportamiento (Bisset, 2002, Roush y Miller 1986).

El incremento en la tasa de detoxificación esta dada cuando niveles elevados de enzimas son capaces de detoxificar los acaricidas y ayudan a disminuir las dosis efectivas de estos, antes de que alcancen su sitio de acción, entre estas enzimas se pueden mencionar a las carboxilesterasas, glutations-S-transferasas y oxidasas de función múltiple (citocromo P 450) (Oakeshott *et al.* 2003). La insensibilidad en el sitio blanco es la causa más común de resistencia y es ocasionada por la presencia de mutaciones puntuales. Para que estas mutaciones sean seleccionadas favorablemente, es importante que la sustitución del aminoácido disminuya la unión con el acaricida, sin causar pérdida de la función primaria

del sitio de acción. Por lo que, las sustituciones de los aminoácidos son limitadas y mutaciones idénticas son asociadas con la resistencia en otros insectos (Tan *et al.* 2005).

MODO DE HERENCIA DE LA RESISTENCIA A PESTICIDAS EN DIFERENTES ESPECIES DE INSECTOS

Varios investigadores han realizado estudios para conocer la forma en que se hereda la resistencia a diferentes compuestos y en numerosas especies como: *Helicoverpa armígera*, *Cydia pomonella*, *Rizopherta dominica*, *Aedes Aegypti*; *German cockroach* (Mebrahtu *et al.* 1997; Bouvier *et al.* 2001; Collins *et al.* 2002).

La resistencia a los piretroides y la dominancia efectiva fue estudiada en la mosca de los cuernos, los resultados indican que la resistencia es heredada por un solo gen, autosómico e incompletamente recesivo y que este tipo de resistencia es ocasionada por insensibilidad nerviosa (Roush *et al.* 1986).

En *R. microplus* se han realizado investigaciones para conocer como se hereda la resistencia a diferentes insecticidas. Los estudios realizados en cepas australianas resistentes a diazinon y clorpirifos, demuestran que la resistencia en estas cepas, es ocasionada por dos genes complementarios mostrando dominancia incompleta (Stone *et al.* 1982). Mientras que, en otro estudio realizado en cepas mexicanas la resistencia fue causada por varios genes (Harris *et al.* 1988).

Recientemente se han realizado estudios para conocer el modo de herencia de la resistencia a la flumetrina y amitraz. En el trabajo realizado por Tapia *et al.* (2003) encontraron que la resistencia a flumetrina fue autosómica y controlada por más de un gen, mientras que Li *et al.* (2005) reportaron que la resistencia al amitraz en la garrapata *B. microplus* es heredada como una característica incompletamente recesiva y sugieren que más de un gen, son los responsables de la resistencia en la cepa brasileña estudiada.

Aguilar-Tipacamú *et al.* (2008) reportan una disminución significativa de la resistencia a los piretroides en la progenie heterocigótica F1 obtenida a partir de cruzamientos recíprocos entre las cepas de garrapatas resistentes (RR) y susceptibles (SS). También es importante el uso potencial de la predicción de resistencia a ixodicidas para mejorar los métodos de control de garrapatas basados en el uso de herramientas de diagnóstico molecular, con el fin de prevenir la presión de selección de fenotipos resistentes y promover la dilución del alelo

mutado dentro del grupo genético resistente. La predicción de la resistencia de los piretroides en función de las frecuencias del genotipo dentro de una población de garrapatas resistentes a los acaricidas también tendrá un impacto en el uso racional y rotatorio de los plaguicidas y, por lo tanto, en la mejora de los programas de mitigación de la resistencia a los acaricidas.

CARACTERÍSTICAS DEL GENOMA DE *R. microplus*

Recientemente el acceso a base de datos con reporte de secuencias de genes o genomas completos de ciertos organismos, proporciona gran avance en la investigación, ya que permite comprender los sistemas biológicos de interés que ocasionan daños en la salud animal; además de desarrollar nuevas formas de control. La ventaja en el descubrimiento de genes permite incrementar nuestro conocimiento sobre la biología de las garrapatas, los mecanismos que contribuyen al parasitismo, la resistencia a los ixodicidas y la transmisión transovárica y trans-estadial de los patógenos. La comprensión de estos fenómenos puede trasladarse al desarrollo de nuevas opciones de control de las garrapatas y las enfermedades transmitidas por éstas (Rodríguez, 2012). En 1998 fueron reportadas 752 secuencias de *R. microplus* disponibles en el GenBank; menos del 20% de esas secuencias corresponden a secuencias que codifican genes. El genoma haploide de *R. microplus* posee 7.1×10^3 Mpb; contiene un porcentaje elevado de secuencias repetidas de DNA (69%), el 31% de las secuencias son altamente repetitivas con una frecuencia promedio de 153,000 copias/genoma haploide y el 38% son secuencias moderadamente repetitivas, con una frecuencia promedio de 220 copias/genoma haploide (Ullmann *et al.* 2005). Un índice de genes denominado BmiGI de 20, 417 ESTs (Expressed Sequence Tags, por sus siglas en inglés) (Los ESTs representan porciones expresadas de genes) fue creado en 2005. Estas secuencias son derivadas de un librería de cDNA normalizado y se encuentran disponibles en la página web (<http://www.tigr.org/tdb/tgi>) (Guerrero *et al.* 2006). El BmiGI ha sido analizado para identificar genes, que podrían estar involucrados en la resistencia a ixodicidas, incluyendo genes que codifican para los sitios blancos de acción de ixodicidas específicos y enzimas involucradas en la detoxificación o secuestro de ixodicidas. Secuencias del BmiGI codifican proteínas con similitud significativa a la secuencia de aminoácidos de AchE blanco de los organofosforados. Se ha identificado que existen secuencias que tienen una similitud con genes que codifican proteínas como la carboxilesterasa, glutatión S-transferasa y citocromo

P450 quienes pertenecen a una familia de genes que están implicados en mecanismos de resistencia a pesticidas (Wei *et al.* 2001). Los avances en la identificación de genes de *R. microplus*, y el análisis detallado de las secuencias obtenidas y almacenadas en la base de datos, permitirán que eventualmente se puedan identificar nuevas proteínas como blancos potenciales para poder contrarrestar el fenómeno de resistencia.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguilar-Tipacamu, G., Rodriguez-Vivas R.I. 2003. Effect of moxidectin against natural infestation of the cattle tick *Boophilus microplus* (Acarina: Ixodidae) in the Mexican tropics. Vet. Parasitol. 111: 211-216.

Aguirre J.A. 1993. Resistencia de las garrapatas hacia los productos ixodicidas. Campaña contra la garrapata. Programa de acreditación de Médicos Veterinarios Zootecnistas. México.D.F. 2:149-154.

Benavides E. 2008. Evaluación crítica de las estrategias de extensión de alternativas para el control de garrapatas en animales domésticos en América Latina. VI Seminario Internacional de Parasitología Animal, Boca del Río Veracruz, 3 a 5 de septiembre del 2008. pp. 6.

Bisset J.A. 2002. Uso correcto de insecticidas: control de la resistencia. Rev Cubana Med Trop 54 (3):202-219.

Bouvier J.C., Bues R., Boivin T., Boudinhon L., Beslay D., Sauphanor B. 2001. Deltamethrin resistance in the codling moth (Lepidoptera: Tortricidae): inheritance and number of genes involved. Heredity 87:456-462.

Brossard M., Wikel S. K. 2004. Tick immunobiology. Parasitology 129:161-176.

Camino L.M. 1991. Manejo y modificación del hábitat en el control de las garrapatas. En: II Seminario internacional de parasitología animal. Garrapatas y enfermedades que transmiten. Morelos, México 9 -11 octubre pp. 66-71.

Cardozo H., Franchi M. 1996. Garrapata: Epidemiología y control de *Boophilus microplus*. En A Nari, C Field. Enfermedades parasitarias de importancia económica en

bovinos. Bases epidemiológicas para su prevención y control. Uruguay: Hemisferio Sur. pp. 369-407.

Castellanos H.J.L. 1993. El género *Boophilus*. En campaña contra la garrapata. Instructivo técnico SAGAR-CNMVZ. México D.F. pp. 45-48.

Castro-Janer, E., Rifran, L., Gonzalez, P., Niell, C., Piaggio, J., Gil, A., Schumaker, T.T.S., 2011. Determination of the susceptibility of *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* (Acari: ixodidae) to ivermectin and fipronil by larval immersion test (LIT) in Uruguay. Vet. Parasitol. 178, 148–155.

Cogollo-Perez L.C., Rodriguez-Vivas R.I., Ramirez-Cruz, G.T. Miller R.J. 2010. First report of the cattle tick *Rhipicephalus microplus* resistant to ivermectin in Mexico Vet. Parasitol. 168: 165–169.

Collins P.J., Daglish G.J., Bengston M., Lambkin T.M., Pavic H. 2002. Genetics of resistance to phosphine in *Rhyzopherta dominica* (Coleoptera: Bostrichidae). J Econ Entomol 95(4):862-869.

Dauterman W.C., Hodgson E. 1993. Biochemistry of insects. Academic Press New York. 541-577.

Encinas G.A., Oleaga P.A., Pérez S.R. 1999. Garrapatas duras. En: CM Cordero, VA Rojo, Ed. Parasitología Veterinaria. España: McGraw-Hill-Interamericana pp. 420-429.

Food and Agriculture Organization of the United States (FAO) 1984. Ticks and tick-borne diseases control. A practical field manual. FAO Vol. I-II. pp 621.

Food and Agriculture Organization of the United States (FAO) 2001. Servicio nacional de sanidad, inocuidad y calidad agroalimentaria. Centro nacional de servicios de constatación en salud animal. Curso-taller sobre diagnóstico de resistencia a ixodíidas en garrapatas *Boophilus microplus*. Del 26 al 28 de septiembre. Juiltepec, Morelos. México. pp. 4: 35-37.

Fragoso S.H., Ortiz E.M., De Labra V., Ortiz N.N., Rodriguez M., Redondo M., De la Fuente J., Hernández P.V. 1999. Evaluación de la vacuna contra la garrapata Bm86 (Gavac) para el control de *Boophilus microplus*. En: IV Seminario internacional de parasitología. Control de la resistencia en garrapatas y moscas de importancia veterinaria y enfermedades que transmiten. Puerto Vallarta, Jalisco, México 20-22 Octubre pp. 141-148.

Fragoso S.H., Ortiz E.M., Soberanes C.N., Santamaría V.M., Ortíz N.A. 1995. Epidemiología de la resistencia a ixodicidas en garrapatas *Boophilus microplus*, en la República Mexicana. En: III Seminario internacional de parasitología animal. Resistencia y control en garrapatas y moscas de importancia veterinaria. Acapulco Gro. Méx. 11-13 Oct pp 45-57.

Fragoso S.H., Soberanes C.N. 2001. Control de la resistencia a los ixodicidas a la luz de los conocimientos actuales. En: XXV Congreso Nacional de Buiatria. Veracruz, Veracruz, México 16-18 Agosto pp. 40-48. Asociación Mexicana de Médicos Especialistas en Bovinos, A.C.

Graham, O.H., Hourrigan, J.L. 1977. Erradication programs for the arthropod parasites of livestock. J. Med. Entomol 13, 629-658.

Guerrero F.D., Nene V.D., George J.E., Barker S.E., Willadsen P. 2006. Sequencing a new target genome: The *Boophilus microplus* (Acari: Ixodidae) Genome Project. J. Med. Entomol. 43(1): 9-16.

Harris R.L., George J.E., Ahrens E.H., Davey R.B., Bazan H.O. 1988. Selection for resistance to coumaphos in a strain of southern cattle tick (Acari: Ixodidae). J Econ Entomol 81:545-548.

Hemingway J., Hawkes N.J., McCarroll R.H. 2004. The molecular basis of Insecticide resistance in mosquitoes. Insect Biochem Mol Biol 34:653-665.

Jongejan F., Uilenberg G. 2004. The global importance of ticks. Parasitology 129: S3-S14.

Klafke G.M., Sabatini G., De Albuquerque T., Martins J.R., Kemp D., Miller R.J., Schumaker, T. 2006. Larval immersion tests with ivermectin populations of the cattle tick *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* (Acari: Ixodidae) from State of Sao Paulo, Brazil. Vet. Parasitol. 142 (3): 386-390.

Lee D., Yoonseong P., Brown T.M., Adams M.E. 1999. Altered properties of neuronal sodium channels associated with genetic resistance to pyrethroids. Mol Pharmacol 55:584-593.

Lee H.S., Yoon S.K., Williamson S.M., Goodson J.S., Lee T.M., Edman D.J., Devonshire L.A., Clark M.J. 2000. Molecular analysis of kdr-like resistance in permethrin-resistant strains of head lice, *Pediculus capitis*. *Pestic Biochem Physiol* 66:130-143.

Li Y.A., Davey B.R., Miller J.R., George J. 2005. Mode of inheritance of amitraz resistance in a Brazilian strain of the southern cattle tick *Boophilus microplus* (Acari: Ixodidae). *Exp Appl Acarol* 37: 183-198.

Martins J., Furlong J. 2001. Avermectin resistance of the cattle tick *Boophilus microplus* in Brazil. *Vet. Rec.* 149: 64.

Mebrahtu Y.B., Norem J., Taylor M. 1997. Inheritance of larval resistance to permethrin in *Aedes aegypti* and association with sex ratio distortion and life history variation. *Am J Trop Med Hyg* 56:456-465.

Miller R.J., Davey R.B., George J.E. 1999. Characterization of pyrethroid resistance and susceptibility to coumaphos in Mexican *Boophilus microplus* (Acari: Ixodidae). *J Med Entomol* 36:533–538.

Núñez J.L., Muñoz C.M., Molteado L.H. 1982. *Boophilus microplus*: La garrapata común del ganado vacuno. Ed. Hemisferio Sur. Argentina. pp. 84.

Oakeshott J.G., Horne I., Sutherland T.D., Russell R. 2003. The genomics of insecticide resistance. *Genome Biol* 4(1):202-204.

Ortiz E.M., Santamaría V.M., Ortiz N.A., Soberanes C.N., Osorio M.J., Franco B.R., Martínez I.F., Quezada D.R., Fragoso S.H. 1995. Caracterización de la resistencia de *B. microplus* a ixodicidas en México. *Memorias III Seminario Internacional de Parasitología animal. “Resistencia y control de garrapatas y moscas de importancia veterinaria” SAGAR-CANIFARMA-FAO-IICA-INIFAP.*

Rodríguez H.E., Mosqueda J., Álvarez S.M.E., Falcón N.A., Mendoza H.G., Camacho N.M. 2012. The identification of a VDAC-like protein involved in the interaction of *Babesia bigemina* sexual stages with *Rhipicephalus microplus* midgut cells. *Veterinary Parasitology* 187: 538– 541

Rodríguez-Vivas R.I., Alonso-Díaz M.A., Rodríguez –Arévalo F., Aguilar-Tipacamú G. *et al.* 2005. Resistencia de la garrapata *Boophilus microplus* a los ixodicidas en el sureste de México. Folleto Técnico No.1. Conacyt-Sagarpa-2002-C01-1754.

Rodríguez-Vivas R.I., Arieta-Román R.J., Pérez-Cogollo L.C., Rosado-Aguilar J.A., Ramírez-Cruz G.T., Basto-Estrella G (2010). Uso de lactonas macrocíclicas para el control de la garrapata *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* en el ganado bovino. Arch Med Vet 42, 115-123.

Rodríguez-Vivas R.I., Rivas A.L., Chowell G., Fragoso S.H., Rosario C.R., García V.Z., Smith S.D., Williams J.J., Schwager S.J. 2007. Spatial distribution of acaricide profiles (*Boophilus microplus* strains susceptible or resistant to acaricides) in southeastern Mexico. Vet Parasitol 146: 158-16.

Rodríguez-Vivas R.I., Rivas A.L., Chowell G., Fragoso S.H., Rosario C.R., García V.Z., Smith S.D., Williams J.J., Schwager S.J. 2007. Spatial distribution of acaricide profiles (*Boophilus microplus* strains susceptible or resistant to acaricides) in southeastern Mexico. Vet Parasitol 146: 158-16.

Rodríguez, V.R., Laerte G., Pérez L.A., Silva, V.H., Torres, A.J., Fragoso, S.H., Romero, S.D., Rosario, C.R., Saldierna, F., García, C.D. 2017. Potential economic impact assessment for cattle parasites in México. Review, Revista mexicana de ciencias pecuarias, 8:61-74, 2017 México.

Roush R.T., Combs L.R., Randolph C.T., Macdonald J., Hawkins J.A. 1986. Inheritance and effective dominance of pyrethroid resistance in the horn fly (Diptera Muscidae). J Econ Entomol 79:178-1182

Roush R.T., Miller G.L. 1986. Considerations for design of insecticide resistance monitoring programmes. J Econ Entomol 79:293-298.

Santamaría V.M., Soberanes C.N., Ortiz N.H., Fragoso S.H. 1999. Análisis de la situación actual mediante el monitoreo de susceptibilidad a Ixodicidas en *Boophilus microplus* de 1993 a 1999 y medidas preventivas para retardar la resistencia al amitraz en México. En: IV Seminario Internacional de Parasitología Animal. Control de la resistencia en garrapatas y moscas de importancia veterinaria y enfermedades que transmiten. Puerto Vallarta, Jalisco México 20-22 Octubre pp. 103-112.

Soberanes C.N., Santamaría V.M., Fragoso S.H., García V.Z. 2002. Primer caso de resistencia al amitraz en la garrapata del ganado *B. microplus* en México. Téc Pec Méx 40 (1):81-92.

Soderlund D.M., Bloomquist J.R. 1989. Neurotoxic actions of pyrethroid insecticides. *Annu Rev Entomol* 34:77-96.

Solís S.S. 1986. Ecología de garrapatas en México. Seminario Internacional de Parasitología Animal. AMPAVE-SARH. Cuernavaca, Morelos, México pp. 250-263.

Solís S.S. 1991. Ecología de las garrapatas *Boophilus*: Perspectivas de un panorama. II Seminario Internacional de Parasitología Animal. Garrapatas y enfermedades que transmiten. Morelos, México 9-11 Octubre pp. 19-30.

Solorio J.L., Rodríguez V.R.I. 1997. Epidemiología de la babesiosis bovina I. Componentes epidemiológicos. *Rev Biomed* 8:37-47.

Stone B.F., Haydock P. 1962. A method for measuring the acaricide susceptibility of the cattle *B. microplus*. [Bull Entomol Res](#) 53: 563- 67.

Stone B.F., Youlton N.J. 1982. Inheritance of resistance to chlorpyrifos in the Mt Alford strain and to diazinon in the gracemera strain of the cattle tick (*Boophilus microplus*). *Aust J Biol Sci* 35:427-440.

Tan J., Liu Z., Wang R., Huang Z.Y., Chen A.C., Gurevitz M., Dong K. 2005. Identification of amino acid residues in the insects sodium channel critical for pyrethroid binding. *Mol Pharmacol* 67:513-522.

Tapia-Pérez G., García-Vázquez Z., Montaldo H., George J.E. 2003. Inheritance of resistance to flumethrin in the Mexican aldama strain of cattle tick *Boophilus microplus* (Acari: Ixodidae). *Exp App Acarol* 31: 135-149.

Ullmann, A.J., Lima C.M., Guerrero, F.D., Piesman J., Black I.V., WC. (2005) Genome size and organization in the blacklegged tick, *Ixodes scapularis* and the Southern cattle tick, *Boophilus microplus*. *Insect Mol. Biol.* 14, 217-222.

Wei S.H., Clark A.G., Syvanen M. 2001. Identification and cloning of a key insecticide-metabolizing glutathione S-transferase (MdGST-6A) from a hyper insecticide-resistant strain of the housefly *Musca domestica*. *Insect Biochem. Mol. Biol.* 31, 1145–1153.

PATOLOGÍA DE TILAPIAS: ENFERMEDADES BACTERIANAS EMERGENTES EN MÉXICO

Luis Jorge García Márquez

INTRODUCCIÓN

La acuicultura es una de las actividades con mayor potencial y desarrollo en los últimos años en México, la cual arroja beneficios sociales y económicos que se traducen en una fuente de alimentación para la población con un elevado valor nutricional y costos accesibles. Aproximadamente el 80% de los cultivos que se desarrollan en el país son de tipo extensivo y con rendimiento bajo. Entre los cultivos extensivos más exitosos en el país se tienen a las tilapias y pargos, de las cuales la tilapia prácticamente ha sido diseminada en una amplia variedad de cuerpos de agua en diferentes regiones del país, estableciéndose importantes mercados derivados de esta actividad acuícola; siendo ésta la especie que representa más del 60 % de la producción nacional (Álvarez et al., 2012, Apún et al., 2009, Tilapia, 2005).

Las patologías de los peces se reconocen cada vez más como un problema en la producción y comercialización en acuicultura y afectan tanto al desarrollo económico como al impacto socio-económico de este sector en muchos países. Las enfermedades infecciosas de los peces están causadas por virus, bacterias, hongos y parásitos (Agnew and Barnes 2007, (Austin y Austin, 2007).

Durante los últimos 8 años, en investigaciones epizootiológicas por toda la región de Asia-Pacífico, África y América Latina, han encontrado cuatro enfermedades bacterianas de importancia, a saber: las causadas por *Streptococcus agalactiae*, *Streptococcus iniae*, *Flavobacterium columnare* y microorganismos parecidos a Rickettsias, identificada recientemente como *Francisella* spp. La estreptococosis es una de las infecciones más importantes que afectan a la tilapia y ha evolucionado de una “patología emergente” a una entidad verdadera, completamente identificada y bien establecida. Esta enfermedad se ha reportado en todo el mundo, afectando a más de 45 especies de peces en ambientes de agua dulce, agua de mar y estuarios en África, América, Asia, Australia y Europa. En el continente Americano, se han reportado casos en tilapia cultivada cuando menos en 12 países de Norte,

Centro y Sudamérica y el Caribe (Agnew and Barnes 2007, Austin y Austin, 2007, Shoemak and Klesius. 1997).

El género *Streptococcus* spp., pertenece al grupo B, los identificados como agentes patógenos para los peces incluyen: *S. agalactiae*, *S. iniae*, *S. dysgalactiae*, *S. milleri*, *S. ictaluri*, *S. parauberis*, *Enterococcus* sp., *E. seriolicida*, *Lactococcus* sp., *L. garviae*, *L. piscium*, *Vagococcus* sp., *V. salmoninarum*, *Corynebacterium piscícola*. En la actualidad *S. agalactiae* es un patógeno de los más prevalentes mundialmente en cultivos de peces de aguas cálidas, con serias repercusiones sanitarias y económicas (Bercovier et al., 1997 Bulushi et al., 2010) La Franciselosis es una enfermedad causada por diferentes especies del género *Francisella* Soto et al., (2009). Esta enfermedad ha sido diagnosticada en una amplia variedad de animales, incluyendo mamíferos, aves, reptiles, peces, crustáceos, moluscos y garrapatas (Müller et al., 2007, Birkbeck et al., 2011). El género *Francisella* corresponde a bacterias intracelulares facultativas, estrictamente anaerobias, pleomórficas, inmóviles, Gram negativas, que no producen esporas (Soto et al., 2009). Una de las especies más representativas de este género es *F. tularensis*, agente considerado potencialmente zoonótico y causante de Tularemia (Keim et al., 2007). El género *Fancisella* contiene cuatro especies reconocidas, *F. tularensis*, *F. philomiragia*, *F. hispaniensis* y *F. noatunensis* (Colquhoun and Duodu 2011, Leal and Tavares 2014). Esta bacteria ha sido implicada como causante de enfermedad en varias especies importantes de cultivo en la industria acuícola y ha sido reportada en Estados Unidos, Hawái, Taiwán, Japón, Noruega, Costa Rica, Brasil y Chile (Birkbeck et al., 2007, Hsieh et al., 2006, Soto et al., 2009, Mikalsen et al., 2007). En México se reporto Franciselosis en el 2014, en tilapias (*O. niloticus*) del estado de Morelos (Mancera et al., 2014). La Franciselosis puede presentarse tanto de forma aguda generando alta mortalidad y algunos signos clínicos, como de forma sub-aguda a crónica manifestando signología clínica no específica (Soto et al., 2009, Müller et al., 2007, Birkbeck et al., 2007, Hsieh et al., 2006, Ostland et al., 2006, Mikalsen et al., 2007, Mancera et al., 2014).

Objetivos

Descripción y caracterización de las lesiones producidas por dos agentes infecciosos bacterianos (*Streptococcus* spp., y *Francisella* spp.) que afectan a las tilapias (*Oreochromis niloticus*) en cultivo en México.

MATERIAL Y MÉTODOS

Estreptococosis

Se tomaron 250 tilapias de un cultivo intensivo de México con signología y lesiones características de la infección de estreptococosis durante el año 2014. Los peces enfermos fueron de 100 a 900 gramos, se sacrificaron con sobredosis de anestesia con tricaine methanesulfonate, inmediatamente después se realizaron las necropsias, para describir los hallazgos más importantes. Los órganos afectados con exudados fueron destinados para los siguientes estudios: citopatología: se realizaron improntas de: cerebro, bazo, corazón, hígado y riñón. Se fijaron con calor y se tiñeron con Gram³⁰. Las muestras con cocos positivo se se fijaron con formol al 10 % con pH 7.2, se cortaron y procesaron con la técnica histológica de rutina. Los cortes se realizaron con un grosor de 5 µm. La tinción fue hematoxilina-eosina (H-E) (Prophet et al., 1995) Se tomaron: cerebro, riñón anterior y bazo, se fijaron en alcohol absoluto y se procedió a la extracción de ADN. La técnica PCR múltiple (*Streptococcus agalactiae*, *S. iniae*, *Iridovirus*). Se utilizó un termociclador (tiempo-temperatura determinada) donde tuvo tres fases: la desnaturalización, hibridación y elongación con 20 a 35 ciclos, posteriormente se trabajo con electroforesis con gel de agarosa y se obtuvo el resultado de amplificación exponencial del fragmento de ADN. Se emplearon los genes 16S y 23S ARNr para la identificación de *Streptococcus agalactiae* y *S. iniae* (Prophet et al., 1995, Yang and Rothman 2004).

Franciselosis

Durante enero y febrero del 2015, se recibieron en el Laboratorio de Patología Animal de la Universidad de Colima, 50 juveniles de tilapia (*Oreochromis niloticus*) machos de una granja afectada. A los peces se les realizó un examen clínico-físico y después fueron sometidos a eutanasia por sobredosis de anestesia, utilizando Metanosulfonato de Tricaína a dosis de 250 mg/l de agua. Se realizaron las necropsias. Se realizó análisis en fresco e improntas de riñón anterior, posterior y bazo, se fijaron al calor y se tiñeron con Gram. Se tomaron tejidos afectados y se fijaron en etanol al 70%, las muestras fueron enviadas al Laboratorio MSD Animal Health Innovation Pte. Ltd. en Singapur para confirmar el diagnóstico por PCR³¹⁻³³. (Gibello et al., 2001, Yang and Rothman 2004). Además, se tomaron algunos de tejidos afectados y se fijaron en formalina al 10% con un pH de 7.2, se incluyeron en parafina y

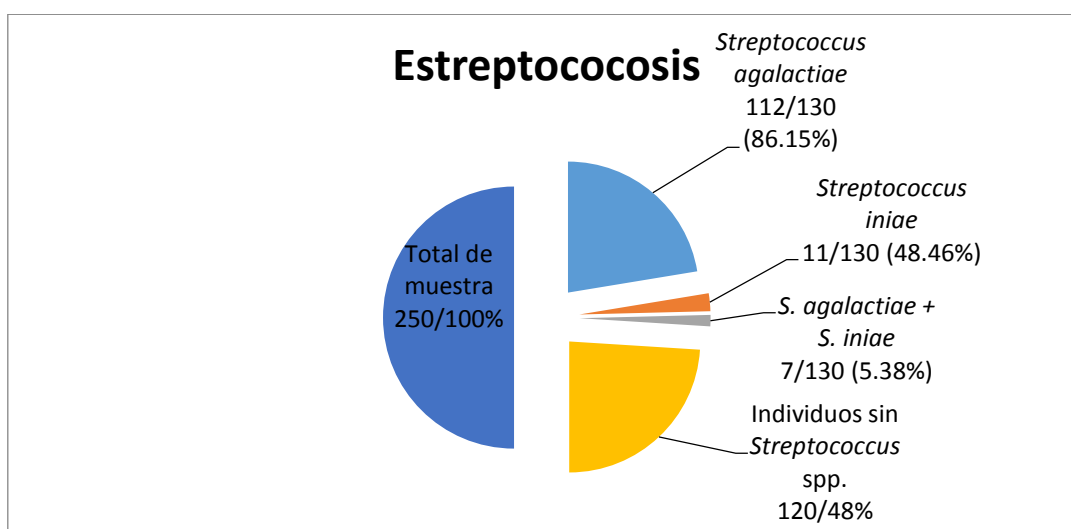
cortados a 5 µm de espesor, se tiñeron con Hematoxilina-Eosina, Gram, Ziehl–Neelsen (Prophet et al., 1995).

RESULTADOS

Estreptococosis

Se tomaron un total de 250 tilapias con signos característicos de estreptococosis, de las cuales 130/250 (52%) fueron positivos a *Streptococcus* spp., identificados por PCR, 120/250 (48%) resultaron negativos. En las tilapias positivas se identificaron las dos especies de *Streptococcus* se muestran en la gráficas 1. Las lesiones encontradas en los peces positivos a *Streptococcus* se muestra en el cuadro 1.

Gráfica 1. Tilapias positivas a *Streptococcus* y porcentajes por especie



Cuadro 2. Lesiones observadas en las tilapias positivas a *Streptococcus*

Órgano	Lesión Macroscópicas	Lesión Microscópicas	<i>S. agalactiae</i>	<i>S. inia</i>	<i>S. aga+inia</i>
Ojo	Exoftalmia Opacidad Anoftalmia	Panoftalmitis	√√√	√√√	√√√
Branquias	Hemorragia Palidez Necrosis	Branquitis mixta fibrinonecrótica	√	√	√
Músculo	Hemorragia Necrosis	Miositis fibrinosa Miositis granulomatosa	√	√	√
Corazón	Hemorragias Exudado fibrinoso Aumentado volumen	Pericarditis fibrinosa Pericarditis granulomatosa	√√√	√√√	√√√
Cerebro	Hemorragias Exudado fibrinoso	Meningitis fibrinosa Meningitis granulomatosa	√√√	√√√	√√√
Bazo	Hemorragias Necrosis Aumentado volumen	Esplenitis fibrinosa y granulomatosa	√√	√√	√√
Cavidad abdominal	Ascitis Exudado fibrinoso	Peritonitis fibrinosa Poliserositis	√√√	√√√	√√√

√= Poco frecuente √√= Frecuente √√√= Muy frecuente

Franciselosis

Anamnesis: El peso promedio de los peces afectados fue 45.54 ± 27.54 g, con un peso mínimo 7.63 g y uno máximo 115.38 g. Su longitud total promedio fue 12.4 ± 2.9 cm, con una longitud total mínima de 7.1 cm y una máxima de 19.1 cm. La temperatura promedio de los primeros 5 m de la columna de agua fue de 23.32 ± 0.92 °C, con un valor mínimo de 21.87 °C y un valor máximo de 25.13 °C. El oxígeno disuelto promedio de los primeros 5 m de la columna del agua fue de 7.33 ± 0.58 mg/l, con un valor mínimo de 5.94 mg/l y un valor máximo de 8.02 mg/l. Examen clínico: se presentó depresión grave, nado errático, desequilibrio y boqueo leve. Al examen físico se observó moco excesivo en piel y branquias, exoftalmia bilateral, palidez de piel y branquias, nódulos blancos distribuidos multifocalmente en las lamelas primarias y secundarias de las branquias de <2mm, hemorragias petequiales en piel y lepidortosis (edema bajo las escamas). Hallazgos en fresco: en el riñón anterior, posterior, hígado, branquias y bazo se apreciaron múltiples nódulos blancos, de 1-9 mm de diámetro, firmes, rodeados de una cápsula de tejido conjuntivo fibroso y un centro caseoso o lleno de líquido claro que en ocasiones contenía melanina. En las branquias fue frecuente encontrar parásitos *Trichodina* spp, *Gyrodactylus* spp, *Chilodonella* spp, y *Centrocestus* spp. Citología de Gram: en las improntas de los órganos se observaron abundantes bacterias cocobacilares Gram negativas. Hallazgos *post-mortem* macroscópicos: los hallazgos más relevantes fueron en bazo, riñón anterior, medio y posterior; pero también se observaron lesiones en branquias, hígado, estómago, intestino y corazón. La lesión en todos los órganos fue de tipo nodular con distribución variada desde (focal, difuso o generalizado, multifocal y coalescentes). Los nódulos fueron firmes con centro necrótico, algunos llenos de líquido transparente, el más pequeño mide de 1x1 mm y el más grande de 9x9 mm. Hallazgos microscópicos: los hallazgos más severos y relevantes fueron en: bazo, riñón anterior, medio y posterior. La lesión fue de tipo granulomatosa intersticial con distribución multifocal, algunos generalizada o difusa. PCR: la secuencia de ADN 16S de la bacteria obtenida demostró una secuencia alineada más estrechamente con los miembros del género *Francisella* spp., a partir de los tejidos de las tilapias *O. niloticus* infectadas naturalmente.

DISCUSIÓN

Estreptococosis

Las lesiones observadas macroscópicamente de congestión, hemorragias, y necrosis en los órganos, así como la presencia de exudado fibrinoso, corresponden a patologías con sepsis hemorrágica causada por bacterias con curso agudo y crónico, como lo mencionan varios autores (Rey et al., 2002, Noga 2010). La identificación de *Streptococcus* spp., y las lesiones encontradas son causadas por este tipo de patógeno, induciendo un curso agudo y crónico de la enfermedad, han sido descritas por varios autores (Miyazaki et al., 1984, Eldar and Ghittino 1999) quienes explican que los diferentes patrones de reacción histopatológica dependen al tipo de cepas de *Streptococcus* spp., las cepas alfa hemolíticas inducirán a la forma granulomatosa y las beta hemolíticas a la forma septicémica, observándose este mismo patrón en los muestreos realizados (Miyazaki et al., 1984, Eldar and Ghittino 1999).

Franciselosis

Francisella spp., ha sido implicada como causante de enfermedad en varios países: Estados Unidos, Hawái, Taiwán, Japón, Noruega, Costa Rica, Brasil, Chile y México (Birkbeck et al., 2007 Hsieh et al., 2006 Soto et al., 2009, Mikalsen et al., 2007, Mancera et al., 2014). Durante los brotes de Franciselosis en Tilapias se han reportado mortalidades de hasta el 90% de la población (Soto et al., 2009, Colquhoun and Duodu 2011, Mauel et al., 2005, Chern and Chao 1995). pero en este caso la tasa de mortalidad reportada fue menor (32%) a la reportada en Costa Rica (Soto et al., 2009) Los signos y lesiones originadas por la bacteria son muy inespecíficos como lo mencionan varios autores (Soto et al., 2009 Hsieh et al., 2006 Colquhoun and Duodu 2011, Ostland et al., 2006, Mauel et al., 2007, Mancera et al., 2014, Chern and Chao 1994) Las tilapias afectadas con la enfermedad estuvieron en un cultivo donde la temperatura promedio del agua fue de 23.32 ± 0.92 °C, en un rango de peso: 7.63-115.38 g., y la talla de 7.1-19.1 cm., en otros trabajos va de 6.5-9.0 cm de longitud y de 13-20 g de peso¹. Esto se debe al tipo de cultivo de la tilapia y la época del año. El peso promedio general de los peces afectados (45.54 g) se encontró dentro del rango descrito por algunos autores (Soto et al., 2009 Hsieh et al., 2006, Colquhoun and Duodu 2011, Chern and Chao 1994, Mauel et al., 2007), que va desde 13g hasta 90g, sin embargo en algunas ocasiones algunos individuos afectados tuvieron pesos menores (7.3 g) o mayores (115.3 g). La

temperatura promedio de la columna de agua fue similar a la descrita previamente (Mauel et al., 2005). Los signos clínicos, las lesiones, los hallazgos *postmortem* y el estudio histopatológico de las tilapias afectadas en México, son parecidas a las descritas en los cultivos de las tilapias (Soto, 2009., Hsieh et al., 2006· Mauel et al., 2007., Mancera et al., 2014). Las lesiones macroscópicas y microscópicas observadas en este estudio son consistentes con las descritas por otros autores previamente (Soto et al., 2009, Hsieh et al., 2006, Colquhoun and Duodu 2011, Ostland and 2006, Mauel et al., 2007, Mancera et al., 2014, Chern and Chao 1994). Fue muy frecuente la presencia de parasitosis branquial, tal como lo reportado en estudios anteriores (Hsieh et al., 2006, Mauel et al., 2007, Mancera et al., 2014). La confirmación de la bacteria por PCR, también ha sido identificada y caracterizada por otros autores (Soto 2009, Mauel et al., 2007, Hsieh et al., 2006).

CONCLUSIÓN

Se identificaron a las bacterias *Streptococcus agalactiae*, *S. iniae* y *Francisella* spp., causales de altas mortalidades en tilapias de México, mediante la historia clínica, examen físico, hallazgos *postmortem*, tinción de Gram, histopatología y análisis molecular. El conocimiento de estreptococosis y franciselosis es importante para la acuicultura mexicana, ya que es necesario implementar medidas de diagnóstico, tratamiento, prevención, control y vacunación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agnew W and Barnes AC. 2007. *Streptococcus iniae*: an aquatic pathogen of global veterinary significance and a challenging candidate for reliable vaccination. *Veterinary Microbiology*: 122:1-15.

Álvarez, T.P., F. Soto; Q.S. Aviles; L.C. Díaz y C.L. Treviño. (2012). Panorama de la investigación y su repercusión sobre la producción Acuícola en México. Secretaría de Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca-Instituto Nacional de la Pesca.30pp

Apún, J.P.; A.M.A Santamaría; A. Luna; A. Martínez y M. Rojas. (2009). Effect of potential probiotic bacteria on growth and survival of tilapia *Oreochromis niloticus* L., cultured in the laboratory under high density and suboptimum temperature, *Aquaculture Research*, 40(1): 887-894.

Austin, B., Austin, D.A., 2007. Bacterial Fish Pathogens. Diseases of Farmed and Wild Fish, 4th ed. Springer/Prazis Publishing, Chichester.

Bercovier H, Ghittino C and Eldar A. 1997. Immunization with bacterial antigens: infections with *Streptococcus* and related organisms. Fish Vaccinology. 90:153-160.

Birkbeck T.H., Bordevik M., Frøystad M.K. & Baklien A. (2007) Identification of *Francisella* sp. from Atlantic salmon, *Salmo salar* L., in Chile. Journal of Fish Diseases 30, 505–507.

Birkbeck T.H., Feist S.W., Verner-Jeffreys D.W. 2011. *Francisella* infections in fish and shellfish. Journal of Fish Diseases. 34(3):173-187.

Boomker, J.; Imes, G.D.Jr.; Cameron, C. M.; Naude, T.W., and Schoonbee, H.J. 1979. Trout mortalities as a result of *Streptococcus* infection. J. Vet. Res, 46: 71-77.

Bowser, P.R.; Wooster, G.A.; Getchell, R.G., and Timmons, M.B. 1998. *Streptococcus iniae* infection of tilapia *Oreochromis niloticus* in a recirculation production facility. J. World Aqua. Soc., 3: 335-339.

Bulushi, I., Poole, S., Barlow, R., Deeth H., and Dykes G. 2010. Speciation of Gram-positive bacteria in fresh and ambient-stored sub-tropical marine fish. International Journal of Food Microbiology 138: 32–38.

Chern R.S., Chao C.B. 1994. Outbreaks of a disease caused by Rickettsia-like organism in cultured tilapias in Taiwan. Fish Pathol 29:61-71.

Colquhoun D.J., Duodu S. 2011. *Francisella* infections in farmed and wild aquatic organisms. Veterinary Research. 42:47.

Conroy, 2007 Conroy, G. and Conroy A. D. 2007. Importantes enfermedades infecciosas y parasitarias de tilapias cultivadas. Shering-Plough.

Cunningham CO. 2002. Molecular diagnosis of fish and shellfish diseases: present status and potential use in disease control. Aquaculture 206: 19-55.

Eldar, A. and Ghittino, C. 1999. *Lactococcus garviae* and *Streptococcus iniae* infections in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*: similar, but different diseases. Dis. Aquat. Org., 36: 227-231.

Gibello A, Blanco M, Domínguez L y Fernández-Garayzábal J. 2001. Utilización de la PCR para el diagnóstico en ictiopatología. Revista AquaTIC. N

Hsieh C.Y., Tung M.C., Tu C., Chang C.D. & Tsai S.S. (2006) Enzootics of visceral granulomas associated with *Francisella*-like organism infection in tilapia (*Oreochromis* spp.). *Aquaculture* 254, 129–138.

Kamaishi, T., Y. Fukuda, M. Nishiyama, H. Kawakami, T. Matsuyama, T. Yoshinaga, and N. Oseko. 2005. Identification and pathogenicity of intracellular *Francisella* bacterium in three-line grunt *Parapristipoma trilineatum*. *Fish Pathology* 40:67–71.

Keim P., Johansson A. & Wagner D.M. (2007) Molecular epidemiology, evolution, and ecology of *Francisella*. *Annals of the New York Academy of Sciences* 1105, 30–66.

Leal C.A.G., Tavares G.C., Figueiredo H.C.P. 2014. Outbreaks and genetic diversity of *Francisella noatunensis* subsp *orientalis* isolated from farm-raised Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) in Brazil. *Genetics and Molecular Research*. 13(3): 5704-5712.

Mancera C.G., Arguedas C.D., Valladares C.B., Vega C.F., Martínez C.S., Ortega S.C. 2014. Francisellosis en Tilapias (*Oreochromis* spp) del Centro de México. XXIII Congreso Nacional de Patología Veterinaria.

Mata A.I., Gibello A., Casamayor A., Blanco M., Domínguez L. and Garayzábal F. 2004. Multiplex PCR assay for detection of bacterial pathogens associated with warm-water streptococcosis in fish. *App. Environ. Microbiol.* 70: 3183-3187.

Mauel M.J., Miller D.L., Styer E., Pouder D.B., Yanong R.P., Goodwin A.E., Schwedler T.E. 2005. Occurrence of Piscirickettsiosis-like syndrome in tilapia in the continental United States. *J Vet Diagn Invest.* 17(6):601-5.

Mauel, M. J., E. Soto, J. A. Morales, and J. Hawke. 2007. A piscirickettsiosis-like syndrome in cultured Nile tilapia in Latin America with *Francisella* spp. as the pathogenic agent. *Journal of Aquatic Animal Health* 19:27–34.

Michel, C.; Nougayrède, P.; Eldar, A.; Sochon, E., and Kinkelin, de P. 1997. *Vagococcus salmoninarum*, a bacterium of pathological significance in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* farming. *Dis. Aquat. Org.*, 30: 199-208.

Mikalsen, J., A. B. Olsen, T. Tengs, and D. J. Colquhoun. 2007. *Francisella philomiragia* subsp *noatunensis* subsp nov., isolated from farmed Atlantic cod (*Gadus morhua* L.). *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* 57:1960–1965.

Miyazaki, T., Kubota, Saburoh S., Kaige, Noboru; Miyashita, Toshio. 1984. A histopathological study of Streptococcal disease in Tilapia. Journal Fish pathology. Mie University Scholarly E-collections. 167-172.

Müller W., Bocklisch H., Schüler G., Hotzel H., Neubauer H. & Otto P. 2007. Detection of *Francisella tularensis* subsp. *holarctica* in a European brown hare (*Lepus europaeus*) in Thuringia, Germany. Veterinary Microbiology 123, 225–229.

Noga, 2010 Noga, E. 2010. Fish disease, diagnosis and treatment. 2nd Ed. Wiley-Blackwell. Iowa, EUA

Ostland, V. E., J. A. Stannard, J. J. Creek, R. P. Hedrick, H. W. Ferguson, J. M. Carlberg, and M. E. Westerman. 2006. Aquatic *Francisella*-like bacterium associated with mortality of intensively cultured hybrid striped bass *Morone chrysops* 3 *M. saxatilis*. Diseases of Aquatic Organisms 72:135–145.

Perera, R.; Johnson, S., and Lewis, D. 1997. Epizootiological aspects of *Streptococcus iniae* affecting tilapia in Texas. Aquaculture, 152: 25-33.

Prophet, E.B., Mills, B., Arrington, J.B., Sobin, L.H. 1995 Métodos histotecnológicos. Instituto de Patología de las Fuerzas Armadas de los Estados Unidos de América. (AFIP) Washington, D.C.

Rey, 2002 Rey, Alba L., Iregui C. A., Verján J. 2002. Diagnóstico clínico patológico de brotes de enfermedad en tilapia roja (*Oreochromis spp.*). Rev. Med. Vet. Zoot. 49, 13 -21.

Scoles G.A. 2004. Phylogenetic analysis of the *Francisella*-like endosymbionts of Dermacentor ticks. Journal of Medical Entomology 41, 277–286.

Shoemaker, C. and P. Klesius. 1997. Streptococcal disease problems and control: a review. En: Tilapia Aquaculture Vol.2, K.Fitzsimmons. Northeast Regional Agricultural Engineering Service, Ithaca, NY. 671-682

Soto E., Fernandez D., Hawke JP. 2009. Attenuation of the Fish Pathogen *Francisella* sp. by Mutation of the *iglC** Gene.

Soto E., Hawke J.P., Fernandez D., Morales J.A. 2009. *Francisella* sp., an emerging pathogen of tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.), in Costa Rica.

Tilapia: The World's Most Popular Fish June 2, 2005.<http://www.intrafish.no/global/industryreports/article35951.ece>.

Yang S and Rothman R.E. 2004. Review: PCR-based diagnostics for infectious diseases: uses, limitations, and future applications in acute-care settings. *Lancet Infect Dis* 4: 337–48.

Yang W. and Li A. 2009. Isolation and characterization of *Streptococcus dysgalactiae* from diseased *Acipenser schrenckii*. *Aquaculture* 294: 14–17.

Yelaine AM., 2009: Análisis de las Mortalidades en los Cultivos intensivos 2007 y 2008. Informe Grupo Corporativo INDIPES.

ENFERMEDADES DEL REZAGO POR PARÁSITOS EN CHIAPAS

Güiris Andrade, Darío Marcelino; Pérez Escobar, María Elia; Martínez Figueroa, Laura.

Laboratorio en Materia Zoosanitaria: Microbiología y diagnóstico molecular, Parásito / Simbionte-Comensal, Serología. Proyecto: Estudios biomédicos y de sanidad en fauna (doméstica, cautiva y silvestre) del Estado de Chiapas, México. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Chiapas. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. Carretera Tuxtla Gtz.(Terán) – Emiliano Zapata Km. 8.5. dmguiris@gmail.com

INTRODUCCIÓN

Enfermedad del rezago o de pobreza, identifica a sectores de la población marginada a sobrevivir en condiciones infrahumanas por diversos factores sociales que día a día se agudizan, haciendo que otros sectores de la población urbana se vean implicados y esto conlleve a que agentes parasíticos: Bacterias, virus, hongos, helmintos (nemátodos, céstodos, tremátodos), artrópodos (insectos, arácnidos), se difundan y transmitan a estos sectores nuevas enfermedades. Esto incrementa las tasas de morbilidad, mortalidad (infantil y mujeres más afectada, discapacidades) y tasas de prevalencia e incidencia acumulada. Es importante destacar que la migración de personas es un factor de riesgo epidemiológico durante su migración o establecimiento en el estado o en nuestro país. Lo que incrementa los índices de pobreza, ruralización y transformación de áreas urbanas en periurbanas (tenencia de la tierra, desforestación, monocultivos de autoconsumo, incremento de perros y gatos ferales, aves de traspatio, fecalismo al aire libre, *etc.*), invasión de predios sin servicios públicos (particulares, parques nacionales, áreas naturales protegidas, reservas de la biosfera, *etc.*). Lo que incrementa el desempleo y afecte la economía local, índices de delincuencia alcoholismo, drogadicción, narcomenudeo, analfabetismo, inequidad de géneros e infantil, hambre, impacto ecológico (desforestación, quema, erosión, contaminación, *etc.*). Es importante destacar que el migrante rural nacional o extranjero puede actuar como un reservorio de la enfermedad o ser un vector mecánico al portar agentes parasíticos al difundirlos en nuevas áreas biogeográficas, aunado al endemismo de algunas enfermedades que ya existen en Chiapas, México.

Enfermedad Neotropical del Rezago por Parásitos

El comportamiento epidemiológico y biogeográfico de agentes parasíticos-huésped (animal y humano) y enfermedad, tienen diferente manifestación clínica (curso, cuadro clínico, transmisión, vectores, reservorios, etc.). Dado a que flora (tipo de vegetación), fauna, clima, coordenadas biogeográficas están influenciados por su ecozona terrestre, es decir que el comportamiento epidemiológico de una enfermedad es diferente en el Neártico (climas templados) al Neotrópico (clima cálido). A continuación se presentan una serie de cuadros sinópticos de una base de datos que se generó durante más de 25 años en donde se han identificado que agentes parasíticos neotropicales en Chiapas están ocasionando parasitosis en fauna doméstica, fauna silvestre (cautiva y silvestre) y riesgos a la salud humana (zoonosis). El componente Taxonómico del huésped incluye fauna silvestre endémica neotropical (cautiva y silvestre), fauna exótica doméstica (bóvido: Vaca. Félido: León, etc.), y sus efectos patogénicos en el Humano y animales.

HELMINTIASIS POR NEMÁTODOS

Clase: <i>Nematoda</i>	
Orden: <i>Ascaridida</i>	
Familia: <i>Ascarididae</i>	
Taxón del huésped	Patogenicidad / Espectro de enfermedad / infestación
Canidae: Perro (<i>Canis lupus familiaris</i>)	<i>Toxocara canis</i>. Larva migratoria: Geohelminto. Ocular, neural, visceral. <u>Enteropatías:</u> Enteritis, infestación, ISB, intususcepción, hepatitis, obstrucción, perforación, peritonitis, ulceración. <u>Neumopatías:</u> Traqueítis, bronquitis, asma bronquial, neumonía. <u>Neuropatías:</u> Embolismo, epilepsia, neuritis, cambios de comportamiento (agresividad). ZOONOSIS. Tasa Prevalencia global estimada: n= 400.0 (24.0%) en perro de vía pública (Pérez <i>et al.</i> , 2009; Cruz <i>et al.</i> , 2011; Güiris, 2016; Güiris, 2017).
Coyote (<i>Canis latrans</i>)	<i>Toxocara canis</i>. Larva migratoria: Ocular, neural, visceral. <u>Enteropatías:</u> Enteritis, infestación, ISB, intususcepción, hepatitis, obstrucción, perforación, peritonitis, ulceración. <u>Neumopatías:</u> Traqueítis, bronquitis, asma bronquial, neumonía. <u>Neuropatías:</u> Embolismo, epilepsia, neuritis, cambios de comportamiento (agresividad). ZOONOSIS

Felidae: Gato (<i>Felis silvestris catus</i>)	<i>Toxocara cati</i>. Larva migratoria: Ocular, neural, visceral. <u>Enteropatías:</u> Enteritis, infestación, ISB, intususcepción, hepatitis, obstrucción, perforación, peritonitis, ulceración, vólvulo. <u>Neumopatías:</u> Traqueítis, bronquitis, neumonía. <u>Neuropatías:</u> Embolismo, epilepsia, neuritis, cambios de comportamiento (agresividad). ZOONOSIS. Tasa Prevalencia global estimada: n= 83. 6.0% en gato feral y en perro de vía pública 13.0%. (Pérez <i>et al.</i>, 2009; Güiris, 2016; Güiris, 2017).
	<i>Toxocara canis</i>. Larva migratoria: Ocular, neural, visceral. <u>Enteropatías:</u> Enteritis, infestación, ISB, intususcepción, hepatitis, obstrucción, perforación, peritonitis, ulceración. <u>Neumopatías:</u> Traqueítis, bronquitis, asma bronquial, neumonía. <u>Neuropatías:</u> Embolismo, epilepsia, neuritis, cambios de comportamiento (agresividad). ZOONOSIS. Tasa Prevalencia global estimada: n= 83. 6.0% en gato feral y en perro de vía pública 24.0% (Pérez <i>et al.</i>, 2009; Güiris, 2016; Güiris, 2017).
	<i>Lagochilascaris minor</i>. Larva migratoria: Ocular, neural, visceral). <u>Dermatopatías:</u> Abscesos, dermatitis severa. <u>Enteropatías:</u> Enteritis, infestación severa, ISB, hepatitis, obstrucción. <u>Neumopatías:</u> Traqueítis, bronquitis, neumonía. <u>Neuropatías:</u> Embolismo, neuritis, cambios de comportamiento (agresividad). ZOONOSIS. Tasa Prevalencia global estimada: n= 83. 2.4% en gato feral (Güiris, 2016; Güiris, 2017).

Clase: Nematoda	
Orden: Ascaridida	
Familia: Ascarididae	
Taxón del	Patogenicidad / Espectro de enfermedad / infestación
Jaguar (<i>Panthera onca</i>)	<i>Toxascaris leonina</i>. Larva migratoria: Ocular, neural, visceral. Abscesos. <u>Enteropatías:</u> Enteritis, infestación severa, ISB, hepatitis, obstrucción, perforación. <u>Neumopatías:</u> Traqueítis, bronquitis, neumonía. <u>Neuropatías:</u> Embolismo, epilepsia, neuritis, cambios de comportamiento (agresividad). ZOONOSIS. Tasa Prevalencia global estimada: Jaguar silvestre 12.5%. Presencia del parásito en Jaguar cautivo (Güiris, 2016; Güiris, 2017).

	<i>Toxocara canis</i>. Larva migratoria: Ocular, neural, visceral. <u>Enteropatías:</u> Enteritis, infestación, ISB, intususcepción, hepatitis, obstrucción, perforación, peritonitis, ulceración. <u>Neumopatías:</u> Traqueítis, bronquitis, asma bronquial, neumonía. <u>Neuropatías:</u> Embolismo, epilepsia, neuritis, cambios de comportamiento (agresividad). ZOONOSIS. Presencia del parásito en Jaguar de vida silvestre y cautivo (Güiris, 2017). <i>Toxocara cati</i>. Larva migratoria: Ocular, neural, visceral. Abscesos. <u>Enteropatías:</u> Enteritis, infestación, ISB, intususcepción, hepatitis, obstrucción, perforación, peritonitis, ulceración, vólvulo. <u>Neumopatías:</u> Traqueítis, bronquitis, neumonía. <u>Neuropatías:</u> Embolismo, epilepsia, neuritis, cambios de comportamiento (agresividad). ZOONOSIS. Tasa Prevalencia global estimada: Jaguar silvestre 62.5% (Güiris, 2016; Güiris, 2017).
Lince (<i>Lynx rufus</i>)	<i>Toxocara cati</i>. Larva migratoria: Ocular, neural, visceral. Abscesos. <u>Enteropatías:</u> Enteritis, infestación, ISB, intususcepción, hepatitis, obstrucción, perforación, peritonitis, ulceración, vólvulo. <u>Neumopatías:</u> Traqueítis, bronquitis, neumonía. <u>Neuropatías:</u> Embolismo, epilepsia, neuritis, cambios de comportamiento (agresividad). ZOONOSIS. Tasa Prevalencia global estimada: Lince cautivo 50.0% (Güiris, 2016; Güiris, 2017).
Leoncillo / Onza (<i>Puma yagouaroundi</i>)	<i>Toxocara cati</i>. Larva migratoria: Ocular, neural, visceral. Abscesos. <u>Enteropatías:</u> Enteritis, infestación, ISB, intususcepción, hepatitis, obstrucción, perforación, peritonitis, ulceración, vólvulo. <u>Neumopatías:</u> Traqueítis, bronquitis, neumonía. <u>Neuropatías:</u> Embolismo, epilepsia, neuritis, cambios de comportamiento (agresividad). ZOONOSIS. Presencia del parásito en Leoncillo cautivo (Güiris, 2016; Güiris, 2017).
León (<i>Panthera leo</i>)	<i>Toxocara cati</i>. ZOONOSIS. Presencia del parásito en León de circo (Güiris, 2017).

Clase: Nematoda	
Orden: Ascaridida	
Familia: Ascarididae	
Taxón del huésped	Patogenicidad / Espectro de enfermedad / infestación
Ocelote (<i>Leopardus pardalis</i>)	<i>Lagochilascaris minor</i>. Larva migratoria: Ocular, neural, visceral). <u>Dermatopatías:</u> Dermatitis severa. <u>Enteropatías:</u> Enteritis, infestación, ISB, hepatitis, obstrucción. <u>Neumopatías:</u> Traqueítis, bronquitis, neumonía. <u>Neuropatías:</u> Embolismo, neuritis, cambios de comportamiento (agresividad). ZOONOSIS. Presencia del parásito en ocelote silvestre (Güiris,

Puma (<i>Puma concolor</i>)	<i>Toxocara cati</i>. Geohelminto. <u>Larva migratoria:</u> Ocular, neural, visceral. <u>Enteropatías:</u> Enteritis, infestación, ISB, intususcepción, hepatitis, obstrucción, pancreatitis, perforación, peritonitis, ulceración, vólvulo. <u>Neumopatías:</u> Traqueítis, bronquitis, Neumonía. <u>Neuropatías:</u> Embolismo, epilepsia, neuritis, cambios de comportamiento (agresividad). ZOONOSIS. Tasa Prevalencia global estimada: Puma silvestre 46.1% (Güiris, 2016; Güiris, 2017). <i>Toxascaris leonina.</i> <u>Larva migratoria:</u> Ocular, neural, visceral. <u>Enteropatías:</u> Enteritis, infestación severa, ISB, hepatitis, obstrucción, perforación. <u>Neumopatías:</u> Traqueítis, bronquitis, neumonía. <u>Neuropatías:</u> Embolismo, epilepsia, neuritis, cambios de comportamiento (agresividad). ZOONOSIS. Tasa Prevalencia global estimada: Puma silvestre 12.5%. Presencia en puma cautivo (Güiris, 2016; Güiris, 2017).
Tigrillo (<i>Leopardus wiedii</i>)	<i>Toxocara cati.</i> <u>Larva migratoria:</u> Ocular, neural, visceral. Abscesos. <u>Enteropatías:</u> Enteritis, infestación, ISB, intususcepción, hepatitis, obstrucción, pancreatitis, perforación, peritonitis, ulceración, vólvulo. <u>Neumopatías:</u> Traqueítis, bronquitis, Neumonía. <u>Neuropatías:</u> Embolismo, epilepsia, neuritis, cambios de comportamiento (agresividad). ZOONOSIS. Presencia del parásito en Tigrillo cautivo (Güiris, 2016; Güiris, 2017).
Hominidae: Humano (<i>Homo sapiens</i>)	<i>Ascaris lumbricoides.</i> Abscesos. <u>Enteropatías:</u> Apendicitis, enteritis, infestación, ISB, intususcepción, hepatitis, obstrucción, pancreatitis, perforación, peritonitis, ulceración, vólvulo. <u>Neumopatías:</u> Traqueítis, bronquitis, asma bronquial, neumonitis (Síndrome de Loeffler's), neumonía. <i>Ascaris</i> spp. adulto, produjo un efecto mecánico obstructivo en tráquea y muerte en mujer indígena (Güiris, 2017). <u>Neuropatías:</u> Embolismo, epilepsia, neuritis. Migración larvaria errática: Conducto biliar, hepático, bronquios, peritoneo, parénquima pancreático. PARASITO.

Clase: Nematoda	
Orden: Ascaridida	
Familia: Ascarididae	
Taxón del huésped	Patogenicidad / Espectro de enfermedad /
Procyonidae: Mapache (<i>Procyon lotor</i>)	<i>Baylisascaris procyonis</i>. Larva migratoria: neural, visceral y ocular. Neuropatías: Embolismo, epilepsia, neuritis. ZOONOSIS.
Tayassuidae: Pecarí de collar (<i>Pecari tajacu</i>)	<i>Ascaris suum</i>. Larva migratoria: Ocular, neural, visceral. Enteropatías: Enteritis, infestación, ISB, intususcepción, hepatitis, obstrucción, perforación, peritonitis, ulceración, vólvulo. Neumopatías: Traqueítis, bronquitis, Neumonía. Neuropatías: Embolismo, epilepsia, neuritis. ZOONOSIS (Güiris, 2017).
Pecari de labios blancos (<i>Tayassu pecari</i>)	<i>Ascaris suum</i>. (Güiris <i>et al.</i> , 1997).
Suidae: Cerdo (<i>Sus scrofa</i>)	<i>Ascaris suum</i>. Geohelminto. Larva migratoria: Ocular, neural, visceral. Enteropatías. Enteritis catarral, infestación severa, ISB, hepatitis, obstrucción, perforación, peritonitis, ulceración. Neumopatías. Traqueítis, bronquitis, asma bronquial, neumonitis (Síndrome de Loeffler's), neumonía. Neuropatías. Embolismo, epilepsia, neuritis. En humanos puede provocar encefalopatías (CFSPH, 2007). <i>Ascaris</i> spp. Adulto, produjo un efecto mecánico obstructivo en tráquea y muerte en mujer indígena (Güiris, 2017). Migración larvaria errática. Conducto biliar hepático, bronquios, peritoneo, parénquima pancreático. ZOONOSIS (Larva migrans visceral en hígado y pulmones de humanos, ocasionando neumonías, pseudotumores y lesiones hepáticas (CFSPH, 2007).

Clase: Nematoda	
Orden: Rhabditina	
Familia: Strongyloididae	
Taxón del huésped	Patogenicidad / Espectro de enfermedad /
Canidae: Perro (<i>Canis lupus familiaris</i>)	<i>Strongyloides stercoralis</i>. Geohelminto. Acción patogénica por Larva (<i>Larva currens</i> = <i>Larva migrans cutánea</i>): Cuadro clínico, puede ser subclínico o clínico con curso crónico. <u>Expoliatriz (sustractora)</u>. Histofaga. <u>Mecánica obstructiva</u>. Larva migratoria que produce efecto de presión tisular y subsecuente necrosis. <u>Traumática irritativa</u>. Durante la migración provocan daño tisular y se desarrolla el proceso inflamatorio. <u>Antigénica</u>. Inmunidad por cambio de mudas. <u>Tóxica</u>. Productos del metabolismo del parásito. <u>Inmunopatológica</u>. Alergia (Güiris, 2017). Dermatopatía: Abscesos, alopecia, prurito, Pododermatitis. Enteropatías: Anorexia, diarrea, diarrea sanguinolenta, dolor abdominal, vómito. Neumopatías: Sinergismo (Co-infestación-infección) por SB produciendo tos, bronconeumonía (Cordero del Campiño <i>et al.</i>, 1999). Tasa Prevalencia global estimada: <i>Strongyloides</i> sp. en perro de vía pública n= 400.0 (7.0%) (Pérez <i>et al.</i>, 2009; Güiris, 2016; Güiris, 2017).
Felidae: Gato (<i>Felis silvestris catus</i>)	<i>Strongyloides stercoralis</i>. Geohelminto. Acción patogénica por Larva (<i>Larva currens</i> = <i>Larva migrans cutánea</i>): Cuadro clínico, puede ser subclínico con curso crónico. <u>Expoliatriz (sustractora)</u>. Histofaga. <u>Mecánica obstructiva</u>. Larva migratoria que produce efecto de presión tisular y subsecuente necrosis. <u>Traumática irritativa</u>. Durante la migración provocan daño tisular y se desarrolla el proceso inflamatorio. <u>Antigénica</u>. Inmunidad por cambio de mudas. <u>Tóxica</u>. Productos del metabolismo del parásito. <u>Inmunopatológica</u>. Alergia (Güiris, 2017). Dermatopatías: Abscesos, pododermatitis. Enteropatías: Infestación severa, sinergismo (Co-infestación-infección) por sinergismo bacteriano (SB) que pudiera producir diarrea. Neumopatías: Sinergismo (Co-infestación-infección) por SB provocando bronconeumonía. Tasa Prevalencia global estimada: <i>Strongyloides</i> sp. se observa la presencia de huevos en excretas de gato feral (Güiris, 2016; Güiris, 2017).

Clase: Nematoda	
Orden: Rhabditina	
Familia: Strongyloididae	
Taxón del huésped	Patogenicidad / Espectro de enfermedad / infestación
Felidae: Jaguar (<i>Panthera onca</i>)	<i>Strongyloides</i> sp. Tasa Prevalencia global estimada: 50.0%. Se observa la presencia de huevos en excretas de Jaguar cautivo y en silvestre 75.0% (Güiris, 2016; Güiris, 2017).
Lince (<i>Lynx rufus</i>)	<i>Strongyloides</i> sp. Tasa Prevalencia global estimada: 60.0%. Se observa la presencia de huevos en excretas de Lince cautivo (Güiris, 2016; Güiris, 2017).
Leoncillo / Onza (<i>Puma yagouaroundi</i>)	<i>Strongyloides</i> sp. Tasa Prevalencia global estimada: 50.0%. Se observa la presencia de huevos en excretas de Leoncillo cautivo (Güiris, 2016; Güiris, 2017).
Puma (<i>Puma concolor</i>)	<i>Strongyloides</i> sp. Tasa Prevalencia global estimada: 33.0%. Se observa la presencia de huevos en excretas de Puma cautivo y en de vida libre 41.7% (Güiris, 2016; Güiris, 2017).
Tigrillo (<i>Leopardus wiedii</i>)	<i>Strongyloides</i> sp. Tasa Prevalencia global estimada: 33.3%. Se observa la presencia de huevos en excretas de Tigrillo cautivo (Güiris, 2016; Güiris, 2017).
Hominidae: Humano (<i>Homo sapiens</i>)	<i>Strongyloides stercoralis</i>. Geohelminto. Acción patogénica por Larva. Cuadro clínico, puede ser subclínico o clínico con curso subagudo o crónico. <u>Expoliatriz (sustractora)</u> . Histofaga, provocando dermatitis y lesiones (abdomen, tórax, extremidades inferiores) de pápula, eritema, edema y pruriginosos indurados elevados (<i>Larva currens</i> = Larva migrans cutánea). <u>Mecánica obstructiva</u> . Larva migratoria que produce efecto de presión tisular y subsecuente necrosis. <u>Traumática irritativa</u> . Durante la migración provocan daño tisular y se desarrolla el proceso inflamatorio. <u>Antigénica</u> . Inmunidad por cambio de mudas. <u>Tóxica</u> . Productos del metabolismo del parásito. <u>Inmunopatológica</u> . Alergia. <i>Larva migrans visceral</i> , neural (encefalopatía, enteropatía, neumopatía, neumonía eosinofílica (síndrome de Loeffler) disnea, dolor torácico, hemoptisis, hiperpnea, tos, sibilancias), cutánea Dermatopatía (CFSPH, 2007).

Clase: <i>Nematoda</i>	
Orden: <i>Rhabditina</i>	
Familia: <i>Strongyloididae</i>	
Taxón del huésped	Patogenicidad / Espectro de enfermedad /
Hominidae: Humano (<i>Homo sapiens</i>)	<i>Strongyloides stercoralis</i>. Acción patogénica por Adulto. Abscesos, anemia, emaciación, bruxismo. <u>Enteropatías:</u> Apendicitis, colitis pseudomembranosa, enteritis, enteritis hemorrágica, infestación, sinergismo (Co-infestación-infección) por SB por <i>Enterococcus faecalis</i>, <i>Escherichia coli</i>, <i>Proteus vulgaris</i>), intususcepción, hepatitis, íleo paralítico, náusea, obstrucción, pancreatitis, perforación visceral, peritonitis, proctitis, síndrome de mala absorción, úlcera péptica, vólvulo, vómito. <u>Neumopatías:</u> sinergismo (Co-infestación-infección) por SB por <i>Klebsiella pneumoniae</i>, <i>Pseudomonas sp</i>, <i>Streptococcus pneumoniae</i>). Traqueítis, bronquitis, asma bronquial, neumonitis (Síndrome de Löeffler's), neumonía. <u>Neuropatías:</u> Embolismo, epilepsia, neuritis, dificultad del aprendizaje, alteraciones de comportamiento. Migración larvaria errática: Conducto biliar / hepático. Bronquios / peritoneo, parénquima pancreático. PARASITO (Arango, 1998; Agrawal <i>et al.</i>, 2009; Pichard, D.C. <i>et al.</i>, 2014; Mohamed, R. <i>et al.</i>, 2016).

Clase: <i>Nematoda</i>	
Orden: <i>Oxyurida</i>	
Familia: <i>Oxyuridae</i>	
Taxón del huésped	Patogenicidad / Espectro de enfermedad / infección
Atelidae: Mono Araña (<i>Ateles geoffroyi</i>)	<i>Enterobius vermicularis</i>. Diarrea, colitis, flatulencia, emaciación, vómito (Güiris, 2017).
Hominidae: Humano (<i>Homo sapiens</i>)	<i>Enterobius vermicularis</i>. <u>Dermatopatías:</u> Dermatitis prurito anal, insomnio, fatiga, sinergismo bacteriano (SB). <u>Enteropatías:</u> Colitis, enteritis, infestación severa, dolor abdominal, tiflitis-colitis, náusea, SB, vómito. <u>Transmisión:</u> Ingestión de huevo (fecal-oral). Transferencia de sitio en adulto (Infestación genital o uretral): Hembra adulta se transfiere ano-vagina o ano vagina uretra, y migra por útero y trompas en donde se enquistas para formar un granuloma con el parásito, provocando peritonitis en los sitios donde se formó un quiste-granuloma (Heyman, 2008; Kimberlin, 2015). <u>Sinergismo Nemátodo-Protozoo:</u> Interrelación entre organismos que incrementa la patogenicidad y daño tisular por <i>Dientamoeba fragilis</i> (Familia: <i>Dientamoebidae</i>). Diarrea, diarrea verde amarillenta, cólico, heces blandas con moco o sangre, flatulencia, náusea vómito. Apendicitis supurada, apendicitis catarral, peri-apendicitis aguda. <u>Portadores y vector “in ovo”:</u> Babuinos, borrego, cerdo, gorila, macacos, mono aullador ecuatoriano. “in ovo” se encuentra el protozoo y se transfiere oro-fecal al huésped (Stark <i>et al.</i> , 2016). PARASITO.

Clase: <i>Nematoda</i>	
Orden: <i>Spirurida</i>	
Familia: <i>Onchocercidae</i>	
Taxón del huésped	Patogenicidad / Espectro de enfermedad / infestación
Canidae: Perro (<i>Canis lupus familiaris</i>)	<i>Dirofilaria immitis</i>. Anemia, apatía, ascitis con efusión pleural, intolerancia al ejercicio, pérdida de masa muscular (caquexia cardíaca) (Miller, 1999; Kittleson y Kienle, 2000; Polizopoulou y col., 2000). <u>Angiocardiopatía:</u> Parasitosis en aurícula y ventrículo derecho hasta vena cava o arterias pulmonares (Rawlings y Calvert, 1997; Bowman y Lynn, 1999). Arteritis, aneurismas, hemolisis, trombo-embolismo (Güiris, 2017). Migración larvaria: Las microfilarias migran intravascular o extravascularmente. Pueden pasar de la madre al feto vía transplacentaria o por transfusión sanguínea y no llegan a transformarse en adultos (Gómez y col., 1999; Todd y Howland, 1983). Acción patogénica por larva: <u>Expoliatriz</u> (sustractora). Hematófaga. <u>Mecánica obstructiva</u>. Trombo-embolismo. <u>Traumática irritativa</u>. Durante la migración provocan daño tisular y se desarrolla el proceso inflamatorio. <u>Toxica</u>. Productos del metabolismo del parásito provocan la liberación de sustancias vaso activas que resultan en vasoconstricción e hipoxia. <u>Inmunopatológica</u>. Larvas provocan daño vascular con eosinofilia y coagulación intravascular diseminada. Tasa Prevalencia global estimada: Perro de vía pública en Tuxtla Gutiérrez n= 300.0 (10.0%) (Güiris, 2017).
Felidae: Gato (<i>Felis silvestris catus</i>)	<i>Dirofilaria immitis</i>. Síndrome del gusano de corazón asociado a enfermedad respiratoria, lo que provoca falla cardíaca, efusión pleural o ascitis. Esto produce anorexia, ataxia, choque, disnea, demencia, diarrea, hemoptisis, intolerancia al ejercicio, salivación, taquicardia, tos, vómito. <u>Curso clínico:</u> Hiper-agudo, agudo, crónico (Hoch and Strickland, 2008).
Hominidae: Humano (<i>Homo sapiens</i>)	<i>Dirofilaria immitis</i>. <u>Dermatopatías:</u> Nódulo subcutáneo con hembra inmadura y desarrollo de un absceso (CDC, 2013). <u>Neumopatías:</u> Nódulos pulmonares. <u>Cardiopatías:</u> parasitosis en aurícula y ventrículo derecho hasta vena cava o arterias pulmonares (Rawlings y Calvert, 1997; Bowman y Lynn, 1999).

Clase: Nematoda	
Orden: Strongylida	
Familia: Trichostrongylidae	
Taxón del huésped	Patogenicidad / Espectro de enfermedad /
Bovidae: Borrego (<i>Ovis orientalis aries</i>)	<i>Trichostrongylus axei</i> . Zoonosis (Güiris, 2017).
	<i>Ostertagia ostertagi</i> . Zoonosis (Güiris, 2017).
Cabra (<i>Capra aegagrus hircus</i>)	<i>Haemonchus contortus</i> . Zoonosis (Güiris, 2017).
	<i>Trichostrongylus axei</i> . Zoonosis (Güiris, 2017).
Vaca (<i>Bos primigenius</i>)	<i>Haemonchus contortus</i> . Zoonosis (Chen, sa.; Zenteno et al., 1993; Güiris, 2017).
	<i>Trichostrongylus axei</i> . Zoonosis (Zenteno et al., 1993; Issarapong et al., 2013).
	<i>Trichostrongylus colubriformis</i> . Zoonosis (Issarapong et al., 2013).
Equidae: Caballo (<i>Equus ferus caballus</i>)	<i>Trichostrongylus axei</i> . Zoonosis (Güiris, 1995; Romero et al., 2008; Güiris et al., 2010).
Suidae: Cerdo (<i>Sus scrofa domestica</i>)	<i>Trichostrongylus axei</i> . Zoonosis (Romero et al., 2008; Güiris, 2017).

Clase: Nematoda	
Orden: Strongylida	
Familia: Ancylostomatidae	
Taxón del huésped	Patogenicidad / Espectro de enfermedad / infestación
Atelidae: Mono Araña (<i>Ateles geoffroyi</i>)	<i>Necator americanus</i> . Zoonosis (Güiris, 2017).
Bovidae: Borrego (<i>Ovis orientalis aries</i>)	<i>Bunostomum phlebotomum</i> . Dermatopatía . Dermatitis, larva migratoria cutánea. Enteropatía . Hepatitis, infestación, sinergismo bacteriano (SB), enteritis, ulceración. Neumopatía . ISB, traqueítis, bronquitis, neumonía. Zoonosis (Güiris, 2017).

Clase: <i>Nematoda</i>	
Orden: <i>Strongylida</i>	
Familia: <i>Ancylostomatidae</i>	
Taxón del huésped	Patogenicidad / Espectro de enfermedad / infestación
Felidae: Gato (<i>Felis silvestris catus</i>)	<i>Ancylostoma caninum</i>. Dermatopatía. Dermatitis, larva migratoria cutánea. Enteropatía. Hepatitis, infestación, sinergismo bacteriano (SB), enteritis, ulceración. Neumopatía. Infección por sinergismo bacteriano (SB), traqueítis, bronquitis, neumonía. Zoonosis (Güiris, 2017).
	<i>Ancylostoma braziliense</i>. Zoonosis. Tasa Prevalencia global estimada: n= 83.0 (3.6%) en gato feral (Pérez et al., 2009; Güiris, 2016; Güiris, 2017).
	<i>Uncinaria</i> sp. Tasa Prevalencia global estimada: <i>Uncinaria</i> sp. n= 83.0 (10.8%) en gato feral (Güiris, 2016; Güiris, 2017).
Jaguar (<i>Panthera onca</i>)	<i>Ancylostoma caninum</i>. Dermatopatía. Dermatitis, larva migratoria cutánea. Enteropatía. Enteritis hemorrágica, infestación, SB, hepatitis, ulceración. Neumopatía. Traqueítis, bronquitis, neumonía, reflejo tusígeno. Zoonosis. Tasa Prevalencia global estimada: <i>Ancylostoma</i> sp. (33.3%) en Jaguar cautivo (Bastard, 2003; Güiris, 2016; Güiris, 2017).
	<i>Ancylostoma duodenale</i>. Dermatopatía. Dermatitis, larva migratoria cutánea. Enteropatía. Enteritis hemorrágica, infestación, SB, hepatitis, ulceración. Neumopatía. Traqueítis, bronquitis, neumonía, reflejo tusígeno. Zoonosis (Güiris, 2017).
	<i>Ancylostoma caninum</i>. Dermatopatía. Dermatitis, larva migratoria cutánea. Enteropatía. Hepatitis, infestación, SB, enteritis, ulceración. Neumopatía. SB, traqueítis, bronquitis, neumonía. Zoonosis (Güiris, 2017).
Leoncillo / Onza (<i>Puma yagouaroundi</i>)	<i>Uncinaria stenocephala</i>. Dermatopatía. Dermatitis, larva migratoria cutánea. Enteropatía. Hepatitis, infestación, SB, enteritis, ulceración. Neumopatía. ISB, traqueítis, bronquitis, neumonía. Zoonosis (Güiris, 2017).
	<i>Uncinaria stenocephala</i>. Dermatopatía. Dermatitis, larva migratoria cutánea. Enteropatía. Hepatitis, infestación, SB, enteritis, ulceración. Neumopatía. ISB, traqueítis, bronquitis, neumonía. Zoonosis (Güiris, 2017).
Lince (<i>Lynx rufus</i>)	<i>Uncinaria stenocephala</i>. Dermatopatía. Dermatitis, larva migratoria cutánea. Enteropatía. Hepatitis, infestación, SB, enteritis, ulceración. Neumopatía. ISB, traqueítis, bronquitis, neumonía. Zoonosis (Güiris, 2017).

Clase: Nematoda	
Orden: Strongylida	
Familia: Ancylostomatidae	
Taxón del huésped	Patogenicidad / Espectro de enfermedad / infestación
Puma <i>(Puma concolor)</i>	<i>Uncinaria stenocephala</i>. Dermatopatía. Dermatitis, larva migratoria cutánea. Enteropatía. Hepatitis, infestación, sinergismo bacteriano (SB), enteritis, ulceración. Neumopatía. ISB, traqueítis, bronquitis, neumonía. Zoonosis. Tasa Prevalencia global estimada: <i>Uncinaria</i> sp. 33.3% en Puma cautivo. Puma silvestre se ha observado presencia de huevos en excretas (Bastard, 2003; Güiris, 2016; Güiris, 2017).
	<i>Ancylostoma caninum</i>. Dermatopatía. Dermatitis, larva migratoria cutánea. Enteropatía. Hepatitis, infestación, SB, enteritis, ulceración. Neumopatía. SB, traqueítis, bronquitis, neumonía. Zoonosis (Güiris, 2017).
	<i>Ancylostoma duodenale</i>. Dermatopatía. Dermatitis prurítica alergia, así como larva migratoria cutánea. Enteropatía. Enteritis hemorrágica, infestación, SB, hepatitis, ulceración. Neumopatía. Traqueítis, bronquitis, neumonía, reflejo tusígeno. Zoonosis. Tasa Prevalencia global estimada: n= 83.0 (36.8%) en gato feral (Pérez <i>et al.</i> , 2009; Güiris, 2016; Güiris, 2017).
Tigrillo <i>(Leopardus wiedii)</i>	<i>Uncinaria stenocephala</i>. Dermatopatía. Dermatitis, larva migratoria cutánea. Enteropatía. Hepatitis, infestación, SB, enteritis, ulceración. Neumopatía. SB, traqueítis, bronquitis, neumonía. Zoonosis (Güiris, 2017).
	<i>Necator americanus</i>. Parásito. Anemia hipocrómica microcítica (ferropriva), emaciación, fatiga, retraso pondo-estatural y déficit cognitivo en niños, cianosis. Neumopatía. Síndrome de Löeffler con neumonitis eosinofílica, bronquitis, disnea, neumonía. Dermatopatía. SB, prurito, eritema cutáneo, larva migratoria cutánea (dermatitis pruriginosa), vesículas. Enteropatía. Dolor epigástrico, distensión abdominal, diarrea, melena (Medina <i>et al.</i> , sa; Ángel <i>et al.</i> , 2005).
Hominidae: Humano <i>(Homo sapiens)</i>	<i>Ancylostoma braziliense</i>. Dermatopatía. Larva migratoria cutánea (Güiris, 2017).

Clase: <i>Nematoda</i>	
Orden: <i>Strongylida</i>	
Familia: <i>Ancylostomatidae</i>	
Taxón del huésped	Patogenicidad / Espectro de enfermedad / infestación
Hominidae: Humano (<i>Homo sapiens</i>)	<i>Ancylostoma caninum</i>. Transmisión: La transmisión es por contacto directo de la piel con suelo infestado con larvas filiforme. La larva atraviesa la piel por pequeñas rozaduras o por los folículos pilosos. Otras vías de transmisión son por ingesta e inoculación percutánea accidental de larvas. No se transmite de persona a persona, salvo de la madre al feto por vía transplacentaria o a través de la lactancia materna. Enteritis eosinofílica. Abdomen agudo, anorexia, diarrea, náuseas. Dermatopatía. Dermatitis prurítica alérgica. Se han dado casos de larva migratoria cutánea con eritema multiforme, opacidad en la córnea, larvas en el tejido muscular y neuro-retinitis subaguda unilateral difusa. Neumopatía. La migración y presencia de la larva en los pulmones provoca una reacción alérgica, en la que se puede producir una inflamación de los pulmones conocida como eosinofilia pulmonar simple o síndrome de Löeffler. Efectos maternidad: La transmisión al feto se produce por vía transplacentaria y a través de la leche materna. Los daños son retraso en el crecimiento intrauterino, bajo peso al nacer y parto prematuro. Zoonosis (CFSPH, 2013a.; CFSPH, 2013b. DATABiO, 2014).

Clase: <i>Nematoda</i>	
Orden: <i>Strongylida</i>	
Familia: <i>Metastrongylidae</i>	
Taxón del huésped	Patogenicidad / Espectro de enfermedad / infestación
Bovidae: Borrego (<i>Ovis orientalis aries</i>)	<i>Metastrongylus elongatus</i>. (Beaver, 1984; Alonso, 2005).
Vaca (<i>Bos primigenius</i>)	<i>Metastrongylus elongatus</i>. (Beaver, 1984; Alonso, 2005).
Canidae: Perro (<i>Canis lupus familiaris</i>)	<i>Metastrongylus elongatus</i>. (Beaver, 1984; Alonso, 2005).
Cervidae: Venado Cola Blanca (<i>Odocoileus virginianus</i>)	<i>Metastrongylus elongatus</i>. (Beaver, 1984; Alonso, 2005).

Hominidae: Humano (<i>Homo sapiens</i>)	<i>Metastrongylus elongatus</i>. Neumopatías: Disnea progresiva, dolor en tórax, efusión pleural bilateral, esputo espeso sanguinolento, fatiga, tos productiva (Calvopina et al., 2016).
Suidae: Cerdo (<i>Sus scrofa domestica</i>)	<i>Metastrongylus elongatus</i>. Descarga nasal mucopurulenta, disnea, taquipnea, enfisema con bronquitis, respiración abdominal, tos (Beaver, 1984; Alonso, 2005; Güiris, 2017). Angiopatía: Arteritis, trombosis-embolismo. Neumopatía: Bronconeumonía asociado con Sinergismo Bacteriano (<i>Acinetobacter lwoffii</i>) (Güiris, 2017). Acción patogénica por larva: <u>Expoliatrix (sustractora)</u>. Histofaga. L3 produce una reacción inflamatoria en intestino provocando diarrea e hiperplasia de nódulos linfáticos mesentéricos. <u>Mecánica obstructiva</u>. L3, a nivel de nódulos y vasos linfáticos. L4, provoca hipersecreción de moco con incremento de tamaño del nemátodo se obstruyen vías aéreas. <u>Antigénica</u>. Vector mecánico de bacterias y virus. <u>Traumática irritativa</u>. L4 perfora capilares y alveolos. Provoca hipersecreción de moco. <u>Toxica</u>. Productos del metabolismo provocan otros procesos alérgicos o inflamatorios (Alonso, 2005; Güiris, 2017).
Tayassuidae: Pecarí de collar (<i>Pecari tajacu</i>) Pecari de labios blancos (<i>Tayassu pecari</i>)	<i>Metastrongylus elongatus</i>. Cuadro clínico: Bronconeumonía, descarga nasal, disnea, enfisema con bronquitis, insuficiencia respiratoria, tos y reflejo tusígeno. Sinergismo: <i>Metastrongylus elongatus</i> con <i>Mycobacterium bovis</i> (Güiris, 2017). <i>Metastrongylus elongatus</i>. Cuadro clínico: Bronconeumonía. Descarga nasal, disnea, enfisema con bronquitis, insuficiencia respiratoria, tos y reflejo tusígeno. Sinergismo: <i>Metastrongylus elongatus</i> con <i>Mycobacterium bovis</i> (Güiris, 2017).

HELMINTIASIS POR CÉSTODOS

Clase: Cestoda	
Orden: Cyclophyllidea	
Familia: Dipylidiidae	
Taxón del huésped	Patogenicidad / Espectro de enfermedad / infestación
Canidae: Perro <i>(Canis lupus familiaris)</i>	Dipylidium caninum. Cuadro clínico: Asintomático o subclínico y el Clínico con apetito impredecible, arrastre de ano sobre el piso (Scooting) prurito anal por irritación, debilidad, depresión, irritabilidad, pelaje pobre, pérdida de peso, presencia de proglótidos alrededor del ano y excremento. Segmento corporal (proglótido) móvil: Se expulsan por ano y se desplazan fuera de la excreta. Este segmento contiene paquetes con huevos embrionados que al desintegrarse el proglótido los liberan y los huevos son ingeridos por larvas del huésped intermediario (pulga). Dentro del huésped la oncosfera penetra la pared intestinal del huésped intermediario y se desarrolla el Cisticercoide. Pulgas y piojos adultos contienen el Cisticercoide que al ser ingerido por huésped definitivo y accidental (humano) se infestan. Huésped intermediario: Como pulgas (<i>Ctenocephalides canis</i>, <i>Ctenocephalides felis</i>, <i>Pulex irritans</i>) Piojos (<i>Trichodectes canis</i>) (Bowman and Lynn, 1999). Cisticercoide: <i>Cryptocystis trichodectes</i> (Kourí <i>et al.</i>, 1982; Botero y Restrepo, 1994; Leventhal y Cheadle, 1995; Güiris, 2016). Tasa Prevalencia global estimada: n= 400.0 (10.0%) en perro de vía pública (Pérez <i>et al.</i>, 2009; Güiris, 2017).
Felidae: Gato <i>(Felis silvestris catus)</i>	Dipylidium caninum. Cuadro clínico: Por lo general asintomático o subclínico y el Clínico con apetito impredecible, arrastre de ano sobre el piso (Scooting) prurito anal por irritación, debilidad, depresión, irritabilidad, pelaje pobre, pérdida de peso, presencia de proglótidos alrededor del ano y en excremento. Tasa Prevalencia global estimada: n= 83.0 (43.4%) en gato feral (Güiris, 2016).
Leoncillo / Onza <i>(Puma yagouaroundi)</i>	Dipylidium caninum. Tasa Prevalencia global estimada: n= 83.0 (50.0%) (Güiris, 2016).
Ocelote <i>(Leopardus pardalis)</i>	Dipylidium caninum. Tasa Prevalencia global estimada: n= 83.0 (50.0%) (Güiris, 2016).
Puma <i>(Puma concolor)</i>	Dipylidium caninum. Tasa Prevalencia global estimada: n= 83.0 (40.0%) (Güiris, 2016).
Tigrillo <i>(Leopardus wiedii)</i>	Dipylidium caninum. Tasa Prevalencia global estimada: n= 83.0 (25.0%) en gato feral (Güiris, 2016).

Clase: Cestoda	
Orden: Cyclophyllidea	
Familia: Dipylidiidae	
Taxón del huésped	Patogenicidad / Espectro de enfermedad / infestación
Hominidae: Humano (<i>Homo sapiens</i>)	<i>Dipylidium caninum</i>. Cuadro clínico: Por lo general asintomático o subclínico y el cuadro clínico con anorexia, diarrea o estreñimiento, dolor abdominal, insomnio, pérdida de peso, presencia de proglótidos alrededor del ano y en excremento, urticaria. Curso crónico: Se denomina Síndrome de talla baja o desnutrición (Devera y Campos 1998; Llanos <i>et al.</i> , 2010; Ayala Rodríguez <i>et al.</i> , 2012; Martínez Barbosa <i>et al.</i> 2014).

Clase: Cestoda	
Orden: Cyclophyllidea	
Familia: Taeniidae	
Taxón del huésped	Patogenicidad / Espectro de enfermedad / infestación
Hominidae: Humano (<i>Homo sapiens</i>)	<i>Taenia solium</i>. Huésped definitivo e intermediario: Humano. Huésped intermediario: Cerdo. Sitio: Intestino delgado del humano. Transmisión: Infestación por ingestión de excretas con huevos o proglótidos del parásito. Cuadro clínico: Por lo general asintomático o subclínico y el cuadro clínico es leve o moderado con presencia de proglótidos en las heces, diarrea, dolor abdominal, náusea, debilidad, pérdida de peso, vértigo y prurito anal (Meza-Lucas y Aguilar Rebolledo, 2002). La infestación produce nódulos subcutáneos palpables al tacto y visibles bajo la piel (CFSPH, 2011; OMS, 2017). Neurocisticercosis: Cefaleas graves, ceguera, convulsiones, demencia, epilepsia (si es recurrente), hidrocefalia, meningitis, y muerte (CFSPH, 2011; OMS, 2017). Larva (metacéstodo): Denominado <i>Cysticercus cellulosae</i> , se desarrollan en músculos, ojo, tejido subcutáneo y sistema nervioso central (CFSPH, 2011; OMS, 2017).
Suidae: Cerdo (<i>Sus scrofa domestica</i>)	Cisticercosis: Músculo esquelética, neurocisticercosis (Güiris, 2017).

Clase: Cestoda	
Orden: Cyclophyllidea	
Familia: Taeniidae	
Taxón del huésped	Patogenicidad / Espectro de enfermedad / infestación
Canidae: Perro (<i>Canis lupus familiaris</i>)	Taenia taeniformis. Huésped definitivo: Perro. Huésped intermediario: Roedor, rumiantes, ocasionalmente el gato y perro presentan larvas. Sitio: Intestino delgado carnívoros (CFSPH, 2011; Güiris, 2017).
Felidae: Gato (<i>Felis silvestris catus</i>)	Taenia taeniformis. Huésped definitivo: Gato. Huésped intermediario: Roedor, rumiantes, ocasionalmente el gato y perro presentan larvas. Sitio: Intestino delgado carnívoros (CFSPH, 2011; Güiris, 2017). Tasa Prevalencia global estimada: n= 83.0 (7.2%) en gato feral. Densidad parasitaria: Yeyuno n= 702.0 e Íleon n= 19.0 céstodos (Güiris, 2017).
Hominidae: Humano (<i>Homo sapiens</i>)	Taenia taeniformis. Huésped definitivo: Animales. Huésped intermediario: Roedores, rumiantes. Sitio: Intestino delgado del humano. Transmisión: Infestación por ingestión de excretas con huevos o proglótidos del parásito. Cuadro clínico: Por lo general asintomático o subclínico. Los síntomas son variables dependiendo del número de larvas y sitio afectado. Larva (Metacéstodo): Denominado <i>Cysticercus fasciolaris</i> (CFSPH, 2011).
Roedores y Rumiantes	Larva (Metacéstodo): Denominado <i>Cysticercus fasciolaris</i> , contiene un solo Protoescolice invertido se desarrollan en hígado (CFSPH, 2011; Güiris, 2017).

Clase: Cestoda	
Orden: Cyclophyllidea	
Familia: Taeniidae	
Taxón del huésped	Patogenicidad / Espectro de enfermedad / infestación
Bovidae: Borrego (<i>Ovis orientalis aries</i>)	Taenia hydatigena. Huésped intermediario: Las ovejas, las cabras, el ganado bovino, los cerdos, renos y otros animales domésticos y salvajes de pezuña hendida. Sitio: Cavidad abdominal (Güiris, 2017). Larva (Metacéstodo): Larva pequeña, denominado <i>Cysticercus tenuicollis</i> , contiene un solo Protoescólice invertido se desarrollan en cavidad abdominal adheridos al epiplón, mesenterio e hígado (CFSPH, 2011).
Cabra (<i>Capra aegagrus hircus</i>)	Taenia hydatigena. Huésped intermediario: Las ovejas, las cabras, el ganado bovino, los cerdos, renos y otros animales domésticos y salvajes de pezuña hendida. Sitio: Cavidad abdominal (Güiris, 2017). Larva (Metacéstodo): Larva pequeña, denominado <i>Cysticercus tenuicollis</i> , contiene un solo Protoescólice invertido se desarrollan en cavidad abdominal adheridos al epiplón, mesenterio e hígado (CFSPH, 2011).
Vaca (<i>Bos primigenius</i>)	Taenia hydatigena. Huésped intermediario: Las ovejas, las cabras, el ganado bovino, los cerdos, renos y otros animales domésticos y salvajes de pezuña hendida. Sitio: Cavidad abdominal (Güiris, 2017). Larva (Metacéstodo): Larva pequeña, denominado <i>Cysticercus tenuicollis</i> , contiene un solo Protoescólice invertido se desarrollan en cavidad abdominal adheridos al epiplón, mesenterio e hígado (CFSPH, 2011).
Canidae: Perro (<i>Canis lupus familiaris</i>)	Taenia hydatigena. Huésped definitivo: Perro. Huésped intermediario: Rumiantes, cerdo. Sitio: Intestino delgado carnívoros (CFSPH, 2011; Güiris, 2017).
Lobo (<i>Canis lupus familiaris</i>)	Taenia hydatigena. Huésped definitivo: Lobo. Huésped intermediario: Rumiantes, cerdo. Sitio: Intestino delgado carnívoros (CFSPH, 2011).
Cervidae: Venado Cola Blanca (<i>Odocoileus virginianus</i>)	Taenia hydatigena. Huésped intermediario: Rumiantes. Sitio: cavidad abdominal (Romero <i>et al.</i> , 2008; Güiris, 2017). Larva (Metacéstodo): Larva pequeña, denominado <i>Cysticercus tenuicollis</i> , contiene un solo Protoescólice invertido se desarrollan en cavidad abdominal adheridos al epiplón, mesenterio e hígado (CFSPH, 2011).

Reno (<i>Rangifer tarandus</i>)	<i>Taenia hydatigena</i>. Huésped intermediario: Rumiantes. Sitio: cavidad abdominal. Larva (Metacéstodo): Larva pequeña, denominado <i>Cysticercus tenuicollis</i> , contiene un solo Protoescólice invertido se desarrollan en cavidad abdominal adheridos al epiplón, mesenterio e hígado (CFSPH, 2011).

Clase: Cestoda	
Orden: Cyclophyllidea	
Familia: Taeniidae	
Taxón del huésped	Patogenicidad / Espectro de enfermedad / infestación
Felidae: Gato (<i>Felis silvestris catus</i>)	<i>Taenia hydatigena</i>. Huésped definitivo: Gato. Huésped intermediario: Roedor, rumiantes, ocasionalmente el gato y perro presentan larvas. Sitio: Intestino delgado carnívoros. Tasa Prevalencia global estimada: n= 83.0 (7.2%) en gato feral. Densidad parasitaria: Yeyuno n= 702.0 e Íleon n= 19.0 céstodos (CFSPH, 2011; Güiris, 2017).
Lince (<i>Lynx rufus</i>)	<i>Taenia hydatigena</i>. Huésped definitivo: Félidos. Huésped intermediario: Roedor, rumiantes, ocasionalmente el gato y perro presentan larvas. Sitio: Intestino delgado carnívoros. Larva (Metacéstodo): Larva pequeña, denominado <i>Cysticercus tenuicollis</i> , contiene un solo Protoescólice invertido se desarrollan en cavidad abdominal adheridos al epiplón, mesenterio e hígado (CFSPH, 2011).
Hominidae: Humano (<i>Homo sapiens</i>)	<i>Taenia hydatigena</i>. Huésped definitivo: Los humanos raramente se infestan. Huésped intermediario: Cerdo, roedores, rumiantes. Transmisión: Infestación por ingestión de excretas con huevos o proglótidos del parásito. Cuadro clínico: Por lo general asintomático o subclínico. Los síntomas son variables dependiendo del número de larvas y sitio afectado. Larva (Metacéstodo): Denominado <i>Cysticercus tenuicollis</i> (CFSPH, 2011).
Roedores	<i>Taenia hydatigena</i>. Huésped definitivo: Los roedores raramente se infestan (CFSPH, 2011).
Suidae: Cerdo (<i>Sus scrofa domestica</i>)	<i>Taenia hydatigena</i>. Huésped intermediario: Cerdo. Sitio: Cavidad abdominal. Larva (Metacéstodo): Larva pequeña, denominado <i>Cysticercus tenuicollis</i> , contiene un solo Protoescólice invertido se desarrollan en cavidad abdominal adheridos al epiplón, mesenterio e hígado (CFSPH, 2011).

HELMINTIASIS POR TREMÁTODOS

Clase: <i>Trematoda</i>	
Orden: <i>Echinostomida</i>	
Familia: <i>Fasciolidae</i>	
Taxón del huésped	Patogenicidad / Espectro de enfermedad / infestación
Bovidae: Borrego (<i>Ovis orientalis aries</i>)	<i>Fasciola hepatica</i> . (Uribe y García, 2013).
Búfalo	<i>Fasciola hepatica</i> . (Uribe y García, 2013).
Cabra (<i>Capra aegagrus hircus</i>)	<i>Fasciola hepatica</i> . (Uribe y García, 2013).
Vaca (<i>Bos primigenius</i>)	<i>Fasciola hepatica</i>. Huésped definitivo: Rumiantes. Huésped intermediario: Moluscos género: <i>Limnaea</i>, <i>Galba</i>, <i>Fossaria</i> y <i>Pseudosuccinea</i>. Sitio: Hígado (vías biliares y parénquima). Ciclo biológico: Las fasciolas adultas, ponen huevos uniperculados (2500.0 a 20,000.0 huevos diarios de 130-150 µm X 60-90 µm) en conductos biliares del hospedador y vesícula biliar, pasando al intestino. Los huevos embrionados se excretan en heces. En el exterior los huevos eclosionan (siete a quince días) liberando miracidios que nadan y penetran activamente en los moluscos (caracoles), permaneciendo cinco a siete semanas. En donde se desarrollan sucesivamente a esporoquistes (esporocisto), redias y cercarías (miracidio produce 600.0 a 1,000.0 cercarias). Las cercarias maduras abandonan el caracol, nadan y se enquistan (tamaño 0.2 mm) en vegetación acuática, pierden la cola y se transforman en metacercarias.

Vaca (<i>Bos primigenius</i>)	Estas metacercarias son infestantes y sobreviven durante meses hasta ser ingeridas por el animal y en intestino (duodeno) se desenquistan, para posteriormente atravesar la pared intestinal y migrar en cavidad abdominal para penetrar capsula hepatica (Glisson) en donde crecen en parénquima hepático. Para posteriormente migrar a vías biliares (seis a doce semanas) y completar su desarrollo a adultos y reproducirse. El periodo de prepatencia en bóvidos jóvenes es de 60 días (CDC, 2017; Junquera, 2017). Cuadro clínico: Anemia, debilidad, dolor peri-hepático, emaciación, edema (submandibular, cuello, pecho y abdomen), mugido y pujo de dolor. Posición decúbito esternal e inmovilidad con animales que padecen complicaciones sinérgicas con <i>Clostridium</i> sp. con hepatotropismo (Olaechea 2004; Güiris, 2017). Lesiones: Atrofia moderada de lóbulos hepáticos, ascitis, engrosamiento de vías biliares con mineralización, material mucoso. Histopatología. Colangiohepatitis necrótica con depósitos de calcio distróficos e hiperplasia de vías biliares (Alpizar <i>et al.</i>, 2013). Sinergismo: <i>Fasciola hepatica</i> con <i>Clostridium haemolyticum</i> (Olaechea, 2004; Güiris, 2017).

Clase: Trematoda	
Orden: Echinostomida	
Familia: Fasciolidae	
Taxón del huésped	Patogenicidad / Espectro de enfermedad / infestación
Camélidos	<i>Fasciola hepatica</i> . (Uribe y García, 2013).
Canidae: Perro (<i>Canis lupus familiaris</i>)	<i>Fasciola hepatica</i> . (Junquera, 2017).
Cérvidos	<i>Fasciola hepatica</i> . (Uribe y García, 2013).
Equidae: Asno (<i>Equus africanus</i>)	<i>Fasciola hepatica</i> . (Uribe y García, 2013).
Caballo (<i>Equus ferus caballus</i>)	<i>Fasciola hepatica</i> . (Uribe y García, 2013).
Felidae: Gato (<i>Felis silvestris catus</i>)	<i>Fasciola hepatica</i> . (Junquera, 2017).

Hominidae: Humano (<i>Homo sapiens</i>)	<i>Fasciola hepatica</i> / <i>Fasciola gigantica</i> / <i>Fasciola indica</i>. Huésped definitivo: Rumiantes (bóvidos, camélidos) y humanos. Huésped intermediario: Moluscos del género <i>Limnaea</i> sp. Transmisión: Infestación por ingestión de vegetales con metacercarias regadas con agua contaminada. Sitio: Vías biliares (colédoco, conducto de vesícula, cond. hepático común, cond. hepático derecho e izquierdo) (parásito adulto y parénquima larvas) y raro vesícula biliar (Fernández y Moreno, 2000; Gil <i>et al.</i>, 2014). Cuadro clínico: La enfermedad comienza cuando los quistes llegan al duodeno, donde las metacercarias perforan la pared intestinal, invaden el peritoneo y horadan la cápsula de Glisson, penetrando al parénquima hepático y alojándose en los conductos biliares. Absceso, artralgias, cefalea, decaimiento, diaforesis, diarrea, dolor en hipocondrio derecho, distensión abdominal, eosinofilia, fatiga, fiebre, hepatomegalia, hemangioma, ictericia, malestar general, meningitis, mialgias, náuseas, obstrucción de vías biliares, vómito. En fase aguda (migratoria de larvas por parénquima), el hígado muestra hematomas subcápsulares y en fase crónica con degeneración parenquimatosa, linfadenopatías, nódulos o pseudotumores, pleuropericarditis (Fernández y Moreno, 2000; Gil <i>et al.</i>, 2014). Migración ectópica: En algunos casos existe migración ectópica hacia pulmón, pleura, corazón, pared abdominal, epidermis, cerebro, ciego, apéndice y páncreas (Fernández y Moreno, 2000).

Clase: Trematoda	
Orden: Echinostomida	
Familia: Fasciolidae	
Taxón del huésped	Patogenicidad / Espectro de enfermedad / infestación
Leporidae: Conejo, liebre	<i>Fasciola hepatica</i> . (Uribe y García, 2013).
Marsupiales	<i>Fasciola hepatica</i> . (Uribe y García, 2013).
Monos africanos	<i>Fasciola hepatica</i> . (Uribe y García, 2013).
Mustelidae: Nutria	<i>Fasciola hepatica</i> . (Uribe y García, 2013).

Clase: <i>Trematoda</i>	
Orden: <i>Strigeatida</i>	
Familia: <i>Schistosomatidae</i>	
Taxón del huésped	Patogenicidad / Espectro de enfermedad / infestación
Canidae: Perro (<i>Canis lupus familiaris</i>)	<i>Heterobilharzia americana</i>. (Malek <i>et al.</i> , 1961). Cuadro clínico: Anorexia o hiporexia, dermatitis, diarrea, incremento del tamaño de nódulos linfáticos, letargia, melena, pérdida de peso, polidipsia, poliuria, vómito (Fabrick <i>et al.</i> , 2010).
Coyote (<i>Canis latrans</i>)	<i>Heterobilharzia americana</i>. (Custer and Pence, 1981).
Cervidae: Venado cola blanca	<i>Heterobilharzia americana</i>. (Byrd <i>et al.</i> , 1967).
Dasypodidae: Armadillo	<i>Heterobilharzia americana</i>. (Krotoski <i>et al.</i> , 1984).
Didelphidae: Tlacuache	<i>Heterobilharzia americana</i>. (Kaplan, 1964).
Equidae: Caballo (<i>Equus ferus caballus</i>)	<i>Heterobilharzia americana</i>. (Corapi <i>et al.</i> , 2012). Lesiones: Granulomas hepáticos subcápsulares, granulomas serosos en colon (Corapi <i>et al.</i> , 2012).
Lince (<i>Lynx rufus</i>)	<i>Heterobilharzia americana</i>. (Price, 1929).
Puma (<i>Puma concolor</i>)	<i>Heterobilharzia americana</i>. (Forrester <i>et al.</i> , 1985).

Hominidae: Humano (<i>Homo sapiens</i>)	<i>Heterobilharzia americana</i>. Huésped definitivo: Animales mamíferos y humanos. Huésped intermediario: Moluscos del género <i>Lymnaea</i> sp. (<i>Bakerilymnaea cubensis</i>) y <i>Pseudosuccinea</i> sp. (<i>Pseudosuccinea columella</i>) Ciclo biológico: El huevo es eliminado por heces del huésped definitivo. Al contacto del agua el huevo embrionado libera un organismo ciliado móvil, el miracidio. Cuando este encuentra un caracol, penetra en sus tejidos blandos y migra a las glándulas digestivas en donde se desarrolla en una cercaria por cerca de 25 días. Los caracoles liberan una cercaria con cola en el agua en donde está nada y al encontrar un huésped penetra su piel intacta en donde eliminan su cola y migran en el huésped como una Schistosomula en el pulmón (5-9 días) e hígado (7-45 días). Estos Schistosomas se desarrollan y maduran en el hígado y los adultos migran a las venas mesentéricas como sitio del parásito en donde se reproducen y ovipositan sus huevos. Los huevos liberan enzimas proteolíticas para poder migrar al lumen del intestino y así ser eliminados por las heces (Fabrick <i>et al.</i>, 2010).

Clase: Trematoda	
Orden: Strigeatida	
Familia: Schistosomatidae	
Taxón del huésped	Patogenicidad / Espectro de enfermedad / infestación
Hominidae: Humano (<i>Homo sapiens</i>)	<i>Heterobilharzia americana</i>. Cuadro clínico: La muerte de huevos provocan reacciones inflamatorias granulomatosas en hígado. Síndrome de mala absorción y comezón (prurito) de nadador en piel (severa dermatitis) (McKown <i>et al.</i>, 1991; Fabrick <i>et al.</i>, 2010). Infestaciones parasíticas están asociadas con un incremento de la incidencia de neoplasias en humanos (Stone <i>et al.</i>,
Procyonidae: Mapache	<i>Heterobilharzia americana</i>. (Bartsch and Ward, 1976; Schaffer <i>et al.</i>, 1981; McKown <i>et al.</i>, 1991).
Tapiridae: Tapir centroamericano (<i>Tapirus bairdii</i>)	<i>Heterobilharzia americana</i>. (Güiris, 2017).
Tapiridae: Tapir sudamericano (<i>Tapirus terrestris</i>)	<i>Heterobilharzia americana</i>. (Yamini and Schillhorn van Veen, 1988).

ENFERMEDADES POR PROTOZOA (Protozoasis / Protozoosis)

Clase: Conoidasida	
Orden: Eucoccidiorida	
Familia: Cryptosporidiidae	
Taxón del huésped	Patogenicidad / Espectro de enfermedad / infestación
Vaca (<i>Bos primigenius</i>)	<i>Cryptosporidium</i> sp. Cuadro clínicos: Anorexia, diarrea, pérdida de peso. Curso subclínico sin signos o síntomas. Lesión: Hiperemia en mucosa intestinal, contenido intestinal amarillento. Al examen microscópico se observa una moderada o severa atrofia en vellosidades. Los organismos esféricos pueden observarse en el borde (Brush border). Huésped afectado: Becerras. Sitio: Intestino delgado (CFSPH, 2005).
Canidae: Perro (<i>Canis lupus familiaris</i>)	<i>Cryptosporidium</i> sp. Cuadro clínicos: Anorexia, diarrea, pérdida de peso. Curso subclínico sin signos o síntomas. Lesión: Hiperemia en mucosa intestinal, contenido intestinal amarillento. Al examen microscópico se observa una moderada o severa atrofia en vellosidades. Los organismos esféricos pueden observarse en el borde (Brush border). Huésped afectado: Perro (cachorros). Sitio: Intestino delgado (CFSPH, 2005; Güiris, 2017). Tasa Prevalencia global estimada: n= 400.0 (35.5%) en perro de vía pública (Pérez <i>et al.</i> , 2009; Güiris, 2017).
Equidae: Caballo (<i>Equus ferus caballus</i>)	<i>Cryptosporidium</i> sp. Huésped afectado: Caballo (potrillos). Sitio: Intestino delgado (CFSPH, 2005; Güiris, 2017).
Felidae: Gato (<i>Felis silvestris catus</i>)	<i>Cryptosporidium</i> sp. Cuadro clínico: Anorexia, diarrea, pérdida de peso. Curso subclínico sin signos o síntomas. Lesión: Hiperemia en mucosa intestinal, contenido intestinal amarillento. Al examen microscópico se observa una moderada o severa atrofia en vellosidades. Los organismos esféricos pueden observarse en el borde (Brush border). Huésped afectado: Gato (cachorro). Tasa Prevalencia global estimada: n= 83. (60.0%) en gato feral (CFSPH, 2005; Güiris, 2017).
Felidae: Jaguar (<i>Panthera onca</i>)	<i>Cryptosporidium</i> sp. Huésped afectado: Jaguar de vida libre. Sitio: Intestino delgado. Tasa Prevalencia global estimada: 50.0% (Güiris, 2017).

Lince (<i>Lynx rufus</i>)	<i>Cryptosporidium</i> sp. Huésped afectado: Lince cautivo. Sitio: Intestino delgado. Tasa Prevalencia global estimada: 100.0% (Güiris,

Clase: Conoidasida	
Orden: Eucoccidiorida	
Familia: Cryptosporidiidae	
Taxón del huésped	Patogenicidad / Espectro de enfermedad / infestación
Leoncillo / Onza (<i>Puma yagouaroundi</i>)	<i>Cryptosporidium</i> sp. Huésped afectado: Leoncillo cautivo. Sitio: Intestino delgado. Tasa Prevalencia global estimada: 71.4% (Güiris, 2017).
Ocelote (<i>Leopardus pardalis</i>)	<i>Cryptosporidium</i> sp. Huésped afectado: Ocelote cautivo. Sitio: Intestino delgado. Tasa Prevalencia global estimada: 100.0% (Güiris, 2017).
Puma (<i>Puma concolor</i>)	<i>Cryptosporidium</i> sp. Huésped afectado: Puma cautivo. Sitio: Intestino delgado. Tasa Prevalencia global estimada: 80.0% cautivo y silvestre 87.5% (Güiris, 2017).
Tigrillo (<i>Leopardus wiedii</i>)	<i>Cryptosporidium</i> sp. Huésped afectado: Tigrillo cautivo. Sitio: Intestino delgado. Tasa Prevalencia global estimada: 66.6% (Güiris, 2017).
Hominidae: Humano (<i>Homo sapiens</i>)	<i>Cryptosporidium</i> sp. Cuadro clínico: Anorexia, diarrea acuosa, dolor abdominal, mala absorción, fiebre moderada, flatulencia, mialgia, pérdida de apetito y peso, vómito. Huésped afectado: Humano (niños). Sitio: Intestino delgado. Transmisión: Infestación fecal oral o por aerosoles. Puede ocurrir por fómites contaminados. La transmisión es frecuente entre animales y humanos. Cuadro clínico: Anorexia, diarrea acuosa, dolor abdominal, mala absorción, fiebre moderada, flatulencia, mialgia, pérdida de apetito y peso, vómito (CFSPH, 2005; Davies and Chalmers, 2009).

Otras especies	Aves y reptiles pueden ser afectados por <i>Cryptosporidium</i> sp. (CFSPH, 2005).
Suidae: Cerdo (<i>Sus scrofa domestica</i>)	<i>Cryptosporidium</i> sp. Transmisión: Infestación fecal oral o por aerosoles. Puede ocurrir por fómites contaminados. La transmisión es frecuente entre animales y humanos. Lesión: Hiperemia en mucosa intestinal, contenido intestinal amarillento. Al examen microscópico se observa una moderada o severa atrofia en vellosidades. Los organismos esféricos pueden observarse en el borde (Brush border). Huésped afectado: Lechones. Sitio: Intestino delgado (CFSPH, 2005; Güiris, 2017).

Clase: Conoidasida	
Orden: Eucoccidiorida	
Familia: Eimeriidae	
Taxón del huésped	Patogenicidad / Espectro de enfermedad / infestación
Canidae: Perro (<i>Canis lupus familiaris</i>)	<i>Isospora canis</i>. Cuadro clínicos: Anorexia, deshidratación, diarrea, deshidratación, depresión mental, colitis, hemorragia, pérdida de peso, vómito. Curso subclínico sin signos o síntomas. Huésped afectado: Perro adulto. Sitio: Intestino delgado (Güiris, 2017). Tasa Prevalencia global estimada: n= 70.0 (1.4%) en perro de vía pública (Solarte <i>et al.</i> , 2012). n= 400.0 (8.8%) en Tuxtla Gtz, Chiapas, México (Pérez <i>et al.</i> , 2009; Escobar <i>et al.</i> , 2013; Güiris 2017).
	<i>Isospora ohioensis</i>. Huésped afectado: Perro adulto. Sitio: Intestino delgado (Güiris, 2017).
Felidae: Gato (<i>Felis silvestris catus</i>)	<i>Isospora rivolta</i>. Cuadro clínico: Anorexia, diarrea, pérdida de peso. Huésped afectado: Gato adulto. Tasa Prevalencia global estimada: n= 83.0 (15.6%) en gato feral (Güiris, 2017).
	<i>Isospora rivolta</i>. Huésped afectado: Jaguar cautivo y de vida libre. Sitio: Intestino delgado. Tasa Prevalencia global estimada: 40.0% en jaguar cautivo (Güiris, 2017).
	<i>Isospora rivolta</i>. Huésped afectado: Lince cautivo. Sitio: Intestino delgado. Tasa Prevalencia global estimada: 60.0% (Güiris, 2017).
Jaguar (<i>Panthera onca</i>)	
Lince (<i>Lynx rufus</i>)	

Puma (<i>Puma concolor</i>)	<i>Isospora rivolta</i>. Huésped afectado: Puma silvestre. Sitio: Intestino delgado. Tasa Prevalencia global estimada: 7.7% Puma silvestre (Güiris, 2017).
Tigrillo (<i>Leopardus wiedii</i>)	<i>Isospora rivolta</i>. Huésped afectado: Tigrillo cautivo. Sitio: Intestino delgado. Tasa Prevalencia global estimada: 50.0% (Güiris, 2017).
Hominidae: Humano (<i>Homo sapiens</i>)	<i>Isospora rivolta</i>. Cuadro clínico: Anorexia, diarrea acuosa, dolor abdominal, mala absorción, fiebre moderada, flatulencia, mialgia, pérdida de apetito y peso, vómito. Huésped afectado: Humano (niños). Sitio: Intestino delgado. Transmisión: Infestación fecal oral o por aerosoles. Puede ocurrir por fómites contaminados. La transmisión es frecuente entre animales y humanos. Cuadro clínico: Anorexia, diarrea acuosa, dolor abdominal, mala absorción, fiebre moderada, flatulencia, mialgia, pérdida de apetito y peso, vómito (CFSPH, 2005; Davies and Chalmers, 2009).

Clase: Conoidasida	
Orden: Eucoccidiorida	
Familia: Sarcocystidae	
Taxón del huésped	Patogenicidad / Espectro de enfermedad /
Felidae: Gato (<i>Felis silvestris catus</i>)	<i>Cystoisospora felis</i>. Transmisión: Oral. Cuadro clínico: Anemia, anorexia, depresión, deshidratación, diarrea líquida, dolor abdominal, emaciación, fiebre, heces blandas, pérdida de peso, vómito. Huésped afectado: Gato adulto. Huésped intermediario: Roedores. Tasa Prevalencia global estimada: n= 83.0 (15.0%) en gato feral (Güiris, 2017).
Jaguar (<i>Panthera onca</i>)	<i>Cystoisospora felis</i>. Huésped afectado: Jaguar cautivo y de vida libre. Sitio: Intestino delgado. Tasa Prevalencia global estimada: 44.4% en jaguar cautivo (Güiris, 2017).

Lince (<i>Lynx rufus</i>)	<i>Cystoisospora felis</i>. Huésped afectado: Lince cautivo. Sitio: Intestino delgado. Tasa Prevalencia global estimada: 77.7% (Güiris, 2017).
Puma (<i>Puma concolor</i>)	<i>Cystoisospora felis</i>. Huésped afectado: Puma. Sitio: Intestino delgado. Tasa Prevalencia global estimada: 50.0% Puma cautivo y 7.7% en Puma silvestre (Güiris, 2017).
Tigrillo (<i>Leopardus wiedii</i>)	<i>Cystoisospora felis</i>. Huésped afectado: Tigrillo cautivo. Sitio: Intestino delgado. Tasa Prevalencia global estimada: 58.3% (Güiris, 2017).

Clase: Conoidasida	
Orden: Eucoccidiorida	
Familia: Sarcocystidae	
Taxón del huésped	Patogenicidad / Espectro de enfermedad /
Felidae: Gato (<i>Felis silvestris catus</i>)	<i>Toxoplasma gondii</i>. Transmisión: Oral. Cuadro clínico: Anorexia, cambios de personalidad, ceguera, diarrea, disnea, dolor abdominal, fiebre, ictericia, letargo, lesiones en los ojos, neumonía, pérdida de apetito, tos y problemas neurológicos o neuromusculares (AVMA, 2012; ESCCAP, 2013). Sinergismo: Predisposición en gatos que padecen virus de leucemia felina y/o el virus de inmunodeficiencia felina (AVMA, 2012). Huésped definitivo: Gato adulto. Huésped intermediario: Mamíferos, pájaros. Infertilidad en animales y humano: Aborto, momificación, mortinato, orquitis-epididimitis, semino-vesiculitis. Tasa Prevalencia global estimada: n= 83.0 (100.0%) en gato feral de vía pública (Solís <i>et al.</i>, 2014).
Felidae: Jaguar (<i>Panthera onca</i>)	<i>Toxoplasma gondii</i>. Cuadro clínico: Jaguar cautivo con retinopatía (ZooMAT) (Güiris, 2017). Huésped afectado: Jaguar cautivo. Tasa Prevalencia global estimada: 100.0 % en jaguar cautivo (Gómez <i>et al.</i>, 2017).

Lince (<i>Lynx rufus</i>)	<i>Toxoplasma gondii.</i> Huésped afectado: Lince cautivo. Tasa Prevalencia global estimada: 100.0% (Gómez <i>et al.</i> , 2017).
Ocelote (<i>Leopardus pardalis</i>)	<i>Toxoplasma gondii.</i> Huésped afectado: Ocelote cautivo. Tasa Prevalencia global estimada: 100.0% en Ocelote cautivo (Gómez <i>et al.</i> , 2017).
Puma (<i>Puma concolor</i>)	<i>Toxoplasma gondii.</i> Huésped afectado: Puma cautivo. Tasa Prevalencia global estimada: 100.0% Puma cautivo (Gómez <i>et al.</i> , 2017).
Tigrillo (<i>Leopardus wiedii</i>)	<i>Toxoplasma gondii.</i> Huésped afectado: Tigrillo cautivo. Tasa Prevalencia global estimada: 100.0% (Gómez <i>et al.</i> , 2017).

Clase: Conoidasida	
Orden: Eucoccidiorida	
Familia: Sarcocystidae	
Taxón del huésped	Patogenicidad / Espectro de enfermedad /
Hominidae: Humano (<i>Homo sapiens</i>)	<i>Toxoplasma gondii</i>. Huésped definitivo: Félidos. Huésped intermediario: Humano. Transmisión: Ingesta de carnes y tejidos infestados con quistes de bradizoitos. Consumo de ostras, almejas, mejillones crudos. - Manipulación de frutas y verduras sin lavar, carne sin cocinar o cruda (borrego, cabra, cerdo, vaca y animales de caza), también carne curada, seca o ahumada. - Ingesta de agua, leche o productos lácteos bronca no pasteurizada o alimentos, contaminados con quistes esporulados procedentes de heces de un gato infestado. - Manipulación de tierra contaminada con heces de gatos. Los esporoquistes son resistentes y pueden ser viables por meses o incluso años en el ambiente. - Diseminación transplacentaria (infestación congénita) durante la gestación en madres no expuestas previamente a <i>T. gondii</i>. La transmisión directa de madre-feto cuando esta se infesta durante el embarazo. - Lactación. - Transfusión (AVMA, 2012). Cuadro clínico: La toxoplasmosis puede causar una enfermedad neurológica (hidrocefalia) severa, convulsiones, parálisis, coma e incluso la muerte. Las mujeres expuestas al <i>T. gondii</i> durante el embarazo pueden transmitir la infección al feto, dando como resultado una infección congénita en el bebé. Si la madre es infestada con <i>T. gondii</i> durante el primer trimestre, la infección puede causar una enfermedad severa y provocar muerte del feto, enfermedad ojos (anoftalmia, microftalmia) o en el sistema nervioso. Las infestaciones contraídas en etapas avanzadas del embarazo son menos severas. Los niños congénitamente infectados con <i>T. gondii</i> pueden sufrir pérdida de visión, discapacidad de desarrollo mental, pérdida de audición y, en casos más graves, la muerte. Infertilidad: Aborto, mortinato.

Clase: Zoomastigophorea	
Orden: Trypanosomatida	
Familia: Trypanosomatidae	
Taxón del huésped	Patogenicidad / Espectro de enfermedad /
Canidae: Perro (<i>Canis lupus familiaris</i>)	<i>Trypanosoma cruzi</i>. Tasa Prevalencia global estimada: n= 225.0 (4.4%) perros de vía pública. En perro de propietario n=103.0 (13.5%) (Güiris <i>et al</i> , 2007; Jiménez-Coello <i>et al.</i> , 2010; Ocaña <i>et al.</i> 2011).
Felidae: Gato (<i>Felis silvestris catus</i>)	<i>Trypanosoma cruzi</i>. Tasa Prevalencia global estimada: n= 83.0 (3.6%) en gato feral de vía pública (Olvera de la Rosa, 2014; Güiris, 2017).
Hominidae: Humano (<i>Homo sapiens</i>)	<i>Trypanosoma cruzi</i>. Vectores triatóminos: Más de 130 especies de triatóminos (<i>Triatoma</i> , <i>Rhodnius</i> y <i>Panstrongylus</i>). Huésped: Animales silvestres, domésticos y humanos. Transmisión: En su huésped mamífero, <i>Trypanosoma cruzi</i> se encuentra en sangre como tripomastigotes (formas extracelulares no divisibles) y en células como amastigotes (formas replicativas). Cuando un insecto succiona la sangre de un mamífero infestado, ingiere los tripomastigotes. Luego de 2 a 4 semanas de evolución, algunos de los parásitos migran al intestino posterior, donde se transforman en tripomastigotes metacíclicos infestantes. El insecto defeca luego de alimentarse y libera los tripomastigotes en las heces. Estos parásitos ingresan al organismo del mamífero a través de las membranas mucosas o lesiones cutáneas. Al rascarse, se pueden inocular los tripomastigotes en la herida de la picadura o permitir que los parásitos ingresen a través de los rasguños. Las especies de insectos triatóminos que muestran defecación tardía luego de alimentarse tienen menos probabilidades de transmitir la enfermedad de Chagas, que las especies que defecan sobre el huésped. Los humanos y los animales también se pueden infectar si ingieren el insecto o alimentos crudos que contienen heces de insectos (Pacheco <i>et al.</i> , 2009; CFSPH, 2010a).

Clase: Zoomastigophorea	
Orden: Trypanosomatida	
Familia: Trypanosomatidae	
Taxón del huésped	Patogenicidad / Espectro de enfermedad / infestación
Hominidae: Humano (<i>Homo sapiens</i>)	<i>Trypanosoma cruzi</i>. Ciclos básicos en la transmisión: <u>Ciclo selvático (salvaje)</u>. Este organismo realiza el ciclo entre especies silvestres e insectos triatóminos que habitan en ambientes selváticos. Los humanos y animales domésticos se infestan ocasionalmente cuando entran en contacto con estos insectos en el hábitat natural. <u>Ciclo de transmisión doméstica</u>. En este ciclo, los insectos vectores han colonizado adobes primitivos, pastos, leña almacenada y casas con techos de paja, lo que ocasionó la transmisión entre humanos e insectos. Entre las especies importantes del ciclo doméstico se incluyen <i>Triatoma infestans</i>, <i>T. dimidiata</i> y <i>Rhodnius prolixus</i>. Los ciclos de transmisión entre insectos y animales domésticos (ciclos peri-domésticos) generan la oportunidad de que el parásito infeste a humanos. <i>Trypanosoma cruzi</i>, se puede transmitir directamente a través de la sangre (transfusión) o trasplante de órganos infestados. Los carnívoros adquieren este organismo cuando comen presas infestadas. La transmisión vertical se ha registrado en perros y otros animales, tanto por vía intrauterina como a través de leche. La transmisión a través de leche es poco frecuente en humanos, pero la transmisión transplacentaria puede ocurrir en cada embarazo. La infestación adquirida en laboratorios generalmente ocurre cuando los parásitos entran en contacto con las membranas mucosas o lesiones cutáneas, o se inocula accidentalmente a través de lesiones producidas al pincharse con una aguja, pero también es posible la transmisión por aerosoles en este entorno (Pacheco <i>et al.</i>, 2009; CFSPH, 2010a).

Clase: Zoomastigophorea	
Orden: Trypanosomatida	
Familia: Trypanosomatidae	
Taxón del huésped	Patogenicidad / Espectro de enfermedad /
Hominidae: Humano (<i>Homo sapiens</i>)	<i>Trypanosoma cruzi</i>. Curso clínico: <u>Fase aguda asintomática</u>. Es el período durante el cual los parásitos se encuentran en sangre. Los síntomas son disnea, fiebre, dolor de cabeza, anorexia, malestar, mialgia, dolor en las articulaciones, debilidad, náuseas, vómitos, diarrea, hepatomegalia, esplenomegalia y linfadenopatía generalizada o localizada. Puede ocurrir edema, ya sea generalizado o localizado, en el rostro o en las extremidades inferiores, se observa un chagoma (endurecimiento localizado indoloro) en el lugar de la piel por donde el parásito ha ingresado. Si el ingreso se produce a través de las membranas mucosas oculares, se puede producir un edema indoloro de uno u ambos ojos, acompañado de conjuntivitis y aumento de tamaño de nódulos linfáticos locales (signo de Romana). La fase aguda, generalmente es seguida de un período asintomático que se denomina <u>Fase indeterminada</u>. Fase en donde desaparecen los parásitos de sangre. <u>Fase crónica</u>. Representada por cardiopatías: Anomalías en la conducción, arritmias, insuficiencia cardíaca, aneurismas apicales, embolia (accidentes cerebrovasculares y embolias pulmonares), edema periférico, hepatomegalia y muerte súbita. Anomalías digestivas: Mega-esófago, disfagia, emaciación, ruptura de esófago, megacolon, dolor abdominal, abdomen distendido, obstrucción abdominal, vólvulo, fecalomas, úlceras, perforación intestinal con peritonitis, gastritis, úlcera gástrica, vesícula biliar distendida o colelitiasis. Anomalías durante infestación en el embarazo: Aborto, nacimiento prematuro, hepato-esplenomegalia, meningoencefalitis, cambios en retina, miocarditis aguda o insuficiencia cardíaca (CFSPH, 2010a).

Clase: Kinetoplastea	
Orden: Trypanosomatida	
Familia: Trypanosomatidae	
Taxón del huésped	Patogenicidad / Espectro de enfermedad /
Bovidae: Cabra (<i>Capra aegagrus hircus</i>)	Leishmania sp. (CFSP, 2010b).
Borrego (<i>Ovis orientalis aries</i>)	Leishmania sp. (CFSP, 2010b).
Vaca (<i>Bos primigenius</i>)	Leishmania sp. (CFSP, 2010b).
Canidae: Perro (<i>Canis lupus familiaris</i>)	Leishmania sp. Vector: <i>Lutzomya</i> sp. En leishmaniosis de cánidos producida por <i>L. infantum</i>, los parásitos pueden encontrarse en la saliva, orina, semen (venérea), secreciones conjuntivales y también en la sangre (CFSP, 2010b). Tasa Prevalencia global estimada: Chiapa de Corzo, Chiapas, México. n= 50.0 (87.4%) perros de propietario. Jiquipilas, Chiapas. n=97.0 (77.6%), perros de propietario (Gómez <i>et al</i>, 2011; Güiris, 2017). Suchiapa, Chiapas. n= 110.0 (20.0%), perros de propietario (Balboa <i>et al.</i>, 2017).
Equidae: Caballo (<i>Equus ferus caballus</i>)	Leishmania sp. Etiología: <i>Leishmania infantum</i> es la especie identificada con mayor frecuencia en los animales domésticos, aunque también puede ocurrir en otras especies. No se observa en los animales una diferencia entre las especies que causan síndromes cutáneos y viscerales. Leishmaniosis visceral en personas, puede causar la enfermedad tanto visceral como cutánea en los perros y principalmente lesiones cutáneas en gatos y caballos. Algunas especies de <i>Leishmania</i> que han sido aisladas de animales, no se han informado en humanos (CFSPH, 2010b).
Burro (<i>Equus africanus asinus</i>)	Leishmania sp. (CFSP, 2010b).
Felidae: Gato (<i>Felis silvestris catus</i>)	Leishmania sp. Cuadro clínico: Leishmaniasis visceral en personas, puede causar la enfermedad tanto visceral como cutánea en los perros y principalmente lesiones cutáneas en gatos y caballos (CFSP, 2010b). (CFSPH, 2010b).

Clase: Kinetoplastea	
Orden: Trypanosomatida	
Familia: Trypanosomatidae	
Taxón del huésped	Patogenicidad / Espectro de enfermedad / infestación
Hominidae: Humano (<i>Homo sapiens</i>)	Leishmania sp. Vector: <i>Lutzomya</i> sp. Vector mecánico: Garrapatas (<i>Dermacentor variabilis</i>, <i>Rhipicephalus sanguineus</i>), pulgas (CFSPH, 2010b). Transmisión: Por vectores. Transmisión entre personas como vertical (congénita), venérea y por transfusión sanguínea y transplacentaria. Etiología: La leishmaniosis visceral (Síndrome visceral) humana es causada por el <u>Complejo donovani</u>: <i>L. donovani</i>, <i>L. archibaldi</i>, <i>L. infantum</i> y <i>L. chagasi</i>. <i>L. donovani</i> es antroponótica se transmite principalmente entre personas, que actúan como reservorios. <i>L. infantum</i> es zoonótica. La mayoría de las especies de <i>Leishmania</i> causan leishmaniosis cutánea en las personas. En el Nuevo Mundo, estos organismos incluyen los miembros del <u>Complejo brasiliensis</u>: <i>L. braziliensis</i> (cutáneo y mucocutáneo), <i>L. panamensis</i> (cutáneo raro mucocutáneo), <i>L. guyanensis</i> (cutáneo), <i>L. shawi</i> y <i>L. peruviana</i> (cutáneo). <u>Complejo L. mexicana</u>: <i>L. mexicana</i> (cutánea, raro difuso), <i>L. amazonensis</i> (cutánea, raro difuso), <i>L. venezuelensis</i> (cutáneo). Además de <i>L. lainsoni</i>, <i>L. naiffi</i> y <i>L. lindenbergi</i>. <u>Complejo tropica</u>: <i>L. tropica</i> (cutáneo), <i>L. major</i> (cutáneo), <i>L. aethiopica</i> (cutáneo y difuso). Los organismos del Nuevo Mundo, <i>L. braziliensis</i> y <i>L. panamensis</i>, <i>L. guyanensis</i> pueden causar leishmaniosis cutánea o mucocutánea (OMS, 2003; Maguiña <i>et al.</i>, 2004; CFSPH, 2010b). Curso: Crónico. Cuadro clínico: <u>Cutáneo</u>. La lesión (única o múltiple) empieza como un eritema pruriginoso que más tarde forma una pápula que después sangra, la cual se transforma en una úlcera indolora, placas planas, lesiones hiperqueratósicas, linfadenopatía local, nódulos lisos. La lesión suele localizarse en el pabellón auricular y es deformante (úlceras del chiclero u oreja del chiclero), y con menos frecuencia, en la cara y las extremidades. Una característica de esta forma clínica de leishmaniosis cutánea, es que muy raramente se difunde a los nódulos linfáticos. <u>Mucocutánea</u>. Eritema y úlceras en orificios nasales seguido de inflamación hasta afectar el septo nasal, desfigurar rostro, bloquear faringe y laringe, pueden involucrarse genitales y sangrado de nariz. <u>Visceral</u>. Anemia, anorexia, diarrea crónica, fiebre ondulante prolongada, pérdida de peso, distensión abdominal, esplenomegalia, hepatomegalia, linfadenopatía, oscurecimiento de piel, tos, enfermedad renal crónica (OMS, 2003; CFSP, 2010b).
Suidae: Cerdo (<i>Sus scrofa domestica</i>)	Leishmania sp. (CFSP, 2010b).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agrawal, V.; Agarwal, T.; Ghoshal, U.C. 2009. Intestinal strongyloidiasis: a diagnosis frequently missed in the tropics. Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene. March. 103(3): 242-246.

Alonso Cáceres, María Alcaide. 2005. Respuesta inmune celular y humoral del porcino ibérico frente a la Metastrongylosis. Universidad de Extremadura. Facultad de Veterinaria. Departamento de Medicina y Sanidad Animal Unidad de Parasitología y Enfermedades Parasitarias. Septiembre.

Alpízar, Carlos Ernesto; Bianque de Oliveira, Jaqueline; Jiménez, Ana Eugenia; Hernández, Jorge; Berrocal, Alexis y Romero, Juan José. 2013. *Fasciola hepatica* en ganado bovino de carne en siquirres y lesiones anatomo-histopatológicas de hígados bovinos decomisados en mataderos de Costa Rica. Agronomía Costarricense. 37(2): 7-16.

Ángel G., Rafael; Raad A., Jorge; Pérez C. Jorge E.; Marín, Juan C.; Hoyos, Juan C. 2005. Uncinariasis: Hallazgo incidental durante CPRE. Asociaciones Colombianas de Gastroenterología, Endoscopia digestiva, Coloproctología y Hepatología.

Arango, José Humberto. 1998. *Strongyloides stercoralis*. Colombia Médica. 29 (1). 32-42.

Asociación Mexicana de Médicos Veterinarios Especialistas en Bovinos, A.C.

AVMA, 2012. Riesgo Zoonótico. Toxoplasmosis. American Veterinary Medical Association. 4/12.

Ayala Rodríguez, Idalia; Doménech Cañete, Ingrid; Rodríguez Llanes, Maritza y Urquiaga Gardentey, Antonio. 2012. Parasitismo intestinal por *Dipylidium caninum*. Intestinal parasitism with *Dipylidium caninum*. Revista Cubana de Medicina Militar. 41(2):191-194

Balboa Betanzos, Patricia; Gómez Hernández, Carlos Hugo; Pérez Escobar, María Elia; Güiris Andrade, Darío Marcelino. 2017. Identificación de Leishmaniasis en cánidos (*Canis lupus familiaris*), por la técnica de inmunofluorescencia indirecta (IFI) en el municipio de Suchiapa, Chiapas. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia – Universidad Autónoma de Chiapas. Ciencias Médicas. Proyecto: Estudios de Sanidad en Fauna doméstica y silvestre en peligro de extinción del estado de Chiapas.

Barriga, O.O. 2002. Las enfermedades parasitarias de los animales domésticos en la América Latina. Editorial Germinal, Santiago. Chile.

Bartsch, H.C. and Ward, B.C. 1976. Visceral lesions in raccoons naturally infected with *Heterobilharzia americana*. Veterinary Pathology. 13: 241-249.

Bastard García, Carlos Walberto. 2003. Análisis coprológico de felinos silvestres cautivos en la UMA “Dr. Julio Cesar Pastrana Caso” en el municipio de Villaflores, Chiapas. Tesis de Lic. En Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Chiapas.

Beaver, P.C.; Jung, R.C.; Cupp, E.W. 1984. Clinical Parasitology. 9th edition. Philadelphia, PA: Lea and Febiger. 291–292.

Botero, D. y Restrepo, M. 1994. Parasitosis humana. 2da ed. Medellín. Corporación para Investigaciones Biológicas. 316-318.

Bowman, D.D. and Lynn, R.C. 1999. Georgis' Parasitology for Veterinarians. 7th ed., W.B. Saunders, Philadelphia. USA.

Byrd, E.E.; Prestwood, A.K. and Maples W.P. 1967. A new host and two new locality records for the blood fluke, *Heterobilharzia americana* Price, 1929. The Journal of Parasitology 53: 1115-1116.

Calvopina, Manuel; Caballero, Henry; Morita, Tatsushi and Korenaga, Masataka. 2016. Case Report: Human Pulmonary Infection by the Zoonotic *Metastrongylus salmi* Nematode. The First Reported Case in the Americas. Am. J. Trop. Med. Hyg. 95(4), 871–873.

CDC, 2017. *Fasciola hepatica*. Centers for Diseases Control and Prevention. www.cdc.gov/parasites. 24/7.

CDC. 2013. Subcutaneous Infection with *Dirofilaria immitis* Nematode in Human, France. Emerging Infectious Diseases. January. 19(1). 171-172.

CFSPH, 2005. The Center for Food Security and Public Health; Iowa State University Animal disease factsheets. Cryptosporidiosis.

CFSPH, 2010a. The Center for Food Security and Public Health; Iowa State University Animal disease factsheets. Enfermedad de Chagas.

CFSPH, 2010b. The Center for Food Security and Public Health; Iowa State University Animal disease factsheets. Leishmaniosis.

CFSPH, 2011. The Center for Food Security and Public Health; Iowa State University Animal disease factsheets. Infecciones por taenias.

CFSPH, 2013a. The Center for Food Security and Public Health; Iowa State University Animal disease factsheets. *Larva migrans*.

CFSPH, 2013b. The Center for Food Security and Public Health; Iowa State University Animal disease factsheets. Hookworm.

Chen, E.R. Parasitic Zoonoses in Taiwan. Food-Borne Parasitic Zoonoses in Taiwan. Current Status of Food-Borne. 62 – 64.

Corapi, W.V.; Snowden, K.F.; Rodrigues, A.; Porter, B.F.; Buote, M.A.; Birch, S.M.; Jackson, N.D.; Eden, K.B.; Whitley, D.B.; Mansell, J.; Edwards, J.F.; Hardy, J. and Chaffin, M.K. 2012. Natural *Heterobilharzia americana* Infection in Horses in Texas. Veterinary Pathology. 49(3) 552-556.

Cordero del Campiño, M.; Rojo Vázquez, F.A.; Martínez Fernández, A.R.; Sánchez Acedo, C.; Hernández Rodríguez, S.; Navarrete López, I. *et al.* 1999. En: Parasitología. 1ed. Aravaca. McGraw-Hill- Interamericana de España, S.A. 626- 648.

Cruz, Epigmenio., Palacios, Gabriela., Güiris, Marcelino. 2011. Current status of Jaguars in Chiapas (Chapter of book). In: Jaguar conservation and management in Mexico. Case studies and perspectives (ISBN 978-607-8143-01-6). Gerardo Ceballos, Cuauhtémoc Chávez, Rurik List, Heliot Zarza y Rodrigo a. Medellin Editors. Part I. Distribution and Ecology. CONABIO-Alianza WWF/TELCEL-UNAM. Mexico. P. 83-91.

Custer, J.W., and Pence, D.B. 1981. Ecological analyses of helminth populations of wild canids from the gulf coastal prairies of Texas and Louisiana. The Journal of Parasitology. 67: 289-307.

DATABiO, 2014. *Ancylostoma* spp. Fichas de agentes biológicos. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo.

Davies, A. P. and Chalmers, R.M. 2009. Cryptosporidiosis. BMJ Publishing Group LTD. 24 (339)963-967.

Devera, Rodolfo y Campos, Fernando. 1998. Dipilidiasis humana. Rev. Biomed. 9:44-45.

Editorial Interamericana. 51.

ESCCAP, 2013. Control de protozoos intestinales en perros y gatos. Consejo Europeo para el control de las parasitosis de los animales de compañía. Septiembre. No. 6.

Escobar Toledo, A.J.; Güiris Andrade, D.M.; Pérez Escobar, M.E.; Martínez Figueroa, L.; Navarro Urquía, M.I.; Urbina López, W.F.; Jiménez Coello, M.; Ortega Pacheco, A. 2013. Análisis epidemiológico espacial retrospectivo de agentes etiopatogénicos en cánidos de vía pública en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. Abril. Cartel. Consorcio de Universidades Mexicanas (CUMEX) Primera Sesión VIII CATEDRA CUMEX. Sustentabilidad Vs Cambio climático en la producción animal, del 8 al 10 de abril de 2013, Auditorio de Los Constituyentes UNACH, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.

Fabrick, C.; Bugbee, A. and Fosgate, G. 2010. Clinical Features and Outcome of *Heterobilharzia americana* Infection in Dogs. J. Vet. Intern. Med. 24:140–144.

Fernández Capistrán, Rosamelia y Moreno Sánchez, Francisco. 2000. Absceso hepático por *Fasciola*. Reporte de un caso. Enf. Infec. y Microbiol. 20(2):56-60.

Forrester, D.J.; Conti, J.A. and Belden, H.C. 1985. Parasites of the Florida panther (*Felis concolor coryi*). Proceedings of the Helminthological Society of Washington. 52: 95-97.

Georgi, J.R. y Georgi, M.E. 1994. Parasitología en clínica canina. McGraw-Hill Interamericana, Atlampa. México.

Gil, Luis Carlos; Díaz, Alex; Rueda, Carlos; Martínez, Christian; Castillo, Douglas; Werner, A.P:T. 2014. Fascioliasis hepática humana: resistencia al tratamiento con triclabendazol. Rev. Med. Chile. 142: 1330-1333.

Glaus, T.M.; Jacobs, G.J.; Rawlings, C.A.; Watson, E.D. Calvert, C.A. 1995. Surgical removal of heartworms from a cat with caval syndrome. J. Am. Vet. Med. Assoc. 206: 663-666.

Gómez Hernández, Carlos H.; González Macal, Gabriela A.; Ricardez Esquínca, J.R.; Guzmán Bracho, Carmen; Martínez Figueroa, L.; Güiris Andrade, Darío M. 2011. Leishmaniosis visceral en cánidos (*Canis lupus familiaris*) de localidades endémicas del centro de Chiapas. Cartel. 19 Reunión Anual CONASA (Consejo Nacional de Sanidad Animal). Polifórum Mesoamericano. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

Gómez, Antonio; Jiménez Coello, Matilde; Acosta Viana, Karla; Guzmán Marín, Eugenia; Hernández Cortázar, Ivonne; Ortega Pacheco, Antonio; Güiris Andrade, Darío;

López Alonso, Rubén. 2017. Frecuencia de *Toxoplasma gondii* en félidos silvestres en cautiverio de México. 66th Annual International Conference of the Wildlife Disease Association, 3rd Conference of the WDA Latin American Section, and 5th Kalaan Kab International Congress on Disease Ecology; Building networks for sustainable health. Julio 24. San Cristóbal de las casas, Chiapas, México.

Gómez, M.; Rojo, F.A.; Guerrero, J. 1999. Filariatosis. En: Cordero, M.; Rojo, F.A.; M Sánchez, C.S.; Hernández, I.; Navarrete, P.; Diez, H.; Quiroz, M. Carvalho. 1999. Parasitología Veterinaria. McGraw-Hill Interamericana, Madrid. España.

Greaves, D.; Coggle, S.; Pollard, C.; Aliyu, S.H.; Moore, E.M. 2013. *Strongyloides stercoralis* infection. BMJ. Jul. 30. 347.

Grove Village, Elk. 2015. Pinworm infection (*Enterobius vermicularis*). Report of the Committee on Infectious Diseases. In: Kimberlin, D.W. editor. Red Book: American Academy of Pediatrics. 30 ed. 621–2.

Güiris A. D.M.; Rojas H., N.M.; Berovides Álvarez, V.; Sosa Palacios, J.; Pérez, Escobar, M.E.; Cruz Aldán, E.; Chávez Hernández, C.; Moguel A., J.A.; m. Jiménez-Coello, M.; Ortega-Pacheco, A. 2010. Biodiversity and Distribution of Helminths and Protozoa in Naturally Infected Horses from the Biosphere Reserve “La Sierra Madre de Chiapas”, México. Veterinary Parasitology. 170. 268-277.

Güiris A., Darío Marcelino; Milo A., Rafael; Ordóñez R., Lenin; Cruz A., Epigmenio; Cabrera Baz, Elsy A. y Gallegos M. Jacqueline. 1997. Estudio de las nematodosis gastroentéricas en Pecarís de Labios Blancos (*Tayassu pecari*) en el ZOOMAT, en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. Memoria: XV Simposio sobre Fauna Silvestre "Gral. M.V. Manuel Cabrera Valtierra". Oct. 29 – 31. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia a través de su División de Educación Continua.

Güiris Andrade Darío Marcelino. 1995. Nematodosis gastroentérica en caballos del estado de Chiapas. Memoria: 1er. Ciclo de Conferencias de Actualización en Clínica Equina. Nov. 29-30. Escuela de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNACH.

Güiris Andrade, Darío Marcelino. 2016. Riesgos a la salud por Agentes Parasíticos en félidos (doméstico feral / silvestre / cautivo) del estado de Chiapas, México. 1er. CONGRESO MUNDIAL DE CONSERVACIÓN DEL JAGUAR. Universidad para la Cooperación Internacional México A.C. (UCIMEXICO), la Organización de Rescate,

Rehabilitación y Reproducción de Fauna Silvestre (ORGFAS A.C.), Pixán Lu'Um Consultoría Ambiental en Recursos Naturales y Asesoría Jurídica y complejo Grand Palladium. 29 y 30 de Octubre. Riviera Maya, Quintana Roo, México.

Güiris Andrade, Darío Marcelino; Martínez Figueroa, Laura; Yáñez Gamboa, Luz María; Pérez Escobar, María Elia; Oliva Llavén, María Ángela; Jiménez Coello, Matilde; Acosta Viana; Karla; Guzmán Marín Eugenia; Ortega Pacheco, Antonio. 2007. Riesgo parasítico por fauna en la Cd. de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. Unidad de Vinculación Docente. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Dirección General de Investigación y Posgrado, Universidad Autónoma de Chiapas. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.

Güiris, A.D.M. 2017. Base de datos Proyecto de investigación continua (1994 – 2017):“Estudios biomédicos y de sanidad en fauna (doméstica / Silvestre / Cautiva) del estado de Chiapas, México”. Universidad Autónoma de Chiapas, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Departamento de Ciencias Médico Veterinarias, Cuerpo Académico Manejo de Ecosistemas y Medicina de la Conservación. Laboratorio particular de la Policlínica y Diagnóstico Veterinario. Secretaria de Medio Ambiente e Historia Natural Gobierno de Chiapas - Zoológico Regional “Miguel Álvarez Del Toro”, Curaduría Mamíferos y Coordinación de Investigación. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.

Heyman, D.L. 2008. Enterobiasis. In: Control of Communicable Diseases Manual. 19th ed. Washington, D.C. American Public Health Association. 223-225.

Hoch, Heather and Strickland, Keith. 2008. Canine and Feline Dirofilariosis: Life Cycle, Pathophysiology, and Diagnosis. Compendium. 1. 133-141.

Issarapong, Phosuk; Pewpan, M.; Intapan, Oranuch; Sanpool, Penchom; Janwan, Tongjit; Thanchomnang, Kittisak; Sawanyawisuth, Nimit; Morakote, Wanchai Maleewong. 2013. Molecular Evidence of *Trichostrongylus colubriformis* and *Trichostrongylus axei* Infections in Humans from Thailand and Lao. The American Society of Tropical Medicine and Hygiene. 89(2). Aug. 376 – 379.

Jiménez-Coello, Matilde; Ortega-Pacheco, Antonio; Guzmán-Marín, Eugenia; Güiris-Andrade, Darío M.; Martínez Figueroa, Laura and Acosta-Viana, Karla Y. 2010. Stray dogs as reservoirs of the zoonotic agents *Leptospira interrogans*, *Trypanosoma cruzi*, and *Aspergillus* spp. in an urban area of Chiapas in Southern Mexico. Vector-Borne and Zoonotic Diseases. 10 (2).

Junquera, P. 2017. Tremátodos (duelas): Fasciola hepatica o duela del hígado, gusano trematodo parásito del hígado en el ganado bovino, ovino y porcinos y en perros y gatos: biología, prevención y control (fasciolosis, distomatosis). Parasitipedia. net.

Kaplan, E.H. 1964. *Heterobilharzia americana* Price, 1929, in the opossum from Louisiana. The Journal of Parasitology. 50: 797.

Kittleson, M.D. y Kienle, R.D. 2000. Medicina cardiovascular de pequeños animales. 2a ed., Multimédica, Barcelona. España.

Kourí, P.; Basnuevo, J.G. y Sotolongo, F. 1982. Helminatología humana: 2da ed. La Habana: Editorial Pueblo y Educación; p. 430-41.

Krotoski, W.A.; Job, C.K.; Cogswell, F.B. and Malek, E.A. 1984. Enzootic schistosomiasis in Louisiana armadillo. American Journal of Tropical Medicine and Hygiene. 33: 269-272.

Leventhal, R. y Cheadle, R.F. 1995. Parasitología médica. 3ra ed. México, DF: Nueva Llanos, Mariana; Condori, Marcelina; Ibañes, Teddy; Loza Murguía, Manuel. 2010. Parasitosis enterica en caninos (*Canis familiaris*) en el área urbana de Coroico, Nor Yungas departamento de la Paz, Bolivia. Journal of the Selva Andina Research Society. 1(1):37-49.

Maguiña Vargas, Ciro; Soto, Leslie; Egoavil Rojas, Martha; Breña, Patricia. 2004. Enfermedades de mascotas en humanos. Revisión Actualizada. Pet Diseases in humans. Updated review. Rev. Soc. Per. Med. Inter. 17(1) 17-26.

Malek, E.A.; Ash, L.H.; Lee, H.F. and Little, M.D. 1961. *Heterobilharzia* infection in the dog and other mammals in Louisiana. The Journal of Parasitology. 47: 619-623.

Martínez-Barbabosa, Ignacio; Gutiérrez Quiroz, Manuel; Ruiz González, Leticia Araceli; Fernández Presas, Ana María; Gutiérrez Cárdenas, Elena Marcia; Aguilar Venegas, José Marcos; Shea, Michael y Gaona, Enrique. 2014. Dipilidiasis: Una zoonosis poco estudiada. Rev. Latinoam. Patol. Clin. Med. Lab. 61 (2): 102-107.

McKown, Richard, D.; Veatch, Johna K. and Fox, Lloyd B. 1991. New Locality Record for *Heterobilharzia americana*. Journal of Wildlife Diseases. January. 27(1). 156-160.

Medina Claros, A.F.; Mellado Peña, M.J.; García López, Hortelano; Piñeiro Pérez, R.; Martín Fontelos, P. Parasitosis intestinales. Protocolos diagnóstico-terapéuticos de la AEP: Infectología pediátrica. 77-78.

Memorias: XII Congreso Internacional de Medicina, cirugía y Zootecnia en Perros, Gatos y otras mascotas. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Secretaria de Educación Continua y Tecnología. Departamento de Medicina, Cirugía y Zootecnia para pequeñas especies. Federación Canófila Mexicana, A.C. Hotel Hyatt Regency. 19 – 22. Marzo. Acapulco, Guerrero, México.

Meza-Lucas, Antonio y Aguilar Rebolledo, Francisco. 2002. Teniasis humana por *Taenia solium*. Rev. Mex. Patol. Clin. Abril – Junio. 49 (2). 92-99.

Miller, M.W. 1999. Filariosis cardiaca. En: Morgan, R.V. 1999. Clínica de pequeños animales. 3ª ed. Harcourt Brace, Madrid. España.

Mohamed, R.; Hamodat, M.M.; Al-Abbadi, M.A. 2016. Gastric Strongyloidosis: Report of 2 cases and Brief Review of the Literature. Lab. Med. Dec. 13.41.

Nader Pestechian, Hamed Kalani, Roghiyeh Faridnia and Hosein Ali Yousefi. 2014. Zoonotic Gastrointestinal Nematodes (Trichostrongylidae) from Sheep and Goat in Isfahan, Iran. Acta Scientiae Veterinariae.42. 1204.

Ocaña Palacios, A.M.; Jiménez Coello, M.; Barrera Tenorio, Y.; Martínez Figueroa, Laura.; Ramírez Aguilar, F.; Ortega Pacheco, A.; Acosta Viana, K.; Güiris Andrade, D.M. 2011. Seroprevalencia de *Trypanosoma cruzi* en cánidos de propietario de la Cd. de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. Consejo Técnico Consultivo Nacional de Sanidad Animal. Centro de Convenciones de Chiapas. Octubre 24-26.

Olaechea, Fermín. 2004. *Fasciola hepática*. Sitio Argentino de Producción Animal. Área Producción Animal. Comunicación Técnica N° 449. 1-9.

Olvera de la Rosa, M.A.; Güiris A., D.M.; Jiménez C., M.; Pérez E., M.E.; Maza S., C. 2014. Seroprevalencia de *Trypanosoma cruzi* en félidos de vía pública en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. Especialidad Sanidad Animal. Departamento de Ciencias Médico Veterinarias, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Chiapas.

OMS, 2003. Zoonosis y enfermedades transmisibles comunes al hombre y a los animales. Zoonoses and Communicable Diseases Common to Man and Animals: Parasitoses. Tercera edición. Publicación Científica y Técnica No. 580. Organización Panamericana de la Salud. Oficina Sanitaria Panamericana, Oficina Regional de la Organización Mundial de la Salud. Volumen III.

OMS, 2017. Teniasis cisticercosis. Nota descriptiva, Marzo.

Pacheco da Silva, José P.; Arredondo, Carolina; De Oliveira, Víctor; Terranova, Eduardo; Basmadján, Yester; González, Mariana; Heinsen, Teresita. 2009. Enfermedad de Chagas en perros: Descripción de un caso clínico en Raza Cimarrón y su Diagnóstico Histopatológico (Chagas Disease in Dogs: Clinic case description in a Cimarrón and Histopathologic diagnosis). REDVET. Revista electrónica de Veterinaria. 10 (4). 1695-7504.

Pérez Escobar, María Elia; Güiris Andrade, Darío Marcelino, Acosta Viana, Karla Yolanda; López Mendoza, Sergio; Martínez Figueroa, Laura; Yáñez Gamboa, Luz María; Urbina López William Freysser. 2009. Estudio coproparasitológico en heces de canidos (*canis familiaris*) de la vía pública en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

Pichard, D.C.; Hensley, J.R.; Williams, E.; Apolo, A.B.; Klion, A.D.; DiGiovanna J.J. 2014. Rapid development of migratory, linear, and serpiginous lesions in association with immunosuppression. J. Am. Acad. Dermatol. Jun. 70(6). 1130-1140.

Polizopoulou, Z.S.; Koutinas, A.F.; Saridomichelakis, M.N.; Patsikas, M.N. Leontidis, L.S.; Roubies, N.A.; Desiris, A.K. 2000. Clinical and laboratory observations in 91 dogs infected with *Dirofilaria immitis* in northern Greece. Vet. Rec. 146: 466-469.

Price, E.W. 1929. A synopsis of the trematode family Schistosomidae with descriptions of new genera and species. Proceedings of the United States National Museum. 75 (Article 18): 1-39.

Rawlings, C.A. and Calvert, C.A. 1997. Verminosis cardiaca. En: Ettinger, S J., E. C. Feldman. 1997. Tratado de Medicina Interna Veterinaria. 4a ed., Inter-Médica, Buenos Aires. Argentina.

Romero-Castañón, Salvador; Ferguson, Bruce G.; Güiris, Darío; González, David; López, Sergio; Paredes, Amelia and Weber, Manuel. 2008. Comparative Parasitology of Wild and Domestic Ungulates in the Selva Lacandona, Chiapas, Mexico. Comparative Parasitology. January. 75 (1). 115- 126.

Snyder, P.S.; Levy, J.K.; Salute, M.E.; Gorman, S.P.; Kubilis, P.S.; Smail, P.W.; George, L.L. 2000. Performance of serologic test used to detect heartworm infection in cats. J. Am. Vet. Med. Assoc. 216: 693-700.

Solarte-Paredes, Luz Dary; Castañeda-Salazar, Rubiela y Pulido Villamarin, Adriana del Pilar. 2012. Prevalencia de *Toxocara canis* y *Ancylostoma caninum* en materia fecal de

caninos callejeros del centro de zoonosis de Bogotá, D.C. Abstract Book del III Congreso Internacional de Parasitología Neotropical (III COPANEO). "Parasitología Global: Salud, Biodiversidad y Zoonosis" 5 al 10 de Noviembre. Lima, Perú. The Biologist (Lima). vol. 10, jul-dic, Suplemento Especial 2.

Solís Zenteno, Eslyn Isabel; Olvera de la Rosa, Miguel Ángel; Güiris Andrade, Darío Marcelino, Pérez Escobar, María Elia; Martínez Figueroa, Laura; Ramos Salas, Dorcas Flor; Jiménez Coello, Matilde; Díaz Vargas, Nidya Elizabeth. Seroprevalencia de *Toxoplasma gondii* y *Trypanosoma cruzi* en gato feral de vía pública en Tuxtla, Gutiérrez, Chiapas. Congreso Mesoamericano de Investigación UNACH 2014. Dirección General de Investigación y Posgrado. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

Stark, Damien; Barratt, Joel; Chan, Douglas; Ellis, John T. 2016. *Dientamoeba fragilis*, the Neglected Trichomonad of the Human Bowel. July. 29 (3). 553-580.

Stone, Richard H.; Frontera-Acevedo, Karelma; Saba, Corey F.; Ambrose, Dana; Moorhead, Andrew R.; Brown, Cathy A. 2011. Lymphosarcoma associated with *Heterobilharzia americana* infection in a dog. Journal of Veterinary Diagnostic Investigation. 23(5) 1065– 1070.

Uribe Delgado, Nelson y García Castaño, Carlos Humberto. 2013. Fasciolosis, zoonosis emergente y reemergente vista desde una dimensión ambiental (Revisión). Universidad Central de Venezuela. Vitae. Oct.-Dic. 56. http://vitae.ucv.ve/index_pdf.

Yamini, B. and Schillhorn van Veen, T.W. 1988. Schistosomiasis and nutritional myopathy in a Brazilian tapir (*Tapirus terrestris*). Journal of Wildlife Diseases. 24: 703-707.

Zenteno Molina, Gerardo Tomas; Sánchez Muñoz, José Bernardo; Güiris Andrade Darío Marcelino. 1993. Determinación de parásitos gastrointestinales en bovinos del municipio de Bochil, Chiapas. Memoria: XVIII Congreso Nacional de Buiatría México.

PRODUCCIÓN ANIMAL EN LOS ECOSISTEMAS DE MÉXICO

Universidad Autónoma de Chiapas

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas

Septiembre, 2017



ISBN: 978-607-8459-75-9

