



Cátedra de Integración Económica y Desarrollo Social

Working Paper No. 2006-5

Valoración económica de los servicios ecológicos que prestan los murciélagos *Tadarida brasiliensis* como controladores de plagas en el norte de México.

Guillermo Gándara

Adriana Nelly Correa Sandoval

Carlos A. Hernández Cienfuegos

Disclaimer: The author(s) is (are) responsible for all the information contained in the documents, which do not reflect EGAP's point of view

Ave. Rufino Tamayo
Garza García, Nuevo León, México
CP 66269

Valoración económica de los servicios ecológicos que prestan los murciélagos *Tadarida brasiliensis* como controladores de plagas en el norte de México.

Guillermo Gándara Fierro¹, Adriana Nelly Correa Sandoval², Carlos A. Hernández Cienfuegos³

Resumen:

Esta investigación tiene como objetivo realizar una primera aproximación al valor económico del servicio ambiental que la subespecie de murciélagos *Tadarida brasiliensis mexicana* ofrece como controlador natural de plagas en el estado de Nuevo León. Se parte de un estudio de los hábitos alimentarios de la población que habita la Cueva de la Boca ubicada en Santiago, Nuevo León. Se identifican los insectos de la dieta que representan potenciales plagas agrícolas en la región. De acuerdo con información primaria y secundaria sobre la importancia económica de los cultivos de sorgo, maíz, cítricos y nuez en la zona de influencia y a la intensidad en la aplicación de compuestos químicos para el control de sus plagas, se estima el valor económico de este servicio ambiental en un rango entre \$6.5 y \$16.5 millones de pesos, con un valor promedio de \$260 por hectárea para estos cultivos. Los resultados de este estudio podrán ser utilizados como herramienta de conservación para apoyar la protección de los ecosistemas alrededor de los sitios de percha, que además del control biológico de enfermedades y plagas aportan de manera integral otros importantes servicios ambientales.

Introducción.

Conocida como murciélago guanero o murciélago mexicano de cola libre, *Tadarida brasiliensis* pertenece a la familia *Molossidae* del suborden de los Microquiropteros. Se distribuye desde el sur de Estados Unidos hasta el Brasil con nueve subespecies. Esta investigación tiene como objetivo estimar una primera aproximación al valor económico del servicio ambiental que la subespecie *Tadarida brasiliensis mexicana* ofrece como controlador natural de plagas en el estado de Nuevo León, analizando su función en un ecosistema del cual los humanos también formamos parte. Se parte de un estudio de los hábitos alimentarios de la población de murciélagos de esta subespecie que habita la Cueva de la Boca, ubicada en Santiago Nuevo León, muy cerca de la Ciudad de Monterrey. Se identifican los insectos de la dieta que representan potenciales plagas agrícolas en la región. De acuerdo con información primaria y secundaria sobre la importancia económica de algunos cultivos en la zona de influencia y a la intensidad en la aplicación de compuestos químicos para el control de sus plagas, se determinan las bases para la estimación de la valoración económica.

¹ Escuela de Graduados en Administración Pública y Política Pública, Tecnológico de Monterrey, guillermo.gandara@itesm.mx

² Centro de Calidad Ambiental, Tecnológico de Monterrey Campus Monterrey, ancs@itesm.mx

³ Centro de Calidad Ambiental, Tecnológico de Monterrey Campus Monterrey.

A pesar de encontrarse dentro de un área protegida a nivel estatal, la Zona Sujeta a Conservación Ecológica “Sierra Cerro de la Silla”, en el Municipio de Santiago, Nuevo León y de haber sido propuesta como área núcleo en la zonificación del Plan de Manejo, la Cueva de la Boca presenta un alto grado de vulnerabilidad por encontrarse justo frente a una transitada carretera. Se estima que hace 10 años la población de estos murciélagos pudo haber sido de más de 3 millones de individuos, mientras que durante la realización del estudio había descendido drásticamente hasta llegar a una población entre 600,000 y 700,000 individuos. La importancia ecológica y económica de la cueva es muy alta porque alberga de manera permanente o temporal también a poblaciones de otras especies de murciélagos que prestan diversos servicios ecológicos, así como a toda una rica y compleja comunidad. Actualmente la Cueva está bajo la protección de Pronatura Noreste, A.C.

Los murciélagos representan más de la cuarta parte de las especies de mamíferos en el mundo. En México habitan alrededor de 449 especies de mamíferos, 137 de ellas murciélagos; mientras que en Nuevo León, 40 de 144 son murciélagos. Esta alta proporción, que no suele ser claramente percibida debido a los hábitos nocturnos de este grupo, es indicativa de una relevante importancia ecológica. Las funciones ecológicas de los murciélagos se traducen en servicios ambientales que tienen relación con sus redes tróficas.

Aproximadamente el 70% de las especies de murciélagos se alimentan de insectos y pueden en cierta medida controlar poblaciones de insectos plaga o vectores de enfermedades; 20% se alimentan de fruta y al hacerlo pueden cumplir la función de dispersión de semillas, participando en los procesos de regeneración de los ecosistemas (Orozco et al, 1985); 7% son nectarívoros y polinizadores, ayudando así a la reproducción sexual de las plantas y al intercambio de información genética que permite la posibilidad de adaptación ante cambios en el ambiente y da mayor resistencia a enfermedades y plagas. Son muy numerosas las plantas de interés comercial que debemos de alguna manera a los murciélagos, ya sea por control de plagas o enfermedades o por dispersión o polinización de sus variedades silvestres: higo, pitahaya, mango, plátano, papaya, guayaba, guanábana, dátil, maderas finas y agaves como el tequilero, entre otros. 3% se alimentan de pequeños roedores, aves, peces, y solo tres especies de más de 1,100 se alimentan de sangre: dos de sangre de aves silvestres y solo una de sangre de ganado. Es ésta la que ha dado mala fama al resto, pero aun ella brinda servicios ecológicos, pues la enzima de su saliva, conocida como DSPA (desmoteplasa), está siendo estudiada como una alternativa más segura y eficaz en el tratamiento de los derrames cerebrales (Liberatore, 2003).

En el caso que nos ocupa, las interrelaciones en el sistema muestran claramente (ver Figura 1) cómo los murciélagos pueden ser considerados controladores de plagas “sostenibles”, al cumplir

con todas las dimensiones del desarrollo sostenible: beneficios económicos y sociales y salud para el ecosistema. Tanto el plaguicida agroquímico como el murciélago cumplen la misma función de hacer decrecer la población de insectos plaga, beneficiando así al cultivo. Sin embargo, el agroquímico implica una serie de costos para la sociedad: costos económicos y costos en salud por su aplicación, que redundan en un decremento en el bienestar social. Al mismo tiempo, ocurre un impacto en el ecosistema por la inespecificidad de la acción de los productos, que afectan no únicamente al insecto plaga, sino también a otros organismos, incluso benéficos. Aunque el nivel de sustitución entre las funciones de murciélagos y pesticidas no llegue a ser considerada como total, la función del murciélago puede formar parte de un programa de Manejo Integrado de Plagas y Enfermedades (MIPE).

Por el contrario, los murciélagos pueden cumplir la función de control de plagas y enfermedades sin implicar gastos económicos ni costos en salud y con el beneficio adicional de poder constituir la base de un atractivo turístico que genere una derrama económica para la región, al tiempo que su protección y la de su hábitat implican la conservación de todos los servicios ecológicos generados gracias a la salud e integralidad del ecosistema.

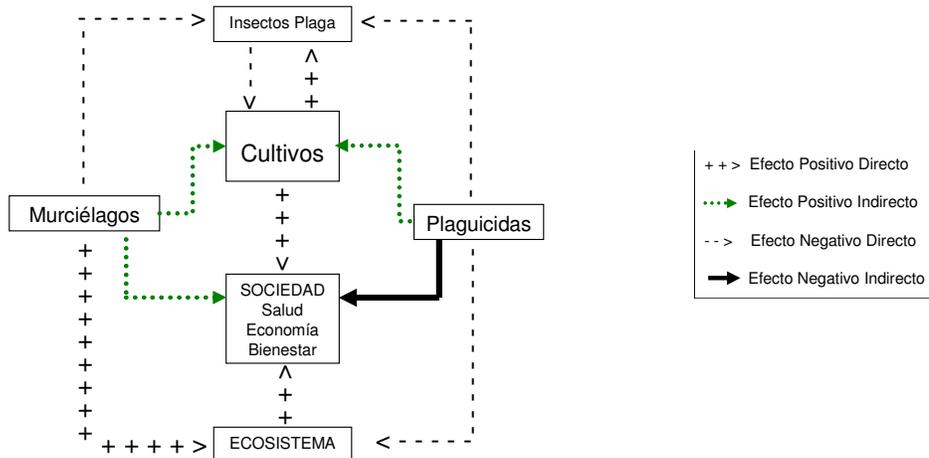


Figura 1. Modelo conceptual del sistema de estudio

En el siguiente apartado se presenta una descripción detallada de la especie a valorar así como de su hábitat, la Cueva de la Boca. A continuación se muestran los resultados de la exploración de la dieta del murciélago y se determinan las plagas potenciales para la agricultura en la zona de influencia. El apartado sucesivo muestra la importancia económica de la agricultura en la zona de influencia. Posteriormente se presentan los resultados de las estimaciones de la valoración

económica mediante el método de costos evitados. Se concluye con una serie de reflexiones finales.

Descripción de la especie.

Los molósididos son insectívoros y capturan su presa al vuelo; pueden vivir en solitario, pero por lo general forman grandes colonias, de millones de individuos, principalmente en cuevas. Existe evidencia de la familia desde el Eoceno Posterior. A nivel mundial hay 85 especies en 12 géneros; en Nuevo León se encuentran cuatro especies en 3 géneros (Wilkins 1986; Jiménez 1999).

La especie *Tadarida brasiliensis*, descrita por Geoffroy 1824, presenta el dorso de color marrón intenso, tiene una longitud total promedio de 94mm y del antebrazo de 43mm; su peso promedio es de 12 gramos. El labio superior presenta surcos y pliegues verticales. Sus orejas no están unidas en la línea media y tiene 3 incisivos en lugar de 2. (Wilkins 1986; Jiménez 1999). La subespecie *T.b. mexicana*, descrita por Saussure en 1860, se distribuye en USA, en la región oeste de Texas hasta California y en México hasta el sur hasta Chiapas.

La Cueva de la Boca ha sido reportada (Villa 1962, Jiménez 1999, Moreno 1996, Medellín 2001) como albergue permanente o temporal de poblaciones de seis especies de murciélagos, que mencionamos en orden de mayor a menor abundancia de acuerdo a nuestras observaciones: *Tadarida brasiliensis*, *Mormoops megalophylla*, *Myotis velifer* (insectívoros), *Choeronycteris mexicana* (polinizador), *Artibeus sp.* (dispersor de semillas) y *Pteronotus parnelli* (estas dos últimas no colectadas por nuestro grupo). La importancia ecológica de la cueva ha sido reconocida por la comunidad académica y Pronatura Noreste, que en sociedad con ciudadanos del Municipio de Santiago y gracias a donativos de Consejeros de Bat Conservation International, ha adquirido en propiedad el predio para destinarlo a su conservación y actividades de investigación y docencia (Connolly, 2006).

Servicio ambiental de control de plagas.

Los resultados de nuestro estudio de hábitos alimenticios de la población de *Tadarida brasiliensis mexicana* que habita la Cueva del Boca, realizados durante las temporadas 2004 y 2005 identifican un total de 53 grupos taxonómicos de artrópodos, clasificados en 40 familias distribuidas entre 12 órdenes. Los grupos representados en mayor proporción son *Lepidoptera* y *Pentatomidae*, mientras que en frecuencia lo son *Lepidoptera*, *Pentatomidae* y *Cicadellidae*.

Esta investigación (Hernández-Cienfuegos, 2005) muestra los resultados más ricos hasta ahora en este tipo de estudios en cuanto a grupos representados en las muestras analizadas, lo cual refleja el mosaico del paisaje alrededor de la cueva y con ello la diversidad de la oferta de que dispone la colonia para su alimentación.

En las figuras 2 y 3 se presenta el resumen resultados del estudio de hábitos alimenticios de *Tadarida brasiliensis* en la Cueva de la Boca durante las temporadas 2004 y 2005. A partir de estos resultados consultamos las bases de datos oficiales en cuanto a las plagas reportadas para la región, con el fin de identificar los grupos encontrados en la dieta de los murciélagos que tengan representantes considerados plagas en el área de interés. Posteriormente se realizó una verificación en campo de tal información, mediante la aplicación de una encuesta a productores agrícolas como se describe en el apartado de aproximación al valor económico. La información recolectada nos permitió conocer lo que el agricultor realmente considera como plagas y cuáles de ellas podrían ser controladas por los murciélagos, así como la conducta económica para su control en cuanto a la aplicación de agroquímicos.

De acuerdo con SAGARPA las principales plagas de los cultivos cítricos en el Nuevo León son la mosca de la fruta, el minador de los cítricos, la araña roja, la mancha grasienta y el pulgón. Estas plagas son controladas tanto por procesos químicos como biológicos. Un resultado inesperado del estudio de hábitos alimentarios de los murciélagos fue el encontrar *Anastrepha ludens*, mosca de la fruta, puesto que ésta es de hábitos diurnos y el murciélago nocturno. Sin embargo, se encontraron dos ejemplares casi completos en las muestras analizadas de contenido estomacal, lo que permitió su identificación a nivel de especie. Dado que la emergencia ocurre aproximadamente una hora antes del ocaso, durante ese intervalo coincide la actividad de ambas poblaciones. A pesar de se trata de una reducida coincidencia temporal, la función de control por parte de los murciélagos podría ser mayor si la población se recupera.

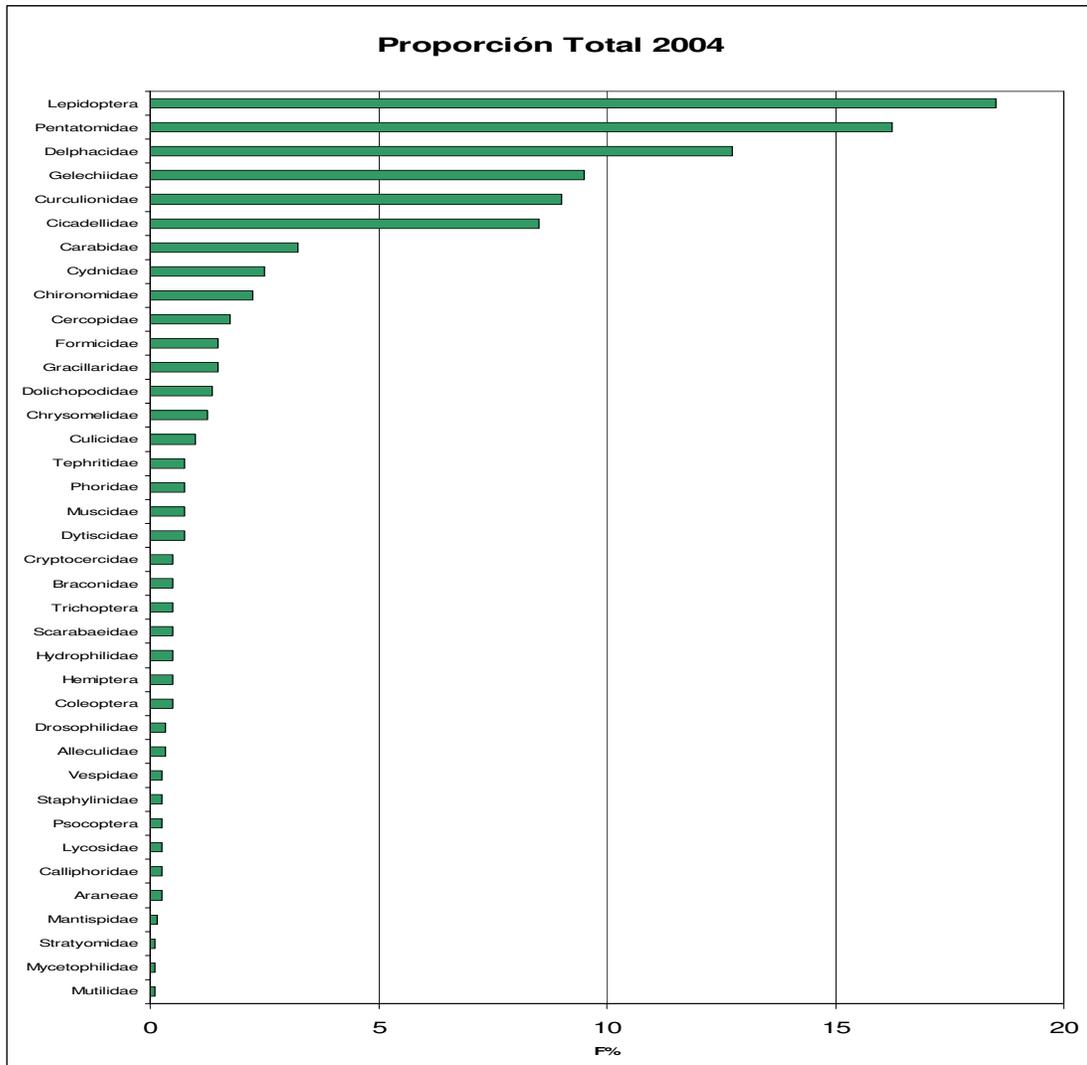


Figura 2. Proporción de cada grupo taxonómico encontrado en las muestras analizadas durante la temporada 2004.

Con respecto a *Phyllocnistis citrella*, el minador de los cítricos, fue reportada por primera vez como plaga en Nuevo León en 1994 pero luego su importancia como plaga decreció. Al inicio de este estudio planteamos la hipótesis de que el murciélago pudiera estar fungiendo como control natural, pero pruebas de campo y laboratorio nos llevaron a la conclusión de que el control era debido principalmente a avispa parasitoides.

Otros resultados llamativos los constituyen las familias Delphacidae (Reportada por primera vez para el estado), Cicadellidae (Chicharritas) y Aphididae (Pulgones), todas del sub Orden Homoptera, las cuales son reconocidas ampliamente como portadoras de microorganismos que afectan a gran diversidad de plantas, incluyendo los cítricos. En menor escala, las chinches de la familia Pentatomidae, uno de los grupos mejor representados en los hábitos alimenticios, también

afectan estéticamente los frutos de los cítricos, reduciendo su valor en el mercado y finalmente la familia Formicidae, donde se encuentra la hormiga de fuego (*Solenopsis* sp.) que en casos extremos puede causar la defoliación completa de los árboles.

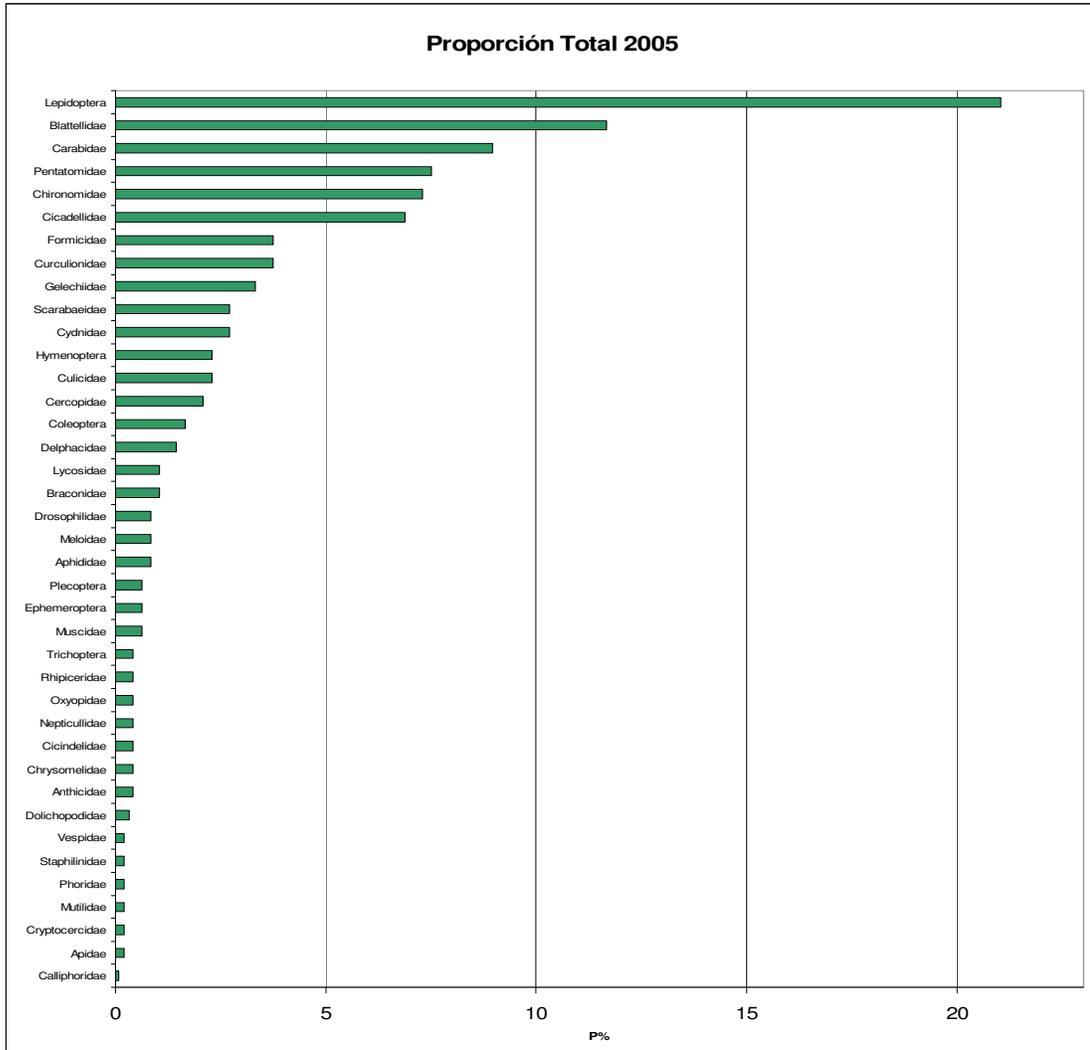


Figura 3. Proporción de cada grupo taxonómico encontrado en las muestras analizadas durante la temporada 2005.

Importancia económica de la agricultura en el área de influencia.

De acuerdo con la literatura (Moreno, 1996), el área delimitada de acción para esta colonia de murciélagos cubre una superficie con un radio entre 50 y 100 km. Para efectos de esta investigación se considera el radio de 100 km., como se muestra en la Figura 4. Esta superficie de más de 3 millones de hectáreas incluye total o parcialmente a 44 municipios del estado de Nuevo León y 3 municipios del estado de Coahuila. De acuerdo con el inventario nacional forestal (INE,

Como se muestra en la Tabla 1, destacan por su contribución al valor de la producción los cultivos de papa, cítricos y sorgo, mientras que por la extensión de su superficie cosechada destacan los cultivos de sorgo, cítricos y maíz.

Tabla 1. Características de los cultivos en el área de influencia.

Cultivo	Valor de la Producción (\$)	% del valor de la producción	Superficie cosechada (Ha)	% de la superficie cosechada
Papa	880,728,372	49.1%	3030	2.1%
Cítricos	290,517,450	16.2%	30738	21.2%
Sorgo	200,182,439	11.2%	62307	43.1%
Tomate	135,910,000	7.6%	761	0.5%
Maíz	53,847,785	3.0%	27786	19.2%
Nuez	42,433,580	2.4%	3048	2.1%
Trigo	32,594,074	1.8%	9854	6.8%
Frijol	28,801,875	1.6%	5744	4.0%
Otros	127,035,200	7.1%	1390	1.0%
Total	1,792,050,774	100.0%	144,655	100.0%

Fuente: SAGARPA, 2005

Dentro del área de influencia el sorgo se produce en Cadereyta Jiménez, Cerralvo, General Terán, Los Herrera, Linares, Montemorelos y Los Ramones. La producción citrícola ocurre en los municipios de Allende, Cadereyta Jiménez, General Terán, Hualahuises, Linares, Montemorelos, Los Ramones y Santiago; mientras que la papa se concentra en el municipio de Galeana.

Aproximación al valor económico.

Una vez identificadas las zonas prioritarias que muestran la oferta alimenticia para la colonia de *Tadarida brasiliensis* de la Cueva de la Boca, así como los cultivos y vegetación natural relacionados con los insectos cuyas poblaciones son controlados por esta especie, procedimos a la estimación del valor económico de este servicio ambiental.

Valorar económicamente el ambiente, significa obtener una medición monetaria de los cambios en el bienestar que una persona o grupo de personas experimenta por determinadas modificaciones de las condiciones ambientales. La economía ambiental nos ofrece diferentes alternativas para la valoración económica de los servicios ambientales. Dentro de los métodos directos se encuentran los costos evitados, el costo de viaje y precios hedónicos. Por otra parte,

los métodos indirectos de valoración incluyen la valoración contingente y el ranking contingente⁴. Por la naturaleza del servicio ambiental aquí estudiado hemos optado el método de costos evitados para una primera aproximación a su valor económico.

Como explica Azqueta (1994), aunque no exista un mercado para los bienes ambientales, éstos pueden estar relacionados con bienes que si lo tengan. En esta investigación cuantificamos los costos de los compuestos químicos y de su aplicación en el control de plagas y transferimos este valor al servicio que presta *Tadarida brasiliensis* como sustituto parcial de dicho control.

Tabla 2. Características de los cultivos incluidos en la encuesta.

	CITRICOS	SORGO	MAIZ	NUEZ	TRIGO
Has. cultivadas	1142	611.5	350.5	62	1013.5
Has. cosechadas	945.5	604.5	347	60	942.5
Has. afectadas por plagas	837 (89%)	308 (51%)	161 (46%)	60 (100%)	7 (0.7%)
Has. afectadas por plagas y controladas	806.5 (85%)	290 (48%)	74 (21%)	60 (100%)	0
Tipo de control	86% químico, 14% biológico	100% químico	100% químico	83% químico, 17% biológico	
Gravedad 1 (+) 5 (-) grave	3.1	3.8	2.7	4.3	
Etapas más críticas	floración (feb-mzo) maduración (sep-nov)	germinación (feb-jul) floración (abr-oct)	germinación, (feb-mzo, jun-jul) maduración (jun-jul, nov-ene)	floración (mzo-abr) maduración (ago-oct)	
Avistamiento de murciélagos en áreas cultivo	59%	74%	65%	33%	45%
Observaciones	27	31	20	3	20

Fuente: elaboración propia

Mediante fuentes de información primaria y secundaria hemos determinado las condiciones de mercado de los cultivos beneficiados del control natural de plagas, así como el monto económico de los costos relacionados con el control químico de plagas. Mediante una encuesta a 101

⁴ Para una descripción detallada de todas estas metodologías véase por ejemplo Magadán y Rivas (1998), Turner *et al* (2003).

agricultores⁵ de la región obtuvimos información de manera directa sobre sus cultivos, en especial la relacionada con las plagas que les afectan, el control químico de plagas y enfermedades, así como su relación con los murciélagos. La información básica para las estimaciones se resume en la Tabla 2. Hasta la fecha, la investigación se ha orientado a los cultivos de importancia económica en la región que representan una mayor extensión por sus áreas de cosecha: cítricos, sorgo, maíz, trigo y nuez.

Vale la pena destacar que prácticamente el 90% de la superficie cosechada de cítricos es afectada por plagas y que en un 85% de ésta se realiza algún tipo de control de plagas. También se observa que en la zona nogalera el 100% de los cultivos se ven afectados por plagas, mismos que son sujetos a algún tipo de control. Prácticamente, tanto la mitad de la superficie del cultivo de sorgo como la del maíz son afectados por plagas, en el caso del sorgo el control se realiza en toda esta superficie, mientras que para el maíz solamente en el 21% de la superficie cosechada. En estos dos últimos cultivos el control es químico en su totalidad, mientras que en cítricos y en nuez es químico alrededor del 85%. Un hallazgo interesante es que los productores de trigo entrevistados declararon que solamente el 0.7% de sus cultivos son afectados por plagas, por lo no se realiza ningún tipo de control.

Tabla 3. Características del control de plagas en la zona de influencia.

Compuesto	Cultivo	Dosis aplicada lt o kg /Ha.	Plaga controlada	Precio* \$/ lt o kg
Azufre Humectable	cítricos	5 - 8	palomilla, pulgón y mosca de la fruta	5.4
Cipermetrina	sorgo maíz nogal	0.25 - 0.4 0.25 - 0.4 0.5 - 1	falso medidor, barrenador y cogollero barrenador, elotero y cogollero pulgón, barrenador y telarañero	165
Clorpirifos	cítricos sorgo	2.5 0.75 - 1.5	palomilla, pulgón y mosca de la fruta falso medidor, barrenador y cogollero	144
Confidor	nogal	0.75 - 1	pulgón, barrenador y telarañero	274
Dexis	sorgo	1 - 1.5	falso medidor, barrenador y cogollero	447
Keltane	cítricos	0.5 - 2.5	palomilla, pulgón y mosca de la fruta	235
Magnum	sorgo nogal cítricos	0.5 1 - 1.5 2 - 3	falso medidor, barrenador y cogollero pulgón, barrenador y telarañero palomilla, pulgón y mosca de la fruta	150
Malathion	cítricos	2	palomilla, pulgón y mosca de la fruta	53
Punce	maíz	10 - 12	barrenador, elotero y cogollero	21.4
Tamarón	maíz	1 - 1.5	barrenador, elotero y cogollero	100

* Precio en el mercado, no se incluyen subsidios

Fuente: elaboración propia

⁵ La encuesta se realizó entre el 29 de marzo y el 15 de junio de 2006. Tanto la encuesta como la base de datos están disponibles a solicitud de los interesados.

De acuerdo con las declaraciones de los agricultores, se ha encontrado una coincidencia entre los tiempos es que los cultivos son principalmente afectados y los meses en que la colonia permanece en la Cueva de la Boca. Además en proporciones considerables han declarado haber visto murciélagos volando sobre sus cultivos, con excepción de los nogaleros. Esta información cualitativa nos permite apoyar la evidencia cuantitativa de la dieta para corroborar que el servicio de control de plagas está siendo realizado por la especie en estudio.

A partir de la información de la superficie cultivada en la zona de influencia en 2005 para cada uno de los cultivos seleccionados y con los datos declarados por los agricultores en la encuesta sobre las afectaciones de plagas y su control químico, se tienen las siguientes ponderaciones del valor económico que representa este tipo de control. En todos los casos hemos tomado en consideración exclusivamente los compuestos químicos para las plagas declaradas por los agricultores y encontradas en la dieta del murciélago como se muestra en la Tabla 3; considerando en todos los casos como excluyentes los compuestos aplicados.

Así, para cultivo de sorgo la estimación parte de un total de 29,907 hectáreas que son afectadas por las plagas del falso medidor, del gusano barrenador y del gusano cogollero. Estos cultivos fueron controlados químicamente con: Clorpirifos, Cipermetrina, Dexis y Magnum, según declararon los agricultores entrevistados. En base a las dosis aplicadas de los mismos, a sus precios de mercado y a su costo promedio de aplicación de 227 \$/ha, se tiene un costo total de entre \$11.8 y \$14.5 millones de pesos, lo que representa entre el 5.9% y 7.2% del valor total de la producción de sorgo en la zona de influencia.

La superficie cultivada de maíz que es afectada por plagas y controlada químicamente es de 5,835 hectáreas. Los agricultores declararon que sus cultivos son atacados principalmente por el gusano barrenador, el gusano elotero y el gusano cogollero, mismos que son controlados químicamente con: Cipermetrina, Punce y Tamarón. En base a las dosis aplicadas de los mismos, a sus precios de mercado y a su costo promedio de aplicación de 215 \$/ha, se tiene un costo total de entre \$1.9 y \$2.1 millones de pesos, lo que representa entre el 3.6% y 4% del valor de la producción de maíz.

En el caso del cultivo de nuez, la estimación del costo de control químico de plagas parte de un total de hectáreas de 2,529 hectáreas afectadas por las plagas del pulgón, del gusano barrenador de la nuez y ruezno y del gusano telarañero. Los nogaleros declaran utilizar Cipermetrina, Confidor y Magnum en el control de dichas plagas. En base a las dosis aplicadas de estos compuestos, a sus precios de mercado y a su costo promedio de aplicación de 350 \$/ha, se tiene un costo total de

entre \$1.2 y \$1.4 millones de pesos, lo que representa entre el 3% y 3.4% del valor de la producción de nuez en la zona de influencia.

En cuanto a la producción de cítricos tenemos como referencia una superficie de 22,469 hectáreas en la zona de influencia que son afectadas por las plagas de palomilla, pulgón y mosca mexicana de la fruta. De acuerdo con la información declarada, estas plagas son controladas químicamente mediante la aplicación de: **Azufre humectable, Clorpirifos, Keltane, Magnum y Malathion**. En base a las dosis aplicadas de los mismos, a sus precios de mercado y a su costo promedio de aplicación de 250 \$/ha, se tiene un costo total de entre \$10.8 y \$14.8 millones de pesos, que representan entre el 3.7% y el 5.1% del valor de la producción citrícola.

En resumen, se tiene que para los cultivos de sorgo, maíz, cítricos y nuez de la zona de influencia, el costo del control químico de las principales plagas varía entre los \$25.8 y los \$32.9 millones de pesos. En una función de sustitución parcial, una proporción de esta cantidad puede ser atribuida al valor económico del servicio de control de plagas ofrecido por la colonia de murciélagos *Tadarida brasiliensis* de la Cueva de la Boca. Federico  (2005), han estudiado la función de sustitución del servicio de control de plagas de esta especie en el cultivo de algodón en el estado de Texas mediante un modelo de simulación. Los autores encuentran que cuando los murciélagos están presentes en el sistema y se lleva a cabo el control químico de plagas, pueden evitarse entre una y dos aplicaciones de pesticidas obteniendo una reducción de pérdidas de un 39%. Mientras que en un escenario donde no se utiliza el control químico, los beneficios de la existencia de los murciélagos son aún mayores con una reducción de pérdidas del 55%. Basados en estos estudios, estimamos en esta primera aproximación que con un grado de sustitución de entre el 25% y 50% para sorgo, maíz, nuez y cítricos, el valor económico del servicio de control de plagas aquí planteado estuvo en un rango entre los \$6.5 y \$16.5 millones de pesos en 2005.

Con base en los anteriores niveles de sustitución entre estas funciones, estimamos que el beneficio por hectárea del servicio ambiental de control de plagas de *Tadarida brasiliensis* es en promedio para los cultivos aquí analizados de entre \$110 y \$260 ~~por hectárea/año~~. Siendo en particular de entre \$99 y \$242 por hectárea/año para el sorgo, entre \$83 y \$186 por hectárea/año para el maíz, entre \$124 y \$286 por hectárea/año para la nuez y de entre \$120 y \$329 por hectárea/año para los cítricos.

Es imprescindible destacar que la estimación aquí presentada es una primera aproximación al valor de este servicio ambiental de control de plagas. Se trata de cifras muy conservadoras que están sustancialmente por debajo de las obtenidas para la misma especie en Estados Unidos. Federico *et al* (2004) estimaron en \$83 USD por hectárea los beneficios por el control de plagas

en el cultivo del algodón tradicional. Cleveland *et al* (2006) estiman en un rango entre los \$121,000 y \$1,725,000 USD/año el valor del control de plagas para la producción de algodón en una región de 8 condados en el Centro-Sur de Texas, para una producción con un valor comercial entre 4.6 y 6.4 millones de dólares anuales. La estimación aquí presentada marca un límite inferior para la valoración de este servicio ambiental que puede ser complementado con la incorporación de otros cultivos. Así mismo, otros servicios pueden también atribuirse a esta colonia de murciélagos, como el recreativo, por mencionar alguno. Estimaciones más robustas pueden obtenerse con una ampliación de la muestra de agricultores encuestados.

En este sentido, observamos que aunque el cultivo de papa contribuye casi en un 50% al valor de la producción, la encuesta no incluyó hasta ahora este cultivo por encontrarse separado orográficamente de la Cueva de la Boca. Sin embargo, las plagas que afectan a los cultivos de papa en la zona de influencia pueden estar siendo controlados por otros murciélagos de cuevas vecinas localizadas en la Sierra Madre Oriental. Como se concluye más adelante, incluir el cultivo de la papa, así como del tomate y otras hortalizas en la valoración económica representa una línea futura para esta investigación.

Conclusiones.

Respuestas en la encuesta refuerzan las observaciones en el sentido de que la población de murciélagos se vio disminuida en años recientes, al tiempo que aumentaba la incidencia de plagas. Esto, aunado a la literatura previa y a los resultados de este estudio, nos permiten afirmar que la función ecológica del murciélago *T. brasiliensis* al alimentarse de insectos plaga, puede disminuir la necesidad de aplicación de plaguicidas químicos.

Esta función ecológica de los murciélagos tiene un importante valor económico que aquí hemos aproximado mediante una relación parcial de sustitución a través del método de costos evitados. En esta primera aproximación hemos estimado que el valor económico del servicio de control de plagas para los cultivos de sorgo, maíz, cítricos y nuez en la zona de influencia en 2005 varía entre los \$6.5 y \$16.5 millones de pesos.

Los resultados presentados en este estudio constituyen una aproximación muy conservadora que representa un indicador base del valor económico del servicio ecológico de esta población, referido inicialmente a cuatro cultivos de un universo mucho más amplio. La estimación podrá afinarse e incrementarse al incorporar: i) otros cultivos de importancia económica en la región, como tomate, papa y hortalizas; ii) el servicio ecológico de control de enfermedades transmitidas por mosquitos y moscas, vectores tanto de enfermedades humanas como de interés veterinario;

iii) los costos evitados en salud humana por el uso de plaguicidas químicos; iv) los costos evitados en salud al ecosistema por la misma causa; v) el beneficio económico que representa el atractivo turístico de la Cueva de la Boca; vi) el control de plagas en pastos ganaderos; vii) el aumento en la base muestral para el estudio de los hábitos alimenticios de la colonia de murciélagos.

En el último año, la población de murciélagos se ha venido recuperado paulatinamente, debido entre otros factores, a la protección de la Cueva por Pronatura Noreste con la colaboración de empresarios privados, el Consejo para el Desarrollo Turístico de Santiago, A.C., instituciones académicas como el Instituto Tecnológico de Cd. Victoria, el ITESM, la UANL, la UNAM y otras, BCI y los gobiernos municipal, estatal y federal. En este sentido es de gran relevancia anotar que el 5 de junio de 2006 se publicó en el DOF la intención de decretar la Cueva de la Boca como Área Natural Protegida con el carácter de Santuario.

Pese a lo anterior, existen aun amenazas para la conservación como son: la presión del turismo no sustentable, el proyecto de ampliación de la carretera que pasa justo frente a la cueva, la falta de implementación del Plan de Manejo del APFF Estatal y la falta de definición del status legal de protección del área, ante la nueva legislación estatal, entre otras.

Para entender claramente la importancia de la conservación de los murciélagos es aun indispensable dar a conocer de manera más explícita, directa y efectiva a la población, los beneficios que éstos brindan a la sociedad así como las implicaciones que tendría la pérdida de sus poblaciones.

Los resultados de este estudio podrán ser utilizados como herramienta de conservación para apoyar la protección de los ecosistemas alrededor de los sitios de percha de los murciélagos, áreas que a la vez aportan otros importantes servicios ecológicos como son: la regulación del ciclo hidrológico, regulación de gases en la atmósfera, moderación climática, protección ante disturbios, formación de suelo, control de la erosión, ciclos de nutrientes, polinización, hábitat y refugio para vida silvestre, recursos genéticos, belleza escénica, recreación.

La contribución de este trabajo radica en aportar al entendimiento del valor económico de la función ecológica de estos murciélagos como controladores naturales de plagas que no solamente evitan el gasto de 260 \$/Ha/año, sino que además permiten evitar los daños a la salud inherentes a la aplicación de pesticidas. Si se logra y mantiene la recuperación de las colonias de murciélagos, ello puede contribuir al bienestar social en el largo plazo y redundar en una derrama económica extra para la región por el atractivo turístico que constituye su observación.

Al proteger a los murciélagos y su hábitat podremos proteger la integralidad y salud del ecosistema del cual nosotros también formamos parte.

Agradecimientos.

Deseamos expresar nuestro agradecimiento por su apoyo y colaboración en esta investigación a las siguientes personas e instituciones: Magdalena Rovalo (PRONATURA Noreste), Eugenio Clariond (WBCSD), Santiago Salazar (ITESM), Néstor J. Meléndez Ramírez (ITA4), Luis Orlando Tejada (ITESM), José Isabel López (INIFAP), Humberto Quiroz (UANL), Consejo Estatal de Flora y Fauna del Estado de Nuevo León, Merlin Tuttle (Bat Conservation Internacional), Arnulfo Moreno (ITCV), Juan Luis Peña y Rosalva Miranda (ITESM), Erika de la Peña (UANL), Agencia de Protección al Medio Ambiente del Estado de Nuevo León, Carlos Muñoz e Iván Islas (INE) y a Diego Fabián Lozano García (ITESM).

Referencias.

Azqueta, Diego. 1994. Valoración económica de la calidad ambiental. Mc Graw Hill. España.

Cleveland, Cutler, Margrit Betke, Paula Federico, Jeff D. Frank, Thomas G. Hallam, Jason Horn, Juan Lopez, Gary F. McCracken, Rodrigo A. Medellín, Arnulfo Moreno-Valdez, Chris Sansone, John Westbrook, Thomas H. Kunz. 2006. Economic value of the pest control service provided by Brazilian free-tailed bats in south-central Texas. *Frontiers in Ecology and the Environment*, Vol: 4(5): 238-243.

Connolly, Cecy. 2006. Mexican Bats Find Cross-Border benefactors [en línea]: The Washington Post, Oct 16, 2006, PageA08. [fecha de consulta: 16 Octubre 2006]. Disponible en: <<http://www.washingtonpost.com/wp-dyn/content/article/2006/10/15/AR2006101500584.html>>

Federico, P., A.N. Correa-Sandoval, W.E. Grant, T.G. Hallam. 2005. Valuing the Agricultural Pest Control Service provided by Brazilian Free-tailed Bats (*Tadarida brasiliensis*) in South Texas through mathematical models. Joint Mathematics Meetings. Jan 5-8 2005, Atlanta, Georgia.

Federico, P., C. Cleveland, A.N. Correa-Sandoval, W.E. Grant, T.G. Hallam, J. Horn, T.H. Kunz, J.D. López, G.F. McCracken, A. Moreno-Valdez, C.G. Sansone, J.K. Westbrook. 2004. Modeling the Agricultural Pest Control Service Provided by Brazilian Free-tailed Bats (*Tadarida brasiliensis*) in the Winter Garden Region of South Texas. 34th Annual North American Symposium on Bat Research October 27-30, 2004, in Salt Lake City, Utah.

INE. 2000. Inventario Nacional Forestal. México

INEGI. 2003. Sistema de Cuentas Nacionales. México

Hernández Cienfuegos, C. A. 2005. "Hábitos alimentarios del murciélago mexicano de cola libre *Tadarida brasiliensis mexicana* (Saussure, 1860) de la Cueva de la Boca, Santiago, N. L. y

su posible aportación en el control de plagas de la región”. Tesis de Maestría en Ciencias con especialidad en Sistemas Ambientales, Manejo de Recursos Naturales. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Campus Monterrey.

Jimenez-Guzman, A. Zuñiga-Ramos, M.A. Niño-Ramirez, J. A. 1999. Mamíferos de Nuevo León. Ed. UANL. México.

Liberatore, Gabriel, André Samson, Christopher Baldin, Wolf-Dieter Schleuning y Robert Medcalf. 2003. Vampire Bat Salivary Plasminogen Activator (Desmoteplase): A Unique Fibrinolytic Enzyme That Does Not Promote Neurodegeneration. Journal of The American Heart Association Stroke, 34: 537-543.

Magadán, Marta y Jesús Rivas. 1998. Economía Ambiental, Teoría y Políticas. Dykinson, Madrid

Medellín, R. A. 2001. Conservation Progress in Latin America, México. Bats, Vol. 19 (1): 1 – 7.

Orozco S. A., M.A., Armella V., A.N. Correa S y C. Vázquez-Yanes. 1985. Interacciones entre una población de murciélagos de la especie *Artibeus jamaicensis* y la vegetación del área circundante en la Región de Los Tuxtlas, Veracruz. En: Instituto Nacional de Investigaciones Sobre Recursos Bióticos (INIREB). 1985. Investigaciones sobre la Regeneración de Selvas Altas en Veracruz, México II. Gómez Pompa, A. y S. Del Amo (Eds.).

SAGARPA. 2005. Anuario Estadístico de Nuevo León. México

Wilkins, K. T. 1986. *Tadarida brasiliensis*. Mammalian Species. 331: 1 – 10.

Villa R., Bernardo y L. Cockrum. 1962. Migration in the Guano Bat, *Tadarida brasiliensis mexicana* (Sassure). Journal of Mammology. 43 (1): 43-64.