

Informe final* del Proyecto Q008

Aprovechamiento racional de las ostras perleras (*Pinctada mazatlanica* y *Pteria sterna*) en Bahía de La Paz, Baja California Sur, México: cultivo, repoblamiento y perlicultura

Responsable: Dr. Mario Monteforte Sánchez

Institución: Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste SC, División de Biología Marina, Grupo Ostras Perleras

Dirección: Apartado Postal 128, La Paz, BCS, 23000 , México
Km 0.5 carretera a la telefónica terrenos El Conchalito, La Paz, BCS, 23000, México

Correo electrónico: montefor@cibnor.mx

Teléfono/Fax: 01 (612) 123-8484 Ext. 3307

Fecha de inicio: Agosto 14, 1998

Fecha de término: Diciembre 9, 2003

Palabras clave: Ostras perleras, *Pinctada mazatlanica*, *Pteria sterna*, La Paz, aprovechamiento racional, cultivo, repoblamiento, perlicultura

Principales resultados: Estudio de investigación

Resumen:

En el Centro de Investigaciones Biológicas de Baja California Sur (CIBNOR) se implementó desde 1988, un proyecto institucional orientado al estudio de las ostras perleras *Pinctada mazatlanica* y *Pteria sterna*, cuyos esfuerzos se han centrado en la evaluación de las poblaciones naturales, la colecta masiva de semilla del medio natural, el cultivo extensivo de juveniles y la producción de Mabé (media perla), todo ello con miras a la recuperación productiva del recurso nácar en la región sudcaliforniana. Los resultados obtenidos a la fecha han sido sumamente alentadores en todos los sentidos, ya que se ha logrado implementar un paquete tecnológico propio y accesible sobre cultivo extensivo de ostras perleras y producción de Mabé de alta calidad, que es susceptible de ser aplicado exitosamente a escala comercial. Sin embargo, a pesar del avance alcanzado, se ha visto la necesidad de desarrollar una línea de investigación paralela orientada a la producción de semilla de ostras perleras en condiciones de laboratorio, que permita conocer todas la variables involucradas en el proceso completo. Ello permitiría contar con un suministro constante y suficiente de individuos de ambas especies, con lo que se apoyaría significativamente las operaciones de colecta de semilla en el campo, se iniciarían acciones de repoblamiento de algunos bancos naturales estratégicos por su ubicación geográfica y se definirían, además, las variables involucradas en la producción de perla libre y keshi. Aunado a lo anterior, la producción intensiva de semilla permitiría visualizar las posibilidades de una transferencia tecnológica con el sector productivo. Esta experiencia puede constituirse como un modelo a partir del cual se defina la planeación y ordenamiento de futuras granjas perleras en la región sudcaliforniana y en la costa del Pacífico mexicano. De ahí la necesidad de contar con el apoyo de la CONABIO para dar inicio al presente proyecto

* El presente documento es un informe final que no necesariamente contiene los principales resultados del proyecto correspondiente o la descripción de los mismos. Los proyectos apoyados por la CONABIO así como información adicional sobre ellos, pueden consultarse en www.conabio.gob.mx

Aprovechamiento racional de las ostras perleras (*Pinctada mazatlanica* y *Pteria sterna*) en Bahía de La Paz, Baja California Sur, México: cultivo, repoblamiento y perlicultura”

Proyecto Q008-CONABIO

Dr. Mario Monteforte

CIBNOR.

Introducción

La rentabilidad de un proyecto productivo en torno a la perlicultura se basa esencialmente en el aseguramiento de una fuente sustentable de ostras perleras adultas aptas a recibir las operaciones de inducción perlera. Durante más de 40 años, prácticamente la totalidad de la industria mundial se apoyó en la captura de semilla por medio de sistemas colectores, y en menor medida, en la extracción controlada de adultos salvajes (Monteforte, 1996; Southgate y Beer, 1997). Durante los últimos años se ha generado un creciente interés por desarrollar actividades comerciales con las ostras perleras a través del cultivo y la perlicultura, tanto en volumen como en extensión. En contraste, la colecta de semilla en el medio se ha vuelto un factor de riesgo debido a las variaciones interanuales en el reclutamiento natural de semilla, no solo en términos de su ubicación y periodicidad en el año, sino también como resultado de su incidencia temporal en las células de colecta (Saucedo y Monteforte, 1997; Southgate y Beer, 1997; Taylor, 1999; Saucedo et al, 2001). Por tal motivo, la investigación relacionada con la propagación de estas especies en condiciones controladas ha contribuido sustancialmente a la incorporación de efectivos originarios de laboratorio a los stocks comerciales de producción perlera (Alagarwami et al., 1987; Rose, 1990; Dharmaraj et al., 1991; Victor et al., 1995; Taylor 1999).

Existen numerosos estudios sobre el desarrollo larvario de algunas especies de ostras perleras, como *Pinctada maxima* (Minaur, 1969; Tanaka y Kumeta, 1981; Rose y Baker, 1994;

Taylor et al., 1998b), P. margaritifera (Tanaka et al., 1970; Millous, 1980; Alagarwami et al., 1989; Doroudi y Southgate, 2000; Doroudi et al., 1999) y P. fucata (Alagarwami et al., 1983, 1989; Dharmaraj et al., 1991; Victor et al., 1995). Por el contrario, el cultivo extensivo es un tema poco estudiado a nivel mundial (Crossland, 1957; Cabral et al., 1985; Sumpton et al., 1990; Knuckey, 1995; Friedman y Bell, 1996; Friedman et al., 1998). Igualmente, se conoce poco sobre la respuesta de las larvas durante el período de fijación en colectores dentro del laboratorio (Taylor, 1999; Taylor et al., 1998a).

En México, el drástico agotamiento de los bancos naturales en importantes regiones con tradición perlera, como Bahía de la Paz, motivó el inicio de investigación continua en torno al cultivo extensivo de las ostras perleras, Pinctada mazatlanica (Hanley) y Pteria sterna (Gould) (Bückle et al., 1992; Cáceres et al., 1992; Monteforte y Bervera, 1994; Monteforte y García, 1994; Monteforte y Wright, 1994; Monteforte et al., 1995; Monteforte, 1996). Sin embargo, los estudios en torno al desarrollo larvario y producción intensiva de semilla de estas especies han sido muy escasos, discontinuos y con resultados de índole descriptiva (McAnally y Valenzuela, 1990; Araya et al., 1991, 1995). Por ello, no se conocen aún los criterios para evaluar la respuesta de larvas fijadas en colectores artificiales en el laboratorio, así como la existencia de indicadores de éxito en estas generaciones durante la perlicultura.

Desde 1998, la Comisión Nacional de la Biodiversidad (CONABIO), ha apoyado un proyecto de investigación en el Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste cuyo objetivo es el estudio de los factores que determinan la producción de semilla de la madreperla de Calafia, P. mazatlanica en condiciones controladas. En 1999 se logró la primera serie completa (Robles-Mungaray et al., 2000), pero no fue sino hasta el verano 2002 cuando se pudo llevar a cabo el

estudio detallado del desarrollo larvario, fijación y seguimiento en cultivo de campo. El presente informe contiene estos resultados.

Materiales y métodos

Reproductores

Se colectaron organismos silvestres adultos en su etapa reproductiva (julio de 2002) para asegurar la madurez de las gónadas (Saucedo y Monteforte 1997; Saucedo et al., 2001a). Tras inducir al desove mediante choques térmicos entre los 18 y los 29°C, los gametos se separaron por sexo y se fertilizaron in vitro en tanques cónicos de 5000 L. El cultivo larvario se desarrolló a una densidad de 2 larvas mL⁻¹ y temperatura de 26°C ($\pm$ 1.5°C). Las larvas fueron alimentadas con Isochrysis galbana, Chaetoceros muelleri y C. calcitrans (en proporción 4:3:3 y concentración de 60-80 cel μ L⁻¹). Los embriones alcanzaron el estadio veliger en 24h, cuando la altura dorsoventral fue de 85 μ m. La forma umbada se presentó a los 13 días (142 μ m de altura) y la mancha ocular apareció a los 23 días (184 μ m). Finalmente, la forma pediveliger, en la que se introdujeron los colectores al agua, se alcanzó a los 27 días de desarrollo (230 μ m).

Diseño de colectores artificiales

El diseño de los colectores se basó en la probada eficiencia de diferentes materiales y colores evaluados en experimentos previos sobre colecta de semilla silvestre de la especie (Monteforte y Bervera, 1994; Monteforte y Wright, 1994). Para evaluar el efecto del material, se probaron cuatro tipos de sustratos de color negro como colectores artificiales: 1) costal cebollero, 2) tela de crinolina, 3) red anchovetera y 4) malla plástica sombra del 63%. En este tipo de colector, denominado “sobre”, tanto el contenedor (bolsas de 30 x 30 cm) como el sustrato fueron del mismo material, procurando conservar el mismo peso de sustrato en los contenedores (35 $\pm$ 3.4g DS). De cada material se manufacturaron doce colectores, los cuales se repartieron en tres

cuerdas de 1.2 m de largo (dos se consideraron réplicas; Fig. 1a). Cada cuerda sujetó cuatro colectores artificiales, mismos que permanecieron en los tanques de cultivo durante un mes aproximadamente (desde el 19 de Julio hasta el 21 de Agosto de 2002), fecha en que la semilla fue desgranada a mano y contabilizada.

La preferencia de las larvas por el color del sustrato se evaluó con un segundo tipo de colector denominado “costal”. Éste consistió de dos costales cebolleros, uno fungiendo como contenedor y otro como sustrato, en los que se probaron tres diferentes combinaciones contenedor/sustrato: 1) costal cebollero (CC) verde con sustrato del mismo material; 2) CC verde con CC negro, y 3) CC rojo con CC negro. Cada contenedor se rellenó con $68 \pm 7.6\text{g}$ DS de sustrato. Se manufacturaron dieciocho colectores (seis para cada una de las combinaciones de color), los cuales se distribuyeron en tres cuerdas de 1.2m de largo dentro de los tanques de cultivo (dos consideradas réplicas). Cada cuerda sujetó dos colectores artificiales (Fig. 1b). El tiempo de permanencia de los colectores en el agua, así como el desgrane y conteo de semilla se hizo de la misma manera arriba descrita para el experimento de materiales.

Tratamiento estadístico de los datos

La prueba exploratoria de Kolmogorov-Smirnov (d) no detectó anomalías en la dispersión de la semilla con respecto a una distribución normal (d = 0.0866; P = 0.212), por lo que se utilizó una secuencia ANOVA-HSD Tukey para evaluar el efecto del material (factor M con cuatro niveles) o el color (factor C con tres niveles) en la incidencia de semilla sobre los colectores. Las matrices de los análisis de se manejaron por separado en cada uno de los dos experimentos, debido a las diferencias en el diseño estructural de ambos tipos de colectores. El nivel de significancia de los análisis de fijó a $\underline{P} \leq 0.05$ (Sokal y Rohlf, 1981).

Resultados

Se contabilizaron un total aproximado de 31,583 semillas, de las cuales 24,977 (79%) correspondieron al experimento por colores y 6,606 (21%) al experimento por materiales. En términos de incidencia total de semilla, esta marcada diferencia se debe al diseño estructural de cada tipo de colector. En comparación con los costales cebolleros que tenían un arreglo volumétrico, la masa de sustrato y por tanto la superficie y área total disponible para fijación de las larvas en los sobres fue mucho menor.

Experimento de materiales

El material que permitió captar un mayor número promedio de semilla fue la malla anchovetera (202 ± 38 sem/col), seguido de la crinolina (168 ± 10 sem/col), el costal cebollero (94 ± 28 sem/col) y la malla sombra de 63% (59 ± 13 sem/col) (Fig. 2). Se observó un efecto significativo del material del colector sobre la captación total de semilla ($F = 47.99$; $P < 0.001$). La prueba de Tukey identificó tres grupos de materiales con los valores de incidencia de semilla significativamente más altos (malla anchovetera y crinolina), intermedios (costal cebollero) y bajos (malla sombra), respectivamente (Fig. 2).

Experimento por colores

La combinación de colores contenedor/sustrato que arrojó los mejores resultados en términos de captación total de semilla fue la de CC rojo con CC negro como sustrato ($2,329 \pm 547$ sem/col), seguida del CC verde con CC negro ($1,756 \pm 154$ sem/col). La combinación CC verde con sustrato del mismo material presentó un reclutamiento larvario muy pobre (18.5 ± 4 sem/col) (Fig. 3). El ANOVA detectó diferencias significativas en la fijación de semilla en función del color del colector ($F = 16.78$; $P < 0.001$). Se identificaron dos grupos de medias, cuyos porcentajes de incidencia larvaria demostraron ser significativamente más altos (CC verde

con CC negro como sustrato y CC rojo con CC negro) y bajos (CC verde con CC verde), respectivamente.

Discusión

Los factores intrínsecos y extrínsecos que regulan el comportamiento larvario, en términos de metamorfosis, selección de sustrato y fijación de algunas especies de bivalvos marinos de importancia comercial, han sido ampliamente estudiados y documentados (Hopkins, 1935; Ritchie y Menzel, 1969; Cranfield, 1970; Crisp, 1974; Gray, 1974; Hadfield, 1978, 1984; Ajana, 1979; Phelger y Cary, 1983; Weiner et al., 1989; Fitt et al., 1990; O’Foighil et al., 1990; Tritar et al., 1992; Baker, 1997, entre otros). Particularmente, Gray (1974) resaltó el hecho de que las larvas de muchos bivalvos de vida móvil (e.g. Pectinidae), no presentan una preferencia muy estricta por el sustrato en que se fijan, en tanto que las larvas de especies sésiles (e.g. Ostreidae, Mytilidae, Pteriidae, Pinidae) han desarrollado un alto grado de especificidad por el sustrato en el que se asientan, pudiendo seleccionar entre materiales de diferente tipo e incluso retrasar la metamorfosis hasta encontrar un sustrato adecuado. En el presente experimento con P. mazatlanica (Pteriidae), se observó que las larvas respondieron de manera selectiva hacia ciertos tipos de materiales (e.g. malla anchovetera y crinolina) y combinaciones de color contenedor/sustrato (e.g. rojo/negro).

Parece claro que estas preferencias obedecen a las características físicas (forma, textura, orientación) y químicas (sustancias neuroactivas, tapetes microbianos) del material, al tipo de fototropismo y tactismo que presenta la larva durante la etapa de fijación, así como al ambiente circundante (temperatura, luminosidad, corrientes). Se sabe que los factores físicos, químicos y biológicos que regulan el proceso de fijación larvaria no operan de la misma manera en todos los bivalvos, sino que cada población posee un conjunto único de respuestas a la fijación, cuyo perfil

—que puede incluso ser diferente en espacios relativamente reducidos—está regulado por una compleja interacción entre dichos factores (Crisp, 1974; Gray, 1974). Es evidente que para definir la combinación de estímulos que resultaría propicia para la metamorfosis definitiva y la fijación de larvas de madreperla en condiciones de laboratorio, el mejor indicador se apoyaría significativamente en el análisis de los patrones de fijación que ocurren en las poblaciones naturales.

En laboratorio se han evaluado diferentes materiales como sustratos para la colecta de semilla de bivalvos, tales como placas de asbesto, plástico, vidrio y PVC (Cranfield, 1970; Ajana, 1979; Rose y Baker, 1994; Taylor et al., 1988a), secciones de bambú sueltas o entretejidas (Alagarswami et al., 1983), red nylon monofilamento (Phelger y Cary, 1983; Rose y Baker, 1994), cuerdas de nylon multifilamento (McAnally y Valenzuela, 1990; Araya et al., 1995), camas con pedacería de concha (Ajana, 1979; Phelger y Cary, 1983; Araya et al., 1995), ropa vieja (Taylor et al., 1998a), etc. En general, los resultados de estos trabajos coinciden en señalar que: 1) Los materiales con superficie fibrosa, rugosa o porosa son preferentemente seleccionados por las larvas sobre las superficies lisas (Cranfield, 1970; Phelger y Cary 1983; Rose y Baker, 1994; Taylor et al., 1998a); 2) Los sustratos que ofrecen contornos sinuosos y/o ramificaciones resultan mucho más atractivos para las larvas que aquellos más uniformes (Ajana, 1979; Alagarswami et al., 1983; Taylor et al., 1998a), y 3) Los materiales de colores opacos y las áreas de baja iluminación favorecen un mayor asentamiento larvario en comparación con los materiales claros y bien iluminados (Ajana, 1979; Alagarswami et al., 1983; Taylor et al., 1998a).

En el presente experimento, la selección de algunos de los materiales utilizados se hizo con base en su efectividad como colectores artificiales en estudios previos sobre colecta de semilla silvestre de las ostras perleras, P. mazatlanica y Pte. sterna (Monteforte y Bervera, 1994;

Monteforte y García, 1994; Monteforte y Wright, 1994; Monteforte et al., 1995). Si bien las mallas de crinolina y anchovetera no habían sido probadas con anterioridad en campo, ambos resultaron ser los materiales más efectivos para tal efecto, incluso con marcadas diferencias significativas ($P < 0.001$) sobre el costal cebollero y la malla sombra. Lo anterior podría explicarse con fundamento en las siguientes premisas:

1. Naturaleza física del sustrato. La aspereza y carácter fibroso de la malla anchovetera parece ofrecer un estímulo táctil más atractivo para las larvas reptantes, favoreciendo con ello una mayor captura de semilla que en el costal cebollero y la malla sombra 63%. Sin embargo, la crinolina se ubicó en segundo lugar sin diferencias significativas con respecto al anterior, a pesar de ser un sustrato comparativamente más liso y uniforme. En estudios similares al presente, Cranfield (1970) reportó un mayor asentamiento larvario del ostión japonés, Ostrea lutaria en placas gruesas y porosas de asbesto que en las superficies lisas del plástico y vidrio. A su vez, Rose y Baker (1994) y Taylor et al. (1998a) también observaron la máxima incidencia larvaria de la ostra perlera, P. maxima en pedazos de cuerda de nylon y ropa vieja, en comparación con sustratos de PVC y vidrio. La arquitectura ramificada de la red anchovetera, así como la gruesa estructura cilíndrica de sus hilos, aparentemente son condiciones favorables para que durante el proceso de fijación el biso se proyecte radialmente en diferentes direcciones, permitiendo con ello una adhesión mucho más fuerte que en los restantes materiales. Sin embargo, la crinolina presenta superficies planas y uniformes similares a las del costal cebollero y la malla sombra. Al respecto, Phelger y Cary (1983) y Rose y Baker (1994) indicaron que la red de monofilamento resultó el material más adecuado para la fijación de semilla de los bivalvos, Crassadoma (=Hinnites) multirugosus y P. maxima, respectivamente. Por el contrario, Taylor et al. (1989a) reportan este mismo material como poco propicio para la fijación de la última especie en el

laboratorio. En condiciones de campo, Monteforte y Bervera (1994) y Monteforte y García (1994) también señalan la poca efectividad del chinchorro (monofilamento) como sustrato para la colecta de P. mazatlanica y Pte. sterna. En su lugar, el ‘chivato’, un arbusto local de la Familia Mimosoidae, cuyas ramas son gruesas y fuertemente ramificadas, representó el mejor material para la colecta de semilla silvestre de Pte. sterna (Vives, 1909, 1919; Monteforte y Wright, 1994; Monteforte et al., 1995).

2. Naturaleza química del sustrato. La presencia de tapetes o depósitos microbianos en los colectores podría ofrecer también una explicación a las diferencias en selectividad por el sustrato. Lo anterior si se toma en cuenta que todos los colectores utilizados en el presente experimento provenían de tratamientos similares como materiales usados y reciclados de colectas anteriores en el campo, y limpiados solo de organismos incrustantes como balanos, esponjas, tunicados, etc. Por ello, existe la posibilidad que ciertos materiales como la malla anchovetera y la crinolina favorecieran una mayor proliferación de fauna microbiana diversa (bacterias, hongos, microalgas, diatomeas) y detritus orgánico, en comparación con el costal cebollero y la malla sombra. Dicha flora y fauna microbiana pudo ofrecer a las larvas, además de un atrayente químico o quimiorreceptor (Crisp, 1974; Gray, 1974; Hadfield, 1984), una importante provisión de alimentos durante la etapa de fijación (Crisp, 1974; O’Foighil et al., 1990). De ser cierto, estos materiales alimenticios pudieron haber sido atrapados por la larva empleando su pie reptante como órgano secundario de alimentación, tal como lo reportó King (1986) para el molusco Panope abrupta. La importancia de diversos tipos de tapetes microbianos ha sido señalada durante la fijación larvaria de algunas especies de bivalvos como Patinopecten yessoensis (O’Foighil et al., 1990), Crassostrea gigas y Cr. virginica (Weiner et al., 1989; Fitt et al., 1990; Tritar et al., 1992) y O. edulis (Tritar et al., 1992).

3. Biología intrínseca de la larva (fototropismo larvario). Todos los sustratos en el experimento de materiales fueron negros, a partir de los antecedentes sobre el posible carácter fototrópico negativo de las larvas al momento de la fijación (Ritchie y Menzel, 1969; Crisp, 1974; Hadfield, 1978). Debido a que en el experimento por colores el material de manufactura de los colectores fue siempre costal cebollero, las diferencias de selectividad por el sustrato deben atribuirse necesariamente al grado de iluminación ofrecido por las diferentes combinaciones de color del contenedor y del sustrato. Definitivamente, mientras más oscuro fue el sustrato en el presente experimento, mejor fue el estímulo para la larva reptante durante su asentamiento. En este sentido, diversos autores han señalado que el carácter fototrópico negativo de las larvas pediveliger induce su fijación en sustratos de colores opacos, protegidos y sombreados. Tal es el caso de O. lurida (Hopkins, 1935), Cr. virginica (Ritchie y Menzel, 1969; Baker, 1997), P. fucata (Alagarswami et al., 1987), Cr. gasar (Ajana, 1979), P. mazatlanica y Pte. sterna (Monteforte y Bervera, 1994; Monteforte y Wright, 1994; Proyecto Ostras Perleras, obs. pers.) y P. maxima (Taylor et al., 1998a), entre otros.

Por todo lo anterior, parece claro que el material y color de los colectores y la presencia o ausencia de tapetes microbianos en los mismos, influenciaron el comportamiento y patrón de reclutamiento de las larvas de P. mazatlanica. Basado en los resultados del presente experimento, se recomienda utilizar malla anchovetera y crinolina de color negro para la manufactura de colectores artificiales y evitar el uso de materiales como la malla sombra y cualquier otro material de color claro.

Literatura citada

- Ajana, A.M. (1979). Preliminary investigation into some factors affecting the settlement of the larvae of the mangrove oyster, *Crassostrea gasar* (Adanson) in the Lagos lagoon. In: Proc. 6th Euro. Malac. Cong. Malacologia, 18: 271-275.
- Alagarswami, K., Dharmaraj, S., Velayudhan, T.S., Chellam, A., Victor, A.C.C. and Gandhi, A.D. (1983). Larval rearing and production of spat of pearl oyster *Pinctada fucata* (Gould). *Aquaculture*, 34: 287-301.
- Alagarswami, K., Dharmaraj, S., Velayudhan, T.S. and Chellam, A. (1987). Hatchery technology for pearl oyster production. *Bull. Cent. Mar. Fish. Res. Inst. (CMFRI), Cochin, India* 39: 62-71.
- Alagarswami, K., Dharmaraj, S., Chellam, A. and Velayudhan, T.S. (1989). Larval and juvenile rearing of black-lip pearl oyster *Pinctada margaritifera* (Linnaeus). *Aquaculture*, 76: 43-56.
- Araya, O., Ganning, B. and Bückle, F. (1991). Gonad maturity, induction of spawning, larval breeding, and growth in the American pearl-oyster (*Pteria sterna*, Gould). *Calif. Fish Game*, 77: 181-193.
- Araya, O., Ganning, B. and Bückle, F. (1995). Embryonic development, larval culture, and settling of American pearl-oyster (*Pteria sterna*, Gould). *Calif. Fish Game*, 81: 10-21.
- Baker, P. (1997). Settlement site selection by oyster larvae, *Crassostrea virginica*: evidence for geotaxis. *J. Shellfish Res.*, 16: 125-128.
- Bückle, L., Voltolina, D., Morales, E. and Valenzuela, F. (1992). Spat settlement and growth of *Pteria sterna* (Gould) (Mollusca, Bivalvia) in Bahía de los Angeles, Baja California, México. *Trop. Ecol.*, 33(2): 137-147.

- Cabral, P., Coeroli, M. and Mizuno, K. (1985). Preliminary data on the spat collection of mother of pearl (*Pinctada margaritifera*, Bivalve, Mollusc) in French Polynesia. En: Proc. 5th Int. Coral Reef Cong., Vol. 2., Tahiti, pp. 59-65.
- Cáceres, C., Ruíz, C. and Ramírez, D. (1992). Experimental collection of pearl oyster, *Pinctada mazatlanica* and *Pteria sterna*, spat on a filament substrate. J. World. Aqua. Soc., 23: 232-240.
- Cranfield, H.J. (1970). Some effects of experimental procedure on settlement of *Ostrea lutaria* Hutton. N.Z. J. Mar. Freshwater Res., 4: 63-69.
- Crisp, D.J. (1974). Factors influencing the settlement of marine invertebrate larvae. In: P.T. Grant and A.M. Mackie (eds.), Chemoreception in Marine Organisms. Academic Press, N.Y., pp. 177-263.
- Crossland, C. (1957). The cultivation of the mother-of-pearl oyster in the Red Sea. Aus. J. Mar. Freshwater Res., 8: 111-130.
- Dharmaraj, S., Vellayudhan, T.S., Chellam, A., Victor, A.C.C. and Gopinathan, C.P. (1991). Hatchery production of pearl oyster spat *Pinctada fucata*. Bull. Cent. Mar. Fish. Res. Inst. (CMFRI), Cochin, India 49: 36 pp.
- Doroudi, M.S. and Southgate, P.C. (2000). The influence of algal ration and larval density on growth and survival of blacklip pearl oyster *Pinctada margaritifera* (L.) larvae. Aqua. Res., 31: 621-626.
- Doroudi, M.S., Southgate, P.C. and Mayer, R.J. (1999). The combined effects of temperature and salinity on embryos and larvae of the black-lip pearl oyster, *Pinctada margaritifera* (L.). Aqua. Res., 30: 271-277.

- Fitt, W.K., Coon, S.L., Walch, M., Colwell, R.R. and Bonar, D.B. (1990). Settlement behaviour of oyster larvae (*Crassostrea gigas*) in response to bacterial supernatants. *Mar. Biol.*, 106: 389-394.
- Friedman, K.J. and Bell, J.D. (1996). Effects of different substrata and protective mesh bags on collection of spat of the pearl oysters, *Pinctada margaritifera* (Linnaeus 1758) and *Pinctada maculata* (Gould, 1850). *J. Shellfish Res.*, 15: 535-541.
- Friedman, K.J., Bell, J.D. and Tiroba, G. (1998). Availability of wild spat of the black-lip pearl oyster, *Pinctada margaritifera*, from 'open' reef systems in Solomon Islands. *Aquaculture*, 167: 283-299.
- Gray, J.S. (1974). Animal-sediment relationships. *Ocean. Mar. Biol. Ann. Rev.*, (12): 223-261.
- Hadfield, M.G. (1978). Metamorphosis in marine molluscan larvae: an analysis of stimulus and response. In: F.S. Chia and M.E. Rice (eds.), *Settlement and Metamorphosis of Marine Invertebrate Larvae*. Elsevier, N.Y., pp. 165-175.
- Hadfield, M.G. (1984). Settlement requirements of molluscan larvae: new data on chemical and genetic roles. *Aquaculture*, 39: 283-298.
- Hopkins, A.E. (1935). Attachment of larvae of the Olympia oyster *Ostrea lurida*, to plane surfaces. *Ecology*, 16: 82-87.
- King, J.J. (1986). Juvenile feeding ontogeny of the geoduck *Panope abrupta* (Bivalvia: Saxicavacea), and comparative ontogeny and evolution of feeding in bivalves. Ph.D. thesis, University of Victoria, British Columbia.
- Knuckey, I.A. (1995). Settlement of *Pinctada maxima* (Jameson) and other bivalves on artificial collectors in the Timor Sea, Northern Australia. *J. Shellfish Res.*, 14: 411-416.

- McAnally, L. y Espinoza, F. (1990). Crecimiento y sobrevivencia de larvas de la ostra concha nácar *Pteria sterna* en condiciones de laboratorio. *Cienc. Mar.*, 16: 29-41.
- Millous, O. (1980). Essais de production contrôlée de naissain d'huître perlière *Pinctada margaritifera* en laboratoire. Rapport Convention CNEXO/CIP SOCREDO, Polynésie Française, 32 pp.
- Minaur, J. (1969). Experiments on the artificial rearing of the larvae of *Pinctada maxima* (Jameson) (Lamellibranchia). *Aus. J. Mar. Freshwater Res.*, 20: 175-187.
- Monteforte, M. (1996). Cultivo de ostras perleras y perlicultura. En: M. Casas-Valdez y G. Ponce-Díaz (eds.), *Estudio del Potencial Pesquero y Acuícola de Baja California Sur*. FAO, pp. 571-613.
- Monteforte, M. and Bervera, H. (1994). Spat collection trials for pearl oysters *Pinctada mazatlanica* and *Pteria sterna* (Bivalvia: Pteriidae) in Bahía de La Paz, South Baja California, México. In: *International Pearl Conference, Honolulu, Hawaii*. *J. Shellfish Res.*, 13: 341-342.
- Monteforte, M. and García, A. (1994). Spat collection studies on pearl oysters *Pinctada mazatlanica* and *Pteria sterna* (Bivalvia: Pteriidae) in Bahía de La Paz, South Baja California, México. *Hydrobiologia*, 291: 21-34.
- Monteforte, M. and Wright, H. (1994). Ecology of pearl oyster spat collection in Bahía de La Paz, South Baja California, México: temporal and vertical distribution, substrate selection, associated species. In: *International Pearl Conference, Honolulu, Hawaii*. *J. Shellfish Res.*, 13: 342-343.
- Monteforte, M., Kappelman, E. and López, B. (1995). Spatfall annual survey of pearl oyster *Pteria sterna* (Gould) in experimental collectors at Bahía de La Paz, South Baja California, México. *Aqua. Res.*, 26: 497-511.

- O'Foighil, D.O., Kingzett, B., O'Foighil, G. and Bourne, N. (1990). Growth and survival of juvenile Japanese scallops *Patinopecten yessoensis*, in nursery culture. *J. Shellfish Res.*, 9: 135-144.
- Phelger, C.F. and Cary, S.C. (1983). Settlement of spat of the purple-hinge rock scallop *Hinnites multirugosus* (Gale) on artificial collectors. *J. Shellfish Res.*, 3: 71-73.
- Ritchie, T.P. and Menzel, R.W. (1969). Influence of light on larval settlement of American oysters. *Proc. Natl. Shellfish Assoc.*, 59: 116-120.
- Robles, M., Reynoso, T., Monsalvo, P. y Monteforte, M. (2000). Desarrollo larvario de la madreperla de Calafia, *Pinctada mazatlanica* (Bivalvia: Pteriidae) en condiciones controladas. En: XII Congreso Nacional de Oceanografía, Bahías de Huatulco, Oaxaca, 22-26 mayo, 2000.
- Rose, R.A. (1990). A manual for the artificial propagation of the gold-lip or silver-lip pearl oyster, *Pinctada maxima* (Jameson) from Western Australia. Fisheries Department, Western Australian Marine Research Laboratories, Commonwealth F.R.D.C., 41 pp.
- Rose, R.A. and Baker, S.B. (1994). Larval and spat culture of the Western Australian silver or gold-lip pearl oyster, *Pinctada maxima* Jameson (Mollusca: Pteriidae). *Aquaculture*, 126: 35-50.
- Sokal, R.R. and Rohlf, F.J. (1981). *Biometry*. Second edition, W.H. Freeman, San Francisco, Ca.
- Saucedo, P. and Monteforte, M. (1997). Repopulation experiments of pearl oyster, *Pteria sterna* (Gould, 1851) at Bahía de La Paz, Baja California Sur, México. *Ambio, J. Hum. Env.*, 26: 522-528.
- Saucedo, P. (2001). Investigación aplicada al acondicionamiento gonadal de la madreperla de Calafia, *Pinctada mazatlanica* (Hanley, 1856) en el laboratorio. Ph.D. thesis, CIBNOR, La Paz, México.

- Saucedo, P., Rodríguez, C., Aldana, C., Monsalvo, P., Reynoso, T., Villarreal, H. and Monteforte, M. (2001). Gonadic conditioning of the Calafia mother-of-pearl oyster *Pinctada mazatlanica* (Hanley, 1856) under two temperature regimes. *Aquaculture*, 195: 103-119.
- Southgate, P.C. and Beer, A.C. (1997). Hatchery and early nursery culture of the blacklip pearl oyster (*Pinctada margaritifera*, L.). *J. Shellfish Res.*, 16: 561-568.
- Sumpton, W.D., Brown, I.W. and Dredge, M.C.L. (1990). Settlement of bivalve spat on artificial collectors in a subtropical embayment in Queensland, Australia. *J. Shellfish Res.*, 9: 227-231.
- Tanaka, Y., Inoha, S. and Kakazu, K. (1970). Studies on seed production of black-lip pearl oyster, *Pinctada margaritifera* in Okinawa. V. Rearing of the larvae. *Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab.*, 106-115.
- Tanaka, Y. and Kumeta, M. (1981). Successful artificial breeding of the silver-lip pearl oyster, *Pinctada maxima* (Jameson). *Bull. Natl. Res. Inst. Aqua.*, 2: 21-28.
- Taylor, J.J., Southgate, P.C. and Rose, R.A. (1998a). Assessment of artificial substrates for collection of hatchery-reared silver-lip pearl oyster (*Pinctada maxima*, Jameson) spat. *Aquaculture*, 162: 219-230.
- Taylor, J.J., Southgate, P.C., Rose, R.R. and Keegan, A.J. (1998b). Effects of larval set density on subsequent growth and survival of the silver-lip pearl oyster *Pinctada maxima* (Jameson). *J. Shellfish Res.*, 17: 281-283.
- Tritar, S., Prieur, D., Weiner, R. (1992). Effects of bacterial films on the settlement of the oysters, *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1793), *Ostrea edulis*, Linnaeus, 1750, and the scallop *Pecten maximus* (Linnaeus, 1758). *J. Shellfish Res.*, 11: 325-350.

Victor, A.C.C., Chellam, A., Dharmaraj, S. and Velayudhan, T.S. (1995). Manual on Pearl Oyster Seed Production, Farming and Pearl culture. Bull. Cent. Mar. Fish. Res. Inst. (CMFRI), Cochin, India 63, 53 pp.

Weiner, R.M., Walch, M., Labare, M.P., Bonar, D.B., Colwell, R.R. (1989). Effect of biofilms of the marine bacterium *Alteromonas colwelliana* (LST) on set of the oysters *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1793) and *C. virginica* (Gmelin, 1791). J. Shellfish Res., 8: 117-123.

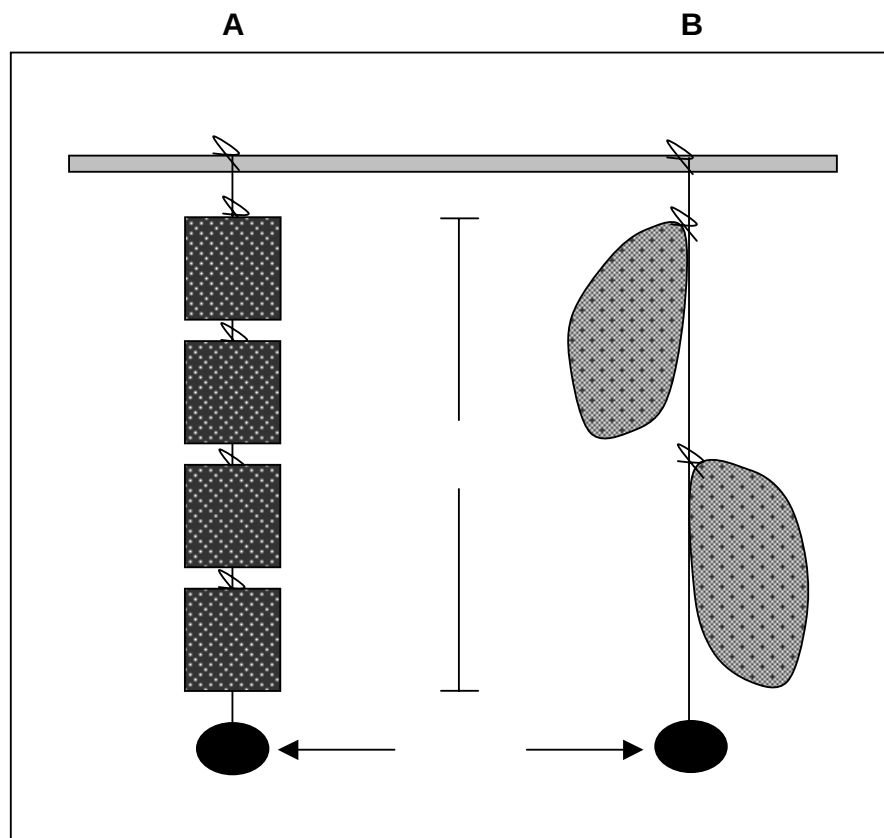


Fig. 1. Colectores artificiales tipo sobre (A) y costal cebollero (B) utilizados para la colecta de semilla de Pinctada mazatlanica en el laboratorio.

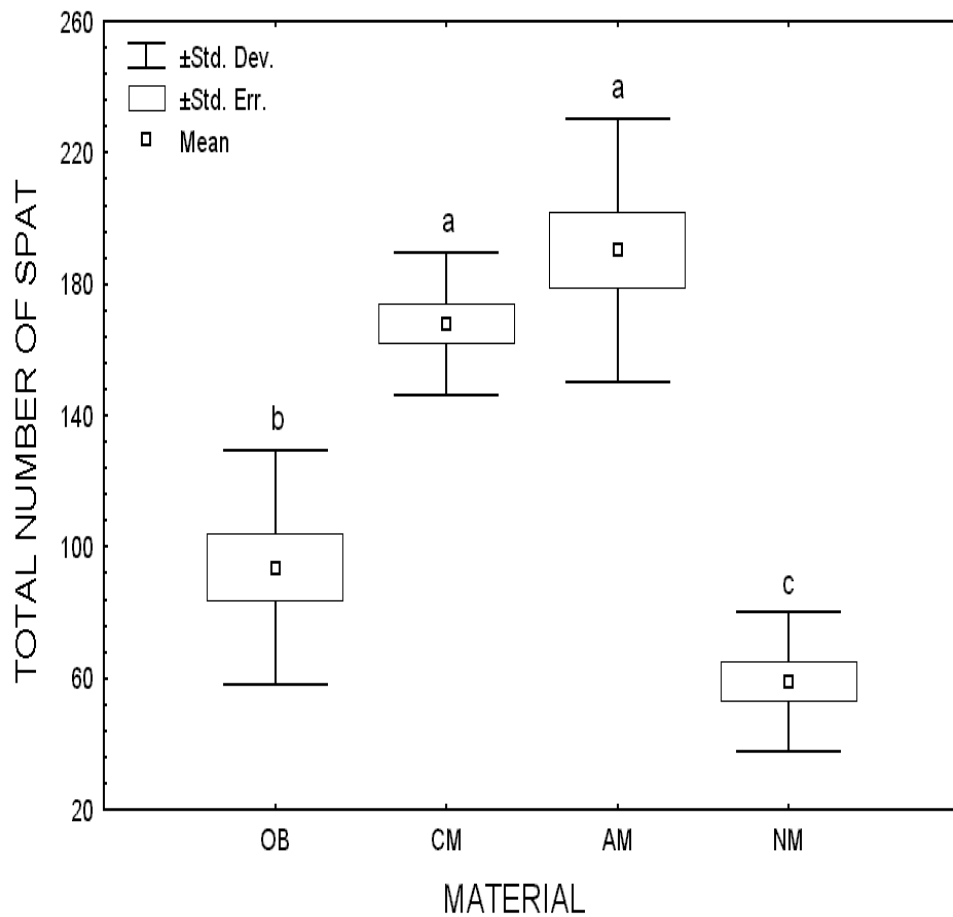


Fig. 2. Análisis de caja con bigotes para la captación total de semilla de *Pinctada mazatlanica* en función del material del colector. OB = costal cebollero; CM = tela de crinolina; AM = malla anchovetera; NM = malla sombra 63%. Los superíndices indican diferencias significativas dentro de los grupos homogéneos o heterogéneos.

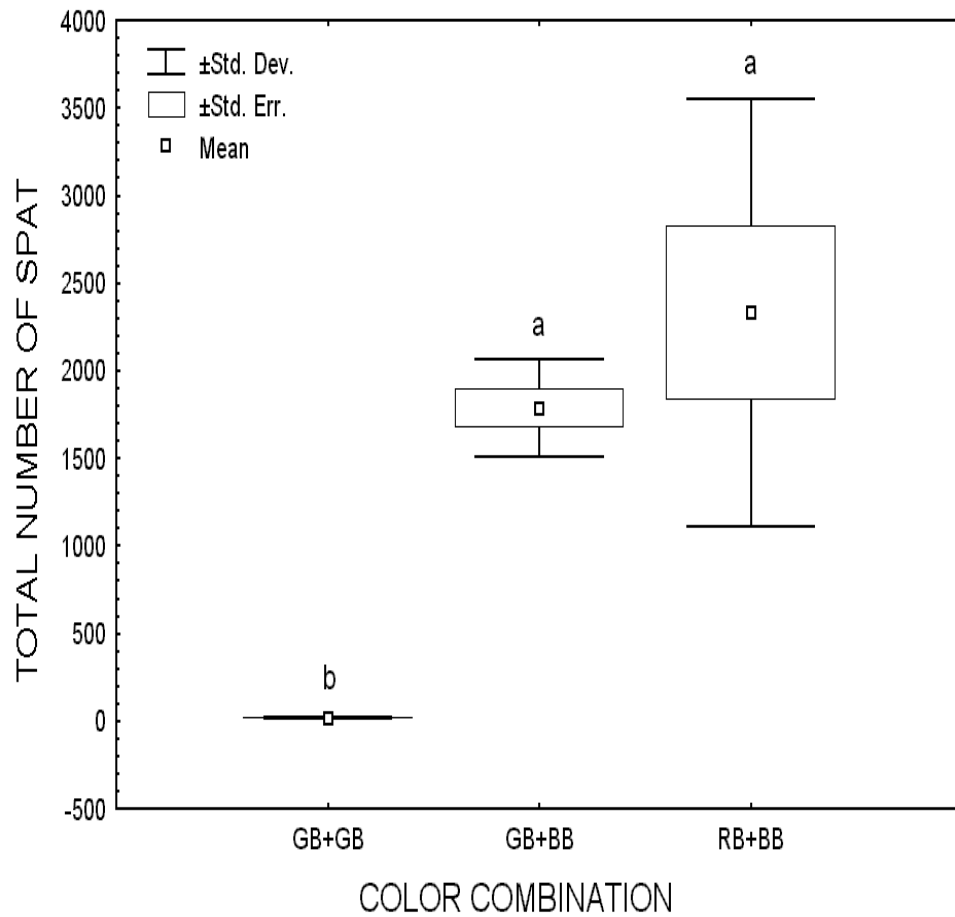


Fig. 3. Análisis de caja con bigotes para la captación total de semilla de *Pinctada mazatlanica* en función de la combinación de color contenedor/color. GB+GB = costal verde con costal verde como sustrato; GB+BB = costal verde con costal negro como sustrato; RB+BB = costal rojo con costal negro. Los superíndices indican diferencias significativas dentro de los grupos homogéneos o heterogéneos.

CONABIO

**COMISIÓN NACIONAL PARA EL CONOCIMIENTO Y USO DE LA
BIODIVERSIDAD**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN APLICADA, DESARROLLO TECNOLÓGICO Y
CONSERVACIÓN DE LOS RECURSOS MARINOS EN ÁREAS PROTEGIDAS**

ÁREA :

ECOLOGÍA Y GENÉTICA DE LA CONSERVACIÓN

CLAVE : Q008

**Aprovechamiento racional de las Ostras Perleras,
Pinctada mazatlanica y *Pteria sterna* (Bivalvia : Pteriidae) en
Bahía de La Paz, Baja California Sur, México :
Cultivo, repoblamiento de bancos naturales y perlicultura.**

EXPLICACIÓN Y JUSTIFICACIÓN

RE : OFICIO DTEP/727/01

29 JUNIO 2001

Responsable :

Dr. Mario Monteforte

**Jefe del Grupo Ostras
Perleras.
CIBNOR, S.C.**

Datos Generales

Título del Proyecto :

Aprovechamiento racional de las Ostras Perleras, *Pinctada mazatlanica* y *Pteria sterna* (Bivalvia : Pteriidae) en Bahía de La Paz, Baja California Sur, México : cultivo, repoblamiento de bancos naturales y perlicultura.

Número de Convenio CONABIO :

FB575/Q008/98

Institución ejecutora :

Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C.
División de Biología Marina, Grupo Ostras Perleras
Mar Bermejo 195, Col. Playa Palo de Santa Rita
La Paz, B.C.S., 23080
Tel. (112) 5.36.33
Fax (112) 5.47.15

Responsable del proyecto :

Dr. Mario Monteforte.
Inv. Titular B, Jefe del Grupo Ostras Perleras.
Tel (112) 5.36.33, Ext 3307
FAX (112) 5.47.15
E-mail : montefor@cibnor.mx
Domicilio particular:
Calle Langosta # 108
Fraccionamiento Fidepaz
La Paz, B.C.S. 23080
Tel/Fax (112). 4.00.10

Fechas del período que se reporta :

El presente documento constituye una respuesta al oficio de CONABIO DTEP/727/01, en el cual se solicita explicación del motivo por el que las metas comprometidas en el proyecto de referencia no se alcanzaron completamente. En este documento someto una síntesis descriptiva de los experimentos que se llevaron a cabo durante la vigencia del proyecto CONABIO-Q008. De igual manera, evalúo los resultados actuales con objeto de justificar la línea de investigación y los experimentos pertinentes que se pretenden aplicar en el marco de las metas comprometidas, así como el destino que se le daría al presupuesto no ejercido en la ejecución de dichos experimentos.

Objetivos y metas comprometidos

El **Objetivo General** del presente proyecto se ajustó a la línea que hemos establecido desde 1988 en el Grupo Ostras Perleras : definir de un paquete tecnológico de ciclo completo

capaz de sustentar el desarrollo socioeconómico regional con base en la gestión planificada y conservacionista del recurso nácar a través de la operación de granjas perleras. Esto implica realizar investigación aplicada al cultivo integral de Ostras Perleras *Pinctada mazatlanica* y *Pteria sterna*, el repoblamiento artificial de bancos naturales, y la producción de perlas. Abordamos los siguientes **Objetivos Particulares** :

1. Estudios en laboratorio orientados a la producción de semilla de *Pinctada mazatlanica* y el seguimiento de las generaciones resultantes —comparando los indicadores con lotes testigo de semilla salvaje contemporánea— durante las etapas subsiguientes de cultivo en campo (prengorda, cultivo tardío, repoblamiento e inducción a la formación de perlas).
2. Definición de las estrategias más adecuadas para la siembra y repoblamiento de ostras perleras originarias de semilla producida en laboratorio en sitios estratégicos que se seleccionaron por su ubicación geográfica, tipo de ambiente y estado de las poblaciones. Esto incluye igualmente el transplante de adultos salvajes.
3. Estudios orientados a la inducción de perlas (Keshi y perla libre) en condiciones de quirófano, comparando los resultados obtenidos entre la semilla salvaje y la producida en laboratorio.
4. Elaboración de un Plan Modelo de Manejo Racional y Conservacionista del Recurso Nácar en la Costa Sudoriental de Baja California Sur, que incluya: 1) estrategias de planeación y ordenamiento de granjas perleras regionales, basadas en el conocimiento del ambiente, de la respuesta de las ostras al manejo y de la estructura genética de las poblaciones en las áreas de influencia, 2) paquete tecnológico integral de cultivo, repoblamiento y perlicultura, 3) propuesta a la SEMARNAP para la declaración de Zonas de Reserva, y 4) plan de negocios para la construcción y operación de granjas perleras.

En estos términos, se anunciaron las metas siguientes :

1. Definición de un Paquete Tecnológico sobre Nacaricultura y Perlicultura:

2. Plan de Manejo Racional del Recurso Nácar en la costa Sudoriental de Baja California Sur:
3. Granja Perlera demostrativa en Bahía de La Paz que genere productos comercializables a mediano plazo

Los alcances de cada meta tienen como origen la disponibilidad de volumen vivo con suficiente potencial para sustentar ciclos continuos de producción. Los indicadores de evaluación que se generaron en el presente proyecto se relacionan directamente con la respuesta de *Pinctada mazatlanica* ante una rutina de manejo en laboratorio bajo las mejores condiciones de control disponibles en los espacios de trabajo. Era en efecto importante evaluar las características funcionales de dichos espacios, el rango y la dimensión de las variables ambientales donde se desarrollarían los experimentos, e identificar los factores más sensibles bajo los cuales se detectan reacciones favorables o desfavorables de los organismos bajo experimentación. Como marco para los indicadores de referencia comparativa se utilizaron estudios de base disponibles en especies afines (*P. margaritifera*, *P. maxima*, *P. fucata*, *P. martensii*) que tratan sobre nutrición, bioenergética, desarrollo larvario y seguimiento en cultivo de generaciones originarias de laboratorio (ver Bibliografía). Es importante subrayar la virtual ausencia de información en *P.*

mazatlanica sobre los temas que se abordaron en el presente proyecto. Hasta finales de 1996 nuestro programa institucional de investigación estuvo orientado al cultivo en campo, el repoblamiento y la perlicultura a partir de semilla salvaje. Esta base de datos se utilizó igualmente en el presente proyecto CONABIO como marco de referencia para contrastar los indicadores y los criterios de evaluación en las generaciones de laboratorio (ver Lista de Publicaciones de Mario Monteforte).

Síntesis de Resultados

Estudios sobre la maduración de *Pinctada mazatlanica* en condiciones controladas.

En las especies de Bivalvos que habitan aguas frías o subtropicales, la maduración controlada es uno de los principales factores que determinan el dominio en el suministro de volumen vivo de manera predecible y constante, a partir del cual se puedan emprender tanto experimentos de investigación como acciones comerciales. En la gran mayoría de las ostras perleras que se utilizan actualmente en la producción comercial de perlas, la maduración inducida en laboratorio casi no se practica debido a que estas especies habitan en medio tropical (provincia IndoPacífico) y su reproducción es continua, por lo que adultos maduros se encuentran disponibles en alta frecuencia durante el año (Gervis y Sims...). Esto no sucede en *Pinctada mazatlanica* y *Pteria sterna*, cuyo comportamiento reproductivo en el Golfo de California se ajusta al de las especies subtropicales, es decir, la ubicación en el año de la época reproductiva y la duración de la misma dependen estrechamente de los ciclos de temperatura. Los eventos de reproducción y reclutamiento se encuentran bien definidos en el tiempo, aproximadamente a temperatura del agua entre 25 y 30°C (verano) para *P. mazatlanica*, y 20 y 24°C (invierno-primavera) para *Pte. sterna*. Por lo común, estos eventos son de corta duración, de modo que el rango de seguridad para colectar adultos en estado adecuado de madurez es relativamente estrecho ; esto se refleja —en el desove inducido en laboratorio— en la fertilidad de los reproductores y el potencial de vida de los productos, los cuales significan un indicador de éxito que en gran parte define la viabilidad del posterior desarrollo larvario. Es además probable que la influencia de dichos indicadores prevalezca hasta etapas más avanzadas del cultivo en campo.

Para emprender el presente proyecto decidimos seleccionar primeramente a *P. mazatlanica* por ser una especie más demandante que *Pte. sterna* en cuanto a condiciones de manejo, tanto en laboratorio como en campo, y por el hecho de que el reclutamiento de semilla en colectores presenta variaciones más marcadas en cuanto a su ubicación temporal en el año y duración. El diseño experimental que aplicamos en primera instancia para abordar la problemática de la maduración inducida desplegó especial atención en los estudios sobre los aspectos histoquímicos, bioquímicos y bioenergéticos relacionados con el proceso de gametogénesis. Se trataba de conocer las variaciones estacionales en la composición y distribución de compuestos energéticos (glucógeno, lípidos, proteínas..) en los órganos y tejidos involucrados en el almacenamiento y/o transferencia de energía (gónada, músculo, glándula digestiva y manto) durante el desarrollo gonadal y las actividades de reproducción. Los indicadores de evaluación se contrastaron en dos grupos experimentales : uno en condiciones de laboratorio y otro proveniente de las instalaciones marinas. Al grupo de laboratorio se le aplicaron dos tratamientos de temperatura : una fija (20, 24 y 28°C) y otra en incremento (de 20 a 29°C con incremento de 2 grados / 15 días / 2 meses). Estos valores coinciden con rango normal de temperatura que se presenta en campo. En ambos tratamientos se utilizó la misma composición y concentración de alimento (*Isochrysis galbana* var. *tahitiana* y *Chatetoceros gracilis*, a 7:3 en 28 ml/seg). Después de 2 meses bajo estas condiciones, aplicamos estímulos térmicos en los organismos tratados para provocar el desove y observar el desarrollo de los

primeros estadios de vida. Los indicadores se compararon con un lote de adultos cultivados que arribaron ya maduros al laboratorio.

Los resultados de dichos estudios se analizaron en forma ampliamente detallada en los informes anteriores sometidos a CONABIO (1, 2, 3 y 4) y se publicaron en Saucedo et al. (2001 a, b, c) (ver Lista de Publicaciones de Mario Monteforte).

De lo anterior deducimos que el dominio de la maduración controlada no es aun suficientemente satisfactorio para el nivel esperado en las metas que se establecieron en el proyecto, puesto que la frecuencia de ostras en maduración óptima fue baja en los grupos de laboratorio en comparación con los reproductores traídos desde el campo. Incluso en estos últimos, la inducción al desove requirió varias sesiones cuyo resultado no siempre fue satisfactorio y los productos, en varias ocasiones, se eliminaron por su bajo potencial de vida. Esto confirma que el rango de seguridad para ubicar el tiempo de madurez ideal continua siendo angosto. Quiero dar a entender que la única opción para sincronizar la extracción de reproductores en madurez óptima sería la aplicación de muestreos con una periodicidad muy cercana entre las tomas ; para evitar que dichos muestreos afecten el volumen vivo estamos probando técnicas de biopsia en gónada y examinando comparativamente la riqueza y precisión de los datos histológicos, histoquímicos y bioquímicos con respecto a las muestras con sacrificio. Evidentemente, se evalúa también la supervivencia post-biopsia.

A pesar de la falta de consistencia en los resultados sobre el tema, los elementos de conocimiento que se generaron a partir de los estudios específicos antes descritos, nos permiten identificar claramente la problemática a resolver, las opciones de investigación con incidencia en los aspectos clave, y el diseño experimental a definir para probar estos nuevos indicadores. En este marco, las líneas de investigación que planteamos continuar con base en estos resultados tratarán sobre dos aspectos : 1) la prueba de un ambiente de maduración semi-natural, 2) la maduración en ambiente 100% controlado.

La primera opción se basa en la compatibilidad bioecológica entre *P. mazatlanica* y su ambiente de maduración. Pretendemos utilizar la estanquería entremareas y el área de Ensenada de La Paz para estudiar la respuesta que los reproductores generarían ante este tipo de ambientes. Cabe mencionar que las pruebas preliminares mostraron resultados alentadores en cuanto a la velocidad de maduración, pero es aun necesario realizar estudios más detallados con los medios necesarios que nos permitan mantener un control más estricto de la temperatura y la salinidad, principalmente. La idea se basa en que las variaciones de temperatura —parámetro principal que gobierna la temporalidad del ciclo reproductivo en especies subtropicales— son de menor longitud en las áreas seleccionadas que en las estaciones de cultivo en campo. De esta manera buscamos obtener una mayor frecuencia de reproductores en condiciones adecuadas de madurez y, por lo tanto, un rango de seguridad más amplio en las tomas de parentales en estado de madurez adecuado para el inicio de la producción. Además , se continuarán utilizando las ostras de cultivo.

Considerando lo anterior, se plantea la adquisición de un **ENFRIADOR PORTÁTIL PARA AGUA DE MAR DE 1 ½ HP, 800 GPM** que nos permitirá mantener reproductores de *P. mazatlanica* en tinas que se colocarían en el Módulo Externo para Prengorda de Moluscos

Bivalvos (Foto 1). En efecto, la temperatura del agua en los estanques de marea puede alcanzar más de 30°C con cierta frecuencia en la época de verano. Es importante mantener la cifra entre los rangos normales (26-30°C). Se utilizará además un **MEDIDOR PORTÁTIL YSI PARA PH, AMONIA Y NITRATOS** en el monitoreo del ambiente de maduración, en particular dentro del estanque entremareas. El alimento sería suministrado directamente desde esta fuente, filtrando previamente el agua para eliminar partículas de sedimento y zooplancton. Para esto se utilizará un sistema de **PORTAFILTROS DE 3 CARTUCHOS ESCALONADOS Y FILTROS DE CARTUCHO DE 15 A 25 µ**. Buscamos seleccionar de preferencia la comunidad microalgal, en especial a las especies nativas *Nitzschia spp.* y *Rhysosolenia spp.*, diatomeas que son dominantes en el contenido estomacal de adultos. La salinidad se mantendrá entre 36 y 37 ppm, que es el rango normal en el campo ; cabe mencionar que este parámetro debe ser vigilado pues ocurren incrementos inesperados en algunos días del verano, por lo que se mantendrá listo un suministro de agua potable en las tinas de maduración.

En la segunda opción se crearán condiciones ambientales controladas al 100% en temperatura, salinidad, composición y concentración del alimento y raciones del mismo con el objeto de producir una respuesta particular en los reproductores en el curso de las diferentes etapas de la gametogénesis, con base en el seguimiento de un perfil bioquímico considerado ideal en el curso de los estudios anteriores. El proyecto CONABIO nos permitió conocer los principales indicadores que deben ser controlados, en particular aquellos con influencia en la nutrición, para poder producir artificialmente dicho perfil.

Asumimos además que la introducción de aditivos nutricionales a la dieta podría coadyuvar al suministro de los energéticos específicos en las etapas gametogénicas. En todo caso, se llevará a cabo la evaluación comparada de gametos, larvas y juveniles obtenidos a partir de lotes de reproductores madurados en los diferentes ambientes, contrastando los indicadores (potencial de vida inicial y posterior desarrollo) con la población de las instalaciones marinas.

Producción de semilla de *Pinctada mazatlanica* y seguimiento de los organismos en campo

En el curso del presente proyecto se llevaron a cabo cuatro sesiones de desove, las cuales produjeron una generación larvaria correspondiente : Mayo 1998 (PM-LB/98-1), Febrero 1999 (PM-LB/99-1), Septiembre 1999 (PM-LC/99-2) y Julio 2000 (PM-LC/00-1). En las dos primeras sesiones se utilizaron reproductores madurados en laboratorio (B) producto de los experimentos anteriores ; en las dos últimas el cultivo larvario procedió a partir de organismos maduros cultivados en campo (C). En las Figuras 1a y 1b se muestra una síntesis de resultados en cuanto al crecimiento y la supervivencia de las generaciones larvarias obtenidas, así como el seguimiento en campo de la semilla lograda. El análisis global de estas Figuras y la evaluación de algunos indicadores de referencia (Tab. 1) demuestran que los resultados de los experimentos fueron medianamente aceptables.

TABLA 1. Talla de larva y datos de edad para tres especies de ostras perleras. Los valores representan el compilado o el promedio obtenidos por Alagarawami 1983, 1989 ; Baker 1994 ; Minaur 1969 ; Rose & Baker 1989, 1994 ; Ota 1957 ; Tanaka & Kumeta 1981 ; Taylor 2000, en las especies correspondientes.

Pinctada fucata

Pinctada margaritifera

Pinctada maxima

ETAPA	TALLA (μm)	EDAD	TALLA (μm)	EDAD	TALLA (μm)	EDAD
Huevo esférico	47.5	Fert.	45	Fert.	59-60	Fert.
Forma D	72 x 60	24 hrs	75 x 60	24 hrs	79 x 67	18 – 24 hrs
Umbo temprano	100 x 95	Día 8	110 x 90	Día 9	110 x 100	Día 8 - 9
Forma Umbo	135 x 130	Día 10 – 12	140 x 130	Día 12	114 x 103	Día 10
Mancha ocular	210 x 190	Día 15	210 x 200	Día 16	230 x 210	Día 15
Pediveliger	230 x 200	Día 20	220 x 210	Día 20	270 x 220	Día 22
Plantigrada	250 x 240	Día 22	260 x 240	Día 23	268 x 222	Día 25

Por un lado, fue evidente que el estado de madurez de los reproductores provenientes de diferentes ambientes (madurados artificialmente en laboratorio y madurados naturalmente en campo), así como los productos de desove, eran significativamente diferentes en cuanto a calidad biológica de la gónada y el potencial de vida de los gametos, y que estos indicadores prevalecieron como factor de influencia en el desarrollo larvario, aparentemente hasta la fijación y las primeras etapas de cultivo en campo. Es importante considerar que la comparación de nuestros resultados con otras especies del género *Pinctada* para las cuales existe información al respecto, no es necesariamente una referencia comparativa estricta, pues las características propias a cada especie pueden influenciar su respuesta ante tratamientos específicos. No obstante, los factores que son coincidentes implican el manejo controlado de los principales parámetros que determinan el crecimiento y la supervivencia del volumen vivo ; en este sentido, la temperatura, la calidad de agua, aunados a la estructura y composición de la dieta, representan un común denominador significativo. En efecto, los mejores indicadores, comparando la etapa larvaria de los diferentes lotes, se ubicaron en las generaciones PM-LC/99-2 y PM-LC/00-1. No obstante, la respuesta de los organismos a las condiciones de cultivo en campo no fue tan eficiente como debiera esperarse. Se pudo notar mortalidad acelerada altamente significativa durante los primeros 4 meses de la prengorda, alcanzando cifras de 75 a 80% al final de la misma, mientras que el indicador normal en semilla salvaje contemporánea se fijó en 34%, con un ritmo de suave ascendencia en la mortalidad mensual. Aunque la supervivencia tendió a ser más estable al iniciarse la etapa de cultivo tardío de estas generaciones, no fue sino hasta pasados los 9 meses de edad cuando las cifras mensuales alcanzaron el nivel normal de mortalidad de 1 a 5% ; no obstante, la mortalidad mensual cero –que aparece con frecuencia en el cultivo tardío de la semilla salvaje a partir de los 7 meses de edad—no se ha manifestado hasta ahora en las generaciones de laboratorio. Cabe además subrayar que solamente subsisten a la fecha los lotes de semilla de laboratorio que provienen de reproductores madurados en condiciones de campo (PM-LC/99-2 y PM-LC/00-1).

Debido a lo anterior, se revela necesario continuar los estudios sobre cultivo larvario aplicando experimentos orientados a probar el efecto de temperatura y alimento, tanto en lotes

que se deriven de la maduración inducida como de los provenientes de adultos madurados en campo. En los próximos meses se llevarán a cabo muestreos periódicos cercanos mediante biopsias y sesiones de inducción al desove. Se hará una selección previa de los lotes experimentales que hayan obtenido el mejor nivel de indicador en cuanto a la respuesta a los estímulos de desove y el potencial de vida de los productos. Los experimentos con temperatura se ajustarán a los rangos normales que ocurren durante la vida larvaria en condiciones naturales – entre 26 y 30°C—en dos tratamientos : uno a temperatura fija (26, 28 y 30°C) y otro en incremento a razón de 1°C en el curso de las etapas clave de metamorfosis larvaria. En cuanto a la nutrición, se mantendrá la misma composición alimentaria que en los estudios anteriores pero variando esta vez la concentración en tres pruebas, una de las cuales incluye la adición de compuestos artificiales que utilizaron con buenos resultados en el cultivo larvario de *Pinctada margaritifera* (Southgate et al. 1998). Para llevar a cabo estos trabajos se utilizará el water-chiller adquirido con CONABIO el cual será habilitado en el Laboratorio de Acuicultura del CIBNOR. Para esto, se requerirán **MATERIALES VARIOS DE ALBAÑILERÍA, PLOMERÍA, HERRERÍA Y ELECTRICIDAD** que nos permitirán construir una **BASE FIRME PARA EL WATER-CHILLER Y LAS BASES QUE SOSTENDRÍAN 8 TINAS CILINDRO-CÓNICAS DE 250 L** donde se llevarán a cabo los experimentos. Es importante subrayar que la calidad biológica del agua significa un factor vital que debe ser controlado lo más estrictamente posible. Se instalará un **SISTEMA DE ESTERILIZACIÓN UV** que provea de elemental pureza a la base ambiental de los espacios donde se desarrollen los trabajos.

Las limitantes que pudieron haber determinado en parte los resultados poco satisfactorios en los estudios anteriores se deben por un lado a la total falta de información referente al desarrollo larvario de *Pinctada mazatlanica*. Los experimentos nos confirmaron, en efecto, la alta sensibilidad de esta especie a las condiciones de manejo, las cuales no siempre fueron todo lo ideales que se esperaba debido a la imprecisión en cuanto al destino y habilitación de los espacios de trabajo disponibles en el CIBNOR con base en los planes de remodelización. Al parecer, la distribución de dichos espacios se ha finalmente aclarado, de allí la planificación en la instalación y uso de los equipos antes citados.

TEMA 2 :

Perlicultura en *Pinctada mazatlanica* y *Pteria sterna*

RESUMEN DE BITÁCORA.

***Pinctada mazatlanica* :**

- Primera sesión (Febrero 1998).
Total operados : 175 con perla libre, 220 con Keshi.
Supervivencia a la fecha : 52 con perla libre, 110 con Keshi.
En Noviembre 2000 se llevó a cabo un muestreo de 10 organismos y se obtuvieron 6 perlas libres de buena calidad. El muestreo pre-cosecha se llevó a cabo en Marzo 2001. Se decidió postergar la cosecha al principio de verano.
- Segunda sesión (Octubre 1998).
Total operados : 85 con perla libre, 93 con Keshi.

Supervivencia a la fecha : la caja conteniendo 80 ostras operadas con perla libre se extravió en un accidente náutico. 91 con Keshi. El muestreo de 30 piezas reveló una calidad global aceptable, pero alta incidencia de defectos.

- Tercera sesión (Julio 2000)

Total operados : 600 con perla libre.

Supervivencia a la fecha : 33 con núcleo retenido.

El muestreo de Diciembre 2000 (30 ostras) mostró resultados muy poco satisfactorios en cuanto a recubrimiento. Una buena proporción de núcleos rechazados fueron retenidos en el interior de la concha, algunos de los cuales formaron una Mabé relativamente aceptable. Se llevará a cabo un muestreo posterior a principios de verano.

- Cuarta sesión (Noviembre 2, 2000)

Total operados : 400 con perla libre (5 mm de diámetro), distribuidos en 5 diferentes tipos de

tratamiento :

Tipo 1. Injerto tradicional en el asa intestinal – 50 individuos

Tipo 2. Injerto con ligamiento del asa intestinal – 100 individuos

Tipo 3. Implante sin refuerzo en el manto – 100 individuos (2 núcleos / ind.).

Tipo 4. Implante con refuerzo en el manto – 100 individuos (2 núcleos / ind.)

Tipo 5. Implante muscular con manto embolsado – 50 individuos (1 núcleo / ind.).

Supervivencia global a la fecha : 183 individuos con núcleo retenido.

Todos los implantes en manto (con y sin refuerzo) fueron rechazados. La mortalidad en este lote fue de 85%. Un muestreo de evaluación en 10 ostras se llevó a cabo en Enero 2001 ; en todos los especímenes se encontró el núcleo retenido y en buen lugar, aunque sólo se observó recubrimiento parcial de buen nácar en 6 de ellos.

Pteria sterna :

- Primera sesión (Mayo 1998)

Total operados : 95 con perla libre, 115 con Keshi

Supervivencia a la fecha : 0 con perla libre, 69 con Keshi

En el muestreo de Enero 2001 (10 individuos) se obtuvieron 6 Keshis de regular calidad, tres de ellas con serios defectos en el recubrimiento.

- Segunda sesión (Noviembre 4, 2000)

Total operados : 110 con perla libre (5 mm de diámetro), distribuidos en 5 diferentes tipos de

tratamiento :

Tipo 1. Injerto tradicional en el asa intestinal – 10 individuos

Tipo 2. Injerto con ligamiento del asa intestinal – 30 individuos

Tipo 3. Implante sin refuerzo en el manto – 30 individuos (2 núcleos / ind.).

Tipo 4. Implante con refuerzo en el manto – 30 individuos (2 núcleos / ind.)

Tipo 5. Implante muscular con manto embolsado – 10 individuos (1 núcleo / ind.).

Supervivencia global a la fecha : 43 individuos con núcleo retenido.

Todos los implantes en manto (con y sin refuerzo) fueron rechazados. La mortalidad en este lote

fue de 60%. Un muestreo de evaluación en 3 ostras se llevó a cabo en Enero 2001 ; en todos los especímenes se encontró el núcleo retenido y en buen lugar, con indicios de recubrimiento de buena calidad.

En el marco de los estudios en perlicultura se probaron tambien diferentes estrategias de apertura valvaria y preparación a la micro-cirugía. Esto había sido un punto problemático que durante varias sesiones influyó significativamente en la eficiencia de la operación. Aplicamos un riguroso experimento para determinar el efecto de diferentes compuestos anestésicos sobre *Pinctada mazatlanica* con el fin de identificar la substancia y los tratamientos más adecuados para la relajación de las ostras y apertura de las valvas. La variable de prueba que se midió fue el consumo de oxígeno, como indicador del metabolismo, en función de la concentración de la substancia anestésica y del tiempo de exposición a la misma. El consumo de oxígeno se registró individualmente durante el proceso de anestesia y durante el período de recuperación. Una vez que las ostras alcanzaron su estado normal, se trasladaron a las instalaciones de cultivo en campo donde se llevó a cabo el monitoreo de supervivencia.

Los anestésicos probados y sus respectivas concentraciones fueron los siguientes :

1. MS-222, Tricaína : 100, 200 y 300 mg / L
2. Sulfato de Quinaldina : 1, 2 y 3 ml / L
3. Propylene phenoxetol : 1.5, 2.5 y 3.5 ml / L
4. Mentol en polvo : 2.5, 5 y 8 mg / L

En todos los casos se probaron dos tiempos de exposición de 30 y 60 min. En cada concentración de cada tipo de anestesia se colocaron 20 Ostras adultas en recipientes individuales. El consumo de oxígeno se midió individualmente mediante un oxímetro portátil YSI-58 cada 10 min hasta completar los períodos de exposición específicos. Despues de cada período, se retiraba el 50% de las Ostras para trasladarlas a recipientes individuales con agua corriente filtrada y sin anestesia, donde se midió el consumo de oxígeno cada 10 minutos hasta que se observaba una recuperación completa. Lo anterior se comparó con un lote control sin anestesia, a partir del cual se trazó la curva testigo de consumo de oxígeno.

El Propylene Phenoxetol a 2.5 ml/L resultó ser el mejor anestésico con tiempo de exposición no mayor de 30-35 min. La Tricaína cedió tambien resultados adecuados a 200 ml / 50 min, aunque se observó mayor frecuencia de individuos contraídos, lo cual dificulta el injerto. El MS-222 puede ser entonces utilizado en el implante de Mabé. Estos resultados se aplicaron existosamente en la 4ª sesión de injertos en Madreperla y la 2ª en Concha Nácar. Una publicación con estos resultados se encuentra actualmente en elaboración.

Las líneas de investigación a seguir en este tema se centran particularmente en el perfeccionamiento tecnológico de la micro-cirugía, en el entrenamiento de un mayor número de operadores y en la disponibilidad de materia prima para entrenamiento, tomando en cuenta que, según los canones de la perlicultura, se requiere practicar en no menos de 7 mil ostras para lograr tasa de éxito rentable y sostenida. La tasa mínima en la producción comercial es de 40%.

TEMA 3 :

Repoblamiento de bancos de *Pinctada mazatlanica* y *Pteria sterna*

El repoblamiento de bancos naturales constituye el concepto conservacionista del presente proyecto ; hemos incidido en estudios aplicados al respecto desde 1990 mediante la siembra de jóvenes adultos provenientes de semilla salvaje colectada localmente. En el presente proyecto CONABIO, se consideró explorar una estrategia alternativa para el repoblamiento mediante el trasplante de efectivos desde una población alejada a Bahía de La Paz. Adicionalmente, nos propusimos llevar a cabo secuencias de repoblamiento a partir de adultos originarios de laboratorio con 10 meses de edad mínima.

Iniciamos los estudios con el trasplante de Ostras Perleras hacia Bahía de La Paz desde sitios seleccionados bajo criterios dados por estudios de diversidad genética, densidad poblacional y dinámica de corrientes. Decidimos establecer Bahía Loreto como población fuente y se consideró en 75% la supervivencia mínima aceptable post-traspante. Se probaron los siguientes indicadores : respuesta al manejo extracción/transporte, talla de inicio en siembra, fuerza y velocidad de fijación, tiempo de protección y desarrollo de camuflaje. Igualmente, realizamos observaciones directas sobre el comportamiento de algunos predadores ante un lote experimental sembrado.

La secuencia de extracciones y su composición se muestran en la Tabla 2. Llevamos a cabo dos sesiones de trasplante y el seguimiento de los lotes se ha continuado hasta la fecha (Fig. 2).

TABLA 2. Síntesis de resultados para el trasplante de efectivos desde B. Loreto a B. La Paz en la estación Merito, en biotopo rocoso entre 6 y 8 m de profundidad.

EXPERIMENTOS	INDICADORES	<i>Pinctada mazatlanica</i>	<i>Pteria sterna</i>
SESIÓN 1	Fecha de Trasplante Número de Efectivos Rango de Talla (Alto) Tiempo a Febrero 2001 Supervivencia Feb 2001 Evaluación Sesión	Mayo 1999 75 65-200 mm 21 meses 65% > Mínimo Aceptable	Julio 1999 75 50-125 mm 19 meses 75% Mínimo Aceptable
SESIÓN 2	Fecha de Trasplante Número de Efectivos Rango de Talla (Alto) Tiempo a Febrero 2001 Supervivencia Feb 2001 Evaluación Sesión	Noviembre 1999 85 65-90 mm 15 meses 90% Ok	Noviembre 1999 85 50-80 mm 15 meses 87% Ok

Con base en los resultados obtenidos, se identificaron las condiciones que deben cumplirse para que este tipo de manipulaciones sean exitosas :

- La separación de las Ostras de su sustrato debe ser realizada cuidadosamente, cortando el byso (sin jalar) con un instrumento muy filoso y lo más cerca posible del margen de la concha.

- El transporte debe hacerse en recipientes con temperatura controlada lo mejor posible a fin de que no sobrepase los 28°C (idealmente, entre 22 y 26°). Por tal motivo, se recomienda realizar los transportes durante el invierno pues la alta temperatura se reveló como un factor negativo en la supervivencia. Es importante mantener una aireación constante en los recipientes por medio de un compresor portátil.
- Previo a la siembra en el nuevo sitio, los especímenes colectados deben limpiarse cuidadosamente de fijaciones en la concha y luego ser colocados en laboratorio durante al menos 5 días, procurando igualar gradualmente la temperatura a la de la nueva localidad. Se debe proveer alimentación de mantenimiento a concentración moderada.
- Para la siembra, es necesario utilizar artefactos o jaulas que permitan, por un lado, mantener a las Ostras Perleras en constante contacto con el sustrato mientras regeneran el byso, y por otro lado, proveer protección contra los predadores. Como alternativa a lo anterior, es posible colocar a las Ostras sembradas en grietas y recovecos cuidando que no haya posibilidad de que se suelten antes de que hayan logrado una buena fijación (se pueden utilizar rocas como “cuñas”).
- Las jaulas pueden ser retiradas cuando se alcancen dos condiciones : 1) que el byso se encuentre completamente regenerado y la fijación sea adecuada, y 2) que la superficie de las valvas haya sido colonizada por epibiontes que provean del necesario camuflaje que presentan normalmente los adultos salvajes.
- Para salvaguardar la diversidad genética de las poblaciones locales en las áreas donde se lleven a cabo operaciones de repoblamiento a partir de semilla producida en laboratorio, es importante aplicar dos estrategias simultáneas : 1) que las siembras se lleven a cabo lejos de las áreas previstas para los trabajos de cultivo pero en sitios costeros que, por las características de la dinámica de corrientes marinas, eviten la fijación de juveniles dentro de las mismas poblaciones artificialmente sembradas y permitan el eventual reclutamiento escalonado en una extensión costera más amplia que incluya las áreas de cultivo. Esto con el objeto de que un mínimo número de adultos originarios de laboratorio se establezcan en las áreas poblacionales principales, y 2) se debe tener precaución en diversificar la selección de reproductores eligiendo de preferencia organismos salvajes en áreas alejadas de los sitios de trabajo principales, sin repetir los mismos reproductores en las diferentes sesiones de reproducción controlada.
- Bajo los mismos términos del punto anterior, en caso que el repoblamiento se aplique a partir de transferencias de Ostras salvajes adultas o jóvenes adultas de un sitio a otro, es importante contar con un esquema de la estructura genética de las poblaciones con el objeto de delimitar geográficamente las áreas de influencia.

Es necesario que los organismos a trasplantar sean adultos jóvenes con tallas entre 65 y 75 mm de altura de la concha en *P. mazatlanica*. Para *Pte. sterna*, es preferible el rango de talla entre 55 y 70 mm. Esto asegura una mejor fijación en menor tiempo. Los organismos con tallas menores al rango mínimo antes citado también responden satisfactoriamente al trasplante y la siembra, sin embargo se notó mortalidad significativamente mayor en este grupo de talla que en los de talla mayor. Por otro lado, es necesario proveerles de protección durante mayor tiempo para evitar el ataque de predadores que, en estas tallas, es más variado. Esto último se confirmó a partir de observaciones directas en campo (Tablas 3.A y 3.B). Notamos que la presión de predación y la eficiencia de los predadores es mayor en las Ostras de tallas menores y que la mayor frecuencia de ataques ocurre en la noche.

TABLA 3.A. Observaciones de la actividad de algunos depredadores diurnos en Ostras Perleras plantadas en Substrato Natural sin protección a 7 m de profundidad en la estación La Nopalera. Las columnas de Selección (PM = *Pinctada mazatlanica*, PS = *Pteria sterna*), Talla (p = pequeña, m = mediana, g = grande), Tiempo de Manipulación y Resultado (Mr = muerta, Hr = lastimada o concha dañada), se refieren a las observaciones con mayor frecuencia.

PREDADOR	SELEC.	TALLA	T. MANIP.	RESULT.	OBSERVACIONES
Tetrodontidae	PS	m, g	3-5 min	Mr	Ataque directo, jala y aplasta o traga completamente.
Serranidae	PS	p, m	2-8 min	Hr, Mr	Acercamiento directo pero mordisquea varias veces ; jala y rompe. Puede dejar conchas dañadas sin consumir completamente..
Labridae	PS, PM	p	2-4 min	Mr	Ataque directo, jala y traga completamente.
Rajidae	PS, PM	p, m	+ 10 min	Hr, Mr	Varios acercamientos, mordisquea hasta selección, la cual aplasta o traga completa. Deja conchas dañadas.
<i>Eriphia squamata</i> (cangrejo, 5-8 cm de largo)	PS, PM	p	8-12 min	Hr, Mr	Varios acercamientos. Aplasta la concha por la sección central o rompe el margen y pica en el interior. Puede seleccionar conchas dañadas por otros predadores.
<i>Pilumnus towsendi</i> (cangrejo, 3-5 cm de largo)	PM	p	8-12 min	Hr, Mr	Varios acercamientos. Rompe la zona del umbo y pica en el interior. Puede seleccionar conchas dañadas.
<i>Panopeus purpureus</i> (cangrejo, 3-5 cm de largo)	PM, PS	p	10-15 min	Hr, Mr	Mismas manipulaciones que el anterior. Ataca indistintamente el margen superior o el umbo.
<i>Portunus xantusi</i> (jaiba, 4-7 cm de largo)	PS	p, m	4-8 min	Hr, Mr	Ataque directo. Aplasta la concha por la sección central o rompe el margen y pica en el interior. Parece preferir individuos sanos.
<i>Muricanthus nigritus</i> (caracol, 12-15 cm de alto)	PS, PM	m, g	+30 min	Mr (?)	Perforador, varios acercamientos. Ataca la zona del umbo. Puede comportarse como carroñero al seleccionar conchas dañadas.
<i>Heliaster kubinji</i> (estrella de mar)	PS	g	+45 min	Mr	Entreabre las valvas a la fuerza e introduce el estómago. Selecciona ostras vivas y las vacía.

TABLA 3.B. Observaciones de la actividad de algunos depredadores nocturnos en Ostras Perleras plantadas en Substrato Natural sin protección a 7 m de profundidad en la estación La Nopalera. Las columnas de Selección (PM = *Pinctada mazatlanica*, PS = *Pteria sterna*), Talla (p = pequeña, m = mediana, g = grande), Tiempo de Manipulación y Resultado (Mr = muerta, Hr = lastimada o concha dañada), se refieren a las observaciones con mayor frecuencia.

PREDADOR	SELEC.	TAILLA	T. MANIP.	RESULT.	OBSERVACIONES
Tetrodontidae (talla grande)	PS, PM	m, g	1-3 min	Mr	Ataque directo, jala y aplasta o traga completamente.
Serranidae (talla grande)	PS, PM	m, g	1-3 min	Mr	Ataque directo, jala y aplasta o traga completamente.
Murenidae	PS	p	2-3 min	Mr	Ataque directo, jala y traga completamente.
Lutjanidae	PS, PM	m	5-10 min	Hr, Mr	Varios acercamientos, mordisquea y jala varios individuos. Rompe y come o traga completamente. Deja conchas dañadas.
<i>Eriphia squamata</i> (8-12 cm de largeur)	PS	p, m	6-10 min	Hr, Mr	Ataque directo. Aplasta la concha por la sección central o rompe el margen y pica en el interior. Puede seleccionar conchas dañadas.
<i>Eurytium affinis</i> (8-10 cm de largeur)	PM	p	10-15 min	Hr, Mr	Varios acercamientos. Rompe el margen superior de la concha y pica en el interior. Puede seleccionar conchas dañadas.
<i>Callinectes bellicosus</i> (12-15 cm de largeur)	PS, PM	m, g	3-6 min	Hr, Mr	Ataque directo. Aplasta la concha por la sección central o rompe el margen y pica en el interior. Parece preferir individuos sanos.
<i>Panulirus argus</i> (langosta)	PS	m	+ 10 min	Mr	Varios acercamientos pero una sola selección. Generalmente rompe los bordes casi hasta la sección central de la concha y come el interior. Puede seleccionar conchas dañadas pero parece preferir individuos sanos.
<i>Muricanthus nigritus</i> (caracol)	PS, PM	m, g	+ 30 min	Mr (?)	Perforador, varios acercamientos. Ataca la zona del umbo. Puede comportarse como carroñero al seleccionar conchas dañadas.
<i>Strombus galeatus</i> (caracol)	PS	m, g	10-20 min	Mr	Perforador, ataque directo en la zona del umbo o la parte central de la concha. Prefiere individuos sanos.
<i>Purpura</i> sp.	PS, PM	p	+ 30 min	Mr (?)	Perforador, varias tentativas. Ataca la sección central de la concha. Puede comportarse como carroñero al seleccionar conchas dañadas.
<i>Octopus</i> sp.	PS, PM	p, m, g	5-7 min	Mr(?)	Acercamientos tentativos. Se posiciona sobre el individuo y parece forzar la apertura de las valvas para entreabrir las. A veces, arranca la ostra y parte con ella.
<i>Heliaster kubinji</i>	PS	m, g	+ 45 min	Mr	Entreabre las valvas a la fuerza e

					introduce el estómago. Selecciona ostras vivas y las vacía
--	--	--	--	--	--

Con la información recabada a partir de los experimentos de trasplante, y apoyados con los estudios sobre la diversidad genética y polimorfismo de Ostras Perleras que se realizaron en colaboración con la Universidad Paul Valéry de Montpellier, Francia (Arnaud et al. 2001), se elaboró un modelo estratégico para el repoblamiento de bancos naturales y la conservación del recurso nácar. Esto forma parte del Plan de Manejo que se comprometió en el presente proyecto.

Análisis de las Metas

Paquete tecnológico de Nacaricultura y Perlicultura

El avance logrado en la conformación de la tecnología integral de nacaricultura y perlicultura, en el marco del presente proyecto puede ser considerado como aceptable puesto que no se logró consolidar más que parcialmente la producción de semilla en laboratorio, y los resultados con respecto a la producción de perla libre no alcanzan aun la tasa de éxito ni la calidad deseada.

En efecto, la tecnología de producción de semilla, en el estado de avance que se encuentra actualmente, no puede todavía considerarse como transferible. A pesar de que los porcentajes de supervivencia han ido mejorando notablemente desde las primeras sesiones, la proporción de juveniles que logran ser transferidos al cultivo en campo a partir del número total de larvas fijadoras es poco elevada ; además, estos juveniles muestran mortalidad alta y acelerada en las etapas de prengorda aunque más tarde la supervivencia se haya mantenido estable. Es evidente que una gran parte del problema reside en dos factores principales : 1) la calidad biológica de las larvas, y por ende, en la falta de definición de los factores vitales que intervienen en el cultivo larvario, entre los cuales la alimentación es sin duda uno de los más importantes, y 2) la aun carencia de información sobre la talla adecuada a la que la semilla recién fijada en laboratorio debe ser transferida a campo, las épocas más propicias del año para llevar a cabo dicha transferencia, y las condiciones ambientales (profundidad, temperatura, corrientes, etc.) que deben prevalecer en los sitios donde se ubique dicha semilla.

En lo que corresponde a la reproducción controlada, el problema inicial en cuanto a los defectos nutricionales de los reproductores durante el proceso de maduración inducida se resolvió en parte al transferir reproductores ya maduros al laboratorio. Sin embargo, debido a que esta operación solamente se puede llevar a cabo durante un espacio de tiempo corto y limitado en el año, se emprendieron estudios histoquímicos, bioquímicos y bioenergéticos detallados cuyo propósito principal era el llegar a controlar la maduración en laboratorio a través de la elaboración de dietas específicas que suministren los elementos requeridos en cada etapa gametogénica. Dichos estudios tuvieron un avance significativo en el presente proyecto, lo cual nos permite suponer que los siguientes ensayos de maduración y desove fuera de la estación reproductiva podrían ser exitosos al aplicar los conocimientos adquiridos.

Por lo que concierne a la perlicultura, las sesiones que se realizaron en el marco del presente proyecto arrojaron resultados heterogéneos pues los porcentajes de mortalidad post-cirugía y rechazo de los núcleos insertados fueron variables tanto en función de cada sesión como en las especies trabajadas. Sin embargo, se pudieron aclarar varias incógnitas importantes :

La primera de ellas fue la identificación definitiva de los tratamientos adecuados de relajación y anestesia. Este proceso, antes de que tuviéramos la posibilidad de realizar la micro-cirugía en condiciones de quirófano, tomaba efecto en la playa donde el control en las condiciones de trabajo era prácticamente nulo. Por lo mismo, fue necesario probar y adaptar el proceso de perlicultura en el laboratorio, particularmente en lo que respecta al efecto de diferentes anestésicos.

En seguida, se logró un mejor perfeccionamiento en la técnica de injerto, como lo demuestra el gradual incremento en los resultados positivos en cuanto al descenso en la mortalidad post-cirugía y el incremento en la tasa de retención de núcleos.

Del total de individuos injertados en el curso del presente proyecto, aproximadamente el 30% se encuentran actualmente en posibilidad de producir perlas ya que el núcleo está retenido. La mayor proporción de este porcentaje se ubicó en las últimas sesiones. Desgraciadamente, a pesar de los repetidos intentos que se trataron ante los responsables del Aeropuerto Internacional de La Paz, no fue posible acceder al CT Scanner con el objeto de detectar la retención y la posición de los núcleos, por lo que la estimación de la tasa de retención se resume al conteo de núcleos que se encontraron fuera de la bolsa individual donde se colocan las Ostras trabajadas. No podemos saber si existen núcleos rechazados dentro de las valvas, los cuales eventualmente podrían formar una perla Mabé.

En resumen, el paquete tecnológico de ciclo completo para la Nacaricultura y la Perlicultura presenta aun ciertas limitantes que en su mayoría dependen de tiempo de investigación y práctica tecnológica. Las líneas de investigación que seguiremos abordando nos permitirán afinar algunos aspectos que requieren mayor atención en los dos eslabones extremos de la cadena de producción, es decir, la producción de semilla en laboratorio de manera constante, repetitiva y predecible, y la obtención de perlas con un porcentaje de éxito suficientemente alto, constante y de calidad sostenida.

Plan Modelo para el Manejo Racional del Recurso Nácar

Se sometió en el Informe Final del presente proyecto un documento que contiene un modelo de desarrollo perlero regional basado en la implementación y operación de granjas perleras –Unidades de Producción—cuya gestión estaría a cargo de un Centro Regional de Operaciones. Este Plan Modelo fue ya sometido al Gobierno del Estado y se incluyó en la cartera de proyectos de inversión que promociona el Gobierno ante inversionistas privados.

Granja Perlera Demostrativa

Desde hace varios años, se han llevado a cabo acciones de promoción de un proyecto perlero productivo ante inversionistas locales, nacionales y extranjeros, así como ante las

diferentes administraciones que han pasado por el Gobierno del Estado de Baja California Sur. La forma y alcances de las diferentes propuestas han ido variando en función del perfil de quienes las recibirían y de los avances logrados en la investigación y el desarrollo de tecnología.

Prácticamente en todas las ocasiones las propuestas fueron recibidas con interés e incluso existieron iniciativas serias por parte de inversionistas. Desgraciadamente, ninguna de estas iniciativas resultó en acción concreta. El común denominador de las propuestas extranjeras era en todo momento el manejo de los bancos naturales en la producción de perlas utilizando Ostras Perleras salvajes en los injertos —que resisten mal este tipo de intervención— y poco o nulo interés en el desarrollo regional. En cuanto a los inversionistas nacionales o locales, la perlería es aun un tipo de proyecto acuacultural poco conocido que en general es considerado de manera un tanto escéptica. Por otro lado, el monto de la inversión y las características del ciclo productivo, hacen que los potenciales inversionistas sean limitados en número y restringidos en cuanto a su perfil. En cuanto a los inversionistas locales, a pesar de la importante tradición perlera de La Paz, no ha habido respuesta de su parte. Por otro lado, cualquier iniciativa se enfrenta a un complicado trámite administrativo y legal sobre aspectos de transferencia tecnológica, propiedad intelectual, impacto ambiental, concesiones de zona federal y cuerpo de agua, etc., en el cual el papel tanto del CIBNOR como de la SEMARNAP resulta más bien obstáculo que apoyo.

En un principio, en la promoción del proyecto perlero ante el sector productivo se subrayó que éste debía ser transferido y aplicado por nacionales preferentemente. Sin embargo, como se señaló en el párrafo anterior, la respuesta de este sector fue de desinterés y escepticismo. Por lo tanto, se decidió buscar alternativas en el extranjero, apuntando particularmente a los grupos de perlería internacional, aunque haciendo especial hincapié en la necesidad de abrir oportunidades para el desarrollo regional y bajo la estricta consigna de no incidir, bajo ninguna circunstancia, en los bancos naturales. La respuesta fue casi inmediata : en Julio 2000 la empresa norteamericana Island Pearls LCC, con la representación de su presidente, el Sr. Paul Cross, estableció un convenio oficial con el CIBNOR cuyo principal objetivo fue el ensayo de un nuevo tipo de núcleos para inducir la formación de perlas en las especies nativas. De hecho, las últimas sesiones de perlicultura que reportamos en el presente proyecto CONABIO se realizaron en parte en el marco de dicho convenio. El plan a mediano plazo, de obtenerse los resultados positivos que se esperan, será iniciar una experiencia comercial piloto de cultivo y producción de perlas en Bahía de La Paz en el marco de un convenio específico academia-empresa y con apoyo del actual Gobierno del Estado quien ha manifestado especial interés en dicho proyecto.

Metas Adicionales

El interés por el cultivo de Ostras Perleras y la producción de perlas ha empezado ya a difundirse en el país. Recientemente se estableció un convenio de colaboración entre el CIBNOR y la Escuela Superior de Ecología Marina (Universidad Autónoma de Guerrero) en Bahía de Acapulco con el objeto de iniciar un proyecto de investigación en el tema, con asesoría por parte del Grupo Ostras Perleras. Los resultados preliminares que el grupo de Acapulco ha obtenido son bastante positivos y prometedores en cuanto a la factibilidad de instalar granjas perleras en la región. En el marco de este convenio, se pretende incorporar a varios estudiantes de la ESEM en el Programa de Posgrado del CIBNOR. Otras comunicaciones de este tipo se han establecido con la Universidad del Mar en Puerto Angel y con un empresario privado en Huatulco.

Por otro lado, se ha establecido comunicación directa y constante con investigadores de Costa Rica, Panamá, Ecuador y Perú, donde se están iniciando experiencias sobre el cultivo de Ostras Perleras, con las mismas especies que habitan en Bahía de La Paz. Estas relaciones, además de fomentar el intercambio académico, pueden resultar muy valiosas para nosotros ya que se contaría con información sobre el comportamiento de otras poblaciones.

CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS

Los logros alcanzados en el presente proyecto pueden ser considerados satisfactorios de manera global pues la mayoría de las metas comprometidas se cumplieron. Estos resultados demuestran ampliamente la factibilidad que implica la implementación de granjas perleras productivas y sustentables en Bahía de La Paz y en otras zonas costeras tanto del Golfo de California como del Pacífico mexicano, donde el medio presenta características muy propicias para esta actividad.

A través de los estudios realizados se consiguió incrementar la solidez de la base de conocimiento sobre el manejo de las especies perleras, particularmente en lo que se refiere al tratamiento de organismos en condiciones de laboratorio para inducir la maduración y a la manipulación inherente al repoblamiento de bancos naturales a través del trasplante.

Los resultados más inmediatos del primer punto nos han proporcionado la pauta para la continuación de las investigaciones en la línea de nutrición y bioenergética principalmente. En efecto, el seguimiento de las variaciones en el perfil bioquímico de los reproductores durante el ciclo gonádico nos ha permitido identificar y cuantificar los elementos bioenergéticos que los organismos requieren en cada una de las etapas clave de dicho ciclo. Suponemos que a partir de esta información será posible diseñar las dietas adecuadas, utilizando microalgas enriquecidas y/o microencapsulados, para lograr un estado de maduración óptima que a su vez resulte en la producción de gametos más viables.

En el segundo punto, fue evidente que los métodos y técnicas que se aplicaron en el trasplante de Ostras Perleras son adecuados. La recolonización de nuevas áreas fue ampliamente exitosa con una tasa de mortalidad por debajo de los límites previamente fijados como aceptables. Por lo tanto, es posible asumir que el trasplante podría ser una buena alternativa para repoblar sitios estratégicos. Aunado las acciones anteriores al repoblamiento utilizando organismos originarios de semilla salvaje o de laboratorio, la recuperación del recurso nácar en cualquier área que se desee parece ser ampliamente factible, siempre y cuando se sigan las indicaciones adecuadas para la protección tanto de los individuos sembrados como de la estabilidad genética de las poblaciones locales. Es importante subrayar que antes de proceder a acciones que impliquen en movimiento de Ostras Perleras, sea a través del trasplante o por la introducción artificial de efectivos provenientes de otras fuentes, es necesario realizar estudios muy detallados sobre la estructura genética de las poblaciones con el objeto de delimitar geográficamente las áreas donde este tipo de intervenciones no provoquen desequilibrios potencialmente peligrosos para la población regional.

Por lo que respecta a los demás temas de investigación abordados en el presente proyecto (producción de semilla de *Pinctada mazatlanica* en laboratorio y perlicultura), es necesario hacer notar que la problemática de ciertos aspectos particulares no quedó del todo resuelta. Las generaciones de semilla que se lograron obtener en laboratorio no han respondido de la forma esperada : la mortalidad, desde los estadíos larvarios hasta los etapas tempranas de cultivo en campo ha sido demasiado elevada y la tasa de crecimiento de los juveniles se encuentra significativamente por debajo de las lecturas obtenidas con semilla salvaje. Suponemos que esto es el resultado combinado de una maduración defectuosa y de un tratamiento poco adecuado durante la etapa de cultivo larvario en laboratorio. No obstante, el panorama de variables se ha restringido, lo cual nos permite un campo de acción más preciso a seguir durante las futuras sesiones de larvicultura. Lo más importante que se pudo confirmar a partir de estos estudios fue que los métodos tradicionales que se aplican para el cultivo larvario de otras especies de moluscos bivalvos, no son los adecuados en *P. mazatlanica*.

En cuanto a la perlicultura, lo que podemos decir por el momento es que los resultados obtenidos mostraron un gradual incremento en la tasa de éxito en el sentido del número de núcleos retenidos y la mortalidad post-cirugía. Además, los muestreos preliminares que se llevaron a cabo en los primeros lotes trabajados arrojan resultados muy positivos y prometedores, aunque la proporción de perlas esperadas en función del número de Ostras Perleras operadas es aun baja. No obstante, se han logrado aclarar una serie de incógnitas significativamente importantes : en primer lugar, se identificó definitivamente EL tratamiento de relajación y anestesia pre-cirugía, y en segundo lugar, se cuenta con nuevas alternativas de injerto que nos permitirán seleccionar la o las técnicas más propicias a partir de un panorama más amplio que el que ofrece el injerto tradicional por sí solo.

Con lo anterior, se deduce que la eventual transferencia de tecnología al sector productivo ofrece aun los riesgos que conlleva la falta de los dos aspectos clave de la cadena de producción : el suministro constante y previsible de semilla viable a partir de laboratorio, y la producción de perla libre con una tasa de éxito a nivel rentable. El primer aspecto puede ser parcialmente substituido por la colecta de semilla salvaje —cosa que ya tenemos perfectamente definida—pero esto puede ser probablemente insuficiente y hasta cierto punto imprevisible si se pretende implementar una producción a gran escala ; en cuanto al segundo aspecto, es evidente que la finalidad productiva del presente proyecto —y lo que buscarían los eventuales usuarios de la tecnología—es la producción masiva de perlas. El estado en el que se encuentra la definición de dicha tecnología sugiere la necesidad de continuar realizando experimentación práctica incorporando un mayor número de personal a fin de que se cuente con posibilidades de selección. Aunque poseemos el conocimiento de la técnica de injerto en sí misma, es importante aumentar la práctica.

Finalmente, se elaboró un Plan Modelo de Manejo del recurso nácar cuya aplicación fue diseñada específicamente para Bahía de La Paz. Sin embargo, la flexibilidad de este Plan permite suponer que, con algunas adaptaciones, podría implementarse en cualquiera de las numerosas áreas propicias a la perlicultura que existen en el Pacífico mexicano. El documento requiere aun algo de afinación pues lo deseable sería incorporar los aspectos que no quedaron completos en el proyecto CONABIO, es decir, la producción de semilla en laboratorio y la perla libre. Sin embargo, las líneas principales en lo que se refiere al manejo sustentable del recurso nácar son

compatibles con cualquier tipo de aplicación directa de la tecnología. Vale la pena llamar la atención en el hecho de que en este Plan de Manejo se incluyó un análisis bioeconómico preliminar en el cual, por el momento, se tomó en cuenta únicamente la producción de perlas tipo Mabé. En un futuro cercano, será posible incorporar el proceso tecnológico completo que incluya la producción de semilla en laboratorio y la de perla libre. No obstante, pretendemos someter dicho documento tanto al actual Gobierno del Estado como a la administración entrante de la SEMARNAT con miras a buscar apoyo para la implementación de una nueva estrategia de desarrollo regional.

Suponemos que la continuación de los estudios planteados anteriormente para completar las metas anunciadas en el proyecto CONABIO, puede apoyarse de manera significativa en la destinación propuesta del presupuesto no ejercido. La selección de material y equipo fue realizada después de un cuidadoso análisis de necesidades.

BIBLIOGRAFÍA

- Alagarswami, K., S. Dharmaraj, T.S. Velayudhan, A. Chellam y A.C.C. Victor. 1983a. On controlled spawning of the Indian pearl oyster *Pinctada fucata* (Gould). En: *Proc. Symp. Coastal Aqua.* 2: 590-597.
- Alagarswami, K., S. Dharmaraj, T.S. Velayudhan, A. Chellam y A.C.C. Victor. 1983b. Embryonic and early larval development of the pearl oyster *Pinctada fucata* (Gould). En: *Proc. Symp. Coastal Aqua.* 2: 598-603.
- Alagarswami, K., S. Dharmaraj, T.S. Velayudhan, A. Chellam, A.C.C. Victor y A.D. Gandhi. 1983c. Larval rearing and production of spat of pearl oyster *Pinctada fucata* (Gould). *Aquaculture* 34 (3-4): 287-301.
- Alagarswami, K., S. Dharmaraj, A. Chellam y T.S. Velayudhan. 1987. Hatchery technology for pearl oyster production. *Bull. Cent. Mar. Fish. Res. Inst., CMFRI, Cochin, India*, 39 : 62-71.
- Alagarswami, K., S. Dharmaraj, A. Chellam y T.S. Velayudhan. 1989. Larval and juvenile rearing of black-lip pearl oyster *Pinctada margaritifera* (L.). *Aquaculture*, 76 : 43-56.
- Araya-Núñez, O., B. Ganning y F. Buckle. 1991. Gonad maturity, induction to spawning, larval breeding and growth of the american pearl oyster (*Pteria sterna*, Gould). *Calif. Fish. and Game*, 77(4) : 181-193.
- Aldana-Aranda, D. 1984. Croissance et composition chimique élémentaire des larves de *Mytilus edulis* en relation avec la nourriture fournie : algues monocellulaires et bactéries. Thèse de 3ème Cycle, Univ. Bretagne Occidentale. 205 pp.
- Arnaud, S., M. Monteforte, N. Galtier, F. Bonhome, F. Blanc. 2000. Population structure and genetic variability of pearl oyster *Pinctada mazatlanica* along Pacific coasts from México to Panama. *Conservation Genetics*, 1 : 299-307.
- Avilés-Quevedo, A. y J.M. Mazón-Suástegui. 1989. Acondicionamiento gonádico e inducción al desove de *Pteria sterna* (Gould 1851) con dietas artificiales. In : *Memorias del VII Simposio Internacional de Biología Marina*, 1-5 Junio 1989. La Paz BCS, México : 71-77.
- Bayne, B.L., R.J. Thompson y J. Widdows. 1973. Some effects of temperature and food on the rate of oxygen consumption by *Mytilus edulis* (L.). En: W. Wieser (Ed.). *Effects of temperature on ectothermic organisms*. Springer-Verlag, Berlin, pp. 181-193.
- Behzadi, S., B., K. Parivar y P. Roustaian. 1997. Gonadal cycle of pearl oyster, *Pinctada fucata* (Gould) in Northeast Persian Gulf, Iran. *J. Shellfish Res.* 16(1): 129-135.

Bervera-León, H. 1994.

Bervera-León, H., J.J. Ramírez-Rosas y M. Monteforte. 2000. Evaluación de sustratos artificiales e influencia del color de los materiales en la fijación de semilla de Madreperla de Calafia, *Pinctada mazatlanica* (Hanley 1856), producida en laboratorio. Resúmenes del XII Congreso Nacional de Oceanografía. 22-26 Mayo, 2000. Huatulco, Oax., p190.

Brown, M.R., S.W. Jeffrey y C.D. Garland. 1989. *Nutritional aspects of microalgae used in mariculture; a literature review*. CSIRO Division of Fisheries Marine Laboratories, Hobart, Australia. Department of Agricultural Science, University of Tasmania, Australia.

Cary, S.C., D.L. Leighton y C.F. Phleger. 1981. Food and feeding strategies in culture of larval and juvenile purple-hinge rock scallops, *Hinnites multirugosus* (Gale). J. World Maricult. Soc., 12(1) : 156-169.

Coutteau, P. y P. Sorgeloos. 1992. The use of algal substitutes and the requirement for live algae in the hatchery and nursery rearing of bivalve molluscs: an international survey. J. Shellfish Res. 11(2): 467-476.

Chang, M., Hong, J. y H.T. Huh. 1988. Environmental conditions in the pearl oyster culture grounds and food organisms of *Pinctada fucata martensii* (Dunker) (Bivalvia : Pteriidae). Ocean Research, 10(1) : 67-77.

Chellam, A. 1987. Biology of pearl oyster. Central Marine Fisheries Research Institute (CMFRI). Bulletin 39: *Pearl Culture*, pp. 13-21. Indian Council of Agricultural Research, Cochin, India.

Del Río-Portilla, M.A., D. Re-Araujo y D. Voltolina. 1992. Growth of the pearl oyster *Pteria sterna* under different thermic and feeding conditions. Mar. Ecol. Progr. Ser., 89 : 221-227.

Dharmaraj, S., D. Kandasami y K. Alagaraswami. 1987. Some aspects of physiology of Indian pearl oyster. Central Marine Fisheries Research Institute (CMFRI). Bulletin 39: *Pearl Culture*, pp. 21-29. Indian Council of Agricultural Research, Cochin, India.

Dharmaraj, S., T.S. Vellayudhan, A. Chellam, A.C.C. Victor and C.P. Gopinathan. 1991. *Hatchery production of pearl oyster spat Pinctada fucata*. Central Marine Fisheries Research Institute (CMFRI), Cochin, India. Special Publication 49, 36 pp.

Doroudi, M.S., P. Southgate y R.J. Mayer. 1999. The combined effects of temperature and salinity on embryos and larvae of the blacklip pearl oyster, *Pinctada margaritifera* (Linnaeus). Aquaculture Research, 30 : 271-277.

Enright, C.T., G.F. Newirk, S. Craigie y D. Castell. 1986. Evaluation of phytoplankton as diets for juvenile *Ostrea edulis* L. Jour. Exp. Mar. Biol. Ecol., 96(1) : 1-14.

Fassler, R. 1995. New developments in pearl farming. World Aquaculture, 26(3) : 4-10.

García-Domínguez, F., B.P. Ceballos y A. Tripp. 1996. Spawning cycle of pearl oyster, *Pinctada mazatlanica* (Hanley, 1856), (Pteriidae) at Isla Espíritu Santo, B.C.S., México. J. Shellfish Res. 15(2): 297-303.

Gruffydd, L.D. y A.R. Beaumont. 1972. A method for rearing *Pecten maximus* larvae in the laboratory. Mar. Biol., 15 : 350-355.

Hernández-Llamas, A. 2001.

Hummel, H. 1985. Food intake and growth in *Macoma baltica* (Mollusca) in the laboratory. Neth. J. Sea Res., 19(1) : 77-83.

King, C.A., C.J. Langdon y C.L. Counts. 1986. Spawning and early development of *Corbicula fluminea* (Bivalvia, Corbiculacea) in laboratory culture. Amer. Malacol. Bull., 4(1) : 81-88.

- Knauer, J. y P. Southgate. 1997a. Evaluation of microencapsulated squid oil as a substitute for live microalgae fed to Pacific oyster (*Crassostrea gigas*) spat. *J. Shellfish Res.* 16(1): 137-141.
- Knauer, J. y P. Southgate. 1997b. Assimilation of gelatin-acacia microencapsulated lipid by Pacific oyster (*Crassostrea gigas*) spat. *Aquaculture* 153: 291-300.
- Knauer, J. y P. Southgate. 1999. A review of the nutritional requirements of bivalves and the development of alternative and artificial diets for bivalve aquaculture. *Rev. Fish. Sc.* 7(3-4): 241-280.
- Kraeuter, J.N, M. Castagna y R.V. Dessel. 1982. Egg size and larval survival of *Mercenaria mercenaria* (L.) and *Argopecten irradians* (Lamarck). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 56 : 3-8.
- Loosanoff, V.L. y H.C. Davis. 1963. Rearing of bivalve mollusks. En: F.S. Russell (ed.). *Advances in Marine Biology* 1: 1-136.
- Loret, P., A. Pastoureaud, C. Bacher y B. Delesalle. 2000. Phytoplankton composition and selective feeding of the pearl oyster *Pinctada margaritifera* in the Takapoto lagoon (Tuamotu Archipelago, French Polynesia): In situ study using optical microscopy and HPLC pigment analysis. *Mar. Eco. Pro. Ser.* 199: 55-67.
- Lucas, A. 1984. Développement contrôlé des Bivalves marins. *Haliotis*, 14 : 143-158.
- Lucas, A. 1993. *Bioenergetique des animaux aquatiques*. Masson Ed., Paris, Fr. 180 pp.
- Lucas, A. y P.G. Beninger. 1985. The use of physiological condition indices in marine Bivalve aquaculture. *Aquaculture*, 44(3) : 187-200.
- Lucas, J.S. 1994. Pearl oyster culture research at James Cook University, in , S. Golden, C. Turnbull and R. Coles (eds.), *Developing the Torres Strait and Queensland East Coast Pearl Industry, 1994 Industry Workshop, 22-23 June, Torres Strait*. Department of Primary Industries Queensland.
- Manzi, J.J., N.H. Hadley, C. Battey, R. Hagerty y R. Hamilton. 1984. Culture of the northern hard clam *Mercenaria mercenaria* (Linné) in a commercial scale, upflow, nursery system. *J. Shellfish Res.*, 4(2) : 119-124.
- Mazón-Suástegui, J.M. 1987. Evaluación de cinco dietas microalgales en el crecimiento larval de *Modiolus capax* (Conrad 1837) y *Pinctada mazatlanica* (Hanley 1845) (Mollusca, Bivalvia). *Tesis de Maestría*, CICMAR-IPN, La Paz, México. 158 pp.
- Mazón-Suástegui, M. 1988. Acondicionamiento y desove de cuatro especies de moluscos bivalvos, alimentados con dietas artificiales. *Rev. Latin. Acuic.* 38: 4-12.
- McAnnaly, L. y E. Valenzuela. 1990. Crecimiento y supervivencia de las larvas de la ostra concha nácar, *Pteria sterna*, en condiciones de laboratorio. *Ciencias Marinas* (Ensenada, México), 16(4) : 29-41.
- Minaur, J. 1969. Experiments on the artificial rearing of the larvae of *Pinctada maxima* (Jameson) (Lamellibranchia). *Aust. J. Mar. Freshwater Res.*, 20 : 175-187.
- Monteforte, M. 1996. Cultivo de Ostras Perleras y Perlicultura. In : Casas-Valdéz, M. y G. Ponce-Díaz (Eds.). "Estudio del Potencial Pesquero y Acuícola de Baja California Sur". SEMARNAP/Gob. Del Estado de BCS/FAO/UABCS, CICMAR/CIBNOR/CETMAR, Vol. 2, La Paz BCS 1996, pp 571-613.
- Narasinham, K.A. 1996. Recent developments in pearl oyster research in India. In : World Aquaculture Society 1996 Annual Meeting, Jan. 29-Feb. 2. Bangkok, Thailand. Book of abstracts.
- Numaguchi, K. 1994. Growth and physiological condition of the Japanese pearl oyster, *Pinctada fucata martensii* (Dunker, 1850) in Ohmura Bay, Japan. *J. Shellfish Res.* 13(1): 93-99.
- Numaguchi, K. 1999. Effective feeding concentration of the microalga *Pavlova lutheri* for growth of early spat of the pearl oyster *Pinctada fucata martensii*. *J. World Aqua. Soc.* 30(2): 290-292.

- Numaguchi, K. 2000. Evaluation of five microalgal species for the growth of early spat of the Japanese pearl oyster *Pinctada fucata martensii*. *J. Shellfish Res.* 19(1): 153-157.
- Ocampo, L. 1998. Efecto del oxígeno disuelto y de la temperatura en el crecimiento, metabolismo respiratorio y energética de juveniles de camarón café *Penaeus californiensis*. Tesis doctoral CIBNOR (SEP-CONACYT), La Paz, B.C.S.
- Parker, R.S. y D.P. Selivonchick. 1986. Uptake and metabolism of lipid vesicles from seawater by juvenile Pacific oysters, *Crassostrea gigas*. *Aquaculture*, 53(3-4) : 215-228.
- Pekkarinen, M. 1986. Notes on the spawning, egg cleavage and early larval development of Bivalve *Macoma balthica*. *Ann. Zool. Fenn.*, 23(1) : 77-85.
- Pit, J.H. y P. Southgate. 2000. When should pearl oyster, *Pinctada margaritifera* (L.) spat be transferred from hatchery to the ocean ? *Aquaculture Research*, 31 : 773-778.
- Pouvreau, S. 1999. Etude et modelisation des mecanismes impliquees dans la croissance de l'huitre perliere *Pinctada margaritifera*, au sein de l'ecosysteme conchylicole du lagon de l'atoll de Takapoto (Polynesie Francaise). Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie , Rennes (France), pp. 267.
- Pouvreau, S., G. Jonquieres y D. Buestel. 1999. Filtration by the pearl oyster, *Pinctada margaritifera*, under conditions of low seston load and small particle size in a tropical lagoon habitat. *Aquaculture* 176(3-4): 295-314.
- Pouvreau, S.; C. Bacher y M. Heral. 2000a. Ecophysiological model of growth and reproduction of the black pearl oyster, *Pinctada margaritifera*: potential applications for pearl farming in French Polynesia. *Life Sciences* 413 186(1-2): 117-144.
- Pouvreau, S., A. Bodoy y D. Buestel. 2000b. In situ suspension feeding behavior of the pearl oyster, *Pinctada margaritifera*: combined effects of body size and weather-related seston composition. *Life Sciences* 413 181(1-2): 91-113.
- Racotta, I.S., J.L. Ramírez, S. Avila y A.M. Ibarra. 1998. Biochemical composition of gonad and muscle in the catarina scallop, *Argopecten ventricosus*, after reproductive conditioning under two feeding systems. *Aquaculture* 163: 111-122.
- Robles-Mungaray, M., T. Reynoso-Granados, P. Monsalvo-Spencer y M. Monteforte. 2000. Desarrollo larvario de la Madreperla de Calafia, *Pinctada mazatlanica* (Bivalvia : Pteriidae) en condiciones controladas. Resúmenes del XII Congreso Nacional de Oceanografía. 22-26 Mayo, 2000. Huatulco, Oax. P. 58.
- Rose, A.R y S.B. Baker. 1994. Larval and spat culture of the Western Australian silver- or goldlip pearl oyster, *Pinctada maxima* Jameson (Mollusca : Pteriidae). *Aquaculture*, 126 : 35-50.
- Rose, R.A. y T.G. Dix. 1984. Larval and juvenile development of the dougbay scallop *Chlamys asperrimus* (Mollusca, Pectinidae). *Aust. J. Mar. Freshwat. Res.*, 35(3) : 315-323.
- Rose, R.A., R. Dybdahl y S. Harders. 1991. Reproductive cycle of the Western Australian silver-lip pearl oyster, *Pinctada maxima* (Jameson) (Mollusca: Pteriidae). *J. Shellfish Res.* 9(2): 261-272.
- Saucedo, P. y M. Monteforte. 1997. Breeding cycle of pearl oysters *Pinctada mazatlanica* and *Pteria sterna* artificially introduced in repopulation cells, at Bahía de La Paz, South Baja California, México. *Jour. Shellfish Res.*, 16(1) : 103-110.
- Saucedo, P., C. Rodríguez, C. Aldana, P. Monsalvo, T. Reynoso, H. Villarreal y M. Monteforte. 2001a. Gonadic conditioning of the Calafia mother-of-pearl oyster *Pinctada mazatlanica* (Hanley, 1856) under two temperature treatments. *Aquaculture* (en revisión).

- Saucedo, P., I. Racotta, H. Bervera, H. Villarreal y M. Monteforte. 2001b. Differential gonadal development of grafted and ungrafted specimens of the Calafia mother-of-pearl oyster, *Pinctada mazatlanica* (Bivalvia: Pteriidae). *Inv. Rep. Dev.* (en revisión).
- Saucedo, P., H. Villarreal y M. Monteforte. 2001c. Seasonal changes in the histological and biochemical profile of the gonad, digestive gland, and muscle of the Calafia mother-of-pearl oyster, *Pinctada mazatlanica* (Hanley, 1856), associated with gametogenesis. *J. Exp. Mar. Biol. Eco.* (en revision).
- Seaman, T. y P. Cabral. 1996. On-land maturation of the pearl oyster *Pinctada margaritifera*. In : World Aquaculture Society 1996 Annual Meeting, Jan. 29-Feb. 2. Bangkok, Thailand. Book of abstracts.
- Serrano. 1993. Cultivo de larvas y producción de semilla de *Pteria sterna* (Mollusca, Bivalvia) en un criadero comercial. Reporte. Instituto de Acuicultura del Estado de Sonora, Centro Ostrícola. 46 pp.
- Sevilla, M.L. 1969. Contribución al conocimiento de la madreperla *Pinctada mazatlanica* (Hanley, 1845). *Rev. Soc. Mex.. His. Nat.* 30, 223-262.
- Shin-ichi, T., A. Kanazawa y R. Shimamoto. 1987. Effects of algal diets on the sterol and fatty acid compositions of the pearl oyster *Pinctada fucata*. *Nippon Suisan Gakkaishi* 53(9): 1663-1667.
- Shumay, S.E., T.L. Cucci, R. Newell y C. Yentsh. 1985. Particle selection, ingestion and absorption in filter-feeding bivalves. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 91(2) : 77-87.
- Sicard-González, M.T. 1999. Temperatura letal superior y temperatura óptima en una población de almeja catarina (*Argopecten ventricosus* Sowerby II, 1842). Tesis de Maestría, CICIMAR-IPN, La Paz, México, 94 pp.
- Sokal, R.R. y F.J. Rohlf. 1981. *Biometry*. 2nd edition. W.H. Freeman and Company, San Francisco, 859 pp.
- Southgate, P. 1996. Fatty acid enrichment using "homemade" microcapsules. *Austasia Aquaculture* 10(1): 52-53.
- Southgate, P. y A. Beer. 1996. Hatchery production of the blacklip pearl oyster. *Austasia Aquaculture*, 10(4) : 58-60
- Southgate, P. y A. Beer. 1997. Hatchery and early nursery culture of the blacklip pearl oyster, *Pinctada margaritifera* (L.). *J. Shellfish Res.*, 16(2) : 561-567.
- Southgate, P. y D.C. Lou. 1995. Improving the n-3 HUFA composition of *Artemia* using microcapsules containing marine oils. *Aquaculture* 134: 91-99.
- Southgate, P., A.C. Beer, P.F. Duncan y R. Tamburri. 1998. Assessment of the nutritional value of three species of tropical microalgae, dried *Tetraselmis* and a yeast-based diet for larvae of the blacklip pearl oyster, *Pinctada margaritifera* (L.). *Aquaculture* 162: 247-257.
- Sukenick, A. y P. Wahnon. 1991. Biochemical quality of marine unicellular algae with emphasis on lipid composition. 1: *Isochrysi* *sgalbana*. *Aquaculture* 97: 61-72.
- Tanaka, Y. 1984. Morphological and physiological characteristics of the post-larval stage in *Corbicula japonica* Prime, reared in the laboratory. *Bull. Nat. Res. Inst. Aquacult., Japan*, 6 : 23-27.
- Tanaka, Y. 1986. Thermal tolerance and requirements for settlement of pediveliger larvae of the hard clam, *Meretrix lusoria*. *Bull. Nat. Res. Inst. Aquacult., Japan*, 9 : 45-49.
- Tanaka, Y. y M. Kumeta. 1981. Successful artificial breeding of silver-lip pearl oyster, *Pinctada maxima* (Jameson). *Bull. Nat. Res. Inst. Aquacult. Japan*, 2 : 21-28.
- Tanaka, Y. y M. Murakoshi. 1985. Spawning induction of the hermaphrodite scallop *Pecten albicans* by injection of serotonin. *Bull. Nat. Res. Inst. Aquacult. Japan*, 7 : 9-12.

- Taylor, J.J. 1999. Juvenile production and culture of the silver-lip pearl oyster *Pinctada maxima* (Jameson). Tesis de Doctorado. James Cook University, Australia. 222 pp.
- Taylor, J.J., P. Southgate, M.S. Wing y R. Rose. 1997. The nutritional value of five species of microalgae for spat of the silver-lip pearl oyster, *Pinctada maxima* (Jameson). *Asian Fish. Sc.* 10(1): 1-8.
- Tranter, D.J. 1958a. Reproduction in Australian pearl oysters (Lamellibranchia). I. *Pinctada albina* (Lamarck): Primary gonad development. *Austr. J. Mar. Freshwater Res.* 9(1): 135-143.
- Tranter, D.J. 1958b. Reproduction in Australian pearl oysters (Lamellibranchia). II. *Pinctada albina* (Lamarck): Gametogenesis. *Austr. J. Mar. Freshwater Res.* 9(1): 144-158.
- Urban, E.R. y C.J. Langdon. 1984. Reduction in costs of diets for the american oyster *Crassostrea virginica* (Gmelin), by the use of non-algal supplements. *Aquaculture*, 38 : 277-291.
- Urban, E.R., G.D. Pruder y C.J. Langdon. 1983. Effect of ration on growth and growth efficiency of juvenile of *Crassostrea virginica* (Gmelin). *J. Shellfish Res.*, 3(1) : 51-57.
- Valdéz-Ramírez, M.E. 1999. Estimation de la qualité des gamètes femelles et des embryons de l'huître creuse *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1773). Thèse de doctorat, Université de Bretagne Occidentale, France.
- Victor, A.C.C., A. Chellam, S. Dharmaraj y T.S. Velayudhan. 1995. *Manual on Pearl Oyster Seed Production, Farming and Pearl culture*. Central Marine Fisheries Research Institute (CMFRI), Cochin, India. Special Publication 63, 53 pp.
- Wada, S. 1953. Biology of the silver-lip pearl oyster *Pinctada maxima* (Jameson). Breeding season. *Margarita* 1: 15-28.
- Winter, J.E. 1973. The filtration rate of *Mytilus edulis* and its dependence on algal concentration, measured by a continuous automatic apparatus. *Mar. Biol.* 22: 317: 328.
- Wu, H. y K. Wang 1996. Laboratory culture of pearl oyster, *Pinctada margaritifera*, and its commercial land-based production potential in the United States. In : World Aquaculture Society 1996 Annual Meeting, Jan. 29-Feb. 2. Bangkok, Thailand. Book of abstracts.
- Yukihira, H. D.W. Klumpp y J.S. Lucas. 1999. Feeding adaptations of the pearl oysters *Pinctada margaritifera* and *P. maxima* to variations in natural particulates. *Mar. Eco. Pro. Ser.* 182: 161-173.
- Yukihira, H. J.S. Lucas y D.W. Klumpp. 2000. Comparative effects of temperature on suspension feeding and energy budgets of the pearl oysters *Pinctada margaritifera* and *P. maxima*. *Mar. Eco. Pro. Ser.* 195: 179-188.
- Yukihira, H., D.W. Klumpp y J.S. Lucas. 1998a. Effects of body size on suspension feeding and energy budgets of the pearl oysters *Pinctada margaritifera* and *P. maxima*. *Mar. Eco. Pro. Ser.* 170: 119-130.

LISTA DE PUBLICACIONES DE MARIO MONTEFORTE SOBRE OSTRAS PERLERAS UTILIZADA COMO REFERENCIA COMPARATIVA EN LOS RESULTADOS DEL PROYECTO.

- Monteforte, M. 1990. Cultivo de Ostras Perleras y Perlicultura : situación actual en los principales países productores y perspectivas para México. Serie Científica UABCS, Vol. 1 (No. Esp. AMAC 1) : 13-18.
- Monteforte, M. y M. Cariño. 1992. Exploration and evaluation of natural stocks of pearl oysters *Pinctada mazatlanica* and *Pteria sterna* (Bivalvia, Pteriidae) : La Paz Bay, South Baja California, México. AMBIO, Jour. Human Env., 21(4) : 314-320.
- Monteforte, M. y H. Wright. 1994 Ecology of pearl oyster spat collection in Bahía de La Paz, South Baja California, México : temporal and vertical distribution, substrate selection, associated species. J. Shellfish Res. 13(1) : 342-343.
- Monteforte, M. y H. Bervera. 1994. Spat collection trials for pearl oysters *Pinctada mazatlanica* and *Pteria sterna* at Bahía de La Paz, South Baja California, México. J. Shellfish Res. 13(1) : 341-342.
- Monteforte, M., H. Bervera y S. Morales. 1994. Growth and survival of pearl oysters *Pinctada mazatlanica* and *Pteria sterna* in extensive conditions at Bahía de La Paz, South Baja California, México. J. Shellfish Res. 13(1) : 343-344.
- Saucedo, P., M. Monteforte, H. Bervera, V. Pérez y H. Wright. 1994. Repopulation of natural beds of pearl oysters *Pinctada mazatlanica* and *Pteria sterna* at Bahía de La Paz, South Baja California, México. J. Shellfish Res. 13(1) : 349-350.
- Monteforte, M., H. Bervera, S. Morales, V. Pérez, Saucedo, P. y H. Wright. 1994. Results on the production of cultured pearls in *Pinctada mazatlanica* and *Pteria sterna* from Bahía de La Paz, South Baja California, México. J. Shellfish Res. 13(1) : 344-345.
- Saucedo, P. y M. Monteforte. 1994. Breeding cycle of pearl oysters *Pinctada mazatlanica* and *Pteria sterna* in Bahía de La Paz, South Baja California, México. J. Shellfish Res. 13(1) : 348-349.
- Monteforte, M. 1994. Perspectives for the installation of a pearl culture enterprise in Bahía de La Paz, South Baja California, México. J. Shellfish Res. 13(1) : 339-340.
- Monteforte, M. y C. Aldana. 1994. Spat collection, growth and survival of pearl oyster *Pteria sterna* under extensive culture conditions in Bahía de La Paz, South Baja California, México. J. Shellfish Res. 13(1) : 340-341.
- Monteforte, M. y A. García-Gasca. 1994. Spat collection studies of pearl oysters *Pinctada mazatlanica* and *Pteria sterna* (Bivalvia, Pteriidae) in Bay of La Paz, South Baja California, México. Hydrobiologia, 291 : 21-34.
- Monteforte, M., E. Kappelman-Piña and B.E. López-Espinosa. 1995. Spatfall annual survey of pearl oyster *Pteria sterna* (Gould) on experimental collectors at Bahía de La Paz, South Baja California, México. Aquaculture Research, 26, 497-511.
- Cariño, M y M. Monteforte. 1995. History of Pearling in the Bay of La Paz, South Baja California, México (1533-1914). Gems & Gemmology. 31(2) : 108-126.
- Monteforte, M. 1996. Cultivo de Ostras Perleras y Perlicultura. **In** : Ponce, G. y M. Casas (Eds.). "Diagnóstico Pesquero y Acuícola del Estado de Baja California Sur". Convenio interinstitucional CIBNOR/CICIMAR/UABCS/CET-MAR/SEMARNAP/FAO. Vol II, 571-613.

- Saucedo, P. y M. Monteforte. 1997. Breeding cycle of pearl oysters *Pinctada mazatlanica* and *Pteria sterna* artificially introduced in repopulation cells, at Bahía de La Paz, South Baja California, México. Jour. Shellfish Res., 16(1) : 103-110.
- Saucedo, P. y M. Monteforte. 1997. *In situ* growth of pearl oysters *Pinctada mazatlanica* (Hanley 1856) and *Pteria sterna* (Gould 1851) under repopulation conditions at Bahía de La Paz, Baja California Sur, México. Aquaculture Research, 28 : 367-378.
- Saucedo, P. y M. Monteforte. 1997. Repopulation experiments of pearl oyster *Pteria sterna* (Gould 1851) at Bahía de La Paz, Baja California Sur, México. AMBIO, Jour. Hum Env. 26 (8) : 522-528.
- Saucedo, P., M. Monteforte y F. Blanc. 1998. Changes in shell dimensions of pearl oysters *Pinctada mazatlanica* (Hanley 1856) and *Pteria sterna* (Gould 1852), during growth as criteria for Mabé pearl implants. Aquaculture Research, 29 : 801-814.
- Cariño, O.M. y M. Monteforte. 1999. El Primer Emporio Perlero del Mundo : Historia de La *Compañía Criadora de Concha y Perla de Baja California, S.A.*, y Perspectivas para México. Edición CONACULTA-SEP-UABCS. 195 pp.
- Monteforte, M. y S. Morales. 2000. Growth and survival of the Calafia mother-of-pearl oyster *Pinctada mazatlanica* (Hanley 1856) under different sequences of nursery culture-late culture at Bahía de La Paz, Baja California Sur, México. Aquaculture Research, 31 : 901-915,
- Arnaud, S., M. Monteforte, N. Galtier, F. Bonhomme, F. Blanc. 2000. Population structure and genetic variability of pearl oyster *Pinctada mazatlanica* along the Pacific coasts of México and Panamá. Conservation Genetics, 2000 (1) : 299-307.
- Saucedo, P., C. Rodríguez, C. Aldana, P. Monsalvo, T. Reynoso, H. Villarreal y M. Monteforte. 2001a. Gonadic conditioning of the Calafia mother-of-pearl oyster *Pinctada mazatlanica* (Hanley, 1856) under two temperature treatments. *Aquaculture*.
- Saucedo, P., I. Racotta, H. Bervera, H. Villarreal y M. Monteforte. 2001b. Differential gonadal development of grafted and ungrafted specimens of the Calafia mother-of-pearl oyster, *Pinctada mazatlanica* (Bivalvia: Pteriidae). *Inv. Rep. Dev.* (en revisión).
- Saucedo, P., H. Villarreal y M. Monteforte. 2001c. Seasonal changes in the histological and biochemical profile of the gonad, digestive gland, and muscle of the Calafia mother-of-pearl oyster, *Pinctada mazatlanica* (Hanley, 1856), associated with gametogenesis. *J. Exp. Mar. Biol. Eco.* (en revision).

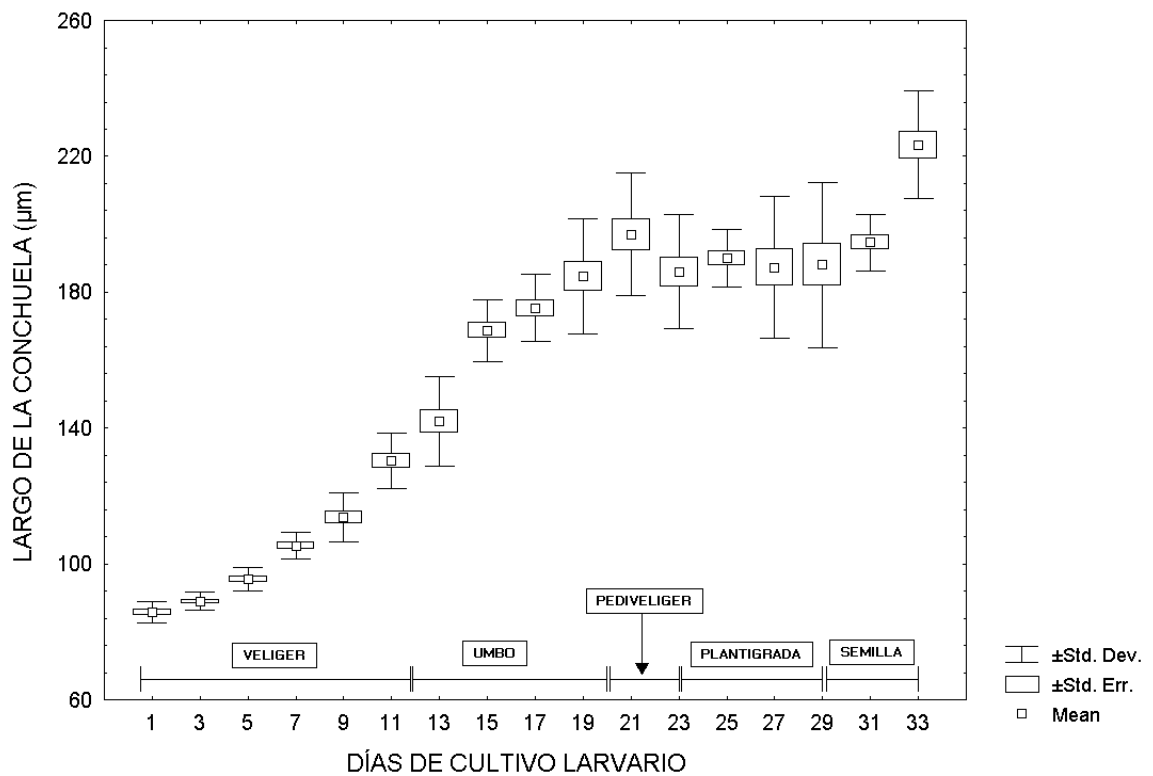
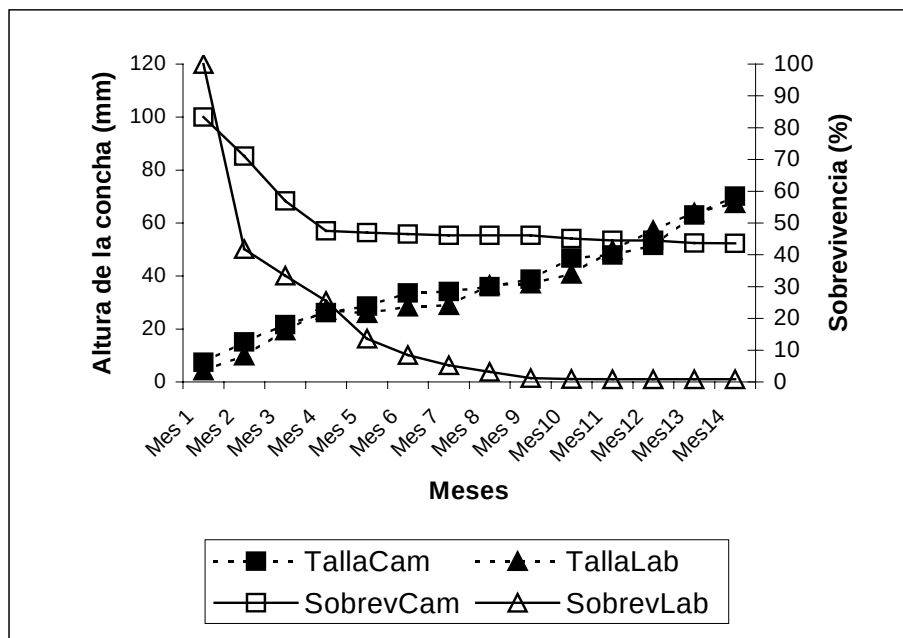


FIGURA 1A. Evolución del crecimiento larvario (largo de la conchuela en µm) en la generación PM-L/99-2 de *Pinctada mazatlanica* durante el proceso de larvicultura desde la aparición de la forma Veliger (larva D) a 22 hrs. después de la



fertilización, hasta que se inició la fijación en el día 33.

FIGURA 1B. Crecimiento y supervivencia en campo de la semilla originaria de laboratorio comparado con el control de semilla salvaje contemporánea (LAB : semilla de laboratorio ; CAM : semilla salvaje).

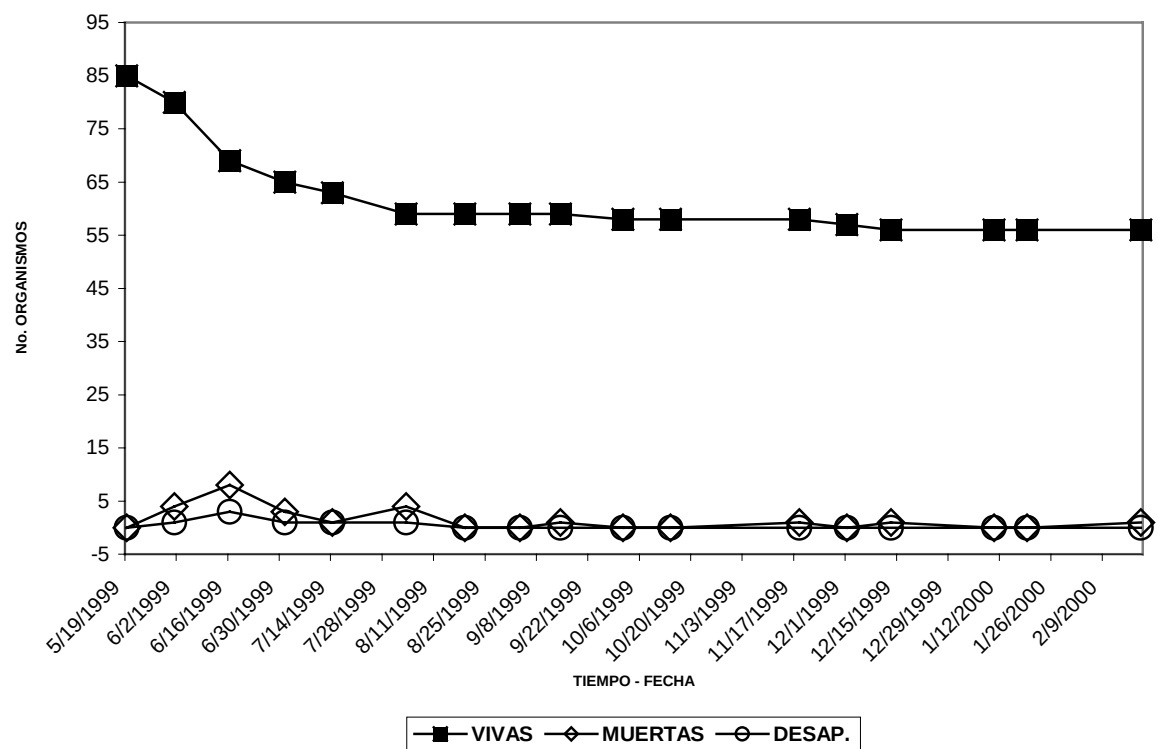


FIGURA 2. Seguimiento de organismos de *Pinctada mazatlanica* trasplantados desde Bahía Loreto a la estación El Merito en Bahía de La Paz.



FOTO 1. Módulo para la prengorda de semilla de Moluscos Bivalvos que se encuentra en construcción en el borde de la estanquería entremareas del CIBNOR.

CONABIO

**COMISIÓN NACIONAL PARA EL CONOCIMIENTO Y USO DE LA
BIODIVERSIDAD**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN APLICADA, DESARROLLO TECNOLÓGICO Y
CONSERVACIÓN DE LOS RECURSOS MARINOS EN ÁREAS PROTEGIDAS**

ÁREA :

ECOLOGÍA Y GENÉTICA DE LA CONSERVACIÓN

CLAVE : Q008

**Aprovechamiento racional de las Ostras Perleras,
Pinctada mazatlanica y *Pteria sterna* (Bivalvia : Pteriidae) en
Bahía de La Paz, Baja California Sur, México :
Cultivo, repoblamiento de bancos naturales y perlicultura.**

INFORME FINAL

Responsable :

Dr. Mario Monteforte

**Jefe del Grupo Ostras
Perleras.
CIBNOR, S.C.**

Datos Generales

Título del Proyecto :

Aprovechamiento racional de las Ostras Perleras, *Pinctada mazatlanica* y *Pteria sterna* (Bivalvia : Pteriidae) en Bahía de La Paz, Baja California Sur, México : cultivo, repoblamiento de bancos naturales y perlicultura.

Número de Convenio CONABIO :

FB575/Q008/98

Institución ejecutora :

Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C.
División de Biología Marina, Grupo Ostras Perleras
Mar Bermejo 195, Col. Playa Palo de Santa Rita
La Paz, B.C.S., 23080
Tel. (112) 5.36.33
Fax (112) 5.47.15

Responsable del proyecto :

Dr. Mario Monteforte.
Inv. Titular B, Jefe del Grupo Ostras Perleras.
Tel (112) 5.36.33, Ext 3307
FAX (112) 5.47.15
E-mail : montefor@cibnor.mx
Domicilio particular:
Calle Langosta # 108
Fraccionamiento Fidepaz
La Paz, B.C.S. 23080
Tel/Fax (112). 4.00.10

Fechas del período que se reporta :

Informe Final.

Objetivos y metas comprometidos

El **Objetivo General** del presente proyecto radica en definir un paquete tecnológico de ciclo completo para el cultivo integral de Ostras Perleras *Pinctada mazatlanica* y *Pteria sterna*, el repoblamiento artificial de bancos naturales, y la producción de perlas, con miras a su escalamiento comercial y vinculación con el sector productivo en un marco conservacionista y de gestión planificada del recurso nácar. Se abordaron los siguientes **Objetivos Particulares** :

5. Realizar estudios en laboratorio orientados a la producción de semilla de *Pinctada mazatlanica* y *Pteria sterna*, y su seguimiento -comparado con la semilla silvestre- en las etapas subsiguientes de cultivo en campo (prengorda, cultivo tardío, repoblamiento e

inducción a la formación de perlas). Este objetivo está condicionado a la disponibilidad de individuos producidos en el laboratorio.

6. Definir las estrategias más adecuadas para la siembra y repoblamiento de ostras perleras originarias de semilla producida en laboratorio, en sitios estratégicos definidos por su ubicación geográfica, así como el trasplante de adultos silvestres. Este objetivo está parcialmente condicionado a la disponibilidad de individuos producidos en el laboratorio.
7. Realizar estudios orientados a la producción de Keshi (perla barroca sin núcleo) y perla libre nucleada en condiciones controladas de quirófano, comparando los resultados obtenidos entre la semilla silvestre y la producida en laboratorio. Este objetivo está parcialmente condicionado a la disponibilidad de individuos producidos en laboratorio.
8. Elaborar un Plan Modelo de Manejo Racional y Conservacionista del Recurso Nácar en la Costa Sudoriental de Baja California Sur, que incluya: 1) estrategias de planeación y ordenamiento de granjas perleras regionales, basadas en el conocimiento del ambiente y de la estructura genética de las poblaciones en las áreas de influencia, 2) paquete tecnológico integral de cultivo, repoblamiento y perlicultura, 3) propuesta a la SEMARNAP para la declaración de Zonas de Reserva, y 4) plan de negocios para la construcción y operación de granjas perleras.

En el marco de los Objetivos comprometidos, se realizó investigación aplicada en los temas siguientes :

1. Maduración gonadal inducida y producción de semilla de *Pinctada mazatlanica* en laboratorio
2. Perlicultura en *Pinctada mazatlanica* y *Pteria sterna*
3. Repoblamiento de bancos naturales por trasplante y siembra de organismos salvajes de *Pinctada mazatlanica* y *Pteria sterna* dentro de áreas delimitadas geográficamente en función de la estructura genética de las poblaciones.

En los términos anteriores, se comprometieron las metas siguientes :

1. Definición de un Paquete Tecnológico sobre Nacaricultura y Perlicultura:
2. Plan de Manejo Racional del Recurso Nácar en la costa Sudoriental de Baja California Sur:
3. Granja Perlera demostrativa en Bahía de La Paz que genere productos comercializables a mediano plazo

Síntesis de Resultados

TEMA 1 :

Maduración gonadal inducida y producción de semilla de *Pinctada mazatlanica* en laboratorio

Estudios sobre la maduración de *Pinctada mazatlanica* en condiciones controladas.

Los experimentos de monitoreo, la conformación de la base de datos, así como el análisis de la misma, se finalizaron recientemente. Parte de esta información se sometió para publicación en las revistas *Aquaculture* y *Aquaculture Research*, señalando claramente los créditos correspondientes a CONABIO. Ambos manuscritos fueron aceptados y se espera su publicación próximamente.

La mayor parte de los estudios sobre el tema se centraron en los aspectos histoquímicos, bioquímicos y bioenergéticos relacionados con el proceso de gametogénesis. En efecto, la maduración controlada es uno de los principales factores que determinan el dominio de la producción de semilla en cualquier época del año. Debido a que los primeros experimentos de inducción a la maduración no resultaron tan satisfactorios como se esperaba, optamos por orientar los esfuerzos hacia la determinación de las condiciones necesarias para lograr obtener gametos y larvas viables. El principal interés de dichos estudios reside en conocer las variaciones en la incorporación y utilización de elementos energéticos por parte de *P. mazatlanica* durante el proceso de maduración.

En este tema, las líneas de investigación que planteamos continuar con base en estos resultados tratarán sobre dos aspectos : 1) la nutrición de reproductores, introduciendo el enriquecimiento nutricional de microalgas y/o la utilización de microencapsulados especialmente preparados con el objeto de lograr el suministro de los energéticos específicos en las etapas gametogénicas particulares, y 2) la evaluación de gametos, larvas y juveniles obtenidos a partir de lotes de reproductores alimentados con dichas dietas específicas.

Producción de semilla de *Pinctada mazatlanica* y seguimiento de los organismos en campo

Se obtuvieron tres generaciones de semilla en el curso del presente proyecto. El monitoreo en campo de la primera generación (PM-L/99-1), se inició en Mayo 1999 con 323 juveniles ; en la segunda (PM-L/99-2) se obtuvieron aproximadamente 75,000 juveniles en Septiembre 1999. La tercera generación (PM-L/00-1) contiene actualmente alrededor de 2 millones de larvas, una buena proporción de éstas ya presenta mancha ocular ; aun se encuentran en laboratorio y próximas a la etapa de fijación.

Dos publicaciones sobre el tema se encuentran en elaboración : la primera trata del desarrollo larvario ; la segunda se refiere a los experimentos de fijación que se ensayaron en diferentes substratos durante la corrida de cultivo larvario correspondiente a la generación PM-L/99-2. Planeamos realizar una tercera publicación que contendría los resultados del monitoreo de la semilla en condiciones de cultivo en campo hasta la etapa previa a la perlicultura.

En forma global, los resultados de los estudios sobre este tema pueden ser calificados como medianamente aceptables pues la finalidad de esta fase de la investigación es la definición de una tecnología capaz de ser aplicada a nivel de producción. Si bien es evidente que la calidad de los resultados ha ido en aumento —comparados con el primer ensayo— falta aun definir una considerable cantidad de incógnitas tecnológicas y científicas para lograr el dominio del proceso.

Desgraciadamente, ciertos elementos que, en este sentido, representan un obstáculo, se encuentran fuera de nuestro control pues se circunscriben a limitantes logísticas y de infraestructura inherentes al CIBNOR que están en vía de resolverse.

Las líneas de investigación a seguir en este tema se relacionan, por una parte, con las del punto anterior en lo que se refiere al monitoreo de juveniles originarios de lotes de reproductores alimentados con dietas específicas. Por otra parte, se pretende continuar el monitoreo de las generaciones existentes hasta la etapa final de producción de perlas, comparando en todo momento el desarrollo de estos lotes con los originarios de semilla salvaje.

TEMA 2 :

Perlicultura en *Pinctada mazatlanica* y *Pteria sterna*

Existen actualmente varios lotes en proceso formación de perlas cuya composición es la siguiente :

***Pinctada mazatlanica* :**

- Primera sesión (Febrero 1998).
Total operados : 175 con perla libre, 220 con Keshi.
Supervivencia a la fecha : 68 con perla libre, 140 con Keshi.
En Noviembre 2000 se llevó a cabo un muestreo de 10 organismos y se obtuvieron 6 perlas libres de buena calidad.
Se prevee un muestreo pre-cosecha en Enero 2001.
- Segunda sesión (Octubre 1998).
Total operados : 85 con perla libre, 93 con Keshi.
Supervivencia a la fecha : 20 con perla libre, 70 con Keshi.
Muestreo y posible cosecha previstos para Febrero-Marzo 2001.
- Tercera sesión (Julio 2000)
Total operados : 600 con perla libre.
Supervivencia a la fecha : 33 con núcleo retenido.
Muestro previsto para Diciembre 2000.
- Cuarta sesión (Noviembre 2, 2000)
Total operados : 400 con perla libre (5 mm de diámetro), distribuidos en 5 diferentes tipos de

tratamiento :

- Tipo 1. Injerto tradicional en el asa intestinal – 50 individuos
 - Tipo 2. Injerto con ligamiento del asa intestinal – 100 individuos
 - Tipo 3. Implante sin refuerzo en el manto – 100 individuos (2 núcleos / ind.).
 - Tipo 4. Implante con refuerzo en el manto – 100 individuos (2 núcleos / ind.)
 - Tipo 5. Implante muscular con manto embolsado – 50 individuos (1 núcleo / ind.).
- Supervivencia global a la fecha : 190 individuos con núcleo retenido.
Todos los implantes en manto (con y sin refuerzo) fueron rechazados. La mortalidad en este lote fue de 85%.

Muestreo de evaluación previsto entre el 9 y 13 Diciembre 2000.

***Pteria sterna* :**

- Primera sesión (Mayo 1998)

Total operados : 95 con perla libre, 115 con Keshi

Supervivencia a la fecha : 0 con perla libre, 69 con Keshi

Muestreo previsto para Diciembre 2000.

- Segunda sesión (Noviembre 4, 2000)

Total operados : 110 con perla libre (5 mm de diámetro), distribuidos en 5 diferentes tipos de

tratamiento :

Tipo 1. Injerto tradicional en el asa intestinal – 10 individuos

Tipo 2. Injerto con ligamiento del asa intestinal – 30 individuos

Tipo 3. Implante sin refuerzo en el manto – 30 individuos (2 núcleos / ind.).

Tipo 4. Implante con refuerzo en el manto – 30 individuos (2 núcleos / ind.)

Tipo 5. Implante muscular con manto embolsado – 10 individuos (1 núcleo / ind.).

Supervivencia global a la fecha : 43 individuos con núcleo retenido.

Todos los implantes en manto (con y sin refuerzo) fueron rechazados. La mortalidad en este lote

fue de 60%.

Muestreo de evaluación previsto entre 9 y 13 Diciembre 2000.

Cabe mencionar que en el marco del mismo tema, se decidió implementar un experimento muy riguroso para determinar los efectos de diferentes compuestos anestésicos sobre *Pinctada mazatlanica* con el fin de identificar la sustancia y los tratamientos más adecuados. La variable de prueba que se midió fue el consumo de oxígeno, como indicador del metabolismo, en función de la concentración de la sustancia anestésica y del tiempo de exposición a la misma. El consumo de oxígeno se registró individualmente durante el proceso de anestesia y durante el período de recuperación. Una vez que las Ostras alcanzaron su estado normal, se trasladaron a las instalaciones de cultivo en campo donde se llevó a cabo el monitoreo de supervivencia.

Los anestésicos probados y sus respectivas concentraciones fueron los siguientes :

5. MS-222 : 100, 200 y 300 mg / L
6. Sulfato de Quinaldina : 1, 2 y 3 ml / L
7. Propylene phenoxetol : 1.5, 2.5 y 3.5 ml / L
8. Mentol en polvo : 2.5, 5 y 8 mg / L

En todos los casos se probaron dos tiempos de exposición de 30 y 60 min. En cada concentración de cada tipo de anestesia se colocaron 20 Ostras adultas en recipientes individuales. El consumo de oxígeno se midió individualmente mediante un oxímetro portátil YSI-58 cada 10 min hasta completar los períodos de exposición específicos. Después de cada período, se retiraba el 50% de las Ostras para trasladarlas a recipientes individuales con agua corriente filtrada y sin anestesia, donde se midió el consumo de oxígeno cada 10 minutos hasta

que se observaba una recuperación completa. Lo anterior se comparó con un lote control sin anestesia, a partir del cual se trazó la curva testigo de consumo de oxígeno.

De lo anterior se dedujo que el Propylene Phenoxetol a 2.5 ml/L resultó ser el mejor anestésico con tiempo de exposición no mayor de 30-35 min. Estos resultados se aplicaron exitosamente en la 4ª sesión de injertos en Madreperla y la 2ª en Concha Nácar. Una publicación con estos resultados se encuentra actualmente en elaboración.

Las líneas de investigación a seguir en este tema se centran particularmente en el perfeccionamiento tecnológico de la micro-cirugía y en el entrenamiento de un mayor número de operadores. Por otro lado, se pretende realizar estudios mineralógicos y cristalográficos detallados en las piezas obtenidas y comparar su estructura en función del historial clínico de los individuos y de los sitios marinos donde se coloquen las Ostras durante el proceso de formación perlera.

TEMA 3 :

Repoblamiento de bancos de *Pinctada mazatlanica* y *Pteria sterna*

Existen dos estrategias conocidas para el repoblamiento de bancos naturales. Una de ellas es el trasplante de organismos desde un sitio donde la densidad poblacional es alta, hacia otro donde las poblaciones de la misma especie son escasas. La otra es la siembra de jóvenes originarios de semilla producida en laboratorio y/o colectada del medio natural.

En el presente proyecto tomamos la primera opción, es decir, el trasplante de Ostras Perleras hacia Bahía de La Paz desde sitios seleccionados bajo criterios dados por estudios de diversidad genética, densidad poblacional y dinámica de corrientes. Podemos considerar que los resultados obtenidos a partir de estos experimentos han sido ampliamente satisfactorios, por lo que la estrategia de trasplantar adultos de un sitio donde existen poblaciones bien establecidas a otro donde éstas son escasas o ausentes, es factible.

Con base en los resultados obtenidos, se identificaron las condiciones que deben cumplirse para que este tipo de manipulaciones sean exitosas :

- Es necesario que los organismos a trasplantar sean adultos jóvenes con tallas no mayores de 80 mm de altura de la concha. Esto asegura una mejor fijación en menor tiempo.
- Los organismos con tallas menores a 50 mm de altura de la concha también responden satisfactoriamente al trasplante y la siembra, sin embargo se notó mortalidad significativamente mayor en este grupo de talla que en los de talla mayor. Por otro lado, es necesario proveerles de protección durante mayor tiempo para evitar el ataque de depredadores que, en estas tallas, es más variado.
- La separación de las Ostras de su substrato debe ser realizada cuidadosamente, cortando el byso (sin jalar) con un instrumento muy filoso y lo más cerca posible de la concha.
- El transporte debe hacerse en recipientes con temperatura controlada lo mejor posible a fin de que no sobrepase los 28°C (idealmente, entre 22 y 26°). Por tal motivo, se recomienda realizar los transportes durante el invierno pues la alta temperatura se reveló como un factor

negativo en la supervivencia. Es importante mantener una aireación constante en los recipientes por medio de un compresor portátil.

- Previo a la siembra en el nuevo sitio, los especímenes colectados deben limpiarse cuidadosamente de fijaciones en la concha y luego ser colocados en laboratorio durante al menos 5 días, procurando igualar gradualmente la temperatura a la de la nueva localidad. Se debe proveer alimentación de mantenimiento a concentración moderada.
- Para la siembra, es necesario utilizar artefactos o jaulas que permitan, por un lado, mantener a las Ostras Perleras en constante contacto con el sustrato mientras regeneran el byso, y por otro lado, proveer protección contra los predadores. Como alternativa a lo anterior, es posible colocar a las Ostras sembradas en grietas y recovecos cuidando que no haya posibilidad de que se suelten antes de que hayan logrado una buena fijación (se pueden utilizar rocas como “cuñas”).
- Las jaulas pueden ser retiradas cuando se alcancen dos condiciones : 1) que el byso se encuentre completamente regenerado y la fijación sea adecuada, y 2) que la superficie de las valvas haya sido colonizada por epibiontes que provean del necesario camuflaje que presentan normalmente los adultos salvajes.
- Para salvaguardar la diversidad genética de las poblaciones locales en las áreas donde se lleven a cabo operaciones de repoblamiento a partir de semilla producida en laboratorio, es importante aplicar dos estrategias simultáneas : 1) que las siembras se lleven a cabo lejos de las áreas previstas para los trabajos de cultivo pero en sitios costeros que, por las características de la dinámica de corrientes marinas, eviten la fijación de juveniles dentro de las mismas poblaciones artificialmente sembradas y permitan el eventual reclutamiento escalonado en una extensión costera más amplia que incluya las áreas de cultivo. Esto con el objeto de que un mínimo número de adultos originarios de laboratorio se establezcan en las áreas poblacionales principales, y 2) se debe tener precaución en diversificar la selección de reproductores eligiendo de preferencia organismos salvajes en áreas alejadas de los sitios de trabajo principales.
- Bajo los mismos términos del punto anterior, en caso que el repoblamiento se aplique a partir de transferencias de Ostras salvajes adultas o jóvenes adultas de un sitio a otro, es importante contar con un esquema de la estructura genética de las poblaciones con el objeto de delimitar geográficamente las áreas de influencia.

Con la información recabada a partir de los experimentos de trasplante, y apoyados con los estudios sobre la diversidad genética y polimorfismo de Ostras Perleras que se realizaron en colaboración con la Universidad Paul Valéry de Montpellier, Francia, se elaboró un modelo estratégico para el repoblamiento de bancos naturales. Esto forma parte del Plan de Manejo que se comprometió en el presente proyecto.

Análisis de las Metas

Paquete tecnológico de Nacaricultura y Perlicultura

Los aspectos científicos y tecnológicos referentes al cultivo de campo –incluyendo la colecta de semilla salvaje—y la producción de perla tipo Mabé se encontraban definidas prácticamente al 100% para ambas especies cuando se sometió el presente proyecto ante

CONABIO. Los dos principales eslabones faltantes en el ciclo completo de cultivo eran, por un lado, la producción de semilla en condiciones controladas, y por otro lado, la inducción a la formación de perlas libre y keshi.

El avance logrado en la conformación de la tecnología integral de nacaricultura y perlicultura, en el marco el proyecto que nos ocupa, puede ser considerado como aceptable puesto que no se logró consolidar más que parcialmente la producción de semilla en laboratorio, y los resultados con respecto a la producción de perla libre aun no se encuentran disponibles en su totalidad.

En efecto, la tecnología de producción de semilla, en el estado de avance que se encuentra actualmente, no puede todavía considerarse como transferible. A pesar de que los porcentajes de supervivencia han ido mejorando notablemente desde las primeras sesiones, la proporción de juveniles que logran ser transferidos al cultivo en campo a partir del número total de larvas fijadoras es poco elevada ; además, estos juveniles muestran mortalidad alta y acelerada en las etapas de prengorda aunque más tarde la supervivencia se haya mantenido estable. Es evidente que una gran parte del problema reside en dos factores principales : 1) la calidad biológica de las larvas, y por ende, en la falta de definición de los factores vitales que intervienen en el cultivo larvario, entre los cuales la alimentación es sin duda uno de los más importantes, y 2) la aun carencia de información sobre la talla adecuada a la que la semilla recién fijada en laboratorio debe ser transferida a campo, las épocas más propicias del año para llevar a cabo dicha transferencia, y las condiciones ambientales (profundidad, temperatura, corrientes, etc.) que deben prevalecer en los sitios donde se ubique dicha semilla.

En lo que corresponde a la reproducción controlada, el problema inicial en cuanto a los defectos nutricionales de los reproductores durante el proceso de maduración inducida se resolvió en parte al transferir reproductores ya maduros al laboratorio. Sin embargo, debido a que esta operación solamente se puede llevar a cabo durante un espacio de tiempo corto y limitado en el año, se emprendieron estudios histoquímicos, bioquímicos y bioenergéticos detallados cuyo propósito principal era el llegar a controlar la maduración en laboratorio a través de la elaboración de dietas específicas que suministren los elementos requeridos en cada etapa gametogénica. Dichos estudios tuvieron un avance significativo en el presente proyecto, lo cual nos permite suponer que los siguientes ensayos de maduración y desove fuera de la estación reproductiva podrían ser exitosos al aplicar los conocimientos adquiridos.

Por lo que concierne a la perlicultura, las sesiones que se realizaron en el marco del presente proyecto arrojaron resultados heterogéneos pues los porcentajes de mortalidad post-cirugía y rechazo de los núcleos insertados fueron variables tanto en función de cada sesión como en las especies trabajadas. Sin embargo, se pudieron aclarar varias incógnitas importantes :

La primera de ellas fue la identificación definitiva de los tratamientos adecuados de relajación y anestesia. Este proceso, antes de que tuviéramos la posibilidad de realizar la micro-cirugía en condiciones de quirófano, tomaba efecto en la playa donde el control en las condiciones de trabajo era prácticamente nulo. Por lo mismo, fue necesario probar y adaptar el proceso de perlicultura en el laboratorio, particularmente en lo que respecta al efecto de diferentes anestésicos.

En seguida, se logró un mejor perfeccionamiento en la técnica de injerto, como lo demuestra el gradual incremento en los resultados positivos en cuanto al descenso en la mortalidad post-cirugía y el incremento en la tasa de retención de núcleos.

Del total de individuos injertados en el curso del presente proyecto, aproximadamente el 30% se encuentran actualmente en posibilidad de producir perlas ya que el núcleo está retenido. La mayor proporción de este porcentaje se ubicó en las últimas sesiones. Desgraciadamente, a pesar de los repetidos intentos que se trataron ante los responsables del Aeropuerto Internacional de La Paz, no fue posible acceder al CT Scanner con el objeto de detectar la retención y la posición de los núcleos, por lo que la estimación de la tasa de retención se resume al conteo de núcleos que se encontraron fuera de la bolsa individual donde se colocan las Ostras trabajadas. No podemos saber si existen núcleos rechazados dentro de las valvas, los cuales eventualmente podrían formar una perla Mabé.

En resumen, el paquete tecnológico de ciclo completo para la Nacaricultura y la Perlicultura presenta aun ciertas limitantes que en su mayoría dependen de tiempo de investigación y práctica tecnológica. Las líneas de investigación que seguiremos abordando nos permitirán afinar algunos aspectos que requieren mayor atención en los dos eslabones extremos de la cadena de producción, es decir, la producción de semilla en laboratorio de manera constante, repetitiva y predecible, y la obtención de perlas con un porcentaje de éxito suficientemente alto, constante y de calidad sostenida.

Plan Modelo para el Manejo Racional del Recurso Nácar

Presentamos el documento adjunto que contiene un modelo de desarrollo perlero regional basado en la implementación y operación de granjas perleras –Unidades de Producción—cuya gestión estaría a cargo de un Centro Regional de Operaciones. Este Plan Modelo será sometido al Gobierno del Estado y a la SEMARNAP para su análisis.

Granja Perlera Demostrativa

Desde hace varios años, se han llevado a cabo acciones de promoción de un proyecto perlero productivo ante inversionistas locales, nacionales y extranjeros, así como ante las diferentes administraciones que han pasado por el Gobierno del Estado de Baja California Sur. La forma y alcances de las diferentes propuestas han ido variando en función del perfil de quienes las recibirían y de los avances logrados en la investigación y el desarrollo de tecnología.

Prácticamente en todas las ocasiones las propuestas fueron recibidas con interés e incluso existieron iniciativas serias por parte de inversionistas. Desgraciadamente, ninguna de estas iniciativas resultó en acción concreta. El común denominador de las propuestas extranjeras era en todo momento el manejo de los bancos naturales en la producción de perlas utilizando Ostras Perleras salvajes en los injertos –que resisten mal este tipo de intervención—y poco o nulo interés en el desarrollo regional. En cuanto a los inversionistas nacionales o locales, la perlería es aun un tipo de proyecto acuacultural poco conocido que en general es considerado de manera un

tanto escéptica. Por otro lado, el monto de la inversión y las características del ciclo productivo, hacen los potenciales inversionistas sean limitados en número y restringidos en cuanto a su perfil. En cuanto a los inversionistas locales, a pesar de la importante tradición perlera de La Paz, no ha habido respuesta de su parte. Por otro lado, cualquier iniciativa se enfrenta a un complicado trámite administrativo y legal sobre aspectos de transferencia tecnológica, propiedad intelectual, impacto ambiental, concesiones de zona federal y cuerpo de agua, etc., en el cual el papel tanto del CIBNOR como de la SEMARNAP resulta más bien obstáculo que apoyo.

En un principio, en la promoción del proyecto perlero ante el sector productivo se subrayó que éste debía ser transferido y aplicado por nacionales preferentemente. Sin embargo, como se señaló en el párrafo anterior, la respuesta de este sector fue de desinterés y escepticismo. Por lo tanto, se decidió buscar alternativas en el extranjero, apuntando particularmente a los grupos de perlería internacional, aunque haciendo especial hincapié en la necesidad de abrir oportunidades para el desarrollo regional y bajo la estricta consigna de no incidir, bajo ninguna circunstancia, en los bancos naturales. La respuesta fue casi inmediata : en Julio del presente año, la empresa norteamericana Island Pearls LCC, con la representación de su presidente, el Sr. Paul Cross, estableció un convenio oficial con el CIBNOR cuyo principal objetivo fue el ensayo de un nuevo tipo de núcleos para inducir la formación de perlas en las especies nativas. De hecho, las últimas sesiones de perlicultura que reportamos en el presente proyecto CONABIO se realizaron en parte en el marco de dicho convenio. El plan a mediano plazo, de obtenerse los resultados positivos que se esperan, será iniciar una experiencia comercial piloto de cultivo y producción de perlas en Bahía de La Paz en el marco de un convenio específico academia-empresa y con apoyo del actual Gobierno del Estado quien ha manifestado especial interés en dicho proyecto.

Metas Adicionales

El interés por el cultivo de Ostras Perleras y la producción de perlas ha empezado ya a difundirse en el país. Recientemente se estableció un convenio de colaboración entre el CIBNOR y la Escuela Superior de Ecología Marina (Universidad Autónoma de Guerrero) en Bahía de Acapulco con el objeto de iniciar un proyecto de investigación en el tema, con asesoría por parte del Grupo Ostras Perleras. Los resultados preliminares que el grupo de Acapulco ha obtenido son bastante positivos y prometedores en cuanto a la factibilidad de instalar granjas perleras en la región. En el marco de este convenio, se pretende incorporar a varios estudiantes de la ESEM en el Programa de Posgrado del CIBNOR. Otras comunicaciones de este tipo se han establecido con la Universidad del Mar en Puerto Angel y con un empresario privado en Huatulco.

Por otro lado, se ha establecido comunicación directa y constante con investigadores de Costa Rica, Panamá, Ecuador y Perú, donde se están iniciando experiencias sobre el cultivo de Ostras Perleras, con las mismas especies que habitan en Bahía de La Paz. Estas relaciones, además de fomentar el intercambio académico, pueden resultar muy valiosas para nosotros ya que se contaría con información sobre el comportamiento de otras poblaciones.

CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS

Los logros alcanzados en el presente proyecto pueden ser considerados satisfactorios de manera global pues la mayoría de las metas comprometidas se cumplieron. Estos resultados demuestran ampliamente la factibilidad que implica la implementación de granjas perleras productivas y sustentables en Bahía de La Paz y en otras zonas costeras tanto del Golfo de California como del Pacífico mexicano, donde el medio presenta características muy propicias para esta actividad.

A través de los estudios realizados se consiguió incrementar la solidez de la base de conocimiento sobre el manejo de las especies perleras, particularmente en lo que se refiere al tratamiento de organismos en condiciones de laboratorio para inducir la maduración y a la manipulación inherente al repoblamiento de bancos naturales a través del trasplante.

Los resultados más inmediatos del primer punto nos han proporcionado la pauta para la continuación de las investigaciones en la línea de nutrición y bioenergética principalmente. En efecto, el seguimiento de las variaciones en el perfil bioquímico de los reproductores durante el ciclo gonádico nos ha permitido identificar y cuantificar los elementos bioenergéticos que los organismos requieren en cada una de las etapas clave de dicho ciclo. Suponemos que a partir de esta información será posible diseñar las dietas adecuadas, utilizando microalgas enriquecidas y/o microencapsulados, para lograr un estado de maduración óptima que a su vez resulte en la producción de gametos más viables.

En el segundo punto, fue evidente que los métodos y técnicas que se aplicaron en el trasplante de Ostras Perleras son adecuados. La recolonización de nuevas áreas fue ampliamente exitosa con una tasa de mortalidad por debajo de los límites previamente fijados como aceptables. Por lo tanto, es posible asumir que el trasplante podría ser una buena alternativa para repoblar sitios estratégicos. Aunado las acciones anteriores al repoblamiento utilizando organismos originarios de semilla salvaje o de laboratorio, la recuperación del recurso nácar en cualquier área que se desee parece ser ampliamente factible, siempre y cuando se sigan las indicaciones adecuadas para la protección tanto de los individuos sembrados como de la estabilidad genética de las poblaciones locales. Es importante subrayar que antes de proceder a acciones que impliquen en movimiento de Ostras Perleras, sea a través del trasplante o por la introducción artificial de efectivos provenientes de otras fuentes, es necesario realizar estudios muy detallados sobre la estructura genética de las poblaciones con el objeto de delimitar geográficamente las áreas donde este tipo de intervenciones no provoquen desequilibrios potencialmente peligrosos para la población regional.

Por lo que respecta a los demás temas de investigación abordados en el presente proyecto (producción de semilla de *Pinctada mazatlanica* en laboratorio y perlicultura), es necesario hacer notar que la problemática de ciertos aspectos particulares no quedó del todo resuelta. Las generaciones de semilla que se lograron obtener en laboratorio no han respondido de la forma esperada : la mortalidad, desde los estadíos larvarios hasta las etapas tempranas de cultivo en campo ha sido demasiado elevada y la tasa de crecimiento de los juveniles se encuentra significativamente por debajo de las lecturas obtenidas con semilla salvaje. Suponemos que esto es el resultado combinado de una maduración defectuosa y de un tratamiento poco adecuado durante la etapa de cultivo larvario en laboratorio. No obstante, el panorama de variables se ha restringido, lo cual nos permite un campo de acción más preciso a seguir durante las futuras sesiones de larvicultura. Lo más importante que se pudo confirmar a partir de estos estudios fue que los métodos tradicionales que se aplican para el cultivo larvario de otras especies de moluscos bivalvos, no son los adecuados en *P. mazatlanica*.

En cuanto a la perlicultura, lo que podemos decir por el momento es que los resultados obtenidos mostraron un gradual incremento en la tasa de éxito en el sentido del número de núcleos retenidos y la mortalidad post-cirugía. Además, los muestreos preliminares que se llevaron a cabo en los primeros lotes trabajados arrojan resultados muy positivos y prometedores, aunque la proporción de perlas esperadas en función del número de Ostras Perleras operadas es aun baja. No obstante, se han logrado aclarar una serie de incógnitas significativamente importantes : en primer lugar, se identificó definitivamente EL tratamiento de relajación y

anestesia pre-cirugía, y en segundo lugar, se cuenta con nuevas alternativas de injerto que nos permitirán seleccionar la o las técnicas más propicias a partir de un panorama más amplio que el que ofrece el injerto tradicional por sí solo.

Con lo anterior, se deduce que la eventual transferencia de tecnología al sector productivo ofrece aun los riesgos que conlleva la falta de los dos aspectos clave de la cadena de producción : el suministro constante y previsible de semilla viable a partir de laboratorio, y la producción de perla libre con una tasa de éxito a nivel rentable. El primer aspecto puede ser parcialmente substituido por la colecta de semilla salvaje —cosa que ya tenemos perfectamente definida—pero esto puede ser probablemente insuficiente y hasta cierto punto imprevisible si se pretende implementar una producción a gran escala ; en cuanto al segundo aspecto, es evidente que la finalidad productiva del presente proyecto —y lo que buscarían los eventuales usuarios de la tecnología—es la producción masiva de perlas. Aunque los resultados de dicho tema aun no se encuentran del todo disponibles, suponemos que los muestreos finales nos proporcionarán una amplia gama de opciones a aplicar de manera más positiva en los próximos trabajos.

Finalmente, se elaboró un Plan Modelo de Manejo del recurso nácar cuya aplicación fue diseñada específicamente para Bahía de La Paz. Sin embargo, la flexibilidad de este Plan permite suponer que, con algunas adaptaciones, podría implementarse en cualquiera de las numerosas áreas propicias a la perlicultura que existen en el Pacífico mexicano. El documento adjunto requiere aun algo de afinación pues lo deseable sería incorporar los aspectos que no quedaron completos en el proyecto CONABIO, es decir, la producción de semilla en laboratorio y la perla libre. Sin embargo, las líneas principales en lo que se refiere al manejo sustentable del recurso nácar son compatibles con cualquier tipo de aplicación directa de la tecnología. Vale la pena llamar la atención en el hecho de que en este Plan de Manejo se incluyó un análisis bioeconómico preliminar en el cual, por el momento, se tomó en cuenta únicamente la producción de perlas tipo Mabé. En un futuro cercano, será posible incorporar el proceso tecnológico completo que incluya la producción de semilla en laboratorio y la de perla libre. No obstante, pretendemos someter dicho documento tanto al actual Gobierno del Estado como a la administración entrante de la SEMARNAP con miras a buscar apoyo para la implementación de una nueva estrategia de desarrollo regional.

CONABIO
COMISIÓN NACIONAL PARA EL CONOCIMIENTO Y USO DE LA
BIODIVERSIDAD

PLAN DE MANEJO RACIONAL
PARA EL RECURSO NÁCAR
EN BAHÍA DE LA PAZ,
BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO

**MODELO DE IMPLEMENTACIÓN PARA EL
CULTIVO DE OSTRAS PERLERAS Y LA
PRODUCCIÓN DE PERLAS.**

RESUMEN EJECUTIVO

Dr. Mario Monteforte
CIBNOR.

El grupo de los Moluscos Bivalvos está formado por varias especies de interés comercial real y/o potencial. Dentro de este grupo existen dos familias, Unionidae (dulce-acuícolas) y Pteriidae (marinas), que contienen especies capaces de producir perlas en forma natural. El hombre a adjudicado alto valor comercial a estos pequeños granos de nácar. En efecto, la perla es sin duda alguna el primer producto natural que fue considerado como joya de especial valor ; el nácar se utilizó también como objeto ornamental.

Las evidencias sobre la utilización de estas especies, desde la primigenia necesidad alimentaria hasta fines de ornato y comercio, se encuentran desde el período neolítico (Museo del Hombre, París ; Museo Británico, Londres). En la historia de la humanidad, la mención de las perlas como símbolos rituales y religiosos, de magia, poder y riqueza, es recurrente en la tradición cultural y la literatura de las civilizaciones más antiguas del mundo.

No obstante, las especies marinas de Ostras Perleras, más que las dulce-acuícolas, han sido desde siempre las más importantes en el ámbito de la pesquería comercial, y las más apreciadas en cuanto a la belleza y el valor de sus perlas. Así, estas especies fueron objeto de extensas pesquerías, tanto desde el punto de vista temporal como geográfico, en numerosas regiones marinas de la franja tropical y subtropical. De la veintena de especies que pertenecen a la familia Pteriidae, aproximadamente 13 de ellas fueron explotadas comercialmente. Cada una de éstas, incluyendo las especies mexicanas *Pinctada mazatlanica* y *Pteria sterna*, posee un historial específico y regional en cuanto a la evolución en sus modalidades de explotación, desde el buceo indígena y la pesquería moderna con escafandra, hasta la transformación de esta actividad en el manejo productivo del recurso por medio del cultivo y el perlicultivo. Sin embargo, hay tres elementos básicos que son comunes a todas ellas en sus respectivos historiales :

- La actividad pesquera llegó a practicarse en forma tan intensiva que las poblaciones naturales empezaron a mostrar graves signos de agotamiento, ocasionando incluso la casi extinción del recurso en áreas donde éste era abundante.
- La pesquería y comercio de nácar y perlas fue durante largo tiempo – y continúa siéndolo en varias regiones del mundo—una de las actividades productivas más importantes en la economía de los países donde se cuenta con la presencia del recurso perlero y, en la época moderna, con la biotecnología para aprovecharlo racionalmente.
- Las actividades de pesquería y comercio de perlas han tenido importante influencia en la estructura política, económica y cultural de todos los pueblos donde de las Ostras Perleras

estuvieron o están presentes. En todos los casos, las perlas han sido causa de conflictos laborales, de desacuerdos entre grupos, de codicia y ambición, de luchas internas, de esclavitud, de traiciones y engaños, etc., aunque también han representado el elemento motor del desarrollo socioeconómico de amplias regiones geográficas.

En la época actual son solamente 5 especies de Ostras Perleras marinas las que inciden en el mercado perlero mundial : cuatro de ellas pertenecen al género *Pinctada* (*P. maxima*, *P. margaritifera* var. *cumingi*, *P. martensi* y *P. fucata*) y una al género *Pteria* (*Pteria penguin*). La producción de perlas a partir del cultivo extensivo de estas especies representa actualmente la industria acuícola más rentable del mundo. Esta actividad se inserta en un vasto mercado internacional de alto lujo cuyo valor global es de aproximadamente 7 mil millones de U.S. Dólares anuales como producto de actividades de import-export de perlas y joyería.

En este contexto, México posee un indiscutible potencial como productor perlero, ya que sus costas albergan 4 especies de Ostras Perleras marinas cuya presencia ha sido ampliamente relevante en la historia socioeconómica y la tradición cultural de nuestro país : *Pinctada radiata* y *Pteria colymbus* en la costa del Caribe, y *Pinctada mazatlanica* y *Pteria sterna* en la costa del Pacífico. No obstante, es en el Golfo de California donde la riqueza perlera ha sido siempre la más importante ; de hecho, Bahía de La Paz fue durante largo tiempo uno de los principales centros perleros del mundo.

Tras la destrucción de la *Compañía Criadora de Concha y Perla de Baja California* en 1915 (primera experiencia mundial en el cultivo comercial de una especie productora de perlas), la virtual extinción del recurso hacia los años '30, y un número considerable de intentos fracasados o abandonados que se llevaron a cabo durante más de 50 años para tratar de implementar proyectos de perlicultura, México ha estado ausente en el mercado perlero internacional durante casi un siglo.

Actualmente, se cuenta en La Paz con adelantada y eficiente tecnología propia para el cultivo extensivo de *Pinctada mazatlanica* y *Pteria sterna*, así como para la producción inducida de perlas en estas especies. Esta situación coloca a México en un lugar preponderante en el mundo perlero, permitiendo vislumbrar un prometedor desarrollo socioeconómico regional basado en la construcción y operación de granjas perleras que exploten en forma racional y conservacionista uno de los más valiosos recursos patrimoniales con los que cuenta nuestro país.

Con esta visión en mente, hemos elaborado un plan de manejo basado en el perfil de un desarrollo perlero integral que pudiera ser iniciado en Bahía de La Paz. El documento que presentamos considera un modelo de planeación y ordenamiento para el aprovechamiento racional del recurso nácar a través de la conformación de un Centro Regional de Operaciones, del cual dependería un cierto número de Unidades de Producción. Este modelo se basa en el conocimiento científico y el desarrollo tecnológico producto de casi 13 años de investigación por parte del Grupo Ostras Perleras del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR) en cuanto a la bioecología de las Ostras Perleras, la Madreperla de Calafia *Pinctada mazatlanica* y la Concha Nácar Arcoiris *Pteria sterna*, y de su respuesta bajo condiciones las condiciones artificiales inherentes al cultivo, repoblamiento e inducción a la formación de perlas, así como en un exhaustivo análisis histórico, económico y administrativo de los esquemas de desarrollo perlero en otras regiones productoras.

Los resultados que se han obtenido de estas investigaciones nos permiten suponer que la instauración de granjas perleras en la costa mexicana no solo es ampliamente factible, sino que también representaría una nueva e interesante alternativa de desarrollo socioeconómico, sostenido y sustentable, que podría incidir directa y positivamente a nivel local y regional, con profundas implicaciones a nivel nacional.

El concepto del presente proyecto se basa en la implementación de una instancia gestora o Centro Operativo a partir del cual se administraría un cierto número de granjas perleras o Unidades de Producción distribuidas dentro de un área delimitada por factores ambientales y logísticos. El plan de manejo concibe este modelo como el esquema más adecuado a la realidad ambiental, geográfica, social y económica que prevalece en La Paz y en la costa del Pacífico mexicano.

El perfil económico de esta propuesta se asienta en tres tipos de escenarios económico-operativos cuya dimensión fue establecida con base en resultados experimentales, en la experiencia de otras granjas perleras, y en el estudio de las posibles condiciones reales bajo las cuales dicho proyecto podría ser implementado. En este sentido, cabe tomar en cuenta los siguientes factores :

1. La duración del ciclo de producción para cada una de las especies locales es de aproximadamente 3.5 a 4 años, lo cual comparado con otras especies actualmente sometidas a operaciones de cultivo comercial, podría ser considerado como el promedio normal en

función de la talla y la tasa de crecimiento de las especies. En el ámbito de la perlería internacional, nos encontramos en un punto equivalente al de Polinesia Francesa, que actualmente es una de las principales regiones perleras del mundo.

2. El término del 4o. año (primera cosecha de perlas), se contaría con 8 generaciones de las dos especies en diferentes etapas simultáneas de cultivo, de modo que del 5o. año en adelante la producción se estabilizaría con dos cosechas anuales de perlas (una por especie).

Las proyecciones económicas que se analizan en el documento maestro adjunto preconizan una inversión de aproximadamente 2.5 millones de U.S. Dólares distribuidos en 5 años, con una inversión inicial de alrededor del 30% en el primer año. Esto permitiría la construcción de un Centro Operativo en Zona Federal Marítimo-Terrestre bien equipado y con posibilidades de crecimiento a mediano y largo plazo para soportar hasta 90 Unidades de Producción, cada una capaz de manejar entre 15 mil y 20 mil Ostras adultas viables al perlicultivo. Sin embargo, nuestro esquema modelo establece, por el momento, una Unidad de Producción que, en escenario de eficiencia media, manejaría un total de 60 mil Ostras adultas anuales. El potencial productivo de este escenario se acerca a 3 millones de U.S. Dólares anuales de utilidad neta a partir del 5o. año, en promedio.

En los cálculos económicos que presentamos en el documento maestro, sólomente se está considerando la producción de Mabé (media-perla) suelta, sin incluir el aprovechamiento de productos derivados ni la producción de joyería, lo cual implicaría un altísimo valor agregado. De igual manera, se asume una operación constante sin crecimiento en la dimensión del proyecto.

Además, en cuanto a los factores de riesgo, en todo momento se tomaron en cuenta condiciones relativamente negativas muy por debajo de los resultados experimentales producto de casi 13 años de experiencia (baja disponibilidad de semilla, alta mortalidad acumulada, baja tasa de éxito en las operaciones de perlicultura, bajo precio del producto, etc.), de tal manera que el cálculo de la TIR y de la relación costo/beneficio se basa márgenes de seguridad muy amplios.

Desde el punto de vista socioeconómico regional, el modelo que proponemos en este proyecto le permite insertarse como una estrategia de desarrollo integral que comprende no solo el manejo conservacionista, soberano, sostenido y sustentable del recurso nácar, sino también el ofrecimiento de una nueva alternativa de producción altamente rentable para el Estado de Baja California Sur que puede ser fácilmente trasplantada hacia alguna de las muchas regiones propicias a la perlicultura que existen en la costa del Pacífico mexicano.

Generadora de divisas, de empleo y de servicios, capaz de incidir en forma primordial en los planes de promoción turística y de fomentar la conservación de un valiosísimo Patrimonio Natural, la implementación de granjas perleras en México, bajo una adecuada estrategia de planeación y ordenamiento en la explotación del recurso nácar, se revela hoy día como un proyecto ampliamente factible cuyo enorme potencial ha sido ya demostrado, aun bajo las dificultades que implica el trabajar con las limitaciones logísticas, económicas y administrativas inherentes a un proyecto de investigación institucional.

Es importante subrayar que, dadas las características de un proyecto perlero, existe amplia flexibilidad en cuanto a las dimensiones de la inversión y de la producción. La propuesta que hemos manejado asume un desarrollo regional que podría ser calificado como ambicioso, aunque todos los elementos indicadores nos permiten asegurar que éste es técnica y económicamente factible. No obstante, es posible pensar en la implementación de un proyecto de mucho menor calibre a escala piloto-demostrativa con una inversión menor pero, evidentemente, con un beneficio igualmente menor. La principal carencia que se podría evaluar ante una opción de este tipo es que se limitaría el indiscutible potencial que posee la perlería mexicana y se perdería la posibilidad de un desarrollo regional tal y como se plantea en nuestra propuesta.

El recurso nácar se encuentra presente : las perlas que son capaces de producir las especies mexicanas son reconocidas a nivel mundial por su gran fineza y calidad ; se dispone de adelantada tecnología propia y eficiente para el cultivo y la perlicultura, y de personal altamente especializado para transferir esta tecnología al sector productivo ; se cuenta con planes de manejo conservacionista que permitirían un desarrollo regional sostenido y sustentable basado en la implementación de granjas perleras ; muchas instancias gubernamentales conocen el concepto de este proyecto y lo han considerado como seria alternativa de producción. Pero por encima de todo lo anterior, existe una institución de investigación, el CIBNOR, cuya misión social es la búsqueda de opciones productivas que benefician el sector social de la región.

Por lo anterior, el Grupo Ostras Perleras bajo mi dirección ha conceptualizado este proyecto como una parte de la misión social del CIBNOR, y es por esto que lo hemos propuesto como modelo accesible de desarrollo regional en el que pueda integrarse el mayor número posible de productores en un esquema, probablemente visionario, pero que sin duda alguna permitiría a México recuperar el sitio que alguna vez tuvo en el ámbito de la perlería mundial.

CONABIO
**COMISIÓN NACIONAL PARA EL CONOCIMIENTO Y USO DE
LA BIODIVERSIDAD**

**MODELO DE UN PLAN DE MANEJO RACIONAL
PARA EL RECURSO NÁCAR EN BAHÍA DE LA
PAZ,**
BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO

Dr. Mario Monteforte

CIBNOR.

INDICE DE MATERIAS

1.	<i>Introducción</i>	1
2.	<i>Antecedentes</i>	3
3.	<i>Objetivos que se persiguen con la implementación del Plan de Manejo</i>	9
4.	<i>Indicadores Técnicos y Biológicos</i>	9
4.1	Aspectos biológicos	9
4.1.1	Características generales de las especies a cultivar	9
4.1.2	Programa anual de requerimiento y uso de reproductores	12
4.1.3	Aprovisionamiento de los organismos a cultivar	12
4.2	Proceso de cultivo	14
4.2.1	Método de cultivo	14
4.2.2	Características de operación en cada etapa	16
4.2.3	Superficie destinada a cada fase y densidades que se manejarán	20
4.3	Tecnología	25
4.3.1	Alimento : tipo, cantidades y frecuencia de alimentación para cada etapa de desarrollo	25
4.3.2	Fertilizantes : tipo, cantidades y frecuencia de aplicación por fase de cultivo	25
4.3.3	Control sanitario : medidas profilácticas (agentes, cantidades y manejo)	25
4.3.4	Programa de control genético.	26
4.3.5	Agua : análisis de calidad y características físico-químicas ; estimación del volumen total de gasto de agua ; suministro y tratamiento de aguas de desecho.	27
4.3.6	Técnicas y equipo para la operaciones de cosecha	30
5.	<i>Características del sitio donde se ubicará la unidad acuícola</i>	32
5.1	Descripción	32
5.1.1	Proposición de los sitios más adecuados para la ubicación del proyecto	32
5.1.2	Tipo de vegetación existente en la zona	33
6.	<i>Características de la Unidad Acuícola</i>	34
6.1	Area	34
6.1.1	Superficie total del proyecto	34
6.1.2	Area destinada a edificaciones e instalaciones	34
6.1.3	Descripción de las estructuras destinadas a cada fase de cultivo	35
6.2	Instalaciones	35
6.2.1	Planos de conjunto de instalaciones eléctricas, sanitarias y de la red hidráulica	35
6.2.2	Capacidad instalada	35
7.	<i>Estudio del mercado y comercialización</i>	36
7.1	Naturaleza del producto	37
7.1.1	Descripción del producto	39
7.1.2	Calidad del producto	41
7.1.3	Presentación del producto	44
7.2	Mercado de consumo (Zona de influencia del proyecto)	45
7.2.1	Distribución geográfica del mercado : local, regional, nacional, exportación	45
7.2.2	Demanda actual del producto	47
7.3	Comercialización	50
7.3.1	Canales de comercialización	50
7.3.2	Sistemas de distribución del producto	50
7.3.3	Oferta actual del producto	51

7.3.4	Balance entre la oferta y la demanda	51
8.	<i>Inversiones y financiamiento.....</i>	51
8.1	<i>Integración de la inversión.....</i>	51
8.1.1	Monto total de inversiones en el proyecto	51
8.1.2	Fuentes de financiamiento	52
8.1.3	Condiciones crediticias	52
9.	<i>Indicadores económicos.....</i>	52
9.1	<i>Beneficios y costos.....</i>	52
9.1.1	Duración del ciclo productivo.....	52
9.1.2	Costos de producción.....	53
9.1.3	Precio estimado de venta	54
9.1.4	Volumen estimado de producción.....	54
9.1.5	Beneficios sociales esperados del proyecto	55
9.2	<i>Evaluación de la rentabilidad.....</i>	56
9.2.1	Punto de equilibrio : producción mínima rentable	57
9.2.2	Estado de resultados a 10 años.....	58
9.2.3	Estimación del período para la recuperación de la inversión	58
9.2.4	Estimación de la rentabilidad con base en la tasa interna de retorno	58
9.2.5	Consideraciones sobre la relación Costo/Beneficio	61
10.	<i>Condiciones básicas que determinan la factibilidad de establecer granjas perleras : recomendaciones generales</i>	62
10.1	<i>Ubicación de las Unidades de Producción</i>	62
10.2	<i>Aspectos científicos y técnicos.....</i>	63
10.3	<i>Aspectos administrativos, económicos y de comercialización.....</i>	65
10.4	<i>Inversión extranjera</i>	66
11.	<i>Conclusiones</i>	68
12.	<i>Bibliografía.....</i>	72

ANEXO

FOTOGRAFICO.....	77
-------------------------	-----------

Introducción

Bahía de La Paz, en el Estado de Baja California Sur, posee un singular potencial acuícola gracias a la existencia de numerosos sitios propicios para la instalación de cultivos marinos de diferente tipo y magnitud, ya sean extensivos, semi-intensivos o intensivos. La excelente calidad biológica del agua, su alta productividad y la estabilidad de condiciones ambientales, favorecen notablemente el crecimiento y la supervivencia de las especies que de varias formas se han visto sometidas a manejo artificial, principalmente en el marco de trabajos de investigación científica ; tambien han existido algunas pocas actividades de producción comercial basadas en el cultivo, ciertas de entre ellas particularmente exitosas (Cariño 1991, 1994 ; Cariño y Cáceres 1990 ; Cariño y Monteforte 1995).

En este contexto, los Moluscos Bivalvos pueden ser considerados como un grupo de animales con particular potencial para su aprovechamiento productivo, ya que un número considerable de especies presentan amplias y positivas perspectivas de explotación comercial rentable. En efecto, Bahía de La Paz ofrece un número no menor de 15 especies susceptibles de ser cultivadas para estos fines (Baquero 1984 ; Arizpe 1992). Entre éstas podemos citar a *Argopecten circularis* (almeja catarina), *Pecten vogdesi* (almeja voladora), *Lyropecten subnudosus* (almeja mano de león), *Pinna rugosa* (almeja hacha), *Megapitaria aurantiaca* y *M. squalida* (almeja chocolata), *Laevicardium sp.*, (almeja burra) etc., y las Ostras Perleras *Pinctada mazatlanica* (Madreperla de Calafia) y *Pteria sterna* (Concha Nácar Arcoiris). Desgraciadamente, son muy pocas las especies que se aprovechan en condiciones de cultivo, siendo la mayoría de ellas objeto de actividades de extracción ribereña limitada al consumo local, y algunas veces bajo situación de clandestinidad como es el caso de las Ostras Perleras (Monteforte y Cariño 1992 ; Monteforte 1996).

Dicho lo anterior, es necesario considerar que el desarrollo de la acuicultura se enfrenta, por un lado, a la presencia de una gran variedad de especies con potencial económico y susceptibles de ser cultivadas a nivel comercial, pero al mismo tiempo, a la ausencia de tecnología adecuada y planes de manejo racional del recurso, en los cuales se contemple la implementación de serios programas conservacionistas (Monteforte 1995, 1996).

No obstante, entre las especies que presentan importantes perspectivas de desarrollo acuacultural, dado su enorme potencial económico y el adelanto científico y tecnológico logrado en su cultivo y producción de perlas, nos centramos en el caso particular de *Pinctada mazatlanica* y *Pteria sterna*. Estas especies tienen la interesante particularidad de que sus conchas están formadas de nácar de excelente calidad, y que son capaces de producir perlas de gran fineza en forma natural, producto de

alto valor comercial cuya formación puede ser inducida mediante técnicas de micro-cirugía para la implantación e inserción de núcleos (Monteforte 1990, 1991, 1996).

Con algunas diferencias en su abundancia, densidad, rango de extensión y zonación, estas especies se distribuyen en ambas costas del Golfo de California y en todo el Pacífico Mexicano hasta Perú y Ecuador (Keen 1971 ; Arizpe 1992). Existen poblaciones aisladas de Concha Nácar en la costa sudoccidental de la Península, muy abundantes en algunos sitios, principalmente en Bahía Magdalena y Bahía Asunción. Sin embargo, debido a las propicias características oceanográficas y bioecológicas de Bahía de La Paz, las Ostras Perleras, principalmente la Madreperla, muestran aquí un potencial productivo mucho mayor que en el resto de su rango de distribución (Monteforte y Cariño 1992 ; Monteforte 1994).

En efecto, La Paz es conocida en el mundo entero por su riqueza en nácar y perlas de la mejor calidad, hecho que desde el punto de vista histórico, político, socioeconómico y cultural, ha sido sumamente relevante para la región desde las primeras exploraciones al territorio peninsular por parte de los españoles, la colonización de su porción sur y su posterior desarrollo socioeconómico, la formación de grupos de poder económico en la localidad, hasta la vigencia actual del Mito Perlero que sigue atrayendo el interés de pescadores, turistas e inversionistas nacionales y extranjeros (Cariño 1997, 1994 ; Cariño y Monteforte 1995). El Mito Perlero ha también jugado un papel importante en la implementación de proyectos de investigación, así como en repetidos intentos de producción comercial (Matsui 1962 ; Shirai y Sano 1972 ; Díaz-Garcés 1973 ; Singh et al. 1982; Martínez 1983).

Desde 1986 a la fecha, el Grupo Ostras Perleras del Centro de Investigaciones del Noroeste, S.C., ha realizado investigación científica aplicada al desarrollo tecnológico del cultivo y la producción de perlas en ambas especies locales. Los logros alcanzados son ampliamente satisfactorios en muchos aspectos, y es a partir de estos conocimientos que se elabora esta propuesta para la **integración de un modelo de Plan de Manejo del Recurso Nácar en Bahía de La Paz**. Este documento plantea el aprovechamiento racional del recurso perlero --el cual debiera ser considerado como **Patrimonio Estratégico Nacional**-- bajo una modalidad eminentemente conservacionista en la cual se contempla muy especialmente la integración de una actividad de perlería dentro de un esquema bien planificado de desarrollo socioeconómico regional, cuya decisiva influencia a nivel nacional e internacional es evidente.

Para tal propósito, se propone la implementación de un Centro Operativo a partir del cual se lleven a cabo actividades de gestión de la utilización del recurso por parte de las Unidades de Producción o granjas perleras, de transferencia tecnológica, asesoría y entrenamiento a potenciales receptores, de control de calidad de la producción, de vinculación con canales de comercialización, etc. El papel que proponemos para este Centro es en cierto modo similar al que el *Groupe d'Intérêt Economique* (GIE) tiene en la actividad de producción perlera en Polinesia Francesa, gracias a lo cual esta región es actualmente una de las más importantes productoras de perlas en el mundo.

La intención del presente documento es analizar el perfil de un modelo de desarrollo productivo que se ubicaría en Bahía de La Paz, Baja California Sur, basado en el cultivo y la producción de perlas en dos especies nativas del Golfo de California : la Madreperla de Calafia, *Pinctada mazatlanica*, y la Concha Nácar Arcoiris, *Pteria sterna*.

Realizamos también un análisis introductorio de factibilidad técnica, económica y financiera con base en un modelo de producción cuyos elementos conformativos son el producto de más de 12 años de experiencia en lo que se refiere a la generación de conocimiento científico, innovación y desarrollo tecnológico, y aplicación de resultados en condiciones reales, en el marco de un proyecto de investigación que se encuentra en curso en el Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C.

Antecedentes

Durante más de 400 años, el recurso nácar del Golfo de California sufrió una intensa explotación, aumentada cada vez más por la creciente demanda internacional del finísimo producto de las especies locales y el desarrollo de los equipos modernos de buceo. Esta riqueza atrajo un gran número de compañías pesqueras internacionales, entre las cuales recordamos a las tristemente célebres *Mangara Exploration Company, Ltd.* de capital británico y la *Baja California Pearling Company*, de co-inversión estadounidense, quienes saquearon impunemente el recurso nácar y otros recursos naturales en todo el Pacífico Mexicano, principalmente en el Golfo de California, muchas veces utilizando métodos prohibidos de pesca, como la dinamita (Cariño 1987, 1994 ; Cariño y Monteforte 1995).

La colecta de perlas y nácar en el Golfo de California se ha basado siempre en la pesquería, misma que se ejerció a tales niveles de sobreexplotación que en 1940, cuando los bancos naturales, principalmente los de Madreperla --la cual debido a su patrón de zonación, entre 2 y 25 m de profundidad, era la más expuesta a la extracción-- se consideraron completamente agotados, el Gobierno Mexicano decidió decretar una veda permanente, declarando a las Ostras Perleras como *especies amenazadas o en peligro de extinción* (Diario Oficial de la Federación 1940). En 1994, el

estatuto anterior fue cambiado a *especies bajo protección especial*, sin que la veda permanente se levantara (Diario Oficial de la Federación 1994). No obstante, el Mito Perlero continúa siendo un factor de gran atractivo y extensa influencia, por lo que las extracciones clandestinas, difícilmente cuantificables, se han seguido practicando incluso hasta hoy día. Esto ha provocado que el recurso nácar en el Golfo de California en general, y en la Bahía de La Paz en particular, sea escaso, que los bancos se encuentren muy dispersos en la costa, presenten bajas densidades y que el reclutamiento natural sea también bajo (Monteforte y Cariño 1992). Esto último, aunado a la alta predación que sufren los juveniles y a la competencia que se establece con otras especies concurrentes por la disponibilidad de sitios de fijación, ha provocado que la recuperación natural del recurso sea lenta e insuficiente (Saucedo y Monteforte 1996, 1997a). Es obvio que todos los factores citados se encuentran íntimamente relacionados.

Durante las prospecciones de evaluación que se han realizado en Bahía de La Paz entre 1986 y 1997 en el marco del proyecto de investigación Ostras Perleras del CIBNOR (más de 180 sitios explorados hasta la fecha, muchos de ellos considerados antes como «placeres perleros»), se estima que la población total actual de Madreperla no sobrepasa 500 mil individuos. No se sabe aun con certeza su tasa de decremento, pero en el curso de dicha investigación es un hecho frecuente hallar concheros recientes conteniendo numerosas conchas abandonadas por turistas y pescadores. Además, los «bancos perleros» actuales más importantes de la Bahía (aproximadamente 8 o 9 detectados hasta ahora), muestran densidades promedio de 0.8 a 1.2 individuos por m². La densidad promedio de Madreperla en Bahía de La Paz, considerando alrededor de 180 sitios explorados a la fecha, es de 0.3 a 0.5 individuos por m² (Monteforte y Cariño 1992). Esta densidad, no obstante su bajo valor, es relativamente más alta que la que se registra en otras regiones perleras del mundo actualmente en producción, aunque está lejos de ser suficiente para pensar en iniciar algún tipo de actividad pesquera o manejo del stock natural.

Ante esta situación, en repetidas ocasiones se ha subrayado la necesidad de implementar serios programas de concientización y vigilancia orientados a fomentar la conservación de esta riqueza patrimonial, y de iniciar investigaciones encaminadas a desarrollar técnicas de cultivo, repoblamiento y perlicultura (Monteforte 1990, 1991, 1995, 1996). Esto ha sido llevado a cabo continuamente desde el inicio de los trabajos de investigación del Grupo Ostras Perleras del CIBNOR a partir de 1987.

La historia de la pesquería de perlas en el Golfo de California, el gradual deterioro hasta el agotamiento de los bancos naturales, y el papel de la pesquería y comercio de perlas en el desarrollo socioeconómico regional, es similar al de otras zonas perleras del mundo (Jameson 1914 ; Kunz y Stevenson 1932 ; Intes y Coeroli 1985 ; Dybdahl y Rose 1986 ; Scoones 1988 ; Doubilet 1991 ; Joyce y

Addison 1992). Varios países han logrado recuperar esta riqueza natural gracias a la implementación y continuidad de programas conservacionistas y de repoblamiento, realizados conjuntamente con el desarrollo comercial de la nacaricultura y la perlicultura. Hoy día, la producción de perlas a partir de Ostras Perleras cultivadas en condiciones extensivas, representa la actividad acuacultural de mayor rentabilidad del mundo, incluso en algunas regiones que, como en Bahía de La Paz, el recurso nácar se había considerado completamente agotado. De hecho, a partir de los años '50, las perlas de cultivo han sustituido casi por completo a las naturales en el mercado perlero internacional (Gruet 1992 ; Fassler 1991, 1993, 1994 ; Cariño 1995, 1996 ; Cariño y Monteforte 1995 ; Monteforte 1996).

No obstante la existencia en las costas de la Península de estas dos especies perleras que poseen una de las mejores calidades de nácar en el mundo, no ha sido posible lograr éxito en su cultivo o en la producción de perlas a pesar de repetidos intentos. El fracaso y abandono de los numerosos proyectos científicos y empresariales que se han realizado en estas costas se debió a varias razones, tanto de índole científico y tecnológico como político, económico y administrativo.

La creación de falsas esperanzas y los repetidos intentos fallidos provocaron un ambiente de escepticismo e incredulidad, y hasta actitudes negativas, en relación a todo nuevo proyecto de nacaricultura y perlicultura que se presentara ante las instancias capacitadas para proveer financiamiento.

Tal situación prevalecía, cuando en 1986 éste autor intentó iniciar una serie de experiencias destinadas a desarrollar el cultivo extensivo y la producción inducida de perlas en Madreperla y Concha Nácar en Bahía de La Paz, en el marco de un proyecto de investigación aplicada que fue propuesto al entonces Centro de Investigaciones Biológicas de Baja California Sur, A.C. No fue sino hasta finales de 1988, cuando las pruebas de factibilidad técnica del cultivo extensivo fueron ampliamente evidentes, que el proyecto Ostras Perleras fue aprobado en el CIB como proyecto institucional y continuado hasta hoy día dentro del Programa de Cultivos Marinos.

Es importante mencionar que dentro del poco optimista panorama sobre las experiencias de nacaricultura y perlicultura que se han llevado a cabo en México, existe una importante excepción. A principios de siglo (1903-1915), Don Gastón Vives, científico mexicano de origen francés, fundó en la Ensenada de San Gabriel, Isla Espíritu Santo en Bahía de La Paz, la *Compañía Criadora de Concha y Perla de Baja California, S.A.*

Esta empresa representa la primera experiencia mundial exitosa sobre el cultivo de Madreperla a nivel comercial, y la única que ha logrado obtener perlas naturales con una considerable incidencia. En efecto, aunque la tecnología de cultivo extensivo desarrollada por Don Gastón, muy original y sumamente eficiente, era la base para obtener Ostras adultas, en la producción de perlas no se

practicaron injertos e implantación de núcleos (en esas fechas, Japón empezaba a desarrollar dicha tecnología, aunque aun no se aplicaba a nivel comercial). El Sr. Vives había identificado los sitios propicios a la formación de perlas naturales siendo en éstos donde colocaba a los jóvenes adultos hasta la época de cosecha. Mientras que la incidencia promedio de perlas naturales en las áreas tradicionales de pesca de Ostras Perleras en la Bahía de La Paz era en ese tiempo de alrededor del 4% -- una de las mayores del mundo--, en los sitios seleccionados por Don Gastón se obtenía hasta el 10%. Esta empresa, por la tecnología desarrollada, la alta calidad del nácar y las perlas producidas, el volumen de producción, y los impresionantes beneficios económicos que generaba, adquirió renombre internacional (Cariño 1991 ; Cariño y Monteforte 1995).

En el ámbito regional, el papel de la *Compañía Criadora* tuvo especial relevancia en el desarrollo socioeconómico y en la estructura política y cultural (Cariño 1987 ; Cariño y Cáceres 1990 ; Cariño 1994 ; Cariño y Monteforte 1995). En ese tiempo, la actividad perlera era prácticamente la única alternativa económica del territorio, y la *Compañía Criadora* empleaba casi el 6% de la población activa de La Paz (más de 1000 empleados durante la época de mayor operación), y esto sólo en los trabajos de misma empresa ; aparte, todos los empleos adicionales que se generaban por las necesidades de servicio, transporte, comercio, etc. (Vives 1908, 1919 ; Cariño y Cáceres 1990 ; Cariño y Monteforte 1995).

Desgraciadamente, durante los disturbios de la Revolución, las instalaciones fueron saqueadas y destruidas completamente, y a pesar de las gestiones que Don Gastón emprendió ante el nuevo gobierno para recuperar la concesión, nunca le fué posible reiniciar los trabajos, perdiéndose así una de las empresas mexicanas más pujantes de la época moderna. Cabe mencionar que Don Gastón Vives, en varios documentos legales por él elaborados durante el período en el que intentó resacir su pérdida e iniciar de nueva cuenta la empresa, reporta el saqueo de 10 millones de Ostras en diferentes etapas de cultivo (Vives 1916, 1919 ; Cariño 1991).

Una gran parte de los documentos originales del Sr. Vives han sido recuperados por una renombrada especialista en Historia y Desarrollo, la Dra. Micheline Cariño de la Universidad Autónoma de Baja California Sur, quien lleva a cabo una importante investigación sobre el papel de la pesquería y el comercio de perlas en el desarrollo regional. Estos valiosos documentos fueron la base para iniciar las investigaciones en el marco del actual Grupo Ostras Perleras del CIBNOR.

El proyecto Ostras Perleras se incorporó al Programa de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Cultivos Marinos del CIBNOR desde finales de 1988, mediante apoyos financieros otorgados por CONACYT (México) en 1988, y la International Foundation for Science (Royal Swedish Academy of Sciences, Estocolmo, Suecia) en 1990. Ambas instituciones, con base en evaluaciones positivas de

avances y resultados, han renovado dichos apoyos en forma consecutiva hasta la fecha, tres y dos veces respectivamente. El Sistema de Investigación del Mar de Cortés también ha evaluado positivamente el proyecto, otorgando dos apoyos (1995 y 1997) ; en fechas recientes, se lograron nuevos apoyos por parte del Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza (1998-2000), CONABIO (1998-1999), y nuevamente del Sistema de Investigación Mar de Cortés (1999-2000).

El concepto científico y tecnológico del programa general de investigación se centra en el desarrollo de tecnología propia, accesible y eficiente para el cultivo integral de las dos especies locales de Ostras Perleras, la Madreperla de Calafia *Pinctada mazatlanica* y la Concha Nácar Arcoiris *Pteria sterna*, definiendo para ello el proceso completo de producción, desde las estrategias para la obtención de semilla (captación en el medio y producción en laboratorio), el manejo y tratamiento de los juveniles durante las subsecuentes etapas de prengorda y cultivo, hasta la obtención de adultos. Estos se utilizan para dos propósitos fundamentales :

- **Un propósito conservacionista**, es el repoblamiento de bancos naturales en sitios considerados como estratégicos por sus condiciones geomorfológicas, oceanográficas y bioecológicas que favorecerían el establecimiento de centros puntuales de organismos reproductores en Bahía de La Paz. Estos centros, mismos que han sido aumentados en volumen y extendidos espacialmente año con año desde el inicio de nuestros trabajos, contribuyen significativamente a la recuperación gradual del recurso y al incremento en la capacidad de colecta de semilla mediante el creciente aporte larvario. En el marco del presente Plan de Manejo, se propone como declaración de principios, ejercer y promover el repoblamiento y la conservación de los bancos naturales.
- **Un propósito de aplicación productiva**, es la producción inducida de perlas mediante el desarrollo de técnicas quirúrgicas para la implantación de núcleos. La perlicultura, aplicada bajo un esquema bien planificado, podría tener una influencia decisiva en el desarrollo socioeconómico regional al ofrecer una amplia gama de alternativas productivas, no solo en cuanto a la misma producción de perlas, sino también en la implementación de diversas actividades paralelas y apalancamiento de programas turísticos a nivel regional. Este hecho ha sido ampliamente demostrado en otras regiones productoras de perlas en el mundo. Al igual que en el punto anterior, se ha fijado la resolución inamovible de utilizar solamente organismos cultivados para llevar a cabo, tanto los ensayos experimentales de inducción perlera, como las actividades de producción comercial.

A la fecha, los resultados alcanzados después de casi 14 años de investigación en el marco del Grupo Ostras Perleras del CIBNOR son altamente satisfactorios, como puede demostrarse en publicaciones en revistas internacionales, tesis de grado y posgrado, trabajos presentados en congresos,

etc. A la fecha, el conocimiento generado y publicado por el Grupo Ostras Perleras, representa alrededor del 65% del total de la información científica, tecnológica, histórica y socioeconómica que existe en el presente siglo. Podemos resumir lo anterior en los siguientes puntos :

- Se cuenta con un proceso tecnológico integral de cultivo extensivo definido en un 100 % para ambas especies ; la tecnología se encuentra en estado de transferencia y puede ser aplicada positivamente, en forma eficiente y de inmediato, incluso por personal no-científico para quienes este proyecto está especialmente dirigido.
- Las experiencias de repoblamiento han sido sumamente exitosas, habiéndose logrado determinar las técnicas más eficientes para la siembra artificial de organismos cultivados y asegurar su permanencia, su sobrevivencia y su reproducción. Los bancos artificiales así formados han empezado a mostrar su influencia positiva : por un lado, se han detectado actividades reproductivas en casi todos los individuos repoblados ; por otro lado, hemos también registrado incrementos sustanciales en la incidencia de semilla en las estaciones de colecta que coinciden espacialmente con dichos bancos.
- Los resultados sobre la inducción a la producción de perlas son también positivos. Se han obtenido perlas tipo Mabé de alta calidad hasta de 22 mm de diámetro y 11 mm de altura, con recubrimiento promedio de nácar de 2.5 mm de espesor. En cuanto a la obtención de Perla Libre y Keshi, los resultados alcanzados son aún modestos, sin embargo éstos son congruentes con la metodología aplicada y nos permiten elucidar ricas conclusiones que pueden mejorar la respuesta de los organismos en los siguientes ensayos. Consideramos que, bajo condiciones óptimas, se podrá tener éxito a corto plazo.
- La investigación aplicada a la producción de semilla en laboratorio se inició en fecha reciente, con enfoque particular en la Madreperla de Calafia, *Pinctada mazatlanica*. Los resultados preliminares muestran que esta alternativa para obtener semilla de Madreperla a nivel masivo es altamente factible, aunque aun hace falta profundizar en varios aspectos específicos (científicos y técnicos) del proceso para lograr establecer un paquete tecnológico más sólido.

Cabe subrayar que una gran proporción de la tecnología aplicada es propia, original e innovadora, y que en su desarrollo e implementación ha intervenido exclusivamente personal mexicano constituido por estudiantes-tesistas de instituciones mexicanas de educación superior. Esto nos confiere las invaluable ventajas de : 1) la independencia tecnológica, 2) la soberanía sobre el manejo conservacionista y aprovechamiento integral del recurso, 3) la posibilidad de dirigir enteramente los beneficios productivos hacia el desarrollo socioeconómico regional, y 4) la libertad de apertura en los

mercados internacionales. Estos elementos los poseen muy pocos productores perleros establecidos actualmente en el mundo.

Objetivos que se persiguen con la implementación del Plan de Manejo

Los objetivos generales que se plantean en cuanto a la implementación del presente proyecto, son los siguientes :

- Investigación científica y desarrollo tecnológico en torno al cultivo, producción de perlas, repoblamiento y producción de semilla en condiciones controladas, en Madreperla y Concha Nácar,
- Producción y comercialización de perlas, nácar y derivados,
- Apoyo a las instituciones de investigación y educación superior, mediante la recepción de tesis, impartición de cursos y entrenamiento, implementación de investigaciones conjuntas, etc.,
- Transferencia de tecnología al sector productivo y apoyo al desarrollo socioeconómico regional,
- Fomento al turismo ecológico y apalancamiento al programa de desarrollo turístico en la región,
- Fomento a la formación de industrias paralelas relacionadas con el manejo productivo del recurso,
- Recuperación y conservación del recurso nácar en Bahía de La Paz,
- Promoción, apoyo y fomento a granjas perleras en la región del Golfo de California y Pacífico Mexicano.

En líneas generales, en el presente proyecto se trata inicialmente de construir y operar una granja perlera que pueda servir como modelo de planificación productiva, trasplantable a otras regiones del Pacífico Mexicano donde puedan desarrollarse actividades de perlería (Monteforte 1994, 1995). El modelo que se propone en este contexto integra la actividad perlera en un esquema bien planificado de explotación racional --basado en el cultivo, el repoblamiento y la conservación del recurso-- que se inscribe en un contexto de desarrollo socioeconómico a nivel micro o macro regional, con beneficio directo al sector productivo.

Indicadores Técnicos y Biológicos

Aspectos biológicos

Características generales de las especies a cultivar

Las Ostras Perleras *Pinctada mazatlanica* y *Pteria sterna*, son dos especies de Moluscos Bivalvos pertenecientes a la familia Pteriidae, esta familia comprende en total alrededor de 20 especies (Shirai 1984). *Pinctada mazatlanica* y *Pteria sterna* son especies de talla mediana a grande (15 a 22 cm

de altura de la concha), dentro de los rangos de talla que presenta dicha familia. La gigante *Pinctada maxima* (norte de Australia, Mar de Malasia hasta Filipinas), llega a medir en su estado adulto hasta 30 cm de diámetro de la concha ; existe también *Pteria penguin* (costa centro-oriental y sud-oriental de Asia), que alcanza tallas mayores de 22 cm de altura de la concha, y *Pinctada margaritifera* var. *cumingi* de Polinesia Francesa, cuya talla es similar a la de *P. mazatlanica*. Las especies menores --que representan la mayoría-- como *Pinctada imbricata* (Indopacífico), *P. martensi* (Japón), *Pteria hirundo* (Mediterráneo) y *Pteria colymbus* (Caribe), por mencionar algunas, raramente sobrepasan 8 cm (Shirai 1984 ; Monteforte 1996).

La principal particularidad de los Pteriidae es el patrón de biomineralización que presenta la cara interna de la concha en forma de un compuesto conocido bajo el nombre de *nácar* o *aragonita*. Este es uno de los raros compuestos biominerales que se conocen en la naturaleza. En los Pteriidae, la aragonita se cristaliza sobre una matriz de origen proteico, con un patrón prismático estrechamente tabular, lo cual le confiere el brillo especial que posee la cara interna de la concha y de las perlas que forman estas especies (Tsujii 1960 ; Wada 1962).

El color del nácar en las especies mexicanas presenta características particulares con respecto a otras Ostras Perleras del mundo. En *Pinctada mazatlanica* se encuentra comunmente como dominante el plateado grisáceo a oscuro con tonos secundarios en verde esmeralda y tornasol. *Pteria sterna* presenta mayor variación ; los colores dominantes son también tonos de gris-plateado, pero existe gran diversidad de tonos secundarios : cobrizo, verde, azul, púrpura, rosado, etc. Estos colores se encuentran principalmente en la banda marginal de cara interna de la concha, que puede ser relativamente ancha en algunos individuos, y en las perlas que ambas especies producen.

P. mazatlanica y *P. sterna* son bentónicas ; habitan fondos rocosos y de arena gruesa a profundidades entre 2 m y 50 m. Los bancos más densos se localizan entre 5 m y 20 m de profundidad. Su alimentación es de tipo filtrador, aparentemente con un cierto grado de selectividad por alimento (Monteforte y Cariño 1992 ; Chang et al. 1988).

Los umbrales naturales de supervivencia son relativamente amplios en ambas especies. Sin embargo, los requerimientos en cuanto a calidad de agua son más estrictos al considerarse la producción de perla fina « limpia ». La calidad del nácar es afectada principalmente por la turbidez del agua, las fluctuaciones de salinidad y temperatura, y por la presencia de algunos contaminantes (metales pesados, pesticidas, desechos orgánicos fosforados como detergentes, etc.) (Coeroli y Mizuno 1985 ; Chang et al. 1988 ; Goebel y Dirlam 1989 ; Doubillet 1991 ; Coeroli 1994). Las variaciones en estos parámetros, sin ser realmente letales para las especies, sí determinan en gran proporción la tasa de depositación de nácar en los núcleos implantados, su patrón de cristalización, el oriente de la perla, y el

color de la misma. Por estas razones, Bahía de La Paz resulta un área altamente propicia para la perlicultura, ya que su cuerpo de agua posee todas las características necesarias a la formación de perlas de especial calidad (Monteforte 1994, 1996).

La reproducción de las Ostras Perleras, al igual que en todos los Bivalvos, se lleva a cabo por medio de fertilización externa ; los gametos se liberan en el agua y la fertilización se da de manera azarosa. Es fácil suponer que, a menor densidad de individuos salvajes y mayor dispersión de los bancos naturales, las probabilidades de encuentro entre los gametos en una masa de agua son proporcionalmente bajas a pesar de que ambas especies son consideradas como altamente fértiles. En efecto, se sabe que una hembra adulta de *Pinctada mazatlanica* es capaz de expulsar hasta 40 millones de ovocitos en el agua en cada desove (Sevilla 1969).

A través de las investigaciones del Grupo Ostras Perleras, se ha encontrado que ambas especies son hermafroditas protándricas funcionales, siendo el estadio macho el que aparece durante la primera maduración gonadal (entre 5-6 meses de edad en Concha Nácar y 6-8 meses en Madreperla). Así, la gran mayoría de los organismos de talla pequeña son machos, mientras que los especímenes hembra rara vez miden menos de 60 mm de altura de la concha en Madreperla y 45 mm en Concha Nácar (Saucedo y Monteforte 1994, 1997b).

La vida larvaria, registrada bajo condiciones de laboratorio, tiene una duración aproximada de 25 a 35 días (McAnally y Valenzuela 1990 ; del Río 1991 ; Araya et al. 1991 ; Grupo Ostras Perleras, obs. experimentales). Al finalizar este período, se aprecia una larva pediveliger o plantigrada de 1 o 2 mm de talla (ya con la forma original de la concha de un individuo adulto) reptando en el fondo en busca de un sustrato libre adecuado para su fijación. Esta se lleva a cabo por medio de un biso filamentosos que es especialmente fuerte en Concha Nácar y que permite a las jóvenes Ostras una fijación permanente en el fondo. Es en esta situación que transcurre el resto de su vida, cuya duración (longevidad) se estima en un promedio de 18 a 25 años (Shirai y Sano 1972). No obstante, el período de fertilidad más eficaz e importante se sitúa entre 2.5 y 8 años de edad, aproximadamente (Grupo Ostras Perleras, obs. experimentales).

Las Ostras Perleras, desde su estadio larvario hasta jóvenes adultos, están expuestas a numerosos y diversos predadores. Cangrejos y peces malacófagos, ciertos gastrópodos, estrellas de mar, pulpos, langostas, etc., son capaces de provocar verdaderas hecatombes en las células de repoblamiento no protegidas o en los cultivos suspendidos en artes tipo sarta (Saucedo 1991 ; Saucedo y Monteforte 1997). Las Ostras adultas sufren aun presiones de predación aunque ciertamente menores debido a su talla, la cual reduce su panorama de vulnerabilidad. Sin duda alguna, el hombre es el principal predador de estas especies.

En cuanto a problemas de parasitismo letal, estos son de poco alcance en Bahía de La Paz. Con excepción de ciertas especies perforadoras (la esponja *Cliona*, el policlado *Stylochus*, el poliqueto *Polydora* y el bivalvo *Lithophaga*), las cuales afortunadamente son poco abundantes en la región, no se han detectado otros organismos nocivos (Monteforte y Cariño 1992 ; Grupo Ostras Perleras, obs.). Además, las infestaciones por organismos nocivos en las instalaciones de cultivo pueden evitarse mediante acciones periódicas de mantenimiento y limpieza (Monteforte et al. 1995).

Programa anual de requerimiento y uso de reproductores

Dada la modalidad que se pretende implementar en el Plan de Manejo, no se requerirá la extracción de reproductores salvajes más que eventualmente para ser utilizados como reproductores en la producción de semilla bajo condiciones de laboratorio. Estos se extraerán fuera de los límites espaciales de las áreas de cultivo. El objeto de esta última acción es implementar una forma de control genético y evitar el decremento de la diversidad genética en las poblaciones naturales locales y en los stocks de cultivo, fenómeno que podría suceder a largo plazo como consecuencia del intercrucamiento masivo en el seno de una o dos poblaciones reproductivas.

Para *Pinctada mazatlanica*, las operaciones de colecta de semilla se sitúan durante el período cálido del año, entre los rangos de temperatura de 28°C a 30°C (generalmente entre Junio-Julio y Septiembre-October). Esta especie tiene solamente una época reproductiva en el año ; la fijación de las larvas muestra un patrón de distribución bien definido con clara preferencia por las capas superficiales de la columna de agua, entre 1 m y 6-7 m de profundidad. Por el contrario, *Pteria sterna* presenta reclutamiento anual, pero el período más importante se ubica en los rangos de temperatura de 22-23°C a 26°C (generalmente entre Noviembre-Diciembre y Marzo-Abril del año siguiente) ; al igual que la especie precedente, los patrones de distribución vertical en la fijación larvaria se encuentran entre 3-4 m a 7-8 m de profundidad. Fuera de esta época, la incidencia de semilla es poco abundante y muestra patrones de distribución vertical muy dispersos (Monteforte y García 1994 ; Monteforte y Aldana 1994; Monteforte y Bervera 1994 ; Monteforte et al. 1995 ; Saucedo y Monteforte 1997b).

Aprovisionamiento de los organismos a cultivar

El suministro de Ostras Perleras, en tanto no se cuente con resultados de producción en laboratorio, se basará en su totalidad en la colecta de semilla a partir del medio con sistemas colectores especialmente diseñados y distribuidos en sitios estratégicos en Bahía de La Paz. En el curso de los

estudios del Grupo Ostras Perleras, se ha evaluado la tasa de incidencia de semilla en 58 sitios, habiéndose identificado más de 40 sitios propicios a la instalación de estaciones de colecta (Monteforte y López 1990 ; Monteforte y Cariño 1992 ; Monteforte y Bervera 1994).

El número de estaciones efectivamente instaladas durante la operación productiva del proyecto que proponemos depende en gran parte de la dimensión inicial del mismo y de la planeación de su crecimiento a mediano y largo plazo. Una estimación relativamente realista, considerando la propuesta del presente proyecto, es que se requerirá operar alrededor de 10 estaciones de colecta conteniendo un promedio anual de 1000-1500 células colectoras cada una, para poder contar con un suministro estable de aproximadamente 60 mil Ostras adultas anuales viables a la inducción perlera. Esto, tomando en cuenta un amplio margen de seguridad en cuanto a la incidencia de semilla por colector y la mortalidad acumulada.

El potencial de captación de semilla de ambas especies evaluado en Bahía de La Paz es ampliamente suficiente para soportar una operación de esta dimensión, e incluso mucho mayor, a condición de aplicar las estrategias adecuadas. Sin embargo, esta cifra puede variar en función de la dimensión inicial planteada para una granja. Veremos más adelante que el manejo de un volumen menor puede ser rentable, siempre y cuando se lleven a cabo una serie de ajustes en la inversión y la operación de la misma sin reducir la eficiencia de trabajo.

Cabe subrayar la necesidad de conjuntar acciones de repoblamiento y conservación, paralelamente a las actividades de producción comercial, no solo con el objeto de asegurar una actividad perlera regional sustentable y sostenible, sino también para establecer posibilidades de que ésta pueda incrementarse en dimensión y alcance.

De lo anterior se deduce la necesidad de continuar las investigaciones sobre producción de semilla en laboratorio, ya que con la disponibilidad de ésta se dependería en menor grado de una operación de colecta cuyo volumen de suministro está sujeto a ciertas variaciones, algunas de ellas predecibles y hasta cierto punto manejables gracias a la aplicación de estrategias específicas, otras no tanto. No obstante, es importante subrayar que se cuenta con evidencias (no del todo comprobadas) en otros países productores en el sentido de que las Ostras adultas provenientes de generaciones obtenidas en laboratorio no son tan adecuadas en la perlicultura como lo es la semilla salvaje. Las Ostras de laboratorio aparentemente presentan mayor mortalidad post-cirugía, mayor proporción de rechazos en los injertos, y la calidad de la perla es generalmente menor (Fassler 1995). Lo cierto es que la relación costo/beneficio que arroja esta modalidad de cultivo es aun poco competitiva en comparación al cultivo extensivo, y que la tecnología no se encuentra aun totalmente validada en ninguno de los países productores.

Otro factor negativo de la producción de semilla en laboratorio es la disminución gradual en la diversidad del pool genético en las poblaciones cultivadas, ya que son solamente unos cuantos reproductores los que se utilizan en los desoves. A largo plazo, los adultos generados en laboratorio que aporten nuevas larvas al medio contendrán cada vez menor diversidad genética, y esto es un proceso cíclico, acumulable, y difícilmente controlable (Cabral y Seaman 1996).

La opción que se está tomando en el contexto anterior es el repoblamiento, como el caso de Polinesia Francesa, donde los stocks de reproductores se toman exclusivamente de organismos salvajes provenientes de diferentes atolones ; esto bajo estrictas condiciones de control y selección (Cabral y Seaman 1996).

Proceso de cultivo

Método de cultivo

Como mencionamos en párrafos anteriores, el cultivo que se implementará en la fase inicial de producción es de tipo extensivo completo. El proceso de producción integral consta de 5 etapas básicas cuyo esquema secuencial se muestra en la Figura 1 :

1. Colecta de semilla por medio de colectores artificiales, elaborados con materiales sintéticos, estables y 100% reciclables.
2. Prengorda de juveniles en canastas Nestier.
3. Cultivo tardío en fondo hasta el estado adulto previo al perlicultivo.
4. Operaciones de micro-cirugía para implantación e inserción de núcleos.
5. Etapa de formación perlera hasta cosecha, en las mismas estructuras utilizadas para el cultivo tardío.

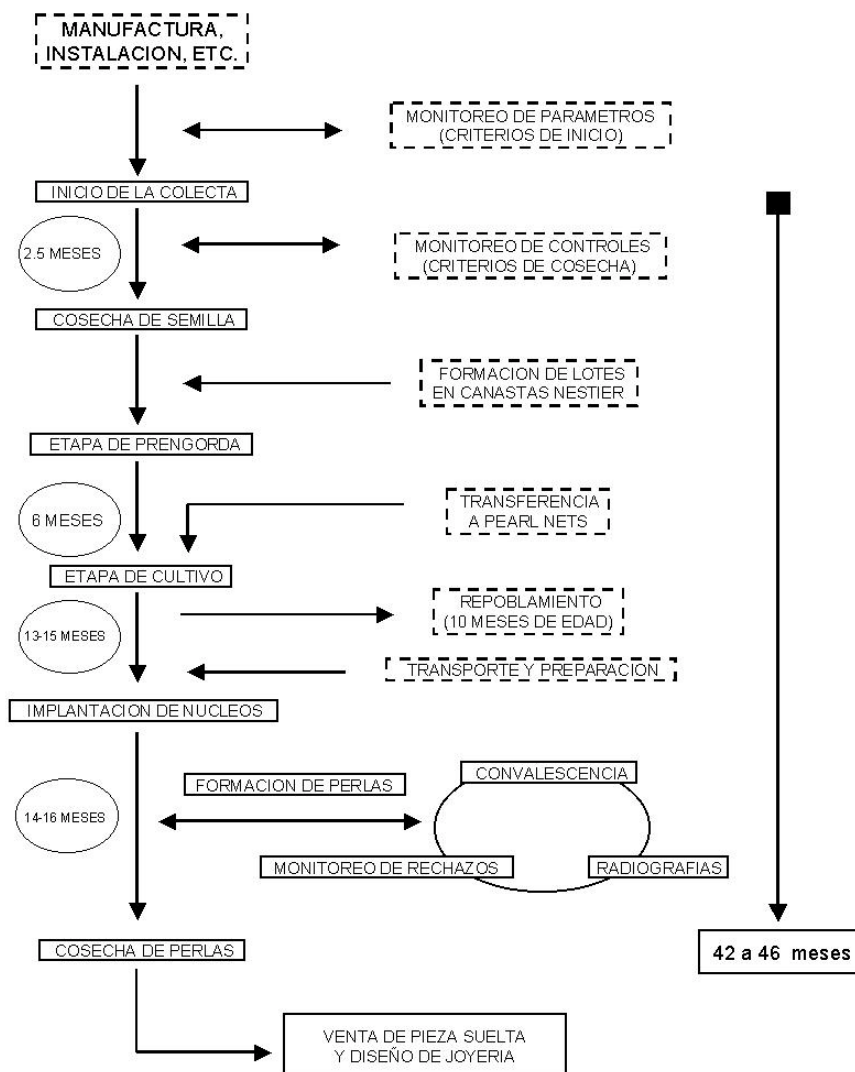


FIGURA 1. DIGRAMA DE FLUJO SECUENCIAL PARA EL CULTIVO Y LA PRODUCCION DE PERLAS EN UNA GENERACION DE OSTRAS PERLERAS

Cabe mencionar que **el repoblamiento de bancos naturales**, aunque no es una actividad de cultivo propiamente dicha, se contempla dentro del marco productivo del Plan de Manejo como una actividad obligatoria. Para tal propósito, se reservará un mínimo del 5% de las Ostras jóvenes de cada generación para proceder a su siembra en sitios estratégicos y bajo los métodos y técnicas definidas por el Grupo Ostras Perleras del CIBNOR, las cuales han probado ampliamente su eficiencia (Saucedo 1991 ; Saucedo et al. 1994 ; Saucedo y Monteforte 1997a).

Características de operación en cada etapa

Etapas de colecta y cosecha de semilla :

Los sistemas de colecta de semilla son de tipo « long-line ». Para una dimensión de producción que prevee el suministro de 60 mil Ostras adultas anuales, se instalarían 25 o 30 líneas madre de 150 m distribuidas paralelamente a la costa en 10 o 12 estaciones. En estos sistemas se colocarán los módulos de colecta (bolsas de malla plástica de 1 m² rellenas de materiales sintéticos). La selección de los sitios de colecta, así como la distribución y la estructura de los sistemas colectores están planeados de tal manera que no representen obstáculos para la navegación, además de que éstos tendrán boyas visibles para señalamiento diurno y balizaje luminoso y fosforescente para la noche.

La ubicación de las estaciones de colecta, la estructura de los colectores y las estrategias de manejo, son el resultado de varios años de investigación que nos permitieron identificar los sitios más propicios, los materiales más eficientes y las secuencias temporales adecuadas para asegurar un alto rendimiento en la colecta de semilla de ambas especies (Monteforte 1996).

Las operaciones de colecta se llevan a cabo en dos tiempos : Junio-Octubre para Madreperla y Diciembre-Abril para Concha Nácar (Bervera 1994 ; Monteforte y Aldana 1994 ; Monteforte y Bervera 1994 ; Monteforte et al. 1995 ; Saucedo y Monteforte 1997). En cada época se coloca una serie de colectores con alternancia mensual (generalmente 2 sesiones, eventualmente 3 dependiendo de las características climáticas del año), los cuales permanecen en funcionamiento durante 2 meses aproximadamente (Monteforte y García 1994 ; Bervera 1994 ; Monteforte y Bervera 1994). Sin embargo, pueden presentarse variaciones interanuales --cosa que hemos comprobado-- de manera que la estrategia citada está sujeta a cambios que serán dictados por el monitoreo de ciertos indicadores en colectores control (Monteforte y García 1994 ; Monteforte y Wright 1994 ; Wright 1997). Así, es posible que se requieran más de dos sesiones de colecta y los ciclos pudieran ser más largos o más cortos ; esto se determina sobre la marcha, en función de los resultados del monitoreo.

Al terminar un ciclo de 2 meses de inmersión, los colectores se recogen y se transportan a la plataforma de trabajo en el Centro de Operaciones (Módulo B, en la Zona Federal Marítimo-terrestre

de San Juan Nepomuceno) para proceder a la cosecha de semilla. Las células de colecta se colocan en tinajas de diseño especial donde se procede al lavado y tamizado, separando la semilla de las especies que nos interesan. En este mismo sitio (Módulo B) se arman los lotes de prengorda con canastas Nestier y posteriormente éstos se transfieren a las Unidades de Producción en zona marina, las cuales se ubican en Bahía El Merito.

Etapas de prengorda, cultivo tardío y perlicultura :

Estas etapas se llevarán a cabo en Bahía Merito, en las estaciones que llamamos « La Cueva », « La Nopalera », « Los Arcos » y « Playa Francesa », en estructuras sumergidas construidas con andamios albañileros y tubería galvanizada. En el cuerpo de agua de El Merito se dispone de un área viable de aproximadamente 200 Ha.

La **prengorda** se inicia a partir del momento en que se cuenta con semilla recuperada de los colectores. Se forman lotes de juveniles en densidades específicas, colocados en módulos de canastas Nestier ; éstos se suspenden en andamios submarinos construidos con tubería galvanizada. El proceso de prengorda tiene una duración aproximada de 4 a 6 meses, dependiendo de la especie (Monteforte et al. 1994). Un estricto monitoreo, control de limpieza y mantenimiento son necesarios durante esta etapa a fin de mantener la tasa de mortalidad en los niveles más bajos posibles. Debido a la gran vulnerabilidad y fragilidad de las pequeñas Ostras, consideramos que la etapa de prengorda es altamente determinante del éxito final de la operación productiva (Monteforte 1996). Una mortalidad acumulada máxima del 35-40% es el límite aceptable en esta etapa (Coeroli 1994 ; Monteforte 1996). En condiciones ideales de trabajo, hemos logrado registrar mortalidades menores del 20%.

Cuando los juveniles han alcanzado tallas promedio de 40-45 mm de altura de la concha (entre 4 a 6 meses de edad, dependiendo de la especie), los organismos son transferidos a redes de diseño especial, en las cuales transcurre la etapa de **cultivo tardío**. Necesitamos un mínimo de 6-7 meses adicionales para poder contar con Ostras viables al repoblamiento (entre 10 y 12 meses de edad), y 8 a 10 meses para poder proceder a las operaciones de inducción perlera (entre 14 y 18 meses de edad) (Saucedo 1991 ; Monteforte et al. 1994 ; Saucedo et al. 1994 ; Monteforte 1996 ; Saucedo y Monteforte 1997).

Las redes que se utilizan para el **cultivo tardío** se colocan suspendidas en los andamios submarinos de tubería. Periódicamente se llevarán a cabo operaciones de limpieza y mantenimiento, así como muestreos de control con el objeto de monitorear el desarrollo de los organismos. Es con tal propósito que se utilizarán los « long-line » o líneas « de espera » instalados dentro de Bahía El Merito, y una balsa-laboratorio flotante.

Generalmente, la mortalidad durante esta etapa se mantiene a niveles bajos (Monteforte et al. 1994). Si se disponen de condiciones ideales de trabajo y se implementa una secuencia periódica de limpieza y monitoreo adecuados, es altamente factible registrar mortalidad mensual de cero, frecuentemente. La mortalidad acumulada máxima que se ha registrado a nivel experimental en esta etapa es 10-12% (previo a las operaciones de inducción perlera, en Ostras de edad hasta 18 meses) ; en condiciones de trabajo adecuadas, los registros de mortalidad acumulada durante la etapa de cultivo tardío raramente han sobrepasado 5%.

La etapa de **perlicultura** se inicia con Ostras de aproximadamente 14 a 18 meses de edad, una vez que éstas han pasado por una o más etapas reproductivas. Gracias a las características biológicas de las dos especies con las que trabajamos, las cuales muestran amplios desfases temporales en su ciclo de reproducción, es posible iniciar las operaciones de perlicultivo en dos sesiones diferentes : entre Octubre y Diciembre para Madreperla, y entre Marzo y Mayo para Concha Nácar (Monteforte et al. 1994)

Las Ostras que serán sometidas a las operaciones de inducción perlera son cuidadosamente seleccionadas a partir de ciertos criterios específicos. Después de que las conchas son escrupulosamente limpiadas de epibiosis, se llevarán al Quirófano de Perlicultivo que se ubica en el Centro de Operaciones de San Juan Nepomuceno. Aquí se lleva a cabo la preparación de donadores y receptores, la implantación e inserción de núcleos, y un corto período de convalecencia. El proceso completo dura aproximadamente una semana por lote, cuyo volumen es función de la dimensión del proyecto, de la capacidad de infraestructura disponible, y del número de operarios perlicultores. Idealmente, cada técnico perlicultor especializado puede trabajar entre 300 y 400 Ostras diarias : un grupo de 6 técnicos perlicultores aportaría entre 1800 y 2400 Ostras operadas diariamente.

La operación de inducción perlera requiere de condiciones de quirófano relativamente estrictas : la higiene y asepsia en el ambiente de trabajo, y un mínimo control en la calidad y temperatura del agua, son determinantes en gran proporción del porcentaje de éxito en la cosecha de perlas. No se utiliza ningún tipo de sustancia química ni alimento artificial durante esta etapa.

Una vez que las Ostras han recibido sus respectivos núcleos (3 medias esferas de 13.5 a 14 mm para Mabé, o un núcleo esférico de 7-8 mm para Perla Libre, o 2-3 piezas de tejido para perla tipo Keshi, en cada individuo) y han pasado el período de convalecencia, los organismos viables son regresados a las estaciones marinas donde transcurrirá el proceso de formación de perlas ; se requieren entre 16 y 18 meses para la formación de Mabé de alta calidad, y entre 22 y 24 meses para Perla Libre y Keshi. A partir del 4o. o 5o. mes posterior a la cirugía, es necesario establecer un programa de monitoreo mensual o bimensual con objeto de separar las Ostras muertas y a aquellas que hayan

rechazado los núcleos, en el caso de operaciones de Perla Libre (en estas últimas es posible proceder a una segunda operación), así como monitorear en el resto, el proceso de formación de perlas por medio de radiografías o scanners similares a los que se utilizan en los aeropuertos.

La tasa de mortalidad post-cirugía es función principalmente del tipo de operación que fue aplicada en las Ostras, pero también de las condiciones de trabajo bajo las cuales se realizaron las inducciones. La tasa de mortalidad registrada en Ostras implantadas bajo técnica de Mabé es similar a la que se detecta en la etapa de cultivo, es decir, muy baja y con frecuentes ceros mensuales. Hasta el momento, no se han visto diferencias significativas de mortalidad entre las Ostras tratadas con implante de Mabé y las no tratadas (Monteforte et al. 1994).

Por el contrario, en la cirugía de Keshi y Perla Libre los resultados obtenidos a la fecha son aun modestos, debido a la falta de infraestructura adecuada en campo que ocasiona una total falta de control en la calidad del agua y del ambiente de trabajo. En sí, las técnicas de injerto son materia ya bastante dominada por los técnicos del Grupo Ostras Perleras y pueden ser materia de entrenamiento a otros técnicos. Suponemos que bajo condiciones adecuadas, se obtendrán rápida y fácilmente los resultados esperados en este tipo de producto. En las granjas perleras actualmente en producción se considera aceptable una mortalidad acumulada post-cirugía (perla libre y keshi) del 35%, un rechazo de injertos del 30%, y una incidencia de perlas del 35% (Salomon y Roudnitska 1986 ; Goebel y Dirlam 1989 ; Coeroli 1983, 1994 ; Monteforte 1996). Estas cifras pueden ser mejoradas cuando se dispone de infraestructura adecuada.

Al llegar el momento adecuado de cosecha, las Ostras se recuperan de las áreas de producción y se transfieren al Quirófano de Perlicultura situado en el Centro de Operaciones. Aquí se procede a la recuperación de las perlas : las Ostras que tienen perla libre y Keshi no se sacrifican ; la pieza puede ser extraída con el mismo tipo de operación que se aplicó en la inserción, y es posible realizar un segundo ciclo de injerto, esta vez con núcleos de mayor tamaño.

En la cosecha de Mabé es a veces necesario sacrificar la Ostra ; no obstante, estamos en proceso de adaptar instrumentos especiales para poder « sacar » el corte de la Mabé sin sacrificar a la Ostra. En la mayoría de los casos esta operación es posible, dependiendo de la posición de las piezas en la cara interna de la concha. Las Ostras Perleras tienen gran capacidad de regeneración de la concha, de manera que el orificio se cicatriza con bastante rapidez sin afectar en forma especial las funciones normales del organismo. En un período no mayor de 1 año, sería posible realizar un segundo implante de Mabé en las Ostras sobrevivientes.

El proceso de cosecha de perlas se lleva a cabo en Ostras mayores de 3 años de edad que ya han tenido varias reproducciones. Además, esta operación se aplica después de la época reproductiva de

cada especie, con objeto de asegurarse que los organismos ya contribuyeron con su aporte larvario al medio, en caso que sucedan mortalidades al momento de las operación de cosecha.

En el **repoblamiento** se utilizan individuos cultivados entre 10 y 12 meses de edad. Las células de repoblamiento se construyen con piedra laja y rajuela, o utilizando rocas *in situ*, sobre las cuales se siembran los individuos protegiéndolos con una jaula de malla plástica rígida. Esta se retira al cabo de cierto tiempo (entre 4 y 6 meses).

Desde el inicio de las actividades de investigación, las áreas de repoblamiento han coincidido con las estaciones de colecta y las áreas de cultivo establecidas hasta la fecha. Sin embargo, las acciones de repoblamiento masivo que se contemplan ejercer durante la futura actividad productiva del proyecto, se concentrarán preferentemente en la costa rocosa al sur de Punta Diablo y en el interior de Bahía El Merito.

Superficie destinada a cada fase y densidades que se manejarán

El área de producción del presente proyecto se divide en tres secciones (Fig. 2) :

1. la primera corresponde al Centro de Operaciones, el cual se ubica en la Zona Federal Marítimo-terrestre de la costa norte exterior de Isla San Juan Nepomuceno, Bahía de La Paz ;
2. la segunda es el área marina donde se encontraría una o varias Unidades de Producción. Esta área es el cuerpo de agua de Bahía El Merito (pregorda, cultivo tardío y perlicultivo) ;
3. la tercera corresponde a las zonas de colecta y las de repoblamiento. Esta es la franja costera comprendida entre Punta Diablo al norte y Punta Colorada al sur (estaciones de colecta y áreas de repoblamiento, estas últimas concentradas en las laderas rocosas entre Punta Diablo, la entrada de Bahía El Merito y el interior de la misma). En un futuro, otras estaciones de colecta pueden establecerse en Isla Espíritu Santo y al noroeste de Bahía de La Paz.

Es importante señalar que la elección de los sitios antes mencionados se basa en los resultados de exhaustivas prospecciones, monitoreo ambiental y ensayos experimentales que se han realizado en el marco del proyecto de investigación del Grupo Ostras Perleras.

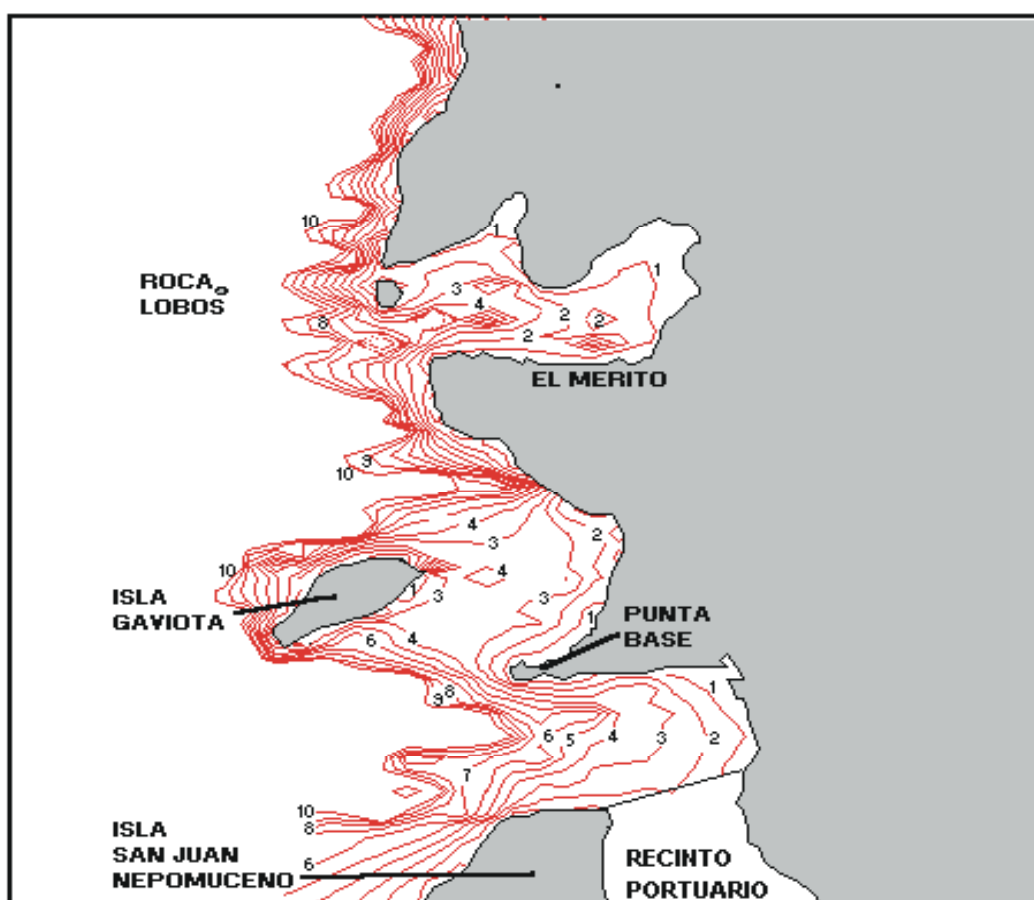


FIGURA 2. MAPA BATIMETRICO DE LA ZONA DE TRABAJO Y UBICACION DE LAS AREAS ESPECIFICAS EN EL SURESTE DE BAHÍA DE LA PAZ.

Centro de Operaciones :

En la Zona Federal Marítimo-terrestre de San Juan Nepomuceno, el Centro de Operaciones de Campo ocuparía un total aproximado de 1,300 a 1,500m² (65 m de largo en línea costera y 20 m de ancho de la Zona Federal, más aproximadamente 10 a 15 m de ancho adicionales en terreno ganado al mar). A reserva de definirlo más precisamente en acuerdo con especialistas en ingeniería y arquitectura, este Centro de Operaciones se compone de los siguientes elementos :

Módulo A : Area de operación en tierra firme, Zona Federal. Una planta, piloteada con base sobre el Módulo B, de aproximadamente 50 m x 15 m, compuesta de las siguientes secciones :

a) Area cubierta, primera planta. Algunas sub-áreas con servicio de A/C, electricidad y agua dulce.

Aquí se ubican :

- Laboratorio seco de usos múltiples (A/C, electricidad, agua)
- Taller de manufactura (sistemas de colecta, jaulas de cultivo, etc.) (A/C, electricidad).
- Taller para trabajo rudo (soldadura, trabajos sencillos en fibra de vidrio) (electricidad, agua, ventilación)
- Almacén de equipo fino (electricidad).
- Almacén para materiales de artes de colecta y cultivo (electricidad).
- Almacén de maquinaria, equipos marinos y herramienta (electricidad)

b) Area cubierta-exterior. Servicios : electricidad, agua dulce, agua de mar. En esta área se encuentran :

- Cuarto de filtración y U.V. (electricidad, agua de mar).
- Cuarto de destilación opcional (ósmosis inversa o desalinador) (electricidad, agua de mar).
- Cuarto de energía eléctrica (electricidad).
- Area para llenado de tanques de buceo (electricidad, agua de mar).
- Sanitarios generales con regadera (Damas y Caballeros) (electricidad, agua dulce).

c) Area Exterior, con servicio de electricidad y energía solar para luminarias. Esta área se compone de lo siguiente :

- Cisterna elevada de agua dulce (10,000 L)
- Cisterna elevada para 40,000 L de agua de mar con sistema de sedimentación y prefiltrado.
- Tanque de 1,000 L para recepción y distribución de combustible a las embarcaciones y motobombas.
- Patio de maniobras
- Planta generadora (opcional, para emergencia).
- Subestación eléctrica.
- Caseta de vigilancia.
- Area de motobombas fijas (agua dulce y marina). La motobomba de agua dulce se conecta con la cisterna de agua dulce, y la de agua de mar con la correspondiente.

- Area de concentración de basura.
- Fosa séptica general.

Módulo B : Area de trabajo en terreno ganado al mar (terraplén rellendado o piloteado de 65 m x 10-12 m, hasta encontrar la cota de 2 m de profundidad en marea baja) con servicio de A/C, electricidad, agua dulce y agua de mar. Los elementos que componen este Módulo son :

a) Quirófano de Perlicultivos (con todos los servicios) dotado de sistemas de filtración de agua y esterilización U.V., compuesto de :

- Area de preparación de donadores y receptores.
- Quirófano y laboratorio húmedo.
- Area de convalecencia de receptores.

b) Area techada semi-abierta (electricidad, agua dulce y agua de mar) para recepción de colectores, cosecha de semilla y formación de lotes de prengorda.

c) Area para maniobras de recepción y carga (electricidad y agua de mar). Se trata de una superficie libre entre las tinas de desgrane y el borde de la plataforma de trabajo, donde se llevarían a cabo diferentes tipos de maniobra tierra-mar, tales como carga y descarga de material y equipo desde las lanchas.

d) Rampa de seguridad para embaraciones (luminarias). Es una rampa paralela a la plataforma de trabajo donde será posible subir al menos dos embaraciones, ya sea para reparaciones urgentes y/o refugio en caso de mal tiempo.

Módulo C : Area técnica en tierra firme, segunda planta sobre el Módulo A (con las mismas medidas), Zona Federal, con todos los servicios (A/C, electricidad, agua dulce, teléfono). Aquí se encuentran :

- Area de Dirección y Administración.
- Cubículos dobles para personal técnico de planta.
- Area para trabajo de grupo.
- Cuarto de radio-comunicaciones (VHF marino y CB)
- Sanitarios.

Módulo D : Acceso a instalaciones y estacionamiento, Zona Federal. Servicio de electricidad para luminarias, teléfono, radio y agua dulce para la caseta de vigilancia. Compuesto de :

- Plataforma de acceso al Módulo B (montacargas).
- Estacionamiento, en el área arriba de la plataforma de trabajo, sobre la parte plana del terreno aledaño a la carretera (del lado costero), con espacio suficiente para un camión mediano de redilas y 5 o 6 autos.
- Caseta de control y vigilancia con sanitario (electricidad, agua dulce, teléfono).

Area de Producción :

En el cuerpo de agua de Bahía El Merito (Fig. 2) se cuenta con una superficie viable de aproximadamente 180-200 Ha en la parte central, con una profundidad promedio de 15 m a 18 m. Se plantea la instalación de las siguientes estructuras :

- Unidades de Producción, que consisten en :
 - + estructura cuadrangular flotante (6 x 5 m) con capacidad para suspender artes de cultivo conteniendo hasta 200 mil Ostras, en diferentes etapas de prengorda y cultivo.
 - + 2-3 « long-line » de 100 m de longitud para cultivo en suspensión y transferencias (también llamadas « líneas de espera »). Estas estructuras se utilizan básicamente durante las operaciones de perlicultivo (preparación, convalecencia y monitoreo de la formación de perlas), así como en algunas operaciones de limpieza, mantenimiento, seguimiento de experimentos específicos y evaluación general (crecimiento, mortalidad, composición y secuencia de « fouling », etc.).
 - + andamios submarinos de 36 m² (instalados entre 10 y 15 m de profundidad) de tubería galvanizada, distribuidos en « La Cueva » y « La Nopalera », para recibir Ostras adultas en proceso de cultivo tardío y de formación perlera.
- Balsa-laboratorio flotante para vigilancia y trabajo de campo, de fibra de vidrio, techada con caseta (6 x 5 m), provista de celdas solares y/o generador portátil, desalinador para agua potable (opcional), facilidades habitacionales elementales y sanitario químico, anclada al fondo por medio de cadena y lastres de concreto de 300 Kg como mínimo. 2 vigilantes a turnos de 24 Hrs. para control de las Unidades de Producción en El Merito. Algunas actividades de monitoreo y de perlicultivo se llevarán a cabo sobre esta estructura.
- La zona viable a la **colecta de semilla** en Bahía de La Paz es relativamente extensa. Hasta la fecha, se ha monitoreado la colecta de Ostras Perleras en más de 58 sitios, de los cuales 40 han dado resultados ampliamente positivos. Inicialmente, la zona de colecta de semilla se delimita entre Punta Diablo y Punta Colorada, incluyendo el interior de las bahías Falsa y El Merito. La ubicación y estructura de las estaciones ha sido cuidadosamente evaluada con base en el seguimiento de la

incidencia de semilla en diferentes tipos de colectores durante 9 años. Se instalarán 25 a 30 « long-line » de 150 m de longitud distribuidos paralelamente a la costa en 12 sitios o estaciones, entre 8 y 15 m de profundidad, y a una distancia máxima de 30-35 m a partir de la costa. En estos sistemas se colocarán las células de colecta (bolsas de malla de 1 m² rellenas de materiales sintéticos, distribuidas en líneas verticales hasta 10 m de profundidad, dependiendo del sitio). La selección de los sitios de colecta, así como la distribución y la estructura de los sistemas colectores no representan obstáculos para la navegación, además de que tendrán boyas visibles para señalamiento, tanto diurno como nocturno. En un futuro se podrá extender dicha actividad hacia la costa sud y nor-occidental de Bahía de La Paz y la cara occidental de Isla Espíritu Santo.

- Las zonas de **re poblamiento**, desde el inicio de las actividades de investigación, han coincidido espacialmente con las estaciones de colecta y las áreas de cultivo establecidas hasta la fecha. Sin embargo, las acciones de repoblamiento masivo que se contemplan ejercer durante la futura actividad productiva del proyecto, se concentrarán preferentemente en la costa rocosa al sur de Punta Diablo y en el interior de Bahía El Merito. Las células de repoblamiento se construyen con piedra laja y rajuela, o utilizando rocas *in situ*, sobre las cuales se siembran los individuos protegiéndolos con una jaula de malla plástica rígida. Esta se retira al cabo de cierto tiempo (entre 4 y 6 meses, cuando las Ostras se encuentran sólidamente fijadas y la concha ha alcanzado dureza adecuada).

Tecnología

Alimento : tipo, cantidades y frecuencia de alimentación para cada etapa de desarrollo

Dadas las características del cultivo, de tipo extensivo, no se requiere producción de alimento en ninguna de las etapas. El alimento lo toman las Ostras directamente del material en suspensión en el medio a través de sus funciones normales de filtración. En el evento de que se implemente producción de semilla en laboratorio, se utilizarán microalgas específicas.

Fertilizantes : tipo, cantidades y frecuencia de aplicación por fase de cultivo.

No se utiliza fertilizante en ninguna de las etapas de cultivo.

Control sanitario : medidas profilácticas (agentes, cantidades y manejo).

El propósito primordial de cultivar Ostras Perleras es la producción de perlas. Por lo anterior, no es necesario un control sanitario tan estricto como el que se le daría a especies comestibles.

El control sanitario y profiláctico se lleva a cabo únicamente en el Quirófano de Perlicultivo y se reduce al tratamiento que se da al agua marina y a las Ostras durante la preparación de donadores y receptores, las operaciones de inserción e implantación de núcleos, y la convalecencia de los

organismos trabajados. El agua de mar que llega al Quirófano pasará por un tratamiento previo de filtración por medio de una cámara de pre-sedimentación, filtros de arena, y esterilización con lámparas U.V., tanto durante la fase de preparación de las Ostras Perleras, como en el proceso de cirugía y la posterior convalecencia.

En cuanto al tratamiento de los organismos previo a su introducción al Quirófano, se trata en este caso de una limpieza a mano con cepillos de cerda dura y agua de mar a presión, para desprender todo tipo de epibiontes. No se utiliza ningún tipo de sustancia química o antibióticos.

En el caso que se instale un laboratorio de producción de semilla, el control de agua se llevará a cabo igualmente por sistemas de filtración y esterilización U.V.

Programa de control genético.

Es difícil predecir el momento y el límite del volumen en cultivo a partir de los cuales la diversidad genética de las poblaciones naturales y de cultivo empiece a verse afectada, tanto más cuanto que Bahía de La Paz es un cuerpo de agua abierto y sometido a activa dinámica de corrientes. Esto permite la renovación de las poblaciones locales mediante el aporte larvario proveniente de poblaciones más alejadas. En efecto, a partir de los estudios de dinámica de corrientes realizados Bahía de La Paz por instituciones como CICIMAR, UABCS y CIBNOR, y las prospecciones de bancos perleros que ha efectuado el Grupo Ostras Perleras del CIBNOR, suponemos que un importante componente de aporte larvario proviene de la costa al norte de Bahía de La Paz cuyo límite en distancia podría acercarse a la Bahía de Loreto. El aporte de las poblaciones del exterior (Isla Cerralvo y costa al sur de Bahía de La Paz : Las Cruces, Cachimba, etc.) parece ser poco importante debido al patrón de corrientes dominantes que impera en Bahía de La Paz. No obstante, bajo condiciones especiales, es posible que una buena parte de los juveniles reclutados en Bahía de La Paz provenga de la zona exterior mencionada.

Generalmente, las alteraciones genéticas de los stocks en cultivo y de las poblaciones locales sobrevienen en producciones masivas a largo plazo, y en especial cuando la mayor parte o todo el suministro de semilla proviene de laboratorio. Otra condición que puede provocar alteraciones genéticas es el hecho de que los cultivos se lleven a cabo en cuerpos de agua cerrados.

En este contexto, podemos citar el caso de Polinesia Francesa : A fines de los 80's, los stocks en cultivo de *Pinctada margaritifera* var. *cumingi* empezaron a mostrar alteraciones en el manto y la concha, poca resistencia a infecciones y debilitamiento general. Estos problemas se detectaron principalmente en atolones cerrados y semi-cerrados donde existían cultivos de alto volumen (Takapoto, Hikueru, Marutea, Manihi, etc.). Se comprobó que una de las causas de estos problemas era el decremento en la diversidad genética, provocada por el entrecruzamiento masivo y durante largo

tiempo de una sola población. El reciente caso que se detectó en Japón en los stocks de *Pinctada martensi* tiene un origen similar al de Polinesia Francesa

En Bahía de La Paz es poco probable que se suscitara un problema similar debido a la ancha apertura del cuerpo de agua y el aporte de corrientes. No obstante, se preveen varias actividades preventivas, como diversificar espacialmente las estaciones de colecta y trasplantar organismos salvajes desde poblaciones alejadas (previo control estricto de cuarentena).

En caso que se inicien trabajos de producción de semilla en laboratorio a nivel masivo, los reproductores no se tomarán de los stocks de cultivo ni de las poblaciones locales sino de sitios alejados del área de producción. Ciertas precauciones deberán ser tomadas en cuenta, por ejemplo, implementar estrictas cuarentenas con objeto de detectar algún tipo de parásito o agente patógeno que pudiera ser introducido a la localidad, y determinar las distancias genéticas entre las diferentes poblaciones de Ostras Perleras en la costa oriental de Baja California Sur.

El caso de *Pteria sterna* es especialmente relevante en el contexto anterior, ya que ha habido algunas iniciativas de transportar reproductores dentro del Golfo de California y desde Bahía Magdalena. Existen evidencias que nos permiten suponer que las poblaciones de *P. sterna* del norte y del sur del Golfo de California, así como las que existen en la costa del Pacífico, podrían ser diferentes unas de otras (se habla de posibles variedades y/o sub-especies). Por lo mismo, es necesario establecer en definitiva si existen diferencias genéticas entre las poblaciones, y a partir de los resultados, integrar o no programas de transferencia que contemplen estancias de cuarentena. Los trabajos de investigación sobre esta materia se encuentran en curso en el marco un proyecto de cooperación internacional ECOS-ANUIES establecido en 1995 entre el Grupo Ostras Perleras del CIBNOR y el Laboratorio de Zoogeografía Genética de la Universidad Paul Valéry, Montpellier, Francia (Bonhomme et al. 1997).

Agua : análisis de calidad y características físico-químicas ; estimación del volumen total de gasto de agua ; suministro y tratamiento de aguas de desecho.

En la Tabla 1 se apuntan los valores promedio de algunos parámetros oceanográficos registrados en Bahía de La Paz.

Tabla 1 : Valores promedio de algunos parámetros oceanográficos registrados en las áreas de trabajo (1990-1996) en el marco del proyecto institucional Ostras Perleras del CIBNOR.

VALORES	TEMP. °C	SAL. ‰	OX. mg/l	pH	NO ₃ (mg/l)	TRANSP. (m)
MAXIMO	29.5	36.5	8.8	8.1	8.3	8.5
MINIMO	19.0	35	7.6	8	5.2	3

En términos generales, los parámetros oceanográficos de Bahía de La Paz se encuentran dentro de los límites óptimos para el crecimiento y supervivencia de las Ostras Perleras locales. Se trata de un medio relativamente estable cuyas variaciones rara vez depasan los umbrales fisiológicos de estas especies, y aun cuando un evento así sucediera (marea roja, fenómeno de « El Niño », accidente contaminante a gran escala), hay formas para prevenirlo y tomar providencias.

Adicionalmente, en el curso de los trabajos de investigación, se han monitoreado otros elementos que influyen en el crecimiento de la concha y la depositación de nácar. Estos elementos son : Calcio (en forma de Carbonato disuelto), Sílice (en forma de Silicato disuelto), Potasio (en forma de ion K libre) y Magnesio (ion Mg libre). La presencia y concentración de estos elementos es determinante para el endurecimiento de la concha y la formación de perlas de alta calidad. En este contexto, hemos encontrado variaciones espaciales y temporales relativamente importantes que tienen relación con el tipo de fondo, la presencia de corales, algas calcáreas y rodolitos, y la dinámica de las corrientes locales. Un buen número de sitios protegidos en Bahía de La Paz (como Bahía El Merito) muestran concentraciones significativamente mayores de estos compuestos que en zonas abiertas, lo cual los convierte en áreas altamente propicias para la perlicultura.

En cuanto al gasto de agua, para el suministro de **agua dulce**, éste se restringe al Centro de Operaciones. Se contará con una cisterna elevada de 10,000 Litros que se llenará por medio de camión-cisterna desde el camino de acceso y con motobomba fija a diesel, gasolina o eléctrica se subirá el agua a dicha cisterna. La secuencia temporal de llenado depende de los períodos de actividad en el año y el número de personas que intervengan. La cisterna tendrá conexión con los servicios sanitarios. Se procederá al llenado cuando dicha cisterna se halla vaciado en $\frac{3}{4}$. En períodos normales de trabajo, estimamos que un llenado cada 45 días podría ser suficiente ; en períodos de máxima actividad, probablemente sea necesario un llenado mensual. Eventualmente, se procurará establecer conexión con la red de agua municipal.

El **agua potable** para uso de personal en las áreas cubiertas de trabajo (oficinas y talleres) y la que se requiera en las áreas de producción, provendrá de garrafones de agua purificada. No se preveen posibilidades de requerimientos excepcionales de agua potable, ya que el mismo tipo de actividad del proyecto no lo necesita.

El **agua de mar** para uso rutinario en el Centro de Operaciones proviene de Bahía de La Paz, frente a las instalaciones en Zona Federal. La toma de agua se llevará a cabo durante los trabajos de cosecha de semilla, limpieza de artes de cultivo y enjuagado de materiales, mediante motobombas portátiles a diesel o gasolina. Para los requerimientos de permanencia de organismos durante las

operaciones de perlicultura se contará con un sistema de filtración y U.V. en el Quirófano de Perlicultivos. Se construirá una cisterna elevada de 50,000 Litros (contigua a la cisterna de agua dulce) con un módulo de prefiltrado y sedimentación entre dicha cisterna y el Quirófano. El agua de mar se subirá con motobomba fija a diesel, gasolina o eléctrica a partir de una toma de agua de fondo colocada en dirección de la corriente dominante hacia la Ciudad de La Paz, aproximadamente a 25-30 m de distancia oblicuos a la costa. El gasto de agua en dicha cisterna es muy variable dependiendo de la carga operativa : durante las operaciones de inducción perlera, es posible que se requiera de un llenado quincenal o semanal. El gasto sería mayor durante las operaciones de producción de semilla en laboratorio.

El agua de mar que se utiliza en las etapas de colecta de semilla, cultivo y formación perlífera proviene del mismo sitio donde se coloquen las estructuras flotantes. No se requieren obras de toma y descarga, producción de microalgas o utilización de alimentos preparados.

Tratamiento de los desechos :

Las operaciones de colecta y cosecha de semilla prácticamente no producen desechos. Además, dado que los colectores se construyen con materiales sintéticos de vida relativamente larga, éstos pueden reciclarse varias veces. Este material se aprovecha para rehacer colectores y bolsas, como sustrato de fijación o para realizar reparaciones y amarres. Prácticamente no hay desperdicio de material.

Por otro lado, durante las mismas operaciones de cosecha y lavado de los colectores, se recupera una buena cantidad de materia orgánica originaria de las especies asociadas a las Ostras Perleras. Estas especies asociadas están representadas por organismos generalmente de talla pequeña (menores de 15 mm). Los grupos faunísticos mayoritarios son : Porifera, Hydrozoa, Polychaeta, Crustacea, Bryozoa y Ascidacea (Monteforte y García 1994 ; Monteforte y Wright 1994 ; Wright 1997). No hemos efectuado un cálculo definitivo, pero estimamos que de cada colector podría recuperarse entre 200 y 300 g de este material. Durante la operación productiva, después de cada ciclo de cosecha, fácilmente se contaría con más de 350 Kg anualmente de material orgánico el cual muy bien puede servir como fertilizante de alto contenido mineral y nutritivo. Dicho material parece ser particularmente favorable a los cítricos y plantas de interior, cosa que éste autor ha podido comprobar personalmente en su jardín particular.

No obstante, se prevee construir una canaleta recolectora en todo el perímetro de la plataforma de trabajo, con objeto de poder recoger los materiales particulados que se desprendan durante cualquier operación de lavado.

Al igual que en la etapa de colecta y cosecha de semilla, las artes de cultivo representan un sustrato susceptible de ser colonizado por otras especies. Sin embargo, debido a su estructura y la superficie total disponible para fijación, la riqueza faunística y diversidad específica son mucho menores que en el caso de los colectores de semilla. Por otra parte, dado el tipo de operación para la limpieza de las artes de cultivo, para lo cual raramente se transportarán a tierra, no creemos que sea rentable intentar recuperar el material orgánico producto de esta operación. En este caso, la limpieza se llevaría a cabo directamente en las plataformas flotantes, por medio de motobombas a presión para separar organismos incrustantes, y a mano para retirar cangrejos y otras macroespecies.

El material particulado producido por estas operaciones de limpieza se recuperará en canaletas construidas en todo el perímetro de la plataforma flotante. Lo poco que pueda caer al mar es fácilmente absorbido por el ecosistema gracias al bajo volumen, su rápida degradación y/o su aprovechamiento por los organismos sedimentívoros y carroñeros del fondo. No obstante, cabe mencionar que algunos de los organismos que frecuentemente aparecen dentro de las artes de cultivo podrían ser interesantes candidatos como especies de ornato en acuarios particulares, como es el caso de los bellos cangrejos *Stenorhynchus* y otros vistosos pececillos, quienes pueden alcanzar precios de venta dignos de tomarse en cuenta.

La fauna asociada a las jaulas de perlicultura y su posible aprovechamiento es el mismo que se mencionó en el caso de la etapa de cultivo.

En la etapa de inducción perlera (la cual se lleva a cabo en el Centro de Operaciones), los procesos de preparación, implantación y convalecencia no producen desechos ni contaminantes ya que las sustancias químicas que se utilizan como anestesia son volátiles y la cantidad es mínima. El agua « sobrante » de estos procesos se regresará al mar, sobre la cara occidental de San Juan Nepomuceno por medio de un desagüe de tubería PVC, tomando en cuenta además que esta agua ha pasado por tratamiento previo de filtrado y U.V.

En cuanto a los desechos de agua de sanitarios, se dispondrán en fosas sépticas y/o depósitos de sedimentación química. Periódicamente se llevarán a cabo bombeos de limpieza y/o renovación de los depósitos, mismos que se depositarán en los sitios destinados por el Municipio para tal propósito. Eventualmente, se intentaría buscar una conexión con la red local de desagüe.

Técnicas y equipo para la operaciones de cosecha

A continuación exponemos en grandes líneas las actividades generales de cultivo que se llevarían a cabo en cada generación de Ostras Perleras. En la Figura 1 se mostró un Diagrama de Flujo de dicha secuencia operativa general, y a continuación se describe brevemente cada secuencia :

a) Secuencia operativa de la colecta y cosecha de semilla :

1. MONITOREO MENSUAL DE INDICADORES BIOLOGICOS Y OCEANOGRAFICOS QUE DEFINEN EL MOMENTO ADECUADO PARA INICIAR LA COLECTA
2. COLOCACION DE SISTEMAS COLECTORES EN LAS ESTACIONES SELECCIONADAS
3. DESPUES DE APROXIMADAMENTE 2 MESES DE INMERSION, RECUPERACION DE COLECTORES EN LAS ESTACIONES DE COLECTA
4. TRANSPORTE DE LAS BOLSAS AL CENTRO DE OPERACIONES Y COLOCACION DE LAS MISMAS EN « LINEAS DE ESPERA » FRENTE A LA PLATAFORMA DE TRABAJO.
5. SUBIDA POR LOTES DE BOLSAS A LAS TINAS DE DESGRANE
6. APERTURA DE LAS BOLSAS Y DESGRANE MANUAL CON MOTOMBA A PRESION
7. TAMIZADO DEL AGUA CONTENIDA EN LAS TINAS
8. RECUPERACION Y LAVADO DE LA SEMILLA DE OSTRAS PERLERAS
9. CONFORMACION DE GRUPOS DE SEMILLA EN BOLSAS DE MALLA MOSQUITERO Y COLOCACION DE LOTES DE PRENGORDA EN MODULOS DE CANASTAS NESTIER.

b) Secuencia operativa de la prengorda :

1. TRANSPORTE DE LOS MODULOS DE PRENGORDA A LAS AREAS DE PRODUCCION (BAHIA EL MERITO)
2. COLOCACION DE LOS MODULOS EN LAS ESTRUCTURAS SUBMARINAS
3. OPERACIONES PERIODICAS DE MONITOREO, MANTENIMIENTO Y CLAREO EN LA Balsa FLOTANTE
4. AL CABO DE 4-6 MESES, TRASLADO DE LOS JUVENILES AL CENTRO DE OPERACIONES PARA LA CONFORMACION DE LOS LOTES DE CULTIVO TARDIO

c) Secuencia operativa del cultivo tardío :

1. EN EL CENTRO DE OPERACIONES, SEPARACION, LIMPIEZA Y COLOCACION DE LOS JUVENILES EN JAULAS DE CULTIVO (JAULAS TIPO RIEL O REDES DE BOLSAS INDIVIDUALES)
2. TRANSPORTE DE LOS MODULOS DE CULTIVO A LAS AREAS DE PRODUCCION
3. COLOCACION DE LOS MODULOS DE CULTIVO EN LAS ESTRUCTURAS SUBMARINAS
4. OPERACIONES PERIODICAS DE MONITOREO, MANTENIMIENTO Y CLAREO EN LA Balsa FLOTANTE
5. AL CABO DE 8-10 MESES, PRIMERA SELECCION Y TRASLADO DE LOS MODULOS AL CENTRO DE OPERACIONES PARA LA CONFORMACION DE LAS CELULAS DE REPOBLAMIENTO
6. AL CABO DE 12-14 MESES, SEGUNDA SELECCION Y TRASLADO DE LOS MODULOS AL CENTRO DE OPERACIONES PARA PROCEDER A LA INDUCCION PERLERA.

d) Secuencia operativa del repoblamiento :

1. ARMADO Y COLOCACION DE LAS CELULAS DE REPOBLAMIENTO EN LOS SITIOS SELECCIONADOS PARA TAL PROPOSITO
2. SIEMBRA DE ORGANISMOS Y MONITOREO PERIODICO
3. AL CABO DE 4-6 MESES, RETIRO DE LAS CUBIERTAS DE PROTECCION EN LAS CELULAS DE REPOBLAMIENTO
4. MONITOREO PERIODICO

e) Secuencia operativa de la inducción a la formación de perlas (por lotes) :

1. RECEPCION DE LOS LOTES EN EL CENTRO DE OPERACIONES

2. LIMPIEZA CUIDADOSA DE LAS OSTRAS QUE SERAN OPERADAS
3. TRASLADO DE LOS INDIVIDUOS AL QUIROFANO DE PERLICULTIVO
4. PERIODO DE ADAPTACION
5. PERIODO DE PREPARACION (SELECCION DE DONADORES Y RECEPTORES)
6. PERIODO DE INJERTO E IMPLANTACION DE NUCLEOS
7. PERIODO DE CONVALESCENCIA
8. SELECCION DE LAS OSTRAS QUE SERAN RETORNADAS A LAS AREAS MARINAS
9. SELECCION DE LAS OSTRAS QUE SERAN OPERADAS UNA SEGUNDA VEZ
10. CONFORMACION DE LOS LOTES DE PERLICULTIVO EN REDES PERLERAS
11. RETORNO Y COLOCACION DE LAS REDES EN ESTRUCTURAS SUBMARINAS
12. MONITOREO BIMENSUAL, MANTENIMIENTO, Y SELECCION DE OSTRAS A OPERAR POR SEGUNDA VEZ (PERLA LIBRE, EN CASO DE RECHAZO DE NUCLEOS).
13. AL CABO DE 18-20 MESES (MABÉ), O 22-26 MESES (KESHI Y PERLA LIBRE), RECUPERACION DE LOS LOTES PARA PROCEDER A LA COSECHA DE PERLAS EN EL CENTRO DE OPERACIONES

Características del sitio donde se ubicará la unidad acuícola

Descripción

Proposición de los sitios más adecuados para la ubicación del proyecto

Como se señaló en el apartado 4.2.3, el proyecto de Cultivo de Ostras Perleras se ubica en dos secciones : una costera en Zona Federal Marítimo-terrestre, y una marina en el cuerpo de agua de Bahía El Merito y áreas aledañas (Fig. 2).

El sitio donde se instalará el **Centro de Operaciones** se localiza en el extremo nor-noroeste de la costa exterior de Isla San Juan Nepomuceno (Fig. 2). Si bien el levantamiento topográfico elaborado para este sitio arroja un área total de 4,000 m² (200 m de frente costero por 20 m de Zona Federal), las instalaciones en tierra ocuparán una superficie aproximada de 1,300 a 1,500 m², con un frente de costa de 65-70 m de longitud, sobre los 20 m de ancho reglamentarios de Zona Federal. Adicionalmente, se alargará una plataforma piloteada o rellena en terreno ganado al mar, hasta encontrar la cota de 1.5 a 1.8 m de profundidad en marea baja. De acuerdo a las mediciones batimétricas del sitio, esta plataforma tendría una anchura máxima de 15-16 m perpendiculares a la costa.

Esta área colinda al oriente con un espigón de roca y concreto de aproximadamente 28 m de ancho, que se adentra en 53 m de largo orientados al norte, sobre la Bahía Pichilingue. Dicho espigón constituye la toma de agua de una antigua planta desalinadora, actualmente abandonada. Hacia el sur se encuentra la carretera pavimentada de acceso al Puerto de Altura de Pichilingue y la Zona Industrial de Isla San Juan Nepomuceno, y hacia el occidente, los terrenos gubernamentales de Isla San Juan Nepomuceno.

El acceso a este sitio es ampliamente practicable, ya que existe una carretera pavimentada desde La Paz hasta el Puerto de Altura. El acceso a la plataforma de trabajo proyectada en la parte baja de la costa se llevará a cabo por medio de la construcción de un montacargas, ya que no habrá necesidad de descender con vehículos.

El **área de producción** la hemos dividido en dos sectores (Fig. 2) :

1. El primero constituye el área de influencia de colecta, la cual se encuentra identificada entre Punta Diablo al norte y Punta Colorada al sur, incluyendo la cara occidental de Isla Gaviota y el interior de las Bahías Falsa y Merito. Se trata de una banda costera no mayor de 50 m de ancho donde se instalarán puntualmente las estructuras flotantes para colecta de semilla.
2. El segundo es el área de cultivo propiamente dicha. Esta se ubica en el interior de Bahía El Merito sobre una superficie aproximada de 180-200 Ha en la parte centro-sur del cuerpo de agua, que tiene una profundidad promedio entre 15 y 18 m.

Ninguno de los dos sectores tiene acceso por tierra, excepto una brecha muy accidentada que llega hasta la parte alta del margen sur de Bahía El Merito. Así, todo acceso a las instalaciones de estos sitios se hará por mar con embarcaciones de motor.

Tipo de vegetación existente en la zona

Un estudio preliminar que elaboró el Grupo de Impacto Ambiental del CIBNOR en las mismas áreas donde proponemos la ubicación del presente proyecto, describe en detalle la vegetación que existe en la zona de influencia. Podemos resumir lo siguiente :

- El área de San Juan Nepomuceno donde se ubicarían las instalaciones terrestres del proyecto, constituye una zona fuertemente impactada como consecuencia de los trabajos de relleno y construcción de la carretera y del Puerto de Altura. La vegetación es prácticamente inexistente, formada por escasos arbustos de tipo efímero que presentan baja cobertura.
- Las áreas costeras aledañas a las áreas de colecta, cultivo y repoblamiento, presentan rica y variada vegetación típica árido-costera de la región fitogeográfica La Paz-Los Cabos. Las cactáceas son las principales formas dominantes. Cabe señalar la presencia de una zona de manglar relativamente extensa en la cabeza de Bahía El Merito. No obstante, dado que los trabajos se realizarán en su totalidad en zona marina, no se prevee ningún tipo de influencia en la vegetación costera, por el contrario, la presencia del manglar representa un importante aporte de nutrientes al cuerpo de agua de Bahía El Merito, lo cual es un factor favorable para el crecimiento de las Ostras Perleras.

Características de la Unidad Acuícola

Area

Superficie total del proyecto

De acuerdo a la información proporcionada a partir de un plano de levantamiento topográfico la superficie total en Zona Federal Marítimo-terrestre de San Juan Nepomuceno es de aproximadamente 4,000 m², de los cuales se aprovecharán aproximadamente el 50% en una primera etapa.

El área del cuerpo de agua en Bahía El Merito donde se ubicarían las instalaciones de cultivo y perlicultivo ocupa una extensión de 200 Ha aproximadamente. Cada módulo de cultivo (un enrejado de tubería galvanizada de 6 x 6 m de superficie horizontal, sostenido sobre el fondo con andamios a 2.5 m de altura y a 10-15 m de profundidad), ocupa un total de 36 m². En operativo máximo, se contará aproximadamente con 13 a 15 de estos módulos en el cuerpo de agua (540 m²). Adicionalmente, se contará con dos balsas flotantes de 30 m² cada una y 2 o 3 « long-line » de 100 m de longitud.

El área identificada como propicia para la colecta de semilla se localiza en la franja costera comprendida entre Punta Diablo al norte y Punta Colorada al sur, sobre la costa sudoriental de Bahía de La Paz. La distancia aproximada entre ambas Puntas es de 7 Km. Las estaciones de colecta son puntuales, separadas a un máximo de 30-35 m de la costa, con una longitud de 150 m de largo aproximadamente paralelos a la costa (línea madre horizontal en superficie), y ancladas en un fondo de 8 a 15 m de profundidad, dependiendo del sitio específico seleccionado para su instalación. Los colectores se colocan amarrados en líneas verticales sobre la línea madre, desde superficie hasta 8-10 m de profundidad.

El área destinada al repoblamiento se concentra en la costa rocosa entre Punta Diablo y la boca principal de Bahía El Merito, incluyendo el Islote Merito y los márgenes costeros del interior de esta Bahía. Se trata de una franja de aproximadamente 10-15 m de ancho ubicada entre 5 y 8 m de profundidad, constituida exclusivamente de substrato rocoso, donde se instalarán varias células de repoblamiento de 50 x 65 cm, cada una conteniendo 75 Ostras Perleras. Estimamos que, de cada generación captada y cultivada hasta la edad de 10 meses, bajo la dimensión propuesta en el presente proyecto, aproximadamente 3,000 a 3,500 individuos de cada especie serán destinados anualmente al repoblamiento de bancos naturales. Así, al momento de levantar la primera cosecha de perlas (hacia mediados del 4o. año de operación), se contará con más de 20,000 Ostras Perleras sembradas en repoblamiento.

Area destinada a edificaciones e instalaciones

No se requiere construcción de estanquería. Las instalaciones terrestres del proyecto en la Zona Federal de Isla San Juan Nepomuceno, sobre los 4,000 m² registrados en el levantamiento topográfico,

ocuparían un total máximo de 1,800 a 2,000 m², incluyendo la plataforma de trabajo en terreno ganado al mar.

Descripción de las estructuras destinadas a cada fase de cultivo

Estructuras de colecta, cultivo y repoblamiento, en cuerpo de agua :

- 12 a 15 líneas de colecta de 150 m de longitud, conteniendo células colectoras de malla plástica,
- 3 a 5 líneas de espera y transferencia de 100 m de longitud,
- 2 balsas flotantes de 30 m² cada una,
- 13 a 15 módulos de tubería de 36 m² cada uno (en máxima operación), de donde se suspenden módulos de canastas Nestier para prengorda y redes de bolsas individuales y/o de tipo “estante” para cultivo tardío y perlicultivo,
- células de repoblamiento de 50 x 65 cm manufacturadas con malla plástica rígida, distribuidas en sitios estratégicos.

Instalaciones

Planos de conjunto de instalaciones eléctricas, sanitarias y de la red hidráulica

Se han realizado algunos diseños preliminares de las construcciones en tierra en lo referente a la dimensión y distribución de los diferentes espacios de trabajo, del tipo de materiales a utilizar, de las estrategias para abastecimiento de energía y servicios, de la integración de las estructuras al paisaje, etc. En términos generales, lo que se prevee principalmente es la funcionalidad del Centro Regional de Operaciones con respecto a las Unidades de Producción y su posibilidad de crecimiento, considerando un desarrollo perlero regional a cierta escala. Un trabajo de fotografía virtual digitalizada se muestra en la sección fotográfica del presente documento.

Capacidad instalada

- Centro Regional de Operaciones, con infraestructura suficiente, equipo y personal altamente calificado, que apoyará las actividades de las Unidades de Producción. Se plantea que dicho Centro sea lo suficientemente grande como para satisfacer las necesidades de no menos de 90 futuras Unidades de Producción establecidas en Bahía de La Paz.
- Una Unidad de Producción inicial con capacidad para albergar 240 mil individuos en etapas simultáneas de cultivo (etapa de operación máxima, al 4o. año justo antes de la primera cosecha de perlas).

Estudio del mercado y comercialización

La producción de perlas a partir de Ostras Perleras cultivadas en condiciones extensivas, representa hoy día la actividad acuacultural de mayor rentabilidad en el mundo, incluso en algunas regiones que, como en Bahía de La Paz, el recurso nácar se había considerado completamente agotado.

De la veintena de especies de Pteriidae que existen en los mares del mundo, se utilizan en la actualidad 6 especies en la producción comercial de perlas : cuatro del género *Pinctada* y dos del género *Pteria*, que se cultivan con gran éxito y alto rendimiento en la costa oriental y sudoriental de Asia, norte y noroeste de Australia, y en varias islas del Pacífico Central (Fassler 1991, 1994, 1995 ; Shirai 1994). Estas especies son :

- *Pinctada maxima* : Norte y noroeste de Australia (comercial de alto rendimiento), Indonesia (comercial moderado), Malasia (comercial moderado en inicio), Mynamar (comercial moderado) y Filipinas (comercial de alto rendimiento, aunque sólo existe una granja principal).
- *Pinctada margaritifera cumingi* : Polinesia Francesa (comercial de alto rendimiento), Islas Cook (comercial moderado) y algunas islas del Pacífico Central (iniciando).
- *Pinctada martensi* : Japón (comercial a gran escala), China (iniciando).
- *Pinctada fucata* : Costa de Tamil-Nadu en India (comercial moderado).
- *Pteria penguin* : Japón y Tailandia (comercial moderado, exclusivamente Mabé).
- *Pteria sterna* : México (Guaymas, Son.). Empresa auspiciada por el ITESM. Escala comercial moderada con perlas tipo Mabé y libre.

Desde los años 50's, las perlas cultivadas, inducidas mediante técnicas específicas de perlicultura, han sustituido casi por completo a las naturales en el mercado perlero (Cariño 1995, 1996). Si bien se han realizado repetidos intentos de cultivo semi-extensivo y perlicultura en organismos originarios de semilla producida en laboratorio, los resultados no han sido favorables debido a la poca viabilidad de los juveniles durante el proceso de cultivo en campo, la alta mortalidad post-injerto, el frecuente rechazo de los implantes y la baja calidad general de las perlas obtenidas. Por otro lado, la relación costo/beneficio que se obtendría bajo una modalidad de producción basada en el cultivo semi-intensivo o intensivo, no es aun competitiva con el cultivo extensivo, y la tecnología es aun incipiente.

Así, el cultivo extensivo es la modalidad comercial más común que se utiliza actualmente en el suministro de Ostras Perleras adultas viables a la inducción perlera, habiendo sustituido a su vez a la pesquería de organismos salvajes y a la azarosa búsqueda de perlas naturales. Cabe mencionar que únicamente en Australia, la producción de perlas se sigue basando en la extracción de adultos (*Pinctada maxima*) ; pero esta actividad se lleva a cabo bajo normas extremadamente estrictas en

cuanto a la extensión de las áreas de pesca, el número y distribución de « usuarios », la dimensión de las granjas, y las cuotas de extracción de cada una de ellas. Las sanciones contra quienes cometen faltas a estos reglamentos son muy severas, y las multas que se imponen son millonarias (Doubilet 1991).

Naturaleza del producto

Con el fin de comprender las características de la tecnología de nacaricultura y perlicultura, así como las estrategias bajo las cuales sería posible implementar actividades de perlería en la región, es necesario examinar con algún detalle el tipo de productos que se obtienen a partir de las especies perleras y su forma de presentación en el mercado.

El mercado de las Ostras Perleras presenta características muy particulares, debido a que el aprovechamiento de estas especies es prácticamente integral ; se trata de los raros grupos de especies marinas para cuyo cultivo no se persiguen fines esencialmente alimentarios. No obstante, aunque de forma moderada, también se comercializa el músculo abductor o « callo », el cual es considerado como producto de alta gastronomía en los mercados asiáticos.

Con excepción de la perlas de Mayorca o Majorica que son productos sintéticos manufacturados por el hombre en cuya formación no interviene una ostra, existen seis tipos de perlas de cultura, cada una de ellas con mercado y utilización específicos (Gruet 1992 ; Matlins 1995) :

1. **Las « Akoya »** de *Pinctada martensii* (especie pequeña, de 6 a 8 cm de diámetro de la concha), que se producen en grandes cantidades en Japón. Son perlas pequeñas (raramente mayores de 7 mm de diámetro), esféricas, de color blanco o teñidas y en general de baja calidad ya que la capa de nácar raramente sobrepasa 0.8 mm de espesor. Su precio de venta oscila entre 6 y 12 U.S.D. por pieza en lote. Japón retiene el monopolio de esta producción, y reporta beneficios anuales producto de exportación por más de 500 millones de U.S.D.
2. **Las « Biwa »** o perlas de río, también llamadas « perlas de arroz », producto de algunos Bivalvos Unionidae (almejas de agua dulce que pueden medir hasta 18 cm en su eje más largo), que se producen también en grandes cantidades, principalmente en China y Estados Unidos de América, y un poco menos en Japón. Las Biwa son perlas muy pequeñas (raramente mayores de 10 mm en su eje de mayor dimensión), de color blanco o teñido, con formas barrocas, y generalmente de baja calidad. Se venden por peso a precios entre 85 y 150 U.S.D./Kg. (1Kg de Biwa puede contener varios centenares de piezas). Cabe mencionar que la gruesa concha de algunas especies de estos Moluscos Unionidae se utiliza para manufacturar la gran mayoría de los núcleos que se utilizan en la perlicultura. La región de Missisipi (E.U.A.) es la principal productora. En algunos ríos de México se ha reportado la existencia de Unionidae que podrían ser interesantes candidatos como productores de este tipo de perlas y también de núcleos.

3. **Las « Black South Sea Pearls »** de *Pinctada margaritifera* (provenientes principalmente de la variedad *cumingi*), especie que mide hasta 22-25 cm de diámetro de concha. Este tipo de perlas se producen en cantidad moderada en Polinesia Francesa, y empiezan recientemente a producir las Islas Cook y Marshall. Las perlas de *P. margaritifera* son grandes (entre 12 y 16 mm de diámetro, raramente mayores, cuya capa de nácar puede tener hasta 3 mm de espesor), de color dominante gris a gris oscuro y color secundario generalmente tornasol. Su forma es esférica, sub-esférica o barroca, y son de alta calidad. El precio en lote de calidad comercial de estas perlas fue de 100 U.S.D. por pieza en 1993, y se reportó la venta de algunas gemas hasta en 4,000 U.S.D. por pieza. Polinesia Francesa sostiene una producción de exportación de perlas por más de 150 millones de U.S.D. anuales
4. **Las « Golden South Sea Pearls »** de *Pinctada maxima*, la gigante de este grupo de especies, que puede alcanzar 30 cm de diámetro de la concha. Estas perlas se producen moderadamente en el norte y noroeste de Australia, en algunas islas de Filipinas, y en algunas granjas del Archipiélago Malayo. Las perlas que puede producir esta gran especie son de gran tamaño (promedios entre 14 y 18 mm de diámetro, a veces mayores, y con más de 2.5 mm de espesor de nácar). Son de color dominante en blanco nácar y plateado brillante, con tonos secundarios en dorado, forma esférica a semi-barroca, y de alta calidad. Su precio de venta promedio en lote de calidad comercial fue de 250 U.S.D. por pieza en 1994, con precios individuales (gemas) mayores de 5,000 U.S.D. Únicamente las granjas perleras del noroeste de Australia (alrededor de 14) reportan producciones superiores a 85 millones de U.S.D. anuales. Cabe mencionar que la obtención de adultos injertables de esta especie se basa en una gran proporción en la extracción de individuos salvajes. El cultivo extensivo se practica solamente en muy pocos sitios dentro del área de distribución de esta especie. Este es poco rentable debido al largo tiempo que requiere esta especie para llegar a la talla pre-injerto (más de 4 años).
5. **Las « Keshi »**, también conocidas como perlas sin núcleo, que se producen principalmente en Polinesia Francesa con *Pinctada margaritifera cumingi* y en menor proporción en Australia con *Pinctada maxima*. Este tipo de perla se forma a partir del tejido de injerto que en algunos casos es retenido por la Ostra operada cuando ésta rechaza solamente el núcleo, aunque también puede inducirse *ex profeso* insertando varios trozos de tejido en el mismo espécimen. Son perlas de tamaño variable, raramente mayores 10-12 mm en su eje más largo y formas muy barrocas ; su color es muy similar al de las perlas libres que produce cada especie. Su precio es relativamente menor que el de una perla libre esférica o semi-esférica de la misma talla y calidad. Una Keshi de calidad promedio, de aproximadamente 7-8 mm, puede tener precios de 30 a 40 U.S.D., siendo su

valor promedio de 10 a 15 U.S.D. por gramo, pero no es raro encontrar excelentes piezas con precios cercanos a los 100 U.S.D.

6. **Las « Mabé »** o media-perla que se producen en Australia con *Pinctada maxima*, en Polinesia Francesa con *Pinctada margaritifera cumingi* y en Japón y Tailandia con *Pteria penguin*. Las Mabé se inducen generalmente después del segundo o tercer ciclo de injerto que se ha practicado sobre un mismo organismo (una Ostra puede recibir dos injertos consecutivos, raramente tres, con lo cual se reduce al tiempo de espera entre las cosechas, pero también aumenta la mortalidad post-injerto y disminuye la incidencia de perlas de calidad). Son generalmente de talla grande (entre 13 y 18 mm de diámetro, a veces hasta 20 mm), su forma se ajusta a la forma del núcleo que haya sido implantado (medias esferas, $\frac{3}{4}$ de esfera, óvalos, estrellas, letras...), y pueden implantarse, en función del tamaño del núcleo y el del individuo que reciba los implantes, hasta 5 núcleos por Ostra. El precio de venta de este tipo de perlas se sitúa entre 35 y 75 U.S.D. por pieza trabajada en lote de calidad comercial, aunque es común encontrar piezas de especial calidad por precios mayores de 200 U.S.D.

Por otro lado, las conchas de las Ostras Perleras se aprovechan para la manufactura de finos trabajos de incrustación artesanal en madera, metal y piedra (cofres, biombos, mesillas, etc.), e incorporación de cortes en diseño de joyería. De igual manera, es bien conocida la propiedad dermatológica curativa del polvo de nácar en cremas y cosméticos ; recientemente se ha descubierto su uso en la cirugía reconstructiva de fracturas e injertos en hueso humano.

De lo anterior se deduce que existen dos tipos de mercado de perlas de origen marino : el japonés, mercado comercial de gran volumen, y el South Seas, el mercado de alto lujo de volumen moderado (Doumenge 1992 ; Gruet 1992).

Por sus características, las perlas mexicanas podrían insertarse fácilmente en el mercado de South Sea Pearls, el cual podríamos considerar como la « puerta grande » del mercado perlero internacional.

Descripción del producto

Bajo el contexto anterior, en el marco de la actividad de producción del presente proyecto, se espera obtener los siguientes productos :

1. **Perla tipo Mabé :** se trata de una perla en forma de media esfera o $\frac{3}{4}$ de esfera. Para inducir este tipo de producto, se implanta un núcleo semi-esférico o $\frac{3}{4}$ de esfera sobre la cara interna nacarada de la concha de una Ostra Perlera. Al cabo de 14-18 meses, este núcleo habrá sido recubierto por capas concéntricas de nácar, formándose así una Mabé adherida a la concha. La pieza se separa de

la concha utilizando instrumentos específicos de lapidaria, y por medio de cortes y pulido posterior se le da la forma adecuada. Hecho esto, la Mabé se encuentra lista para diseño y manufactura de joyería.

2. **Perla libre** : esta es una perla generalmente esférica o sub-esférica. En este caso, se inserta un núcleo esférico junto con un trozo de manto de un individuo donador de la misma especie, en el piso de la gónada de un individuo receptor. Idealmente, dependiendo de una serie de condiciones, el tejido injertado secreta las capas de nácar que recubrirán al núcleo. Al cabo de 20-24 meses, se obtendrá una perla que puede ser recuperada mediante el mismo tipo de operación que se aplicó para el injerto, y es posible realizar una segunda inserción en el individuo, esta vez incluso con un núcleo de mayor tamaño. La perla debe ser tratada con un tipo de pulido fino a fin de eliminar las últimas membranas de nácar en proceso de formación y descubrir la última capa bien formada. Esta pieza puede ser utilizada en montajes de joyería o perforada para la elaboración de collares.
3. **Perla keshi** : se trata de una perla de forma barroca, sin núcleo. El proceso de inducción es el mismo que el anterior, excepto que en este caso solamente se injerta uno o varios trozos de tejido sin núcleo. En algunos casos, cuando la intención de la operación de injerto inicial era la producción de una perla libre, la Ostra puede rechazar solamente el núcleo pero conservar el trozo de manto, formándose así una perla keshi. Al igual que la perla libre, la keshi pasa por un proceso de pulido para eliminar excrescencias y ser luego utilizada en montajes de joyería o perforada.
4. **Concha entera y/o en pedacería** : esta se obtiene ya sea a partir de las Ostras que van muriendo durante el proceso de cultivo o después de las operaciones de inducción perlera, o en las conchas sobrantes después del corte y recuperación de Mabé. Los trozos de concha pueden utilizarse en trabajos de artesanía (incrustaciones, elaboración de formas libres para aretes o pendientes, etc.), o incorporar cortes seleccionados en trabajos de joyería fina.
5. **Especies de ornato** : un gran número de especies se encuentran asociadas a las artes de cultivo (colectores, jaulas, cajas, etc.). Algunas de ellas son consideradas de ornato (cangrejos *Stenorhynchus*, camarones *Alpheidae*, erizos *Diadema*, vistosos caracoles, pequeños peces multicolores, etc.). Estas especies ocurren en abundancia relativamente alta y pueden alcanzar precios interesantes en los comercios de acuariología.
6. **Otras especies susceptibles de ser cultivadas a nivel comercial** : *Argopecten circularis*, *Pinna rugosa*, *Pecten vogdesi*, *Anadara sp.*, etc. Aunque el propósito principal del proyecto es el cultivo de Ostras Perleras, bajo una adecuada programación podría implementarse un cultivo paralelo de alguna o varias de las especies mencionadas.

7. **Productos fertilizantes** : los colectores de semilla de Ostras Perleras constituyen un substrato atractivo para una abundante y variada comunidad asociada. Durante el proceso de desgrane de semilla de Ostras Perleras, aparte de las especies de ornato y de las especies potencialmente cultivables, se recupera igualmente cierto volumen de material orgánico con alto contenido nutritivo. Una vez secado, este material resulta un excelente fertilizante para cítricos y plantas de interior, como se ha podido comprobar a nivel personal. No se ha cuantificado con precisión el volumen de este material, pero en promedio estimamos que cada colector de 1 m² aporta alrededor de 350 g. Tampoco se ha investigado el mercado de este producto, sin embargo suponemos que podría efectivamente generar ingresos paralelos.
8. **Polvo de nácar** : la industria dermatológica, cosmetológica y medicinal podría aprovechar este producto. El polvo de nácar es en efecto muy solicitado como crema cicatrizante y blanqueadora del cutis. Adicionalmente, se ha descubierto que este producto resulta favorable en la reparación de fracturas e injerto en hueso humano. Será sin duda necesario investigar el tipo de tratamiento que debe darse al polvo de nácar para que cumpla con los requerimientos sanitarios, no obstante, consideramos que este producto podría también generar ingresos paralelos nada despreciables.

A pesar de la variedad de productos que es posible obtener, la intención primordial del presente proyecto es la producción de perlas en sus tres presentaciones, y adicionalmente, pedacería de concha para ser incorporada a diseños de joyería. Los demás productos podrían ser tomados en cuenta dentro del esquema de producción, pero esto hasta que la operación principal se encuentre estabilizada. De cualquier manera, se plantea llevar a cabo algunas pruebas a fin de evaluar la viabilidad de incursionar en dichas alternativas de producción paralela.

Calidad del producto

Las especies locales de Ostras Perleras son reconocidas a nivel mundial como poseedoras de un nácar de calidad superior. Este es un hecho demostrado históricamente y con casi 5 siglos de antigüedad (Jameson 1914 ; Kunz y Stevenson 1932 ; Joyce y Addison 1992).

La producción piloto de perlas que se ha obtenido en el marco del Grupo Ostras Perleras del CIBNOR ha demostrado tener calidad altamente competitiva, certificada por reconocidos joyeros y productores de primera línea a nivel mundial. Podemos citar los comentarios y evaluaciones positivas del Sr. Minoru Okuda (Okuda Pearl, Co.), del Sr. Ryo Yamaguchi (Gems International Co., filial de Mikimoto Pearls en E.U.), del Dr. Martin Coeroli (GIE Perles de Tahiti, Polinesia Francesa), del Dr. Robert Kammerling (especialista gemólogo del Gemologic Institute of America), del Sr. Jean Taburiaux (Taburiaux Perles, Paris, Francia), del Sr. David Ohlgisser (King Plutarco Pearls & Gems,

Los Angeles, Calif.), y del Ing. Gabriel Palacios Huerta (especialista gemólogo del Departamento de Ingeniería Química, Universidad de Guadalajara).

Es importante describir los criterios que se utilizan en la determinación de la calidad de las perlas, ya que es con esta base que se podría « medir » el potencial competitivo, en el mercado internacional, de los productos que planteamos obtener. En este sentido, es necesario tomar en cuenta que los criterios de valuación son más o menos subjetivos y que éstos varían en función de diversos factores : moda, abundancia o escasez de producción, preponderancia de un criterio tasador, fama y renombre del productor y/o distribuidor, etc.

En forma general, los seis principales puntos que se califican en la valuación de perlas son los siguientes, sin orden específico de ponderación : 1) tamaño, 2) color, 3) forma y simetría, 4) homogeneidad de brillo o lustre, 5) homogeneidad de cutis o suavidad, y 6) oriente (Coeroli y Mizuno 1985 ; Doumenge 1992 ; Matlins 1995).

El **tamaño** de una perla es función principalmente de la especie con la que se trabaje, ya que existe una estrecha relación entre la anatomía del espécimen, el tamaño de los espacios libres disponibles para recibir un núcleo, y el tamaño máximo posible que puede insertarse. Con referencia a la perla libre, es también necesario considerar el hecho que mencionamos antes, es decir, que es posible realizar un segundo ciclo de injerto, después de una cosecha de perlas, con núcleos de mayor diámetro que los primeros. De acuerdo a nuestra experiencia, *Pinctada mazatlanica* podría recibir núcleos esféricos entre 6.5 y 9 mm de diámetro en el primer ciclo de injerto, y probablemente hasta 12-13 mm en el segundo ciclo. Por el contrario, la anatomía de *Pteria sterna* ofrece algunas dificultades al injertar núcleos para perla libre. Sin embargo, esta especie podría recibir núcleos con tallas similares a los que soportaría la Madreperla, aunque existen variaciones morfológicas individuales bastante marcadas. Si tomamos en cuenta una producción de Mabé, el tamaño del producto ofrece aun mayores variaciones ya que un gran número de factores intervienen en éste : el número de núcleos, la distribución de estos en las dos valvas, la talla (en diámetro y en altura) de las semi-esferas, etc. El rango de tamaño de Mabé que se puede obtener en ambas especies es de 12 mm a 20 mm de diámetro y algo más grandes en ciertos casos individuales (Monteforte et al. 1994 ; Monteforte 1996).

El **color** es también función de las características propias a la especie y puede variar en tonalidades dependiendo principalmente de la profundidad y de las características oceanográficas de los sitios donde se lleve a cabo el proceso de formación en condiciones de cultivo. Como se describió en párrafos anteriores, ambas especies tienden hacia los colores dominantes oscuros (gris-plateado), con mezclas de tonos secundarios en dorado, azul, verde, tornasol, violeta, etc. En las operaciones de implante tipo Mabé, hemos logrado controlar, con bastante precisión en ambas especies, tanto el color

dominante como los tonos secundarios (Monteforte et al. 1994). Es también posible hacerlo con injertos de perla libre y keshi por medio de una selección especial de los especímenes donadores, ya que el manto es el elemento determinante —en una importante proporción— del color final de la perla producida, sea perla libre o keshi. Por otro lado, las condiciones en las que se lleve a cabo el proceso de formación perlera puede influir considerablemente en color del producto : la temperatura, profundidad, tipo y cantidad de nutrientes, tipo de especies presentes en el plancton, dinámica de corrientes y tasa de recambio de agua, etc. (Coeroli y Mizuno 1985 ; Numaguchi y Tanaka 1986a, b)

La **forma o simetría** se refiere específicamente a las características morfológicas de la perla, la cual puede presentar una amplia gama : desde esfera perfectas o casi perfectas hasta las formas barrocas más caprichosas imaginables. En una buena parte, la forma de la perla depende de la forma misma del núcleo , no obstante, aun si originalmente se injerta (perla libre) o se implanta (Mabé) un núcleo perfectamente esférico, la perla cosechada puede presentar ciertas diferencias, a veces muy notables, al momento de la cosecha (Monteforte et al. 1994).

Los puntos 4 y 5 (**lustre y suavidad**) están estrechamente relacionados. El mayor o menor grado que se obtenga en estos dos factores depende considerablemente de la calidad del agua en los sitios donde se lleve a cabo el proceso de formación perlera y de la higiene general que se guarde durante la operación de micro-cirugía.. La presencia de manchas o puntos negros embebidos en la matriz de nácar de la perla, las áreas opacas o de color diferente del resto de la perla, las “burbujas” y “ventanas” en la superficie, etc., se asocian comunmente a aguas turbias con contenido particulado en suspensión, contaminación por arena, falta de higiene en la operación (núcleos sucios, instrumentos contaminados...) (Alagarswami 1974 ; Coeroli y Mizuno 1985 ; Joyce y Addison 1992).

Vale la pena detenerse en analizar el sexto punto. El **oriente**, es la capacidad de una perla en reflejar con mayor o menor grado de perfección un haz de luz que incida en su superficie. Un oriente alto es función principalmente del espesor de la capa de nácar y de la suavidad en el cutis (ausencia de manchas, protuberancias o depresiones) que permite una reflexión más brillante, homogénea y uniforme de luz incidente en toda la superficie de la perla. La condición más importante para obtener un producto con alto oriente, es sin duda alguna la limpieza del agua donde se lleve a cabo el proceso de formación perlera, ya que la turbidez y la presencia de sedimentos provocan que las perlas sean opacas y manchadas.

El valor de una perla se adjudica por la mayor o menor calificación obtenida al combinar los elementos anteriores. Así por ejemplo, una perla de gran tamaño puede tener menor valor que una perla más chica si esta última obtiene un puntaje más alto en las demás características. No obstante, a nuestro parecer, y con base en la amplia experiencia con la que se cuenta en cuanto a las exigencias actuales del

mercado perlero, el oriente es en este momento el criterio de valuación más preponderante. Esta opinión es compartida con varios conocidos expertos perleros (Goebel y Dirlam 1989 ; Fassler 1991 ; Matlins 1995).

El peso (medido comunmente en *mommes*, antigua unidad de medida japonesa equivalente a 3.75 g) era un criterio de valuación importante en las perlas naturales. En la actualidad, dado que el mercado perlero esta casi en su totalidad constituido por perlas cultivadas cuyo núcleo puede ser de diferentes densidades, este criterio se utiliza poco aunque es un elemento de referencia útil en relación a la estimación del volumen de una cierta producción. Una perla libre cultivada de aproximadamente 9-10 mm de diámetro, puede pesar alrededor de 0.60 momme en promedio, es decir, 2.25 g.

Presentación del producto

1. **Mabé** : pieza suelta trabajada en lote, de 15 a 18 mm de diámetro, con forma desde bien calibrada hasta semi-barroca (media esfera y $\frac{3}{4}$ de esfera), con un espesor mínimo de nácar de 2 mm. Cabe mencionar que esta talla se obtendría al implantar 3 núcleos por Ostra, con distribución 2-1 sobre las valvas. Sin embargo, es posible implantar núcleos de mayor tamaño, aunque en dicho caso es necesario disminuir el número de núcleos por organismo. En algunos experimentos hemos logrado obtener una sola Mabé de 23 mm por Ostra, aunque el tiempo de formación es más largo.
2. **Perla libre** : pieza suelta pulida en lote, entre 8 y 11 mm de diámetro, que es la talla adecuada que soportarían nuestras especies, con un espesor mínimo de nácar de 2 mm. En un segundo ciclo de injerto, es posible introducir núcleos de mayor tamaño.
3. **Keshi** : pieza suelta pulida en lote, hasta 10-12 mm, posiblemente más grandes, en su eje de mayor longitud. Realizando una cirugía *ex profeso* para la obtención de keshi, es posible insertar en un solo espécimen hasta 3 o más trozos de manto, cada uno de ellos siendo susceptible de formar una pieza suelta dentro del cuerpo de la Ostra operada.
4. **Concha** : pedacería y concha entera seleccionadas.
5. **Joyería** : joyería de diseño exclusivo en oro (preferentemente) o plata (alternativo) y pedrería fina, utilizando perlas seleccionadas de alta calidad (gemas). La producción de joyería esta prevista en el presente proyecto, pero no forma parte de la principal meta productiva, siendo considerada como una actividad a futuro.
6. **Artesanía en concha** : ornamentos varios y trabajos de incrustación en madera, latón, piedra o metales preciosos, utilizando pedacería de concha o concha entera seleccionada, combinando piedras semi-preciosas. « *Las manos mágicas de los artesanos mexicanos...* ».

Mercado de consumo (Zona de influencia del proyecto)

Distribución geográfica del mercado : local, regional, nacional, exportación

Mercado local y regional :

El mercado local y regional no resulta precisamente atractivo desde el punto de vista económico, ya que su capacidad de recepción es limitada en cuanto a precio y capacidad de absorción de un cierto volumen del producto. Sin embargo, el interés de incidir en este mercado se relaciona directamente con el apalancamiento a los programas de desarrollo turístico del Estado, aprovechando la indiscutible fama de las Perlas de La Paz que durante largo tiempo ha sido la marca de esta región.

En este sentido, la venta del producto en sí mismo es secundaria ; lo que se estaría « vendiendo » es la imagen de la perlería regional, a través de la vinculación de las granjas perleras con actividades de turismo ecológico, exposición y venta de joyería, y la eventual reconstrucción de las instalaciones de la *Compañía Criadora de Concha y Perla* para establecer un Museo de La Perla. Esto último coadyuvaría al uso productivo de la Isla Espíritu Santo bajo un contexto particularmente conservacionista.

Así, la importancia del mercado local y regional no se centra en los beneficios económicos que se generen a partir de la venta directa del producto, sino en el papel de la actividad perlera dentro de un contexto de desarrollo socioeconómico regional mucho más amplio. Ahondaremos sobre este punto más adelante.

Mercado nacional :

La importación de perlas al mercado nacional proviene esencialmente de Japón y se dirige a las compañías joyeras. Por lo mismo, el producto es generalmente de bajo costo, de acuerdo a los estándares de calidad de las perlas *Akoya*.

En general, la modalidad básica del mercado perlero nacional es la importación de perla suelta para la elaboración de joyería, y eventualmente la exportación de ésta en su mayor parte. La venta nacional de este tipo de joyería es relativamente menor.

El Directorio Comercial de México editado por BANCOMEXT (1997), identifica aproximadamente 105 empresas joyeras nacionales distribuidas principalmente en México D.F., Guadalajara y Taxco que trabajan bajo dicha modalidad, exportando joyería elaborada con perlas a los mercados de E.U.A., Canadá, Europa y Oriente (Taiwan, Hong Kong, Corea). Suponemos que es viable poder establecer vinculación con dichas empresas a fin de colocar un producto nacional de calidad altamente competitiva. Por otro lado, es también factible incidir en el mercado nacional a través de la venta de joyería mexicana en los principales polos turísticos del país : Los Cabos, Ixtapa-

Zihuatanejo, Puerto Vallarta, Manzanillo, Acapulco, Huatulco, corredor Cancún-Tulum, Cozumel, Guadalajara, México D.F., etc.

Mercado internacional :

Es evidente que el principal destino de la producción del presente proyecto --y de las futuras granjas perleras regionales-- apunta a un vasto mercado de lujo eminentemente internacional, cuyo valor global reportado en 1994 fue de 3 mil millones de U.S.D. como producto de venta de perlas en lote, y de 3 mil a 5 mil millones de U.S.D. por venta en detalle (Pearl World 1992, 1993, 1994a,b). Estas estimaciones son de alguna manera aproximadas, ya que la información sobre venta de joyería no siempre es accesible. A título de ejemplo, el famoso joyero Don Salvador Assael, Presidente de Assael International Co. y principal promotor de las *South Sea Pearls*, reportó la venta, en 1993, de un collar de compuesto de 37 perlas negras de Polinesia Francesa en 1.5 millones de U.S.D., es decir, 40 mil U.S.D. cada perla. No se hizo público el nombre del comprador.

Tabla 2 : Mercado mundial de perlas.

Tomado de GIE Perles de Tahiti (www.tahiti-blackpearls.com)

MERCADO MUNDIAL DE PERLAS SUELTAS 1995

EXPORTADORES	%	IMPORTADORES	%
Australia	24.55%	Japón	59.62%
Polinesia Francesa	24.41%	Hong Kong	25.42%
Indonesia	11.93%	USA	7.36%
Japón	10.61%	Alemania	2.40%
Otros	28.51%	Otros	5.20%

MERCADO MUNDIAL DE PERLAS TRABAJADAS 1995

EXPORTADORES	%	IMPORTADORES	%
Japón	47.17%	Hong Kong	38.22%
China	26.29%	Alemania	12.52%
Australia	7.17%	USA	15.95%
Hong Kong	6.44%	Italia	8.15%
Otros	12.93%	Otros	25.17%

La Tabla 2 muestra un panorama general del mercado perlero mundial con datos de 1995.

Las características de nuestras especies (calidad del nácar, y el tamaño, color y calidad de las perlas que éstas son capaces de formar), nos permitiría incidir, en forma competitiva, en el mercado de las *South Sea Pearls*. Cabe mencionar que el rango de tamaño de las perlas que pretendemos manejar (entre 8 y 12 mm para perla libre y entre 15 y 20 mm para Mabé) es relativamente raro en este mercado. Nos situaríamos en el hueco entre las pequeñas *Akoya* japonesas y las perlas « medianas » de

Polinesia Francesa. Además, es necesario considerar que la influencia de las Ostras Perleras mexicanas en el mercado nacional e internacional ha tenido una ausencia de casi 90 años, por lo que en términos de apertura comercial se está tratando con un producto de lujo y virtualmente nuevo.

Demanda actual del producto

La perla es la joya más antigua de la humanidad. Su utilización como objeto ornamental se conoce desde el período neolítico ; su mención y presencia es recurrente en la literatura, la cultura religiosa y los grandes tesoros de las principales civilizaciones : China, Japón, Mesopotamia, India, Etrusia, etc.

Actualmente, el mercado perlero se encuentra en plena expansión. Hemos mencionado que el valor global del mismo asciende hasta cerca de los 7 mil millones de U.S.D. anuales. Según los expertos en la materia, éste tiende a incrementarse rápidamente.

Con el objeto de profundizar en el presente rubro, analizaremos el caso particular de Polinesia Francesa, uno de los principales países productores de perlas. Citamos este ejemplo pues consideramos que, por varias razones de índole geográfica, ecológica y socioeconómica, Polinesia Francesa es en muchos sentidos similar a la región de La Paz.

En Polinesia Francesa operan actualmente alrededor de 140 granjas perleras privadas y gubernamentales. La dimensión de cada granja es variable en cuanto al número de Ostras Perleras que manejan ; las más pequeñas trabajan con aproximadamente 10 mil a 15 mil organismos adultos anuales disponibles para perlicultura, mientras que las de mayor tamaño se encuentran en el orden de 100 mil (Goebel y Dirlam 1989 ; Coeroli 1994). La evolución de la producción perlera en Polinesia Francesa muestra un incremento constante, particularmente de 1987 en adelante (Tab. 3). En 1996, se reportó una producción de más de 150 millones de U.S.D. Tomando en cuenta el número de granjas citado, cada una habría aportado, de forma muy aproximada, más de 1 millón de U.S.D. en dicho año. Si además calculamos un precio conservador de 90 U.S.D. en promedio por pieza (Pearl World 1994a ; Matlins 1995), tendríamos un total de casi 2 millones de perlas integradas al mercado. No obstante, a pesar de su rápido crecimiento, la producción de perlas de Polinesia Francesa representa aproximadamente el 1% de la producción global en el mundo.

Tabla 3 : Evolución de la producción de perlas de Polinesia Francesa desde 1972, fecha en la que se iniciaron las primeras exportaciones.

Tomado de GIE Perles de Tahiti (www.tahiti-blackpearls.com)

AÑO	PESO	VALOR
1972	1 563	3 663

1973	800	24 871
1974	3 891	153 815
1975	15 631	114 077
1976	6 111	169 694
1977	6 128	204 155
1978	49 982	1 568 609
1979	86 092	2 030 513
1980	28 779	1 318 062
1981	85 227	4 076 519
1982	32 310	820 816
1983	139 888	5 102 325
1984	112 183	2 759 146
1985	206 463	8 470 062
1986	104 114	7 867 621
1987	407 620	20 463 951
1988	446 827	23 043 465
1989	608 861	32 146 947
1990	575 007	37 752 423
1991	786 521	42 846 059
1992	1 069 126	43 524 432
1993	2 113 728	75 131 697
1994	2 815 070	116 618 884
1995	3 239 745	103 465 232
1996	5 099 585	152 410 034

En cuanto a la demanda del producto, en la Tabla 4 donde se apunta la proporción representativa de los mercados que reciben el producto de Polinesia Francesa. Vale la pena señalar que algunos raros joyeros mexicanos adquieren perlas de Polinesia Francesa, las cuales son vendidas en exclusivas joyerías a precios exorbitantes (APLIJSA ; filial de Van Cleef & Arpels, etc.)

A partir de este análisis de caso, podemos notar que el panorama del mercado perlero es sumamente amplio y que la demanda es activa. Es altamente factible que los productos mexicanos se inserten en este mercado de lujo, dentro del cual, sin duda alguna, serían ampliamente aceptados. No obstante, es muy importante subrayar que la calidad de nuestro producto debe ser cuidadosamente controlada.

Tabla 4 : Mercado de exportación de perlas de Polinesia Francesa registrado en 1996.
Tomado de GIE Perles de Tahiti (www.tahiti-blackpearls.com)

PAIS	PESO	% DEL	VALOR	% DEL
Japón	3 631	71,22%	106 891 091	70,13%
EUA	433 874	8,51%	15 439 831	10,13%

Hong Kong	424 338	8,32%	13 074 745	8,58%
Singapur	152 115	2,98%	5 474 285	3,59%
Filipinas	180 221	3,53%	2 821 716	1,85%
Australia	107 827	2,11%	2 778 941	1,82%
Corea del Sur	37 384	0,73%	1 858 319	1,22%
Francia	31 110	0,61%	918 474	0,60%
Suiza	30 966	0,61%	869 104	0,57%
Alemania	16 224	0,32%	687 587	0,45%
Tailandia	6 325	0,12%	417 033	0,27%
Nueva Zelanda	7 560	0,15%	291 269	0,19%
Taiwan	10 626	0,21%	225 812	0,15%
Nueva	9 590	0,19%	181 900	0,12%
Oceanía	6 306	0,12%	152 551	0,10%
Canadá	5 098	0,10%	144 738	0,09%
Italia	4 063	0,08%	73 218	0,05%
Fidji	2 321	0,05%	63 436	0,04%
Brasil	40	0,001%	11 188	0,007%
Nueva Zelanda	438	0,009%	6 888	0,005%
Is. Guadalupe	124	0,002%	5 578	0,004%
Republica Checa	71	0,001%	5 545	0,004%
Rusia	34	0,001%	5 383	0,004%
Inglaterra	61	0,001%	5 251	0,003%
Austria	805	0,016%	4 283	0,003%
Chile	105	0,002%	1 304	0,001%
Finlandia	6	0,0001%	562	0,0004%
Total	5 099	100%	152 410 034	100%

En efecto, el mercado de las *South Sea Pearls*, aparte de ser un mercado de lujo, es particularmente estricto y selectivo en cuanto a los criterios que determinan la aceptación o el rechazo de un lote de cultivo (Cariño 1995, 1996 ; Matlins 1995), especialmente si se trata de un productor que explora por primera vez este mercado. Evaluamos muy especialmente lo que alguna vez nos señaló el Sr. Jean Taburiaux, sin duda alguna el principal distribuidor de *South Sea Pearls* en Europa :

« en la mente del comprador, la calidad del primer lote que se le presente, definirá la calidad de los que siguen ; no importa si usted produce poco, pero cuide que sus perlas sean siempre de la mejor calidad, y destruya los productos mediocres ... ».

Pretendemos seguir en forma muy estricta este valioso consejo. Mencionamos que en ocasiones es posible corregir algunos defectos leves en el cutis de la perla (manchas o pequeñas protuberancias) mediante técnicas especiales de pulido y « peeling ». Sin embargo, se establecerá un detallado control de calidad, y los productos que no lo pasen serán destruidos inmediatamente.

Comercialización

Canales de comercialización

A partir de lo apuntado en los párrafos anteriores, se puede deducir que los principales canales de comercialización se encuentran en el extranjero, sin que se eliminen el mercado local y nacional como alternativas paralelas.

Por razones obvias, el principal mercado de las perlas mexicanas serían Estados Unidos y Canadá, esto aprovechando el marco del NAFTA y el hecho de que México es, hasta el momento, el único país productor de perlas en el continente americano. Conocemos de algunos proyectos iniciándose en Costa Rica, Colombia (principalmente sobre la costa del Atlántico en las pequeñas especies *Pteria colymbus* y *Pinctada imbricata*) y Ecuador. Sin embargo, el liderazgo científico y tecnológico de México en cuanto a Ostras Perleras se refiere, es indiscutible.

El panorama de comercialización, no solo en el contexto del NAFTA, sino tambien en los mercados Europeos y Asiáticos, es de gran amplitud. Como ejemplo podemos citar lo siguiente : en la Exposición y Congreso Internacional Pearls '94, celebrado en Honolulu, Hawaii, en 1994, se inscribieron como expositores más de 1,000 empresas joyeras no-japonesas, algunas de ellas siendo al mismo tiempo productoras de perlas. Esto, sin contar con los joyeros visitantes que no participaron directamente en la exposición. De acuerdo a las estimaciones de los organizadores (International Pearl Association), el valor global de las transacciones comerciales (compra-venta de perlas y joyería) que tuvieron lugar durante los 3 o 4 días que duró dicha exposición, fue de aproximadamente 100 millones de U.S.D., segun se informó en la ceremonia de clausura.

Como comentario al margen sobre este evento : la joya ganadora del concurso de diseño, fue un conjunto de aretes, collar y anillo elaborado con Mabé de Polinesia Francesa y pedrería, de la firma de Hugh Power Designs, el cual fue vendido en subasta *in situ* por 155 mil U.S.D. No se reveló oficialmente en nombre del comprador, aunque esta joya ha sido vista posteriormente adornando a conocida actriz de cine.

Sistemas de distribución del producto

Varias estrategias son factibles :

- Elaboración de catálogos y distribución de los mismos a clientes potenciales seleccionados.
- Comunicación directa con base en lista de compradores nacionales e internacionales, entre los cuales tenemos identificados y contactados un gran número.
- Elaboración de una página específica en el WWW.

- Participación en las exposiciones y subastas anuales que se llevan a cabo en varias ciudades del mundo : Nueva York, Tucson, Las Vegas, Paris, Florencia, Hong Kong, Papeete, Sydney, México D.F., etc.
- Inclusión de la empresa en el Directorio Comercial de BANCOMEXT y SECOFI.
- Organización de exposiciones en la localidad.
- Inserción de propaganda en revistas especializadas y periódicos de amplia circulación.

Oferta actual del producto

Existe solamente una empresa productora de perlas marinas en América que obtuvo su primera cosecha comercial hacia finales de 1995. *Perlas del Mar de Cortés, S.A.*, (inicialmente llamada *Perlas de Guaymas*) establecida en Bahía de Bacoichampo, Guaymas, Sonora, ha sido auspiciada por el Instituto Tecnológico de Monterrey. No hay ninguna otra granja perlera actualmente en producción que trabaje sobre las especies perleras *Pinctada mazatlanica* y *Pteria sterna* del Pacífico, ni sobre *Pinctada radiata* y *Pteria colymbus* del Atlántico, en todo el continente americano.

Balance entre la oferta y la demanda

El mercado perlero internacional reporta un valor global de 7 mil millones de U.S.D. anuales. Se estima que un total aproximado de 1,000 a 1,200 productores, la mayoría situados en Japón, están involucrados en dicho mercado.

El proyecto que sometemos, tomando en cuenta la dimensión productiva del mismo, incidiría con un 0.0007% en dicho esquema.

Inversiones y financiamiento

Integración de la inversión

Monto total de inversiones en el proyecto

Tomando en cuenta una dimensión ideal del presente proyecto, y previendo proveerlo de capacidad adecuada para soportar un eventual crecimiento a mediano plazo bajo un modelo de desarrollo perlero regional, se plantea una inversión total de \$2.5 millones de U.S.D. distribuidos en 5 años, con una inversión inicial de aproximadamente 27% en el primer año de operación. En la Tabla 5 presentamos un esquema global de un proyecto dimensionado a 60 mil Ostras Perleras adultas anuales disponibles para injerto. Sin embargo, el proyecto contempla igualmente escenarios más flexibles. Con base en estimaciones preliminares, y tomando en cuenta criterios de rentabilidad mínima aceptable y márgenes de seguridad satisfactorios, una operación piloto podría trabajarse con un costo entre 650 mil y 800 mil U.S.D., reduciendo obviamente la dimensión del mismo, su rendimiento económico y su capacidad de crecimiento.

Fuentes de financiamiento

Se podría considerar una inversión directa, con aportación de capital por sociedad en participación (socios capitalistas y socios industriales-tecnológicos).

Condiciones crediticias

Inexistentes en caso de tratarse de una inversión directa. En el caso de créditos bancarios, el porcentaje de intereses varía entre el 10 y el 14% para este tipo de proyectos, dependiendo de la fuente de crédito.

Indicadores económicos

Beneficios y costos

Duración del ciclo productivo

La Figura 2 muestra un diagrama de flujo para un ciclo productivo de una sola generación, de una especie. Se requieren aproximadamente entre 42 y 46 meses para la obtención de una primera cosecha de perlas en Ostras Perleras con 3.6 a 4 años de edad. Al momento de la cosecha, se contará con 8 generaciones de las dos especies en etapas simultáneas de cultivo. Así, a partir del 4o. año de operación en adelante, el ciclo de producción habrá alcanzado un nivel estable con dos levantes de perlas anuales (una por especie).

Tabla 5 : Escenario de inversión a 5 años, para un volumen de producción final de 60 mil Ostras Perleras adultas (valores en U.S.D. x 1000)

INVERSION STANDARD :

INFRAESTRUCTURA TERRESTRE

EQUIPAMIENTO TERRESTRE

EQUIPAMIENTO MARINO

EQUIPAMIENTO LABORATORIO

SALARIOS PERSONAL (BRUTO)

PAGOS DE CONCESION

SUB-TOTAL INVERSION STANDARD

AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	TOTAL
\$100.00	\$80.00	\$80.00			\$260.00
\$24.10					\$24.10
\$141.60					\$141.60
\$85.50					\$85.50
\$183.32	\$201.66	\$221.82	\$244.00	\$268.40	\$1,119.21
\$0.50	\$0.50	\$0.50	\$0.50	\$0.50	\$2.50
\$535.02	\$282.16	\$302.32	\$244.50	\$268.90	\$1,632.91

MATERIALES CULTIVO INTEGRAL :

Materiales para colecta

Materiales para prengorda

Materiales para cultivo tardío

Materiales para perlicultivo

Núcleos

Anestésico y cementante

30.0	2.0	1.0	1.0	1.0	\$35.00
25.0	2.0	1.0	0.8	0.8	\$29.60
40.0	78.0	3.5	3.5	3.5	\$128.50
	45.0	70.0	90.0	100.0	\$305.00
	18.0	18.0	18.0	18.0	\$72.00
	25.0	45.0	45.0	45.0	\$160.00

SUB-TOTAL MATERIALES CULTIVO

\$95.00	\$170.00	\$138.50	\$158.30	\$168.30	\$730.10
	0	0			

GASTO OPERACION Y SERVICIOS :

Combustible y lubricante

Servicio mecánico y mantenimiento

Otros de manufactura y campo

4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	\$30.00
20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	\$100.00
2.0	1.5	4.0	1.5	2.0	\$11.00
\$26.00	\$26.50	\$30.00	\$28.50	\$30.00	\$141.00

SUB-TOTAL OPERACION Y SERVICIOS**COSTO TOTAL (U.S. Dls x 1000)**

\$656.02	\$478.66	\$470.82	\$431.30	\$467.20	\$2,504.01
----------	----------	----------	----------	----------	------------

ESTIMACION DE PRODUCCION :

20% PRECIO BAJO ,36 mil Mabé 13

U.S./pza.

60% PRECIO MEDIO, 108 mil Mabé 26

U.S./pza.

20% PRECIO ALTO , 36 mil Mabé a 38

U.S./pza.

TOTAL BRUTO VENTAS

\$360.00	\$360.00	\$720.00
\$2,160.00	\$2,160.00	\$4,320.00
\$1,080.00	\$1,080.00	\$2,160.00
\$3,600.00	\$3,600.00	\$7,200.00

Costos de producción

$$COSTO DE PRODUCCION = \frac{INVERSION TOTAL ANUAL}{VOLUMEN ANUAL DE PRODUCCION} = PRECIO UNITARIO$$

PERIODO DE COSTO/PIEZA	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7
	6.95	10.27	10.46

Supuestos :

- Valores en U.S.D.
- En el 5o. año se cosechan dos generaciones de cada especie : PM1 y PS1 (año 1 al año 4) y PM2 y PS2 (año 2 al año 5).
- En la estimación del Costo de Producción al 5o. año se tomó en cuenta el TOTAL de la inversión acumulada hasta dicho año, de acuerdo con lo apuntado en la Tabla 5.
- En la estimación del Costo de Producción del 6o. y 7o. años se tomó en cuenta la inversión acumulada total del 2o. al 5o. año y del 3o. al 6o., respectivamente, ya que cada generación requiere 4 años para producir una cosecha de perlas.
- El 4o. año se habrá ocupado en la promoción del producto.

- A partir del 5o. año se sigue trabajando con la misma dimensión del proyecto (1 cosecha anual por especie, totalizando 180 mil perlas anuales), es decir, no hay incremento en la producción.
- No se aumenta la plaza de personal y la capacidad operativa se mantiene constante. Sin embargo, hemos considerado un incremento anual del 10% en estos rubros por ajuste salarial, inflación, etc.
- El costo actual por manufactura de cada pieza (Mabé) se estimó en 4.5 U.S.D., suponiendo el pago a artesanos externos. Este precio se fijó intencionalmente alto.
- No se adquirirá ningún activo fijo a partir del 5o. año. Con un mantenimiento mecánico adecuado, supondríamos que la maquinaria tendría una vida activa mínima de 7 años, antes de que sea necesario una reparación mayor o su sustitución completa (vehículos, motores fuera de borda, motobombas, etc.).
- No se está considerando la producción de perla libre y keshi, ni la elaboración de artesanía y joyería, ni de ningún otro sub-producto o derivado.

Precio estimado de venta

El precio de venta se calcula con base en la calidad del producto, y tomando en cuenta que la venta se llevará a cabo primordialmente en lotes de 20 a 50 unidades de calidad comercial, cosa que es lo más común en el mercado perlero.

La distribución de calidades que esperamos obtener, con su precio correspondiente, estimado de manera sumamente conservadora, es como sigue :

- 20% de la producción lo constituyen perlas de precio bajo : 13 U.S.D. por pieza.
- 60% de la producción lo constituyen perlas de precio medio : 26 U.S.D. por pieza.
- 20% de la producción lo constituyen perlas de precio alto : 38 U.S.D. por pieza.

Cabe mencionar que estamos tomando en cuenta la producción de Mabé solamente. Por otro lado, es altamente factible --en caso que se cuente con condiciones óptimas de trabajo-- que se pueda cosechar un mínimo del 5-8% de gemas, es decir, perlas de gran fineza. Estas piezas se comercializan individualmente fuera de lote, a precios que pueden alcanzar hasta 300 U.S.D. o más por pieza.

Volumen estimado de producción

El modelo de producción que proponemos visualiza una cosecha de 180,000 unidades anuales (Mabé) a partir del 5o. año, con posibilidades de incrementar la producción y/o incorporar perla libre y keshi. Esto con base en la disponibilidad de 60,000 Ostras Perleras adultas de las dos especies, cada una recibiendo 3 núcleos hasta de 16.5 mm de diámetro para Mabé. Al momento de la cosecha, se recuperarían piezas con una capa de nácar de 2 mm mínimo de espesor.

Como se mencionó anteriormente, es posible implantar núcleos de mayor tamaño ; sin embargo, en tales casos es necesario reducir el número de núcleos por individuo y el tiempo de recubrimiento es mayor.

Beneficios sociales esperados del proyecto

La actividad perlera promoverá sin duda alguna la introducción de industrias paralelas de artesanía y joyería, las cuales son incipientes, de mediana calidad, y de baja importancia socioeconómica en la localidad. Nos proponemos apoyar el desarrollo de la industria joyera regional mediante la posible apertura de una Escuela de Orfevrería y Diseño de Alta Joyería. Este proyecto es aun sujeto a estudio y análisis, con objeto de identificar los sectores interesados que podrían apoyarlo, y los instructores de alto nivel más viables que intervendrían en éste.

Además, la construcción y operación de granjas perleras dará lugar a una sustancial generación de empleos. Cada granja perlera, con una dimensión promedio de 10,000 a 15,000 Ostras Perleras adultas anuales, requiere de un mínimo de 8 técnicos de planta, y hasta 15 trabajadores eventuales. Si tomamos en cuenta que en Bahía de La Paz podrían instalarse entre 80 y 100 Unidades de Producción, esto implica que se daría empleo fijo a aproximadamente 800 técnicos profesionales y 1,500 trabajadores, directamente relacionados con las actividades de cultivo, más todos los servicios que de éstas se generen : servicios mecánicos, manufactura, vigilancia, mantenimiento, promoción de ventas, servicios turísticos, etc.

En cuanto a la captación de divisas, el presente proyecto, tomando éste en cuenta como un modelo piloto y con la dimensión establecida, estaría generando un mínimo de hasta 5 millones de U.S.D. anuales del 5o. año en adelante.

Con base en predicciones realistas de mediano a largo plazo, si el presente proyecto logra fructificar como modelo en la implementación de nuevas granjas perleras regionales, a continuación examinamos brevemente un esquema ampliamente factible de lo que pudiera representar un modelo de desarrollo perlero regional (Monteforte 1995, 1996):

Supongamos que se instalen 90 granjas perleras en Bahía de La Paz (número conservador y factible, dada la capacidad de carga de la Bahía), cada una con una dimensión fácilmente manejable de 10,000 Ostras Perleras adultas anuales --la cual sería una granja de tamaño promedio-chico en Polinesia Francesa-- y una producción potencial de 25,000 a 30,000 Mabé anuales. Esto representa 750 mil a 900 mil U.S.D. anuales (a 30 U.S.D. por pieza) generados en cada granja a partir del 4o. o 5o. año de operación.

En estos términos, estamos estimando, con bases perfectamente sólidas y realistas, que el potencial productivo en perlas de Bahía de La Paz (sólamente Mabé suelta, sin tomar en cuenta joyería

ni artesanía, ni otros productos derivados) es de : **67.5 a 81 millones de U.S.D. anuales en 90 granjas perleras**. Esto representaría apenas el **0.01%** del valor global de la producción mundial, tomando en cuenta que ésta es de 7 mil millones de U.S.D. anuales en promedio.

Como señalamos en párrafos anteriores, estamos manejando el presente proyecto como un modelo productivo que puede ser aplicado a nivel micro o macro regional. Hasta ahora hemos considerado solamente la actividad perlera en Bahía de La Paz, pero en varios sitios de la costa oriental del Estado de B.C.S. puede llevarse a cabo algo similar. Bahía de Loreto, por citar un ejemplo de los muchos posibles, podría aportar una producción equivalente.

Evaluación de la rentabilidad

Factores de riesgo :

Con el fin de comprender la rentabilidad del presente proyecto, y de evaluar todas las posibles variables que pudieran intervenir en las estimaciones, hemos elaborado la Tabla 6 siguiente, donde se apuntan los diferentes elementos que tienen influencia en el proceso productivo. En esta tabla, presentamos 3 escenarios de eficiencia, inferior, medio y superior, junto con los resultados que se han obtenido a nivel experimental por parte del Grupo Ostras Perleras del CIBNOR.

Tabla 6 : Descripción de tres escenarios de eficiencia con base en las variables que intervienen en el proceso de producción, y comparación con resultados experimentales (promedio de 11 años) obtenidos en términos reales.

<u>ESCENARIOS</u>				
VARIABLES	INFERIOR	MEDIO	SUPERIOR	EXPERIM.
No. de	4	6	8	8 a 17
Mortalidad en	40%	35%	30%	23%
Mortalidad en cultivo	15%	12%	10%	Max 10%
Mortalidad acumulada pre-perlicultivo	55%	47%	40%	Max 33%
Mortalidad post-implante	15%	12%	10%	Max 8%
% éxito en implante	65%	75%	80%	> 85%
Precio por pieza Mabé	13 U.S.D.	26 U.S.D.	38 U.S.D.	35 U.S.D.

(*) **NOTA :** En el valor del producto se asume precio promedio por pieza de calidad comercial en lote (mayoreo). Se han comercializado piezas sueltas hasta en 100 U.S.D., y algunas gemas han sido valuadas hasta en 180 U.S.D.

El nivel inferior es un caso que ocurriría en situación extremadamente negativa, y que en ninguna ocasión ha sucedido durante los casi 12 años de trabajo de investigación del Grupo Ostras Perleras. El nivel medio es el que hemos considerado en todas las estimaciones económicas y de

producción en el presente proyecto. Finalmente, el nivel superior podría fácilmente alcanzarse e incluso ser superado si se contara con condiciones óptimas de trabajo. En efecto, comparando los resultados obtenidos en condiciones experimentales, donde no siempre (léase raramente) se logró trabajar bajo operatividad óptima, es posible apreciar que el escenario superior puede ser considerado realista.

Lo anterior nos permite asegurar que la factibilidad técnica del proyecto descansa sobre sólidas bases experimentales, y que las proyecciones económicas a futuro están deducidas con un margen de seguridad excepcionalmente amplio. Bajo la conceptualización del presente proyecto en cuanto a la seguridad operativa planteada, cabría esperar que los valores de las variables citadas en la Tabla anterior se ubicarían muy cercanamente dentro de los rangos obtenidos a nivel experimental, e incluso con valores más favorables.

Punto de equilibrio : producción mínima rentable

En las líneas siguientes presentamos algunos cálculos del Punto de Equilibrio realizados bajo diferentes escenarios de producción, esto con referencia a un precio calculado por pieza de Mabé :

- Cálculo con base en el precio de venta en un escenario de inversión a 5 años y una producción de 360,000 piezas en el 5o. año (180,000 del 4o. año y un número igual en 5o. año) :

$$PTO. EQ. = \frac{INVERSION\ TOTAL}{PRODUCCION} = \frac{2\ 504\ 010}{360\ 000} = 6.95\ U.S.D.$$

- Cálculo con base en el precio de venta en un escenario de inversión a 5 años y la mitad del volumen de producción esperado al 5o. año :

$$PTO. EQ. = \frac{INVERSION\ TOTAL}{PRODUCCION} = \frac{2\ 504\ 010}{180\ 000} = 13.91\ U.S.D.$$

NOTA : El precio de venta promedio de Mabé por pieza en el mercado actual, con una estimación conservadora, es de 25 a 30 U.S.D. Nuestras piezas demostrativas han sido valuadas desde 40 a 120 U.S.D. En los cálculos de distribución de calidades, estamos estableciendo precios entre 13 y 38 U.S.D. por pieza.

- Cálculo con base en la producción :

$$PTO. EQ. = \frac{INVERSION\ TOTAL}{PRECIO\ DE\ VENTA\ PROMEDIO} = \frac{2\ 504\ 010}{30} = 83\ 467\ PIEZAS.$$

NOTA : Considerando amplios márgenes de seguridad y con bases realistas en cuanto a la capacidad operativa, tasa de incidencia de semilla, mortalidad acumulada y porcentaje de éxito en la inducción perlera (escenario de eficiencia media, Tab. 6), se estima una primera cosecha de 360,000 piezas al 5o. año y 180,000 piezas anuales del 6o. año en adelante.

Estado de resultados a 10 años

En la Tabla 7 se muestra un cálculo de los resultados pro-forma a 10 años. Suponemos un costo de ventas del 10% con base en el valor bruto de la producción. La Utilidad calculada al 5o. año es de **5.7 Millones de U.S.D.** y de **2.5 Millones de U.S.D.** en promedio del 6o. año en adelante, suponiendo una operación constante sin crecimiento, y con una reinversión para propósitos operativos únicamente.

Estimación del período para la recuperación de la inversión

Con base en la Tabla 7, se estima que la recuperación total de la inversión tendría lugar al 4o. de operación. Sin embargo, se está dejando un margen de 1 año, el cual se utilizaría para la promoción y comercialización del producto, de manera que la inversión se recuperaría ampliamente al 5o. año con un beneficio neto mayor del doble de la inversión acumulada.

Estimación de la rentabilidad con base en la tasa interna de retorno

A partir de la Tabla 8, la cual representa el Flujo de Caja estimado a 10 años, se calculó la Tasa Interna de Retorno utilizando la fórmula :

$$\sum_{t=0}^n \frac{bt}{(1+i)^t} = 0$$

... donde **bt** es el flujo de beneficios netos en la corrida (en este caso, 10 años). La Tasa Interna de Retorno (TIR) queda definida cuando el valor de **i** es tal que el valor de los beneficios netos es 0, es decir, el punto en el cual el valor de los beneficios descontados es exactamente igual a los costos descontados.

En general, se asume que una TIR mayor del 25% define un proyecto con rentabilidad satisfactoria.

El flujo de caja resumen (Tab. 8), a partir del cual se calculó la Tasa Interna de Retorno, se elaboró extrayendo la información de la Tabla 7, en la columna correspondiente a los BENEFICIOS NETOS de cada año.

TABLA 8 : FLUJO DE CAJA ESTIMADO A 10 AÑOS

AÑOS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
EGRES	\$730.5	\$508.7	\$501.4	\$465.1						

O	6	1	6	3						
INGRESO					\$2,713	\$2,112	\$2,072	\$2,029	\$1,980	\$1,927

TASA INTERNA DE RETORNO= 45.3%

Se asumen las premisas siguientes :

1. La dimensión operativa es constante, sin crecimiento.
2. La reinversión de beneficios se utiliza únicamente en mantener la operación, es decir, no hay nuevas adquisiciones de activos fijos.
3. El precio de las perlas en el mercado se mantiene constante.
4. La producción consiste en piezas Mabé de calidad comercial, con precio entre 13 y 38 U.S.D. por pieza en lote, con el 80% de las piezas situadas por debajo de los 26 U.S.D. (el precio promedio en el mercado es de 30 U.S.D. y se excluye la incidencia de gemas).
5. No hay producción de perla libre o keshi.

**TABLA 7. ESTADO DE RESULTADOS PROFORMA CALCULADOS A 10 AÑOS PARA EL PROYECTO DE UNA GRANJA
MODELO DE PRODUCCION PERLERA EN BAHÍA DE LA PAZ.**

	ANO 1	ANO 2	ANO 3	ANO 4	ANO 5	ANO 6	ANO 7	ANO 8	ANO 9	ANO 10
VENTAS NETAS					\$9,288.00	\$4,644.00	\$4,644.00	\$4,644.00	\$4,644.00	\$4,644.00
COSTO VENTAS (10%)					\$928.80	\$464.40	\$464.40	\$464.40	\$464.40	\$464.40
ACTIVO FIJO	\$535.02	\$282.16	\$302.32	\$244.50	\$268.90	\$295.79	\$325.37	\$357.91	\$393.70	\$433.07
MATERIALES DE CULTIVO	\$95.00	\$170.00	\$138.50	\$158.30	\$168.30	\$185.13	\$203.64	\$224.01	\$246.41	\$271.05
OPERACION Y SERVICIOS	\$27.00	\$27.50	\$31.00	\$29.50	\$31.00	\$34.10	\$37.51	\$41.26	\$45.39	\$49.93
SUM. GASTOS OPERACION	\$657.02	\$479.66	\$471.82	\$432.30	\$468.20	\$515.02	\$566.53	\$623.18	\$685.50	\$754.05
GASTOS FINANCIEROS 8%	\$52.56	\$38.37	\$37.75	\$34.58	\$37.46					
UTILIDAD/PERDIDA BRUTA	(\$709.58)	(\$518.03)	(\$509.57)	(\$466.89)	\$7,584.64	\$3,664.58	\$3,613.07	\$3,556.42	\$3,494.10	\$3,425.55
PERDIDA FISCAL ACUM.	(\$709.58)	(\$1,227.61)	(\$1,737.18)	(\$2,204.07)	\$5,380.57					
ISR PTU 22.5%					\$1,210.63	\$824.53	\$812.94	\$800.19	\$786.17	\$770.75
UTILIDAD NETA/ PERDIDA NETA	(\$709.58)	(\$518.03)	(\$509.57)	(\$466.89)	\$4,169.94	\$2,840.05	\$2,800.13	\$2,756.23	\$2,707.93	\$2,654.80

NOTA: valores en U.S. DLLS. X 1000

SUPUESTOS :

* En el año 5 se venden 4 cosechas : 2 del 4o. año (Madreperla y Concha Nácar) y dos del 5o.

* A partir del 5o. año se continua trabajando con la misma dimensión productiva, es decir, no hay escalamiento.

* A partir del 6o. año se plantea la reinversión de una cierta proporción de las utilidades con objeto de aumentar el volumen de producción.

* Se considera un escenario de operación a eficiencia media.

6. No se comercializa joyería, ya que esto implicaría calcular inversiones específicas en material y manufactura para cada pieza o conjunto de piezas cuyo costo en mano de obra y material, así como su valor en mercado, depende del diseño de la joya.
7. Las cantidades en las líneas de Egresos e Ingresos de la Tabla 8 son en USD x 1000. Se trata de valores netos por año, redondeados cifras enteras significativas.

Consideraciones sobre la relación Costo / Beneficio

- Bajo un escenario de inversión a 5 años (Tab. 5), tomando en cuenta la inversión total y la cosecha de 360,000 piezas producto del 4o. y del 5o. año :

$$C / B = \frac{VENTAS\ TOTALES - INVERSION\ TOTAL}{INVERSION\ TOTAL} \times 100 = \frac{7,200 - 2,504}{2,504} \times 100 = 187\%$$

- En el 6o. año, tomando en cuenta la inversión total acumulada hasta dicho año (Tab. 7), es decir aproximadamente 3 millones de U.S.D., y una venta de 3.6 millones de U.S.D. por 180,000 perlas producidas en ese mismo año :

$$C / B = \frac{VENTAS\ TOTALES}{INVERSION\ ACUMULADA\ AL\ 6o.\ AÑO} \times 100 = \frac{3,600}{3,000} \times 100 = 120\%$$

- A partir del 6o. año, y etc., tomando en cuenta sólamente la inversión anual de cada año (Tab. 7) y la producción de 180,000 piezas con valor de 3.6 millones de U.S.D. anuales, sin crecimiento en la producción :

$$C / B\ 6o.\ AÑO = \frac{VENTAS\ TOTALES}{INVERSION\ DEL\ 6o.\ AÑO} \times 100 = \frac{3,600}{513} \times 100 = 701\%$$

$$C / B\ 7o.\ AÑO = \frac{VENTAS\ TOTALES}{INVERSION\ DEL\ 7o.\ AÑO} \times 100 = \frac{3,600}{565} \times 100 = 637\%$$

- Bajo un escenario particularmente negativo, es decir, al 5o. año se cosecha únicamente la mitad de la producción prevista (180,000 piezas) con un precio de 15 U.S.D. por pieza :

$$C / B\ negativo\ al\ 5o\ año = \frac{VENTAS\ TOTALES}{INVERSION\ TOTAL} \times 100 = \frac{2,700}{2,504} \times 100 = 107\%$$

Así, es posible apreciar que el presente proyecto muestra rentabilidad aceptable, aun en las peores condiciones que se pudieran esperar. De otra manera, el beneficio en situación « real » (a pesar de que se toman en cuenta parámetros muy conservadores) alcanza 87% más que la inversión

acumulada el 5o. año, y no es menor de 5 veces la inversión de cada año a partir del 6o. año en adelante.

Condiciones básicas que determinan la factibilidad de establecer granjas perleras :

recomendaciones generales

Para que un proyecto de perlería regional pueda ser calificado de sustentable, es importante recalcar que su éxito reside en gran proporción en la planeación y ordenamiento que se establezca en cuanto a la operación de Unidades de Producción que se establezcan en un espacio definido, en el tipo de vínculo que éstas mantengan con su respectivo Centro Operativo Regional, y en la definición clara y precisa de las estrategias que se apliquen al regular el manejo productivo del recurso. Se debe apuntar, en efecto, a lograr introducir elementos que beneficien directamente a los productores, especialmente a aquéllos que no poseen los conocimientos científicos y técnicos adecuados, ni los recursos económicos suficientes para iniciar un proyecto de este tipo por sí mismos. Al mismo tiempo, la planificación y operación de granjas perleras debe sustentarse en planes de manejo racional y conservacionista del recurso nácar.

Un desarrollo perlero regional, tal y como consideramos que éste debiera implementarse para lograr un alto beneficio socioeconómico que alcance a la mayor proporción posible de la población activa y sin costo ecológico para las poblaciones naturales, requiere la conjunción de numerosos elementos técnicos y científicos, económicos y financieros, administrativos, legales, etc., así como la definición de prioridades en el marco del Plan Nacional de Desarrollo Acuícola, en el cual se considere muy seriamente el aprovechamiento de las Ostras Perleras, uno de los recursos marinos más valiosos con los que cuenta nuestro País.

Se apuntó en párrafos anteriores la necesidad de que el modelo de desarrollo perlero que hemos delineado tenga una proyección, en espacio y tiempo, más allá de los límites de Bahía de La Paz y del marco de un proyecto de investigación científica. Ciertamente este modelo requerirá de un profundo y detallado estudio que en algún momento cercano será necesario abordar. No obstante, propondríamos algunos puntos que pudieran ser tomados en cuenta como base para tal propósito.

Ubicación de las Unidades de Producción

Quienes pretendan instalar granjas perleras en cierta región, deberán apoyarse en las recomendaciones y asesoría de un grupo especializado en cuanto a la ubicación y estructura de las diferentes instalaciones donde se llevan a cabo los procesos de cultivo en campo.

Las áreas susceptibles a albergar actividades de perlería deben reunir una serie de características ambientales, bioecológicas y logísticas que sean favorables a la instalación de estructuras flotantes, al crecimiento y supervivencia de las Ostras, a la producción de perlas de alta calidad, y a la operación general de las Unidades de Producción (Alagarswami 1994 ; Pandya 1976 ; Mann 1984 ; Coeroli y Mizuno 1985 ; Numaguchi y Tanaka 1986a, b ; Chang et al. 1988 ; Monteforte 1996). Entre éstas podemos mencionar :

- Calidad de agua dentro de los límites de tolerancia de las especies,
- Ubicación adecuada del sitio con respecto al sistema de corrientes, vientos dominantes, presencia de nutrientes y de otros elementos necesarios al crecimiento, supervivencia y depositación de nácar,
- Presencia de biotopos adecuados para las diferentes etapas de cultivo y formación de perlas (fondo rocoso y/o coralino ; presencia de guijarros y arena gruesa aceptable, obligatoriamente sin sedimento fino o lodoso ; ausencia de aportes de agua dulce o salobre....),
- Región con probados antecedentes de existencia de Ostras Perleras y perlas de buena calidad (calidades del nácar, espesor de la concha, oriente de las perlas),
- Región donde existan poblaciones naturales con abundancia y densidad adecuada que permitan asegurar la provisión de semilla. Es también necesario contar con evidencias de reclutamiento natural, con base en la estructura por tallas de las poblaciones salvajes,
- Debe existir un sitio accesible a los trabajadores involucrados, de fácil abastecimiento en materiales, equipo, agua, electricidad, alimentos, etc., y que se faciliten las diferentes maniobras tierra-mar (Centro Regional de Operaciones),
- Deben ser sitios alejados de zonas o focos de contaminación química o biológica, con baja o nula turbidez (buen recambio de agua sin sedimentos),
- Es necesario que exista congruencia entre las actividades de perlería y los planes de desarrollo regional y de ordenamiento ecológico.

Aspectos científicos y técnicos

- Cada Centro Regional tendría a su cargo el servicio de un número específico de Unidades de Producción distribuidas en una extensión definida por la capacidad de dicho Centro. El propósito de este punto es delimitar el radio de acción de cada Centro de manera que pueda servir en forma equilibrada a todas sus Unidades, así como regular la producción de manera a no provocar acciones competitivas cuyos resultados podría repercutir en la comercialización del producto. Así, el número

total, la dimensión y la distribución de las Unidades de Producción que maneje una sola empresa o grupo de empresarios será estrictamente regulado a fin de evitar acaparamientos que dejen fuera del esquema productivo a grupos de bajos recursos, y que comprometan la capacidad de carga del ecosistema.

- Los productores deberán estar registrados en una asociación nacional regulada por SEMARNAP, quien otorgará licencias y concesiones bien definidas en cuanto a los sitios de instalación de las granjas y la dimensión de las mismas. Con este punto, se pretende establecer una serie de reglas que permitan controlar el radio de acción de las granjas con el fin de no ocasionar sobrecargas en el área donde éstas se instalen y evitar el colapso de las mismas.
- Es indispensable establecer claramente la prohibición total y absoluta de manejar las poblaciones salvajes. La única acción permitida --y obligatoria-- de los productores es reservar un porcentaje no menor del 5% de los jóvenes adultos de Ostras Perleras (entre 9 y 11 meses de edad) para realizar acciones de repoblamiento en sitios específicos, bajo el entrenamiento y asesoría del grupo técnico que opere el Centro Regional respectivo. Con esto, se intenta fomentar la visión conservacionista planteada en el desarrollo de la perlería mexicana.
- Las áreas de cultivo, perlicultura y repoblamiento deberán ser declaradas zonas de reserva ecológica. Existen evidencias actuales en muchas regiones perleras del mundo de su alta vulnerabilidad a la contaminación y al cultivo simultáneo de otras especies marina. El hecho de que las zonas perleras sean solamente zonas perleras, protege la productividad y la calidad de la producción y permite al mismo tiempo su recuperación y continuidad a través del repoblamiento.
- A fin de proteger la salud de las poblaciones regionales de Ostras Perleras, es necesario evitar que, bajo ninguna circunstancia, se introduzcan organismos provenientes de otros sitios, especialmente si éstos se encuentran separados por barreras geográficas y/o ambientales, ya que se corre el riesgo de provocar epizootias e infecciones por especies nocivas y patógenas cuyo efecto puede ser catastrófico para la estabilidad del recurso perlero regional (Nasr 1982 ; Pass et al. 1987). Si bien es recomendable extender las zonas de colecta de semilla, e incluso introducir poblaciones de otras regiones con el fin de mantener la diversidad genética en el stock local de cultivo, es necesario establecer límites adecuados de dicha extensión mediante estudios que permitan identificarlos, y ejercer períodos de cuarentena en instalaciones apropiadas. De allí también la necesidad de delimitar el radio de acción de un Centro Regional. El personal operativo de las granjas recibirá entrenamiento para que lleven a cabo el monitoreo de sus respectivos stocks durante todo el proceso productivo, incluyendo el repoblamiento. Esta información deberá recabarse mensualmente para ser

procesada y analizada, con propósitos de control e investigación, por parte del personal científico y técnico del Centro Regional de Operaciones.

El monitoreo de los stocks de cultivo es sumamente importante para determinar el nivel de éxito de la operación y prevenir o solucionar los posibles problemas que pudieran presentarse. Por otro lado, la disponibilidad de esta información es necesaria para definir las secuencias operativas del proceso de cultivo, por ejemplo, el momento adecuado para trasladar organismos de la etapa de prengorda a la de cultivo tardío, el inicio de las siembras para repoblamiento, los períodos más adecuados para proceder a la inducción perlera y la determinación de la mejor época de cosecha. Es muy posible que en función de los sitios donde se instale una Unidad de Producción, incluso a nivel micro-regional, la ubicación en el tiempo y la duración de cada tipo de operación sean diferentes. Esto sólo puede determinarse a través del detallado análisis de la información producto de dichos monitoreos.

Aspectos administrativos, económicos y de comercialización

- La administración de una o varias Unidades de Producción compete exclusivamente a la empresa o grupo de productores propietarios, siempre y cuando se acaten las regulaciones pertinentes.
- La prioridad operativa de las granjas perleras debe ser la perlicultura. Ninguna empresa perlera en el mundo dispersa energía y recursos en el cultivo o la producción de cualquier otra especie marina o terrestre simultáneamente.
- Las empresas o grupos receptores de tecnología obtendrán entrenamiento en los procesos de cultivo y repoblamiento únicamente. El servicio de perlicultura se llevará a cabo a través de un grupo de técnicos especializados con planta rotativa en los Centros Regionales (esto permitirá que un buen técnico perlicultor pueda servir a varias Unidades de Producción, incluso fuera de los límites de « su » Centro Regional), quienes deberán registrarse ante una asociación regulada por SEMARNAP. Esto permitirá homogeneizar la calidad de la producción perlera mexicana, evitando al mismo tiempo que personal sin experiencia incida en las operaciones de inducción provocando mortalidades inútiles y/o generando productos de baja calidad.
- Las Unidades de Producción se comprometerán a entregar al Centro Regional de Operaciones su stock de Ostras Perleras viables a la perlicultura. Los trabajos de inducción perlera, previa selección de los organismos por parte de los técnicos perlicultores, se llevarán a cabo exclusivamente en los quirófanos del Centro Regional.
- Después del período de convalecencia, los especímenes trabajados se colocarán en áreas de reserva destinadas a la perlicultura las cuales serán sometidas a estricta vigilancia. El stock de cada granja

será perfectamente identificado y cuantificado, correspondiendo a su propio personal el realizar limpieza y mantenimiento bajo la supervisión de los técnicos del Centro Regional. Una vez que los stocks perleros de cada granja haya sido depositados en las áreas de perlicultura, no se permitirá movimiento alguno de los mismos hasta el momento de la cosecha, excepto los inherentes al proceso de formación de perlas (limpieza, rotación, muestreo periódico, eventual reimplante, etc.), o los que sean necesarios por mal tiempo o contaminación.

- La cosecha de perlas se llevará a cabo por parte del personal de perlicultores en presencia de los propietarios de los lotes. La empresa o grupo de productores deberá ceder el derecho de selección, clasificación y control de calidad a los técnicos perlicultores.
- Es importante subrayar que, en algunos casos, es posible corregir defectos menores de una perla mediante técnicas específicas de pulido y « peeling ». Sin embargo, aquellos productos que alcancen el standard de calidad serán destruidos inmediatamente.
- Con respecto a la comercialización (perla « cruda », joyería, artesanía y productos derivados), se sugiere que ésta se lleve a cabo a través de canales específicos ya identificados, en los que serían vinculados los productores por intermediación del Centro Regional de Operaciones. En este caso, los lotes de comercialización contarán con un logotipo de marca de calidad registrado ante los grupos de perlería internacional (International Pearl Association, Gemological Institute of America, Groupe d'Intérêt Economique). Los productores podrán optar por una o varias de las presentaciones de comercialización, ya sea como perla suelta o joyería.

Inversión extranjera

Sería ampliamente preferente que el manejo del recurso nácar se reserve a inversionistas mexicanos, para lo cual se revela necesario abrir oportunidades a grupos o privados económicamente activos de la región para que tengan acceso a la tecnología y a apoyos financieros. Recordemos que el cultivo de Ostras Perleras requiere de un cierto margen de tiempo (alrededor de 4 años) para que se obtengan los primeros beneficios. En comparación con otras especies marinas actualmente sometidas a cultivo comercial (camarón, ostión y algunos peces), se trata de un tiempo relativamente largo, aproximadamente similar al del cultivo de abulón y de la Ostra Perlera de Polinesia Francesa *Pinctada margaritifera* var. *cumingi*. De allí que la posibilidad de poder solventar una tasa de egreso de cierta magnitud hasta el momento de las primeras comercializaciones, estaría restringida sólo a grupos o personas de unos pocos sectores sociales que poseen un perfil socioeconómico específico, quienes no necesariamente mostrarían interés en un proyecto de este tipo, ni probablemente tampoco se ajustarían

a los principios de conservación del recurso y fomento al desarrollo de granjas perleras que hemos descrito en páginas anteriores. Es por tal motivo que se hace necesario considerar la actividad de cultivo y perlicultura como una nueva alternativa de desarrollo hacia la cual el acceso debiera ser ampliamente facilitado.

Al analizar la posibilidad de una inversión extranjera, se debe tener presente el hecho histórico, repetitivo a lo largo del tiempo, de los desastres ecológicos que frecuentemente ocasionan las empresas extranjeras cuando explotan los bancos naturales fuera de su propia región a pesar de cualquier ley o reglamento que limite su actividad, y el alto costo social que implica la apropiación casi total, por parte de estas empresas, de los beneficios económicos inherentes al aprovechamiento de dicho recurso. Existen claros ejemplos presentes y pasados, no solo en México (*Mangara, Baja California Pearling*, etc., por citar solo algunas) sino también en otras regiones perleras del mundo : Polinesia, Mar Rojo, Golfo Pérsico, Australia, etc., han sufrido a menudo este tipo de problemas ; sería altamente deseable que esto no sucediera en nuestro país.

No se descarta la inversión extranjera en torno al aprovechamiento del recurso nácar. No obstante, se debe analizar muy cuidadosamente su perfil y diseñar un estricto reglamento en el que se consideren de manera prioritaria los siguientes aspectos :

1. Las poblaciones naturales no podrán ser objeto de manejo comercial o experimental bajo ninguna circunstancia,
2. Las empresas extranjeras se comprometen a emplear personal mexicano en todas sus operaciones. Además, cada una de estas empresas deberá emplear al menos dos observadores de planta registrados ante SEMARNAP,
3. Los organismos que utilicen las empresas extranjeras en las operaciones de perlicultura deberán ser obtenidos única y exclusivamente a través del cultivo (captación de semilla salvaje y/o producción en laboratorio),
4. Cada empresa extranjera tendrá derecho a instalar una sola Unidad de Producción en cada región donde ésta se establezca ; la dimensión de dicha Unidad no podrá ser mayor del promedio de las Unidades de Producción mexicanas que se encuentren establecidas en cada región,
5. Las empresas extranjeras se comprometerán a ejercer acciones de repoblamiento,
6. Las empresas extranjeras no podrán poseer un Centro de Operaciones propio ; sus Unidades de Producción serán supervisadas por personal del Centro correspondiente a la región donde se establezca la empresa,
7. Si la empresa extranjera tiene sus propios técnicos perlicultores, cada uno deberá ser asistido por un número no menor de dos técnicos mexicanos quienes seguirán paso a paso todas las operaciones en

los organismos que sean sometidos al proceso de inducción perlera (considérese el muy buen ejemplo de Filipinas, Mynamar y China). Todas las operaciones de perlicultivo se llevarán a cabo, exclusivamente, en el quirófano del Centro Operativo Regional correspondiente.

8. La cosecha de perlas se deberá llevar a cabo ante los observadores de la SEMARNAP. La empresa extranjera entregará un porcentaje no menor del 55% del producto cosechado a un Fideicomiso Perlero Regional. Los observadores se ocuparán de que la selección de estos productos se lleve a cabo en forma equilibrada en cuanto a la calidad de los lotes de perlas.

Conclusiones

La factibilidad de incursionar en la perlería de alto nivel es definitivamente positiva para México : se cuenta con el recurso y con la superior calidad de su producto en nácar y perlas ; además existe la disponibilidad de tecnología propia e independiente para el cultivo de Ostras Perleras y la inducción a la formación de perlas, la cual, si bien no se encuentra aun en estado completo, ha demostrado con resultados reales su relevante potencial productivo.

Bajo los esquemas actuales de adelanto científico y desarrollo tecnológico que, en torno a la nacaricultura y la perlicultura, han tenido lugar en varias instituciones mexicanas, consideramos que se cuenta con un conjunto de condiciones sumamente propicias para iniciar la creación de centros perleros regionales basados por el momento en el cultivo extensivo y la producción de Mabé. En tanto no se tenga asegurada la producción de semilla en laboratorio a nivel masivo, y la producción de Keshi y Perla Libre con constancia en número y consistencia en calidad, un proyecto perlero puede iniciarse en estas condiciones y con amplio margen de seguridad. Conjuntando lo anterior con la instauración de industrias de joyería y artesanía fina, así como la incorporación de estas actividades dentro de las perspectivas de desarrollo turístico, se lograría la integración de una actividad productiva de alta rentabilidad que incidiría considerablemente en los planes de desarrollo socioeconómico regional.

Desde el punto de vista histórico, geográfico y socioeconómico, la región de La Paz reviste características insulares que en muchos sentidos han obstaculizado la aplicación de estrategias realistas de desarrollo. En tal contexto, es clara la necesidad de ofrecer alternativas viables al sector productivo que permitan el arribo de capital, la creación de empleos y la posibilidad de crecimiento socioeconómico para la población activa, todo esto basado en el aprovechamiento de un recurso cuyo enorme potencial es evidente y que, desgraciadamente, no ha sido utilizado más que en forma errónea o nula. La industria perlera, aplicada bajo un adecuado esquema de planificación y ordenamiento, podría ser una interesante solución, tomando en cuenta que se trata de una actividad sustentable cuya factibilidad técnica, económica y financiera ha sido demostrada, no sólo en la misma región

durante la operación de la *Compañía Criadora de Concha y Perla* y el auge de la pesquería de perlas, sino también en otras regiones del mundo que guardan cercana similitud con La Paz del presente.

Cierto es que existen aspectos que necesariamente deberán ser considerados con especial atención, principalmente aquellos referentes a la conservación del recurso, la coordinación y regulación de la perlería a nivel regional y nacional, el manejo soberano del recurso y la posibilidad de inversión extranjera, etc. De igual manera, hacen falta detalladas investigaciones en cuanto a la producción de semilla en laboratorio y de su respuesta a las condiciones de cultivo en campo ; se requiere también conocer la estructura genética de las poblaciones parentales de Ostras Perleras para evitar problemas incontrolables al intercambiar poblaciones entre regiones ; asimismo, es importante integrar una tecnología sólida para la producción de Keshi y Perla Libre. Sin embargo, con lo vertido en las secciones anteriores suponemos que se han establecido algunas bases claras con las cuales se podría llegar a un esquema positivamente funcional que permita, por un lado, el escalamiento de lo que se ha logrado a la fecha en el marco del proyecto institucional Ostras Perleras del CIBNOR, y por otro lado, establecer las condiciones propicias para llevar a cabo las investigaciones que faltan en medio de un ambiente de trabajo adecuado.

El modelo operativo de desarrollo perlero regional que hemos delineado en el presente documento, definitivamente puede ser mejorado. No obstante, dicho modelo se sustenta en sólidas bases de conocimiento y experiencia, así como en ejemplos exitosamente funcionales en otras regiones del mundo. El cultivo de Ostras Perleras y la producción de perlas, y de todas las actividades paralelas que podrían desarrollarse conjuntamente, significan sin duda alguna una de las alternativas más adecuadas para lograr un desarrollo regional sostenido y sustentable, mismo que puede ser transferido a alguna de las numerosas regiones propicias a la perlicultura que existen en el Pacífico mexicano.

Se requiere obviamente de un cambio radical en las políticas gubernamentales en torno a la explotación de los recursos naturales ; se requiere considerar que las Ostras Perleras constituyen un Patrimonio Nacional de altísimo valor y potencial. Es necesario también establecer una política de desarrollo de la perlería congruente con las realidades y expectativas regionales y a nivel nacional, donde se considere al mismo tiempo el uso de la tierra en Zona Federal y de cuerpos de agua protegidos, muchos de los cuales se encuentran acaparados, subutilizados, inactivos y/o en manos de extranjeros. Es prioritario igualmente establecer mecanismos de apoyo a los programas de investigación y desarrollo tecnológico que se llevan a cabo en instituciones mexicanas en relación a las Ostras Perleras. Asumimos que, bajo un programa nacional bien definido y claramente orientado, se podrían conjuntar esfuerzos de tal manera a que se logran metas paralelas en mutua cooperación.

En la misma línea, el aspecto del mercado en relación al control de calidad de los productos se revela como uno de los factores de mayor importancia en la futura proyección de las perlas mexicanas en el mercado internacional. Hemos señalado que el papel de un productor en el mercado perlero internacional, particularmente en el canal de mercado al que se pretende acceder, se desenvuelve en un entorno altamente competitivo donde la calidad del producto va a definir la dimensión de la « puerta de entrada » y el sitio que se ocupe en dicho ambiente, o el conformismo de colocarse a un nivel simplemente comercial. Las especies mexicanas poseen un reconocido potencial de fineza y calidad que permitiría a los productores colocarse en elpreciado mercado de lujo de las *South Seas Pearls*. En este sentido, consideramos que es más conveniente producir poco pero de altísima calidad, en vez de buscar mercados del nivel « mexican curios » sacando a la venta productos de calidad mediocre.

La decisión en cuanto a la estrategia a seguir en el sentido anterior no es fácil de tomarse, principalmente por el hecho de que en muchos casos los potenciales inversionistas buscarían la recuperación de su dinero lo más rápidamente posible aunque la relación costo/beneficio fuera apenas favorable. De allí que es necesario definir un perfil adecuado de dichos inversionistas, requiriéndose, entre otros aspectos, su disposición y acuerdo en cuanto a lograr una posición reconocida y privilegiada en la perlería internacional.

Finalmente, los aspectos de la política y modalidad de la transferencia tecnológica requieren ser cuidadosamente examinados bajo un criterio más amplio que el actual. La relación de los grupos de trabajo con sus respectivas instituciones, la participación de ambas identidades en la aplicación de dicha tecnología, y el ofrecimiento de esquemas claros y precisos a los grupos inversionistas mexicanos, adolecen aun de soluciones adecuadas que permitan fluidez y eliminen obstáculos producto de actitudes ambiciosas o acaparadoras. En efecto, las leyes respectivas en muchos casos no contemplan con objetividad este nuevo contexto de empresas de base tecnológica generadas en las instituciones de investigación, y la SEMARNAP, que sería la instancia más adecuada para regular y coordinar este tipo de proyectos de perlería, al parecer ha priorizado en otras materias.

Se avanza, es cierto, pero aun queda mucho por hacer. Ante la situación actual en la que se encuentra la investigación sobre nacaricultura y perlicultura en México, y el particular interés que empieza a generarse por parte de inversionistas privados nacionales y extranjeros, es urgente establecer un marco de condiciones de protección y conservación del recurso y de su explotación racional, donde se tome en cuenta la soberanía en su manejo, la incorporación activa de quienes han generado el conocimiento y la tecnología, y la apertura de oportunidades accesibles al sector productivo mexicano.

De lograrse arribar a una actitud íntegra, cooperativa y conciliatoria, donde se conjunten en común acuerdo los intereses de las instituciones gubernamentales y de investigación, de los

investigadores, del sector productivo y de la población activa regional, bajo un contexto legislativo bien ordenado y planificado, la producción de perlas mexicanas tendría todas las posibilidades de recuperar el lugar que alguna vez tuvo en el mundo perlero.

Bibliografía

- Alagarswami, K. 1974. Development of cultured pearls in India. Curr. Sci., 43(7) 205-207.
- Araya-Núñez, O., B. Ganning and F. Buckle-Ramírez. 1991. Gonad maturity, induction of spawning, larval breeding and growth in the american pearl oyster (Pteria sterna, Gould). Calif. Fish. and Game, 77(4) : 181-193.
- Arizpe, C.O. 1992. Los moluscos y su importancia comercial en el Pacifico Mexicano. Serie Didactica U.A.B.C.S., Num.1, 219pp.
- Baqueiro, E. 1984. Status of Molluscan aquaculture on the Pacific coast of México. Aquaculture, 39: 83-93.
- Bervera, L.H. 1994. Evaluación de la captación de semilla de *Pinctada mazatlanica* (Hanley 1856) en diferentes células colectoras durante el periodo 1991-1992, y tratamiento de juveniles en prengorda a partir de 1992 en Bahía de La Paz, B.C.S., México. Tesis de Licenciatura en Biología Marina. UABCS, La Paz. 93 pp.
- Cabral, P. y T. Seaman 1996. On land maturation of the pearl oyster *Pinctada margaritifera*. World Aquaculture '96 Ann. Meeting. Jan 29-Feb 2, Bangkok, Thailand. Book of Abstracts, p. 360.
- Cariño, M. 1987. Le mythe perlier dans l'histoire coloniale de la Sudcalifornie. M.Sc. thesis in History. Univ. Paris VII, Jussieu, France. 134 pp.
- Cariño, M. 1991. "Mi padre cultivaba la concha perla..." . Biografía del precursor de la maricultura en México. Rev. PANORAMA, Nueva Epoca, 38 (marzo-abril 1991) : 20-27.
- Cariño, M. 1994. Natural pearl farming in the early XX century in Bahía de La Paz, South Baja California, México. J. Shellfish Res. 13(1) : 346-347.
- Cariño, M. 1995. Science vs. bussines : the introduction of cultured pearls in the international market. Congreso Internacional WAS-Aquaculture '95. San Diego, Cal., Febrero 1995. Ponencia oral y abstract.
- Cariño, M. 1996. The polemic on cultured pearls. Jour. World Aqua. Soc. (en prensa).
- Cariño, M. Les Mines Marines du Golfe de Californie : Histoire de la Région de La Paz, Basse Californie du Sud, à la lumière de ses perles (1550-1995). Tesis de Doctorado N.R. en elaboración. Haute Ecole de Sciences Sociales. Paris, Francia.
- Cariño, M. & C. Cáceres. 1990. La perlicultura en Baja California Sur a principios del siglo XX. Ser. Cient. UABCS (La Paz, México), 1(1) : 1-6.
- Cariño, M y M. Monteforte. 1995. History of pearling in the Bay of La Paz, South Baja California, México (1533-1914). Gems & Gemology. 31(2) : 108-126.
- Chang, M., J. Hong and H.T. Huh. 1988. Environmental conditions in the pearl oyster culture grounds and food organisms of *Pinctada martensii* (Dunker) (Bivalvia, Pteriidae). Ocean Research, 10(1) : 67-77.
- Coeroli, M. 1983. Développement de la production nacrée et perlière en Polynesie Française. Pêche Mar., 630 : 3 pp.
- Coeroli, M. 1994. Tahiti cultured pearl. Conferencia magistral, Congreso Internacional Pearls '94, Honolulu, Hawaii. 12 pp.
- Coeroli, M., D. de Gaillande, J.P. Landret & AQUACOP (D. Coatanea). 1984. Recent innovations in cultivation of Molluscs in French Polynesia. Aquaculture, 39(1-4) : 45-67.
- Coeroli, M. & K. Mizuno. 1985. Etude des différents facteurs influant sur la production perlière de l'huître à lèvres noires. Proc. 5th. Int. Congress Coral Reefs, Tahiti. Vol. 5 : 551-556.
- Díaz-Garcés, J. 1972. Cultivo experimental de la madreperla *Pinctada mazatlanica* (Hanley) en la Bahía de La Paz. In : Carranza, J. (Ed.). Proc. IV Cong. Nac. Oceanografía. México, D.F., 17-19 Nov. 1969 : 443-456.
- Doubilet, D. 1991. Australia's magnificent pearls. Nat. Geog. Mag., 180(6) : 109-123.
- Doumenge, F. 1992. Nacres et perles. Traditions et changements. In : Doumenge, F. et A. Toulemon (Eds.). Bull. Inst. Océanogr. Monaco, Num. Spéc. 8 : 1-52.

- Dybdahl, R. and R.A. Rose. 1986. The pearl oyster fishery in Western Australia. In : A.K. Haines, C.G. Williams & C. Coates (Eds.). Torres Strait Fisheries Seminar, Port Moresby, 11-14 Feb. 1985. Aust. Gov. Publ. Serv. Canberra : 122-132.
- Fassler, R.C. 1991. Farming jewels : The aquaculture of pearls. *Aquaculture Mag.* Sep/Oct 1991 : 34-52.
- Fassler, R.C. 1993. Pearls'94 : First international conference. South Pacific Commission, Pearl Oyster Information Bulletin, 6 : 33-34.
- Fassler, R.C. 1994. Abstracts of papers presented at Pearls '94, International Pearl Conference, Honolulu, Hawaii, May 14-19, 1994. *Jour. Shellfish Res.*, 13(1) : 325-354.
- Fassler, R.C. 1995. Farming jewels : new developments in pearl farming. *World Aquaculture*, 26(3) : 5-10.
- García-Gasca, A. y M. Monteforte. 1990. Colecta experimental de Madreperla Pinctada mazatlanica (Hanley 1856) en Isla Gaviota, B.C.S. (resultados preliminares). Compilado de trabajos del IV Congreso de la Asociación Mexicana de Acuicultores. CICTUS-Universidad de Sonora. Hermosillo, Son. AMAC'90, Vol. 1: 11 pp.
- Goebel, M. y D.M. Dirlam. 1989. Polynesian black pearls. *Gems & Gemology*, 25(3) : 130-148
- Gruet, M.J. 1992. La perle de culture dans une économie de marché. In : Doumenge, F. et A. Toulemont (Eds.). *Bull. Inst. Océanogr. Monaco*, Num. Spéc. 8 : 105-108.
- Intes, A. & M. Coeroli. 1985. Evolution et état des stocks naturels d'huîtres nacrères et perlières (Pinctada margaritifera) en Polynésie Française. *Proc. 5th. Int. Congress Coral Reefs*, Tahiti : 545-550.
- Jameson, H.L. 1914. The pearling industry. A chapter in economic biology. In : *Scientific American Sup.*, 1983 : 12-16.
- Joyce, K. y S. Addison. 1992. Pearls, ornament and obsession. Thames & Hudson Ltd. Press, London. 252 pp.
- Keen, M. 1971. Seashells of the tropical west America. Stanford Univ. Press. Stanford, Calif. 1068 pp.
- Kunz, G.F. y C.H. Stevenson. 1932. The Book of the Pearl : The History, Art, Science and Industry of the Queen of Gems. Dover Publications Inc., New York (1993). 548 pp.
- Mann, R. 1984. On the selection of aquaculture species : a case study of marine molluscs. *Aquaculture*, 39 : 345-353
- Martínez, A.T. 1983. Prospección de los bancos de madreperla en el el Golfo de California de 1962 a 1965. M.Sc. Thesis. CICIMAR, La Paz, México. 87 pp.
- Matlins, A.L. 1995. The Pearl Book : the definitive buying guide. GemStone Press, Vermont USA. 198 pp.
- Matsui, Y. 1962. Informe de Yoshidi Matsui sobre las experiencias de cultivo de madreperla y producción de perlas en Bahía de La Paz. Documento original recuperado por M. Cariño. Archivo Histórico "Pablo L. Martínez". La Paz, B.C.S. 13 pp.
- Monteforte, M. 1990. Cultivo de Ostras Perleras y Perlicultura : situación actual en los principales países productores y perspectivas para México. *Ser. Cient. UABCS (La Paz, México)*, 1(1) : 13-18.
- Monteforte, M. 1991. Las perlas, leyenda y realidad : un proyecto actual de investigación científica. *Rev. PANORAMA (UABCS)*, 38 : 28-34.
- Monteforte, M. 1994. Perspectives for the installation of a pearl culture enterprise in Bahía de La Paz, South Baja California, México. *J. Shellfish Res.* 13(1) : 339-340.
- Monteforte, M. 1995. Modelo de construcción y operación de granjas perleras en Bahía de La Paz : proyecto tipo. Documento interno CIBNOR (Dirección de Gestión Tecnológica) y SEMARNAP (Dirección General de Acuicultura). 39 pp.
- Monteforte, M. 1996. Cultivo de Ostras Perleras y Perlicultura. In : Estudio del Potencial Pesquero y Acuicola de Baja California Sur. Casas-Valdéz, M. y G. Ponce-Díaz (Eds.). SEMARNAP, Gob. del Estado de BCS, FAO, UABCS, CIBNOR, CICMAR-IPN, CRIP, CETMAR. Vol. 2 : 571-614.
- Monteforte, M. y C. Aldana. 1994. Spat collection, growth and survival of pearl oyster *Pteria sterna* under extensive culture conditions at Bahía de La Paz, South Baja California, México. *J. Shellfish Res.* 13(1) : 340-341.
- Monteforte, M. y H. Bervera. 1994. Spat collection trials for pearl oysters *Pinctada mazatlanica* and *Pteria sterna* at Bahía de La Paz, South Baja California, México. *J. Shellfish Res.* 13(1): 341-342.

- Monteforte, M. & M. Cariño. 1992. Exploration and evaluation of natural stocks of pearl oysters *Pinctada mazatlanica* and *Pteria sterna* (Bivalvia, Pteriidae) : La Paz, South Baja California, México. *AMBIO, Jour. Human Env.*, 21(4) : 314-320.
- Monteforte, M. y A. García-Gasca. 1994. Spat collection studies of pearl oysters *Pinctada mazatlanica* and *Pteria sterna* (Bivalvia, Pteriidae) in Bay of La Paz, South Baja California, México. *Hydrobiologia*, 291 : 21-34.
- Monteforte, M., E. Kappelman-Piña and B.E. López-Espinosa. 1995. Spatfall annual survey of pearl oyster *Pteria sterna* (Gould) on experimental collectors at Bahía de La Paz, South Baja California, México. *Aquac. Fish. Manag.*, 26, 497-511.
- Monteforte, M. & S. López-López. 1990. Captación masiva y prengorda de Madreperla *Pinctada mazatlanica* (Hanley 1856), en Bahía de La Paz, Sudcalifornia, México. Compilado de trabajos del IV Congreso de la Asociación Mexicana de Acuicultores. CICTUS-Universidad de Sonora. Hermosillo, Son. AMAC'90, Vol. 1 : 10 pp.
- Monteforte, M. y H. Wright. 1994. Ecology of pearl oyster spat collection in Bahía de La Paz, South Baja California, México : temporal and vertical distribution, substrate selection, associated species. *J. Shellfish Res.* 13(1) : 342-343.
- Monteforte, M., H. Bervera y S. Morales. 1994a. Growth and survival of pearl oysters *Pinctada mazatlanica* and *Pteria sterna* in extensive conditions at Bahía de La Paz, South Baja California, México. *J. Shellfish Res.* 13(1) : 343-344.
- Monteforte, M., H. Bervera, S. Morales, V. Pérez, Saucedo, P. y H. Wright. 1994b. Results on the production of cultured pearls in *Pinctada mazatlanica* and *Pteria sterna* from Bahía de La Paz, South Baja California, México. *J. Shellfish Res.* 13(1) : 344-345.
- Nasr, D.H. 1982. Observations on the mortality of the pearl oyster *Pinctada margaritifera*, in Dongonab Bay, Red Sea. *Aquaculture*, 28 : 271-281.
- Numaguchi, K. & Y. Tanaka. 1986a. Effects of temperature on mortality and growth of the spat of the pearl oyster *Pinctada fucata martensii*. *Bull. Natl. Res. Inst. Aquacult. (Japan)*, 9 : 35-39.
- Numaguchi, K. & Y. Tanaka. 1986b. Effects of salinity on mortality and growth of the spat of the pearl oyster *Pinctada fucata martensii*. *Bull. Natl. Res. Inst. Aquacult. (Japan)*, 9 : 41-44.
- Pandya, J.A. 1976. Influence of temperature on growth ring formation in the pearl oyster *Pinctada fucata* (Gould), of the Gulf of Kutch. *Indian J. Mar. Sci.*, 5 : 249-251.
- Pass, D.A., R. Dybdahl & M.M. Mannion. 1987. Investigation into the causes of mortality of the pearl oyster *Pinctada maxima* (Jameson) in Western Australia. *Aquaculture*, 65 : 149-169.
- Pearl World, The International Pearling Journal 1992. Annual japanese pearl export. Economic section, Japan Pearl Exporters Assoc. R. Torrey, Ed.
- Pearl World, The International Pearling Journal 1993. Annual japanese pearl export. Economic section, Japan Pearl Exporters Assoc. R. Torrey, Ed.
- Pearl World, The International Pearling Journal 1994a. Annual japanese pearl export. Economic section, Japan Pearl Exporters Assoc. R. Torrey, Ed.
- Pearl World, The International Pearling Journal 1994b. Tahiti, October auction results. Groupe d'Intérêt Economique (Poe Rava Nui). R. Torrey, Ed.
- del Río-Portilla, M.A. 1991. Crecimiento de *Pteria sterna* (Gould, 1851) (Mollusca, Bivalvia), bajo diferentes condiciones de temperatura y concentración de alimento. M.Sc. Thesis. CICESE-Ensenada B.C., México. 77pp.
- Saucedo-Lastra, P. 1991. Ensayo sobre repoblamiento de bancos naturales de Concha Nácar, *Pteria sterna*, y Madreperla, *Pinctada mazatlanica* (Bivalvia, Pteriidae), en El Merito, Bahía de La Paz, Sudcalifornia, México. BSc. thesis in Biology, Faculty of Sciences, Universidad Nacional de México. August, 1991. 75 pp.
- Saucedo, P. y M. Monteforte. 1994. Breeding cycle of pearl oysters *Pinctada mazatlanica* and *Pteria sterna* in Bahía de La Paz, South Baja California, México. *J. Shellfish Res.* 13(1) : 348-349.
- Saucedo, P. y M. Monteforte. 1996. Repopulation of pearl oyster *Pteria sterna* natural beds at El Merito Inlet, Bahía de La Paz, South Baja California, México. *AMBIO, Jour. Hum Env.* (en prensa).

- Saucedo, P., M. Monteforte, H. Bervera, V. Pérez y H. Wright. 1994. Repopulation of natural beds of pearl oysters *Pinctada mazatlanica* and *Pteria sterna* at Bahía de La Paz, South Baja California, México. J. Shellfish Res. 13(1) : 349-350.
- Scoones, R.J.S. 1988. An overview of pearl oyster culture in Western Australia. Proc. 1st. Australian Shellfish Aquaculture Conference, Perth, 1988 : 266-282.
- SEPESCA 1971. Proyecto para el cultivo piloto de concha madreperla en Bahía de La Paz. Documento interno. 12 pp.
- Sevilla, M.L. 1969. Contribución al conocimiento de la madreperla *Pinctada mazatlanica* (Hanley). Rev. Soc. Mex. Hist. Nat., 30 : 223- 262.
- Shirai, S. and Y. Sano. 1972. Reporte de una investigación sobre los recursos perleros del Golfo de California. Reporte Interno. SEPESCA. México. 55 pp.
- Shirai, S. 1984. Pearl Oysters of the World. Marine Planning, Co., Ltd., and Shunposha Photo Printing, Co., Ltd., Japan. 185 pp.
- Shirai, S. 1994. An overview of pearl oyster culture in the world. Conferencia magistral. Congreso Internacional Pearls'94. Honolulu, Hawaii.
- Singh-Cabanillas, J., G. Bojórquez- Verastica & J.M. Meza-Domínguez. 1982. Resultados finales de las actividades de estudios de ostras perleras en la Bahía de La Paz (1981-1982). Inf. Téc. Sría. de Pesca, Del. Fed. Pesca B.C.S. (México), Oficina de Desarrollo Acuacultural. 44 pp.
- Tsujii, T. 1960. Studies on the mechanism of shell and pearl formation in Mollusca. J. Fac. Fish., Univ. Mie-Tsu, 5 : 1-70
- Vives, G. 1908. Criaderos de concha madreperla en Baja California. Original manuscript (unpublished). Historic Museum "Pablo L. Martínez", La Paz, México. 55 pp. + photos.
- Vives, G. 1916. Carta personal de Don Gastón Vives dirigida al Dr. León Diguët, donde describe la destrucción de la "Compañía Criadora de Concha y Perla" por parte del Cor. Miguel Cornejo. Documento original recuperado por M. Cariño de los Archivos del Musée National d'Histoire Naturelle, Paris, Francia.
- Vives, G. 1919. Informe sobre la Compañía Criadora de Concha y Perla de la Baja California. Bol. Secr. Fomento, México, 6 : 173pp.
- Wada, K. 1962. Biomineralogical studies on the mechanism of pearl formation. Bull. Nat. Pearl Res. Lab., 8 : 948-1059.
- Wada, K. 1973. Modern and traditional methods of pearl culture. Underwat. Jour. (1973) : 28-33.
- Ward, F. 1985. The Pearl. Nat. Geog. Mag., 168(2) : 193-222.
- Wright, H. 1997. Análisis espacio-temporal de las especies asociadas a colectores de Ostras Perleras en Bahía de La Paz, Baja California Sur, México. Tesis de Maestría, CICIMAR-IPN, 145 pp.

ANEXO FOTOGRAFICO