



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

ENSAYO SOBRE REPOBLAMIENTO DE BANCOS NATURALES
DE CONCHA NACAR Pteria sterna y MADREPERLA
Pinctada mazatlanica (BIVALVIA : PTERIIDAE)
EN EL MERITO, BAHIA DE LA PAZ,
SUDCALIFORNIA, MEXICO

TESIS PROFESIONAL

Que presenta para obtener el Título de:

BIÓLOGO

PEDRO ENRIQUE SAUCEDO LASTRA

FALLA DE ORIGEN

Ciudad Universitaria, México, Agosto de 1991



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

CONTENIDO:

1. INTRODUCCION	1
Objetivos	2
2. ANTECEDENTES	3
Aspectos taxonómicos, biológicos y ecológicos de las ostras perleras.	3
Breve historia de la pesquería de perlas. Empobre- cimiento de los bancos y situación actual.	12
Estudios previos sobre cultivo y repoblamiento	14
3. AREA DE ESTUDIO.	17
Condiciones oceanográficas de la Bahía de La Paz	17
Descripción de la localidad de El Merito	19
4. MATERIAL Y METODOLOGIA	24
PRIMERA FASE EXPERIMENTAL.	24
4.1. Diseño experimental	24
4.2. Preparación de los organismos	28
4.3. Colocación de los sustratos y siembra	28
4.4. Toma de datos	30
SEGUNDA FASE EXPERIMENTAL.	33
TRATAMIENTO DE LOS DATOS Y LIMITACIONES ESTADISTICAS	35
5. RESULTADOS	37
PRIMERA FASE EXPERIMENTAL.	37
5.1. Mortalidad.	37
5.2. Fijación.	40
5.3. Seguimiento de la primera fase experimental	45
5.4. Crecimiento	50
SEGUNDA FASE EXPERIMENTAL.	50
5.1. Mortalidad.	50
5.2. Fijación.	54
5.3. Crecimiento	58
6. DISCUSION.	60
PRIMERA FASE EXPERIMENTAL.	61
6.1. Mortalidad.	61
6.2. Fijación.	65
6.3. Crecimiento	66
SEGUNDA FASE EXPERIMENTAL.	67
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	69
8. LITERATURA CITADA.	71

LISTA DE FIGURAS Y TABLAS:

- Fig. 1: Morfología externa de la madreperla Pinctada mazatlanica. Pag. 5
- Fig. 2: Morfología interna de P. mazatlanica y de la concha nácar Pteria sterna, mostrándo la capa de nácar Pag. 5
- Fig. 3: Morfología interna de la concha nácar P. sterna. Pag. 6
- Fig. 4: Curva de crecimiento teórica para las ostras perleras Pag. 8
- Fig. 5: Distribución geográfica de las ostras perleras . Pag. 10
- Fig. 6: Fijación en cultivo de individuos de P. mazatlanica sobre P. sterna. Pag. 11
- Fig. 7: Patrones de circulación de corrientes dentro de la Bahía de La Paz Pag. 18
- Fig. 8: Cuerpos de agua y zona de surgencias dentro de la Bahía de La Paz. Pag. 20
- Fig. 9: Localización geográfica del área de estudio (El Merito). Pag. 21
- Fig. 10: Localización exacta del área de estudio en la caleta de El Merito Pag. 22
- Fig. 11: Diseño de los sustratos artificiales de cemento asbesto y fibra de vidrio Pag. 25
- Fig. 12: Diseño de los sustratos protegidos. Pag. 25
- Fig. 13: Colocación de los sustratos protegidos en el fondo Pag. 26
- Fig. 14: Acomodo de los organismos dentro de las cajas de siembra. Pag. 29
- Fig. 15: Diseño de los sustratos sin protección (chorizos). Organismos sobre roca Pag. 31
- Fig. 16: Diseño de los sustratos sin protección (chorizos). Organismos sobre cemento. Pag. 31
- Fig. 17: Medidas tomadas inicialmente para los organismos. Pag. 32
- Fig. 18: Diseño de las nuevas cajas de siembra (células de repoblamiento). Pag. 34

Fig. 19: Colocación de las células de repoblamiento en el fondo	Pag. 34
Fig. 20: Mortalidad de los organismos sembrados en sustratos protegidos y sin protección	Pag. 38
Fig. 21: Rapidez de fijación de los organismos sembrados en los sustratos protegidos y sin protección. .	Pag. 41
Fig. 22: Fuerza de fijación de los organismos sembrados en sustratos de profundidad	Pag. 43
Fig. 23: Fuerza de fijación de los organismos sembrados en sustratos de tallas.	Pag. 46
Fig. 24: Fuerza de fijación de los organismos sembrados en sustratos artificiales	Pag. 47
Fig. 25: Intervalos de medias de la talla de los organismos sembrados en sustratos de profundidad. .	Pag. 51
Fig. 26: Intervalos de medias de la talla de los organismos sembrados en sustratos naturales y artificiales.	Pag. 52
Fig. 27: Mortalidad de los organismos sembrados durante la segunda fase experimental.	Pag. 53
Fig. 28: Comparación de los porcentajes de mortalidad de los organismos en ambas fases experimentales	Pag. 53
Fig. 29: Rapidez de fijación de los organismos sembrados durante la segunda fase experimental.	Pag. 55
Fig. 30: Comparación de los porcentajes de fijación de los organismos sembrados en ambas fases experimentales.	Pag. 55
Fig. 31: Fuerza de fijación de los organismos de <u>P. sterna</u> sembrados durante la segunda fase experimental.	Pag. 56
Fig. 32: Fuerza de fijación de los organismos de <u>Pinctada mazatlanica</u> sembrados durante la segunda fase experimental	Pag. 57
TABLA A: Análisis múltiple de Scheffé para la fuerza de fijación en función a la profundidad.	Pag. 44
TABLA B: Análisis múltiple de Scheffé para la fuerza de fijación en función a la talla.	Pag. 44

TABLA C:	Análisis múltiple de Scheffé para la fuerza de fijación en función al material de siembra. . .	Pag. 44
TABLA D:	Seguimiento de la fuerza de fijación de los organismos sembrados en los sustratos protegidos	Pag. 49
TABLA E:	Análisis múltiple de Scheffé para el crecimiento en función de la profundidad	Pag. 51
TABLA F:	Análisis múltiple de Scheffé para el crecimiento en función del material de siembra	Pag. 52
TABLA G:	Análisis múltiple de Scheffé para el crecimiento en función de la especie en estudio	Pag. 59
TABLA H:	Comparación del crecimiento mensual promedio de los organismos sembrados en ambas fases experimentales	Pag. 59

A LA MADRE
A SERGIO Y JORGE
A TOÑO, LALO, ENRIQUE, PEPE Y LIZ
A MARGARITA

Cuidar nuestros recursos no ha sido propósito nuevo, muchos años se pretendió realizarlo. Desgraciadamente no hemos tenido la decisión suficiente para cuidar lo que la naturaleza puso en nuestras manos. Esa anterior decisión nos obliga hoy día a esforzarnos doblemente para salvar de la extinción algo que ya no puede soslayarse: los recursos pesqueros de la nación.

ALONSO LOPEZ CRUZ

AGRADECIMIENTOS:

Este trabajo no se hubiera realizado de no contar con la asesoría del Dr. Mario Monteforte, a quien agradezco todo su apoyo y valiosas sugerencias. Al Centro de Investigaciones Biológicas de Baja California Sur (CIB) por la beca alimenticia y toda la infraestructura que me proporcionó durante el desarrollo de la tesis y particularmente al Dr. David Auriol del departamento de Recursos Marinos, que me ayudó siempre que lo necesité. Un especial reconocimiento al Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR) por facilitarme el acceso a la sala de cómputo, que fue donde se generó el presente trabajo.

De igual modo, a los sinodales M. en C. Azucena Herroz Zamorano, Dr. Armando Ortega Salas, M. en C. Ma. Esther Diupotex Chong y M. en C. Gildardo Alarcón Daowz, así como a los M. en C. Laura Arriaga del CIB y Victor Gómez del CICIMAR, quienes enriquecieron con sus comentarios muchos de los planteamientos contenidos y me auxiliaron con el análisis estadístico de los resultados. Mi gratitud también al M. en C. Arturo Tripp Quezada del CICIMAR, quien como consejero de estudios me orientó y me apoyó en innumerables ocasiones en el transcurso de la tesis.

Otras personas muy importantes son mis hermanos y amigos (tanto de México como del CIB y CICIMAR), ya que continuamente me motivaron e impulsaron para seguir adelante.

Quiero añadir una mención muy importante a mi Madre, porque su cariño, apoyo y sacrificio hicieron posible (quizá sin saberlo) la finalización de este trabajo; a ella gracias mil y todo mi amor y profunda admiración.

RESUMEN:

El presente trabajo representa un ensayo sobre repoblamiento de bancos naturales de concha nácar Pteria sterna y madreperla Pinctada mazatlanica en El Merito, Bahía de La Paz, a través de técnicas de siembra artificial.

Se manejaron dos fases experimentales; en la primera, donde se utilizaron individuos de concha nácar exclusivamente, se probaron cuatro diferentes sustratos de siembra: 1) sustrato natural (roca), 2) artificial (estructuras de cemento, asbesto y fibra de vidrio), 3) protegido y 4) sin protección, y se manejaron a su vez dos variables de siembra: a) la profundidad (como parámetro abiótico) y b) la talla de los individuos (como factor biológico). Con base en los mejores resultados obtenidos en términos de mortalidad, fijación (rapidez y fuerza) y crecimiento de los organismos, se incluyó en el ensayo una segunda fase experimental en la que, mediante el diseño de un nuevo sustrato de siembra (o célula de repoblamiento) y en la que se utilizaron ahora las dos especies en cuestión, se trató de encontrar los sustratos y las variables más adecuadas a utilizar en futuros trabajos de repoblamiento.

Se encontró que la protección fue de suma importancia para la supervivencia de los organismos, ya que mientras en los sustratos protegidos la mortalidad al sexto mes de observaciones era del 13.8%, en los sustratos sin protección alcanzó el 100% desde el segundo mes.

Los sustratos naturales permitieron que los organismos se fijaran más rápidamente y con mayor fuerza en relación con los sustratos artificiales, pues el 100% de fijación y la máxima fuerza de fijación en los primeros se presentó desde el séptimo día de siembra en promedio, en tanto que en los segundos se dió hasta el quinceavo día.

La profundidad de 6 m fue la óptima para los organismos, ya que en ésta se observaron los más altos valores de rapidez, fuerza de fijación y crecimiento.

A su vez, los individuos de talla chica y mediana mostraron las respuestas más positivas en la mayoría de los experimentos.

Tomando en cuenta que los resultados aquí obtenidos fueron alentadores en todos sentidos, se recomienda continuar con este tipo de trabajos.

1. INTRODUCCION:

Las ostras perleras son especies de moluscos que por su capacidad de formar perlas de manera natural, han sido objeto de una explotación desenfrenada por el hombre desde siglos atrás, hasta el punto de agotar casi por completo las poblaciones silvestres en muchas partes del mundo.

Actualmente, en México se les considera como especies en peligro de extinción (Baquero, Masso y Guajardo, 1982) y se encuentran bajo protección legal. Por lo mismo, en la región sudcaliforniana en particular, se estudian las posibilidades de su cultivo orientado a la recuperación del recurso.

Al respecto, en el Centro de Investigaciones Biológicas de Baja California Sur, se desarrolla un programa institucional sobre el estudio de las ostras perleras, orientado básicamente a la evaluación de las poblaciones naturales, el cultivo de juveniles en condiciones extensivas y el repoblamiento de bancos. Su meta final se enfoca a la definición de una tecnología integral de cultivo y repoblamiento extensivo que permita la recuperación del recurso nacarícola en la región, y que, a mediano plazo, ofrezca al sector público y/o productivo una alternativa diferente de desarrollo socioeconómico regional, mediante el manejo de la perlicultura.

El presente estudio, titulado: "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", se inscribe dentro de dicho programa y tiene como objetivo general el proporcionar información sobre los materiales y técnicas de siembra óptimos que, puestos en práctica, ayuden a iniciar el repoblamiento de algunas zonas propicias, utilizando para ello, individuos cultivados extensivamente que sirvan como repobladores en el banco y que permitan incrementar en un futuro próximo, las probabilidades de captación de semilla y el reclutamiento natural de juveniles.

El trabajo se divide en siete partes: Introducción, Antecedentes, Area de estudio, Material y Metodología, Resultados, Discusión y Conclusiones y Recomendaciones. En los Antecedentes se dará una breve descripción sobre algunos aspectos taxonómicos, biológicos y ecológicos de importancia sobre las ostras perleras. Se hará también un breve esbozo sobre la historia de la pesquería de perlas en la región sudcaliforniana y que ha venido a repercutir en el empobrecimiento de los bancos naturales. Al mismo tiempo, se presenta un panorama general de los estudios que sobre cultivo y repoblamiento se han efectuado en la zona.

Se describe también el Area de estudio desde un punto de vista geomorfológico y la Metodología diseñada para el trabajo. Finalmente y con base en los resultados obtenidos, se propondrán alternativas de manejo y estrategias sobre repoblamiento que ayuden, en un futuro, a iniciar la recuperación gradual de la productividad del stock natural de ostras perleras.

OBJETIVOS PARTICULARES:

Con base en la influencia de diferentes condiciones de siembra probadas sobre los organismos, tales como el tipo de sustrato (natural y artificial, protegido y sin protección) y a variables como la profundidad y la talla de siembra de los organismos en estudio, evaluar:

1. Mortalidad de los organismos.
2. Velocidad y fuerza de fijación.
3. Crecimiento mensual in situ.

Para que a su vez estos factores biológicos permitan definir:

- a) los materiales óptimos de siembra.
- b) las tallas óptimas de siembra.
- c) las profundidades óptimas de siembra.

2. ANTECEDENTES:

ASPECTOS TAXONOMICOS, BIOLOGICOS Y ECOLOGICOS DE LAS OSTRAS PERLERAS:

La madreperla Pinctada mazatlanica, conocida también como "concha de perla fina", "concha perla" o "meleagrina", y la concha nácar Pteria sterna o "avícula" son moluscos bivalvos cuya posición taxonómica de acuerdo con Keen (1973) es la siguiente:

Phylum: Mollusca

Clase: Pelecypoda (Lamelibranchia)

Orden: Pterioidea

Familia: Pteriidae

Género: Pinctada (Röding, 1798) y Pteria (Scopoli, 1797).

Especie: P. mazatlanica (Hanley, 1856) y P. sterna (Gould, 1851).

Es importante señalar que la madreperla, ha sido considerada por mucho tiempo como una subespecie de P. margaritifera y/o como una variedad de P. margaritifera (Jameson, 1901 en Jabbour, 1988). Sin embargo, fue elevada al rango específico por Ranson (1961 en Jabbour, 1988) utilizando criterios diagnósticos diferentes, como la forma de la membrana anal, la forma de la impresión muscular y el tipo de concha larvaria o prodisoconcha, rasgos que difieren con los de P. margaritifera. Además, Ranson coloca a P. mazatlanica en el mismo grupo taxonómico que P. margaritifera y P. maxima con base a la ausencia de dientes cardinales en la charnela.

Sin embargo, esta clasificación sigue siendo objeto de discusión, y en la actualidad todavía no se llega a una conclusión definitiva. Los 6000 kms. de separación oceánica, representados por la barrera de dispersión del Pacífico Oriental son uno de los aspectos más concluyentes al respecto. (Ekman, 1953 en Jabbour, 1974).

Jabbour (op. cit.), con base en estudios hechos sobre variabilidad genética entre P. mazatlanica y P. margaritifera, concluye que la forma de la membrana anal no puede ser considerada como un criterio diagnóstico absoluto para diferenciar ambas especies. Sin embargo, mediante comparaciones con técnicas electroforéticas, establece una relación genética muy cercana entre las dos especies y dice que esto podría deberse a dos razones: a la aparición relativamente reciente de P. mazatlanica en la costa oriental del Pacífico, o por a una posible migración larvaria a través de la barrera del Pacífico Oriental y que trajo como consecuencia un flujo genético entre ambas especies.

Con respecto a la morfología, la madreperla presenta dos valvas regularmente convexas, que en estado adulto son gruesas y resistentes. Exteriormente se observan estrías concéntricas que parten de un centro posterior, llegan hasta la periferia y marcan el crecimiento del animal. En el borde terminal se presentan dientes o irregularidades quebradizas que son prolongaciones del periostraco (Martínez, 1983) (Fig. 1).

El color varía de café a verde olivo con diferentes tonalidades. En estado adulto, los individuos alcanzan una longitud promedio de 150 mm, con variaciones entre 123 y 180 mm aproximadamente. Incluso se han reportado individuos que alcanzan los 250 mm a 30 m de profundidad (Martínez, op. cit.).

En la parte interna de la concha, la capa nacarada es de color gris plateado y se torna en un arcoiris iridiscente hacia la periferia (Shirai y Sano, 1979) (Fig. 2).

La concha nácar presenta también valvas convexas, aunque más pequeñas que las de la madreperla. Además, éstas no son regulares, ya que poseen una extensión en forma de ala, que le da el nombre a la especie (Pterion en griego significa ala) y es característica de ésta (Shirai y Sano, 1979) (Fig. 3).

El color de la concha es café oscuro, presentándose ligeras variaciones. La capa de nácar es de color rosáceo o púrpura (Fig. 2). La longitud máxima reportada por Shirai y Sano (1979) para los adultos es de 100 mm, sin embargo, se han encontrado individuos que alcanzan los 120 mm (obs. pers.). La madurez sexual puede observarse desde los 70 u 80 mm (Shirai y Sano, op. cit.).

La época de reproducción de la madreperla se presenta entre los meses de junio-julio a octubre aproximadamente, pero puede variar con la temperatura del agua. Según García-Gasca y Monteforte (1990), el período reproductivo se relaciona, más que con los meses del año, con la temperatura del agua, siendo entre los 28 y 30°C cuando se alcanza el máximo del período de desove. Contrariamente, la concha nácar se reproduce en invierno, entre los meses de diciembre a marzo aproximadamente. Sin embargo, hacen falta más estudios sobre el ciclo reproductivo de esta especie para conocer a fondo dicho proceso (Kapellmann y López-Espinoza, 1991 en elaboración).

Generalmente los sexos están separados, pero se presenta el hermafroditismo y la protandria, es decir, los individuos en etapas tempranas del desarrollo son machos y cambian a hembras en determinados momentos de su vida, influenciados por algunos factores fisicoquímicos y/o biológicos del medio (Sevilla, 1969). Sin embargo, no se sabe a ciencia cierta la edad a la que ocurre el cambio, ni los factores de mayor importancia que lo inducen.

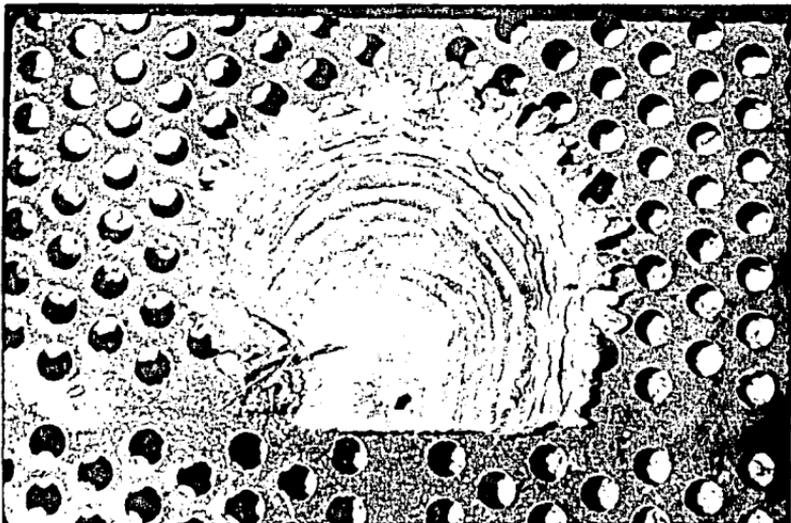


Fig. 1: Morfología externa de la madreperla Pinctada mazatlanica.

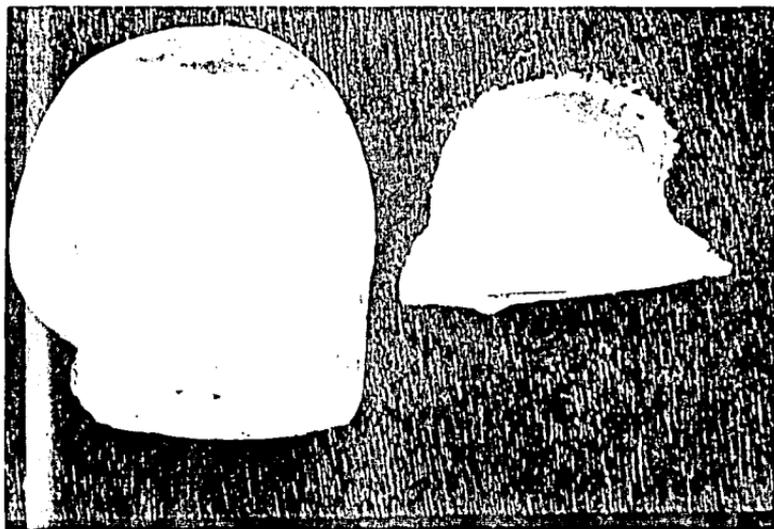


Fig. 2: Morfología interna de Pinctada mazatlanica y de la concha nácar Pteria sterna, mostrando la capa de nácar.

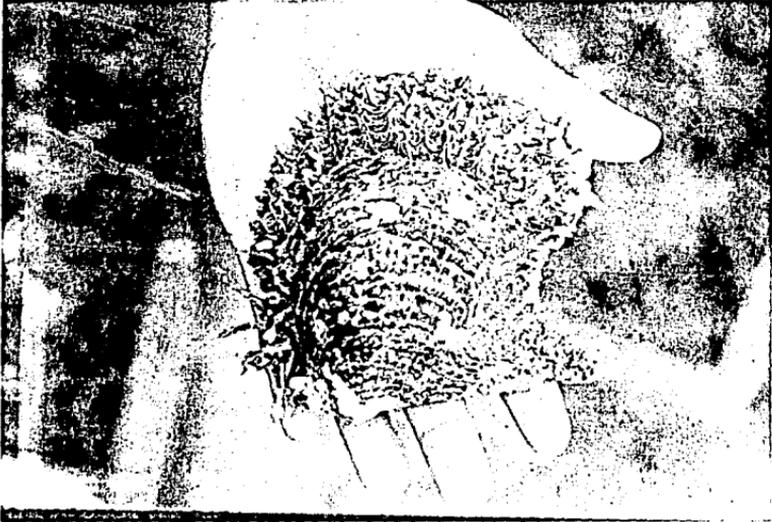


Fig. 3: Morfología externa de la concha nácar Pteria sterna.

Durante la reproducción, los adultos expulsan sus gametos al agua, por lo que la fecundación es externa (Sevilla, 1969; Shirai y Sano, 1979).

El desarrollo larval toma lugar en el ambiente planctónico y dura de tres semanas a un mes. Al término de esta fase de vida pelágica ocurre la metamorfosis, por lo que la larva busca un sustrato duro y firme y se fija a él, ayudada por el bisco.

La respuesta de fijación por parte de la larva parece estar regulada por una serie de factores intrínsecos y extrínsecos, tales como herencia, edad e historia nutricional de ésta y por las características físicas y químicas del sustrato disponible (posición, textura, color, composición, etc.) (Hadfield, 1977, 1978, 1984). Así mismo, se sabe que en muchos casos, de no existir algún estímulo químico y/o biológico que induzca la fijación al sustrato (o de no ser adecuado éste) la larva puede retrasar la metamorfosis (Hadfield, op. cit.)

El crecimiento es constante a lo largo de los primeros años, pero la tasa de incremento va disminuyendo conforme los individuos alcanzan edades avanzadas. P. mazatlanica tiene una tasa de crecimiento promedio de 30 a 40 mm por año, por lo que son necesarios 4 años para alcanzar una talla de 120 mm; posterior a esta talla, los individuos crecen preferentemente a lo ancho y no a lo alto (Fig. 4). La longevidad promedio puede llegar a ser de 20 años (Shirai y Sano, 1979). En el caso de P. sterna, los individuos alcanzan los 20 o 30 mm en el primer año, unos 40 o 50 mm en el segundo año y entre 70 y 80 mm para el tercero (Shirai y Sano, op. cit.) (Fig. 4). La longevidad promedio se desconoce, pero se cree podría ser menor que la de P. mazatlanica, dado su menor tamaño (Monteforte, com. pers.).

Ambas especies son sésiles y su alimentación es por filtración. Las branquias, de estructura laminar, están recubiertas por un epitelio ciliado y producen una corriente constante de agua que le permite al animal atrapar el alimento y conducirlo hasta la boca, que se localiza entre los palpos labiales. Al mismo tiempo, la corriente de agua ayuda a realizar el intercambio gaseoso y la eliminación del material de desecho (Sevilla, 1969).

La dieta es un aspecto que no se conoce a fondo. Se sabe que las ostras perleras toman del plancton el alimento disponible, que puede estar conformado por microalgas, flagelados, diatomeas, etc., pero se desconoce el valor nutricional de cada uno de éstos. En cultivo, microalgas como Isochrysis galbana, I. chuii, Tetraselmis suecica, Monochrysis lutheri y Danaliella tertiolecta han probado ser muy efectivas (Walne, 1974; Mazon, 1987).

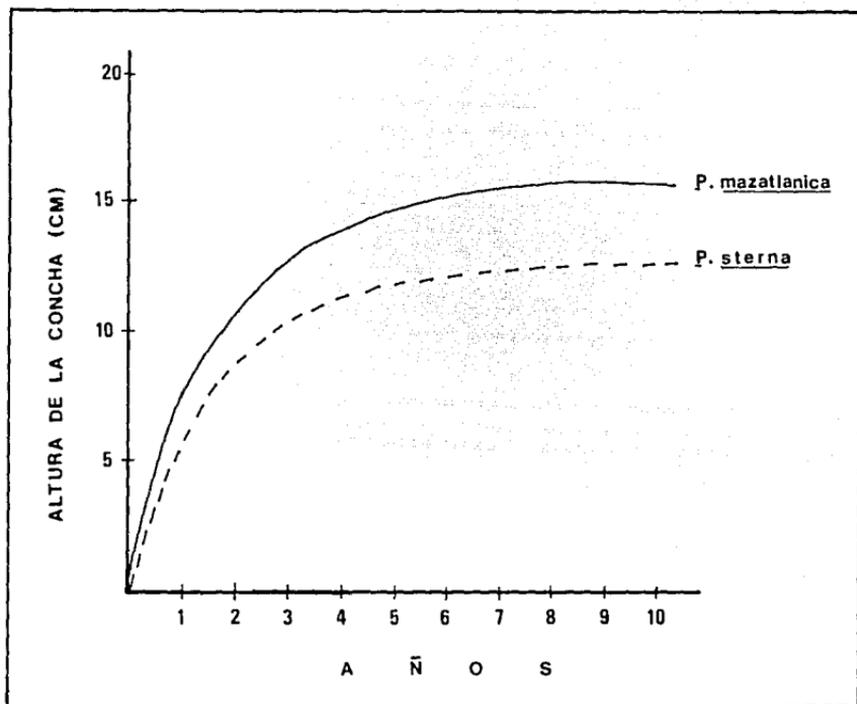


Fig. 4: Curva de crecimiento teórica para las ostras perleras. Según Shirai y Sano (1979).

La gónada presenta un aspecto morfológico diferente en ambas especies y su grado de desarrollo varía también en relación al ciclo de vida. De acuerdo con Sevilla (1969), en las hembras de P. mazatlanica pueden distinguirse cinco etapas de desarrollo gonádico que se ven reflejadas en ciertas características diferenciales del tejido. Las etapas son: 1. gametogénica (o de producción de gametos), 2. de maduración reproductiva (los individuos alcanzan la madurez total), 3. reproductiva (expulsión de gametos), 4. post-reproductiva (finalización de la reproducción) y 5. de reposo (reabsorción del tejido gonádico y desarrollo de tejido conjuntivo. Existe la posibilidad de que la concha nácar presente este mismo ciclo.

La distribución geográfica de las especies en estudio se encuentra limitada a la costa occidental del Océano Pacífico, desde el Golfo de California hasta Perú, pasando por Panamá (Keen, 1973). Ambas especies son tropicales; P. mazatlanica se distribuye desde las Islas San Marcos (al noroeste de Bahía Concepción), continúa hacia el sur abarcando las islas y bajos cercanos a la Península de Baja California y llega hasta el Perú (Martínez, 1983). P. sterna se localiza en dos zonas específicas: fuera del Golfo de California, como un emplazamiento poblacional aislado geográficamente, en Bahía Magdalena, y dentro del éste, desde las Islas Tiburón y Angel de la Guarda al norte, hasta Perú, pasando por Cabo San Lucas (Martínez, op. cit.) (Fig. 5).

La distribución vertical corresponde al nivel sublitoral, desde la zona de mareas hasta una profundidad variable, dependiendo de la especie. P. mazatlanica se desarrolla en mayor abundancia a una profundidad de 2 a 10 m, aunque también se le puede encontrar a 20 e incluso hasta 30 m de profundidad (Martínez, op. cit.; Monteforte y Cariño, en prensa). P. sterna vive a una profundidad promedio de 10 a 30 m, no obstante se han observado bancos más o menos densos a una profundidad de 2 a 6 m (Monteforte, com. pers.).

Las rocas y corales muertos representan el sustrato idóneo para la fijación de ambas especies, aunque se sabe que logran adherirse a casi cualquier estructura hundida que sea dura y firme, e incluso se les ha reportado sobre conchas del molusco Pinna rugosa (Sevilla, 1969; Martínez, op. cit.). En cultivo extensivo se han observado juveniles de P. sterna fijos sobre P. mazatlanica y viceversa (Monteforte y Cariño, en prensa; obs. pers.) (Fig. 6).

Contrariamente a P. mazatlanica, que se desarrolla de preferencia en aguas transparentes, P. sterna parece preferir aguas de mayor turbidez, en los que predominan ambientes arenoso-lodosos, donde la madreperla moriría ahogada por el excesivo sedimento (Shirai y Sano, 1979; Monteforte y Cariño, en prensa).

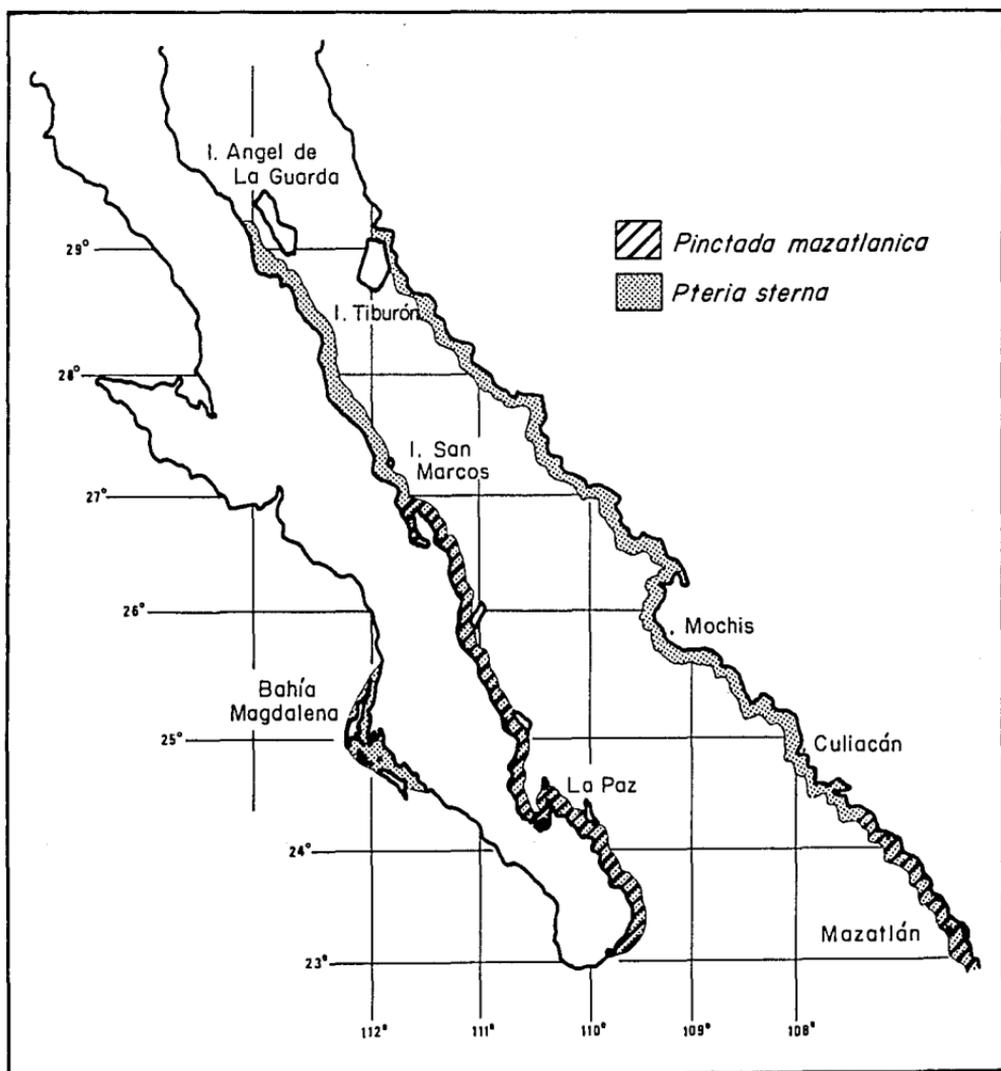


Fig. 5: Distribución geográfica de las ostras perleras. Según Shirai y Sano (1979) y Martínez (1983).

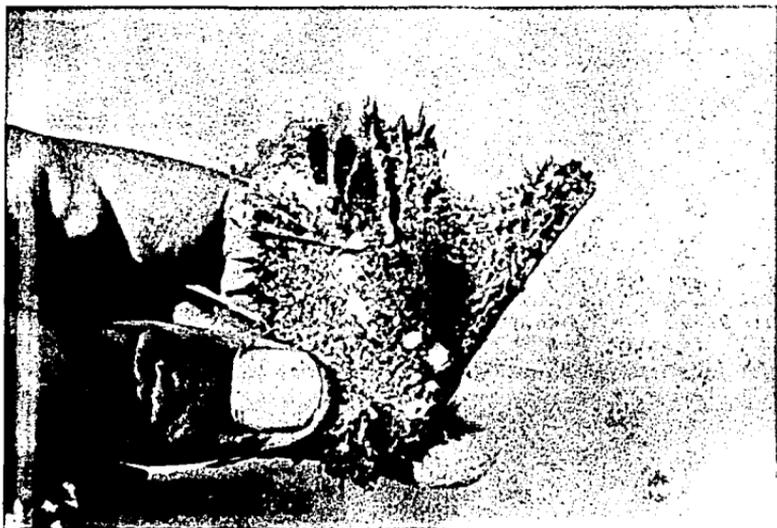


Fig. 6: Fijación en cultivo de individuos de Pinctada mazatlanica sobre Pteria sterna.

Entre los factores fisicoquímicos que limitan la distribución y abundancia de las especies, se encuentran la temperatura, concentración de oxígeno disuelto, iluminación y transparencia de las aguas, las corrientes y las mareas. Al mismo tiempo, factores biológicos como las relaciones interespecíficas con otros organismos (competencia por sustrato, depredación o parasitismo) tienen enorme influencia en los patrones arriba mencionados (Sevilla, 1969; Monteforte y Cariño, en prensa).

BREVE HISTORIA SOBRE LA PESQUERIA DE PERLAS. EMPOBRECIMIENTO DE LOS BANCOS Y SITUACION ACTUAL:

La perla ha constituido un recurso codiciado por el hombre desde tiempos inmemoriales. Ya incluso antes de Cristo, joyas elaboradas con perlas se ubican en las civilizaciones de Persia, India, Egipto, Japón, China, etc., casi siempre relacionadas con rituales y cultos religiosos, aunque principalmente formando parte de los tesoros de los monarcas más ricos de la historia (Monteforte, 1990).

Además de la perla, la concha de la ostra perlera ha sido utilizada para fabricar botones, objetos ornamentales, artesanía y joyería. Hoy día, el nácar se emplea en la industria química de cosméticos y productos de belleza y en muchos países se investiga el principio cicatrizante del mismo para su utilización con fines terapéuticos (Sevilla, 1969).

Desgraciadamente, ha sido la misma importancia del recurso lo que ha propiciado, con el paso del tiempo, la sobreexplotación de sus poblaciones naturales. En efecto, además de ser una actividad sumamente practicada por el hombre, la pesquería de ostras perleras a partir de los bancos naturales constituyó durante siglos, la única vía factible de explotación de estas especies para la obtención de conchas, carne y especialmente, perlas. Si bien es cierto que dicha actividad ha resultado altamente productiva, también ha provocado un empobrecimiento gradual del recurso y que como consecuencia, ha llevado a muchos de los bancos perleros más famosos del mundo a la casi total extinción. Lógicamente, México no es la excepción.

La historia de la pesquería de perlas en este país se centra principalmente en la Península de Baja California. Los primeros datos sobre esta actividad se encuentran desde la época de la Colonia, existiendo registros de una inmensa riqueza perlera y de la calidad superior de éstas (Mosk, 1931, Depto. Pesca, 1970; Cariño, *op. cit.*; Monteforte, 1990).

Durante casi cuatro siglos la península fue el centro de explotación de ostras perleras en el país, y cabe hacer mención que éstas eran extraídas sin restricción alguna. Siendo un mercado sin competencia, la pesquería de perlas fue el origen de enormes fortunas (Mosk, 1931; Depto. de Pesca, 1970; Cariño, 1987).

Desgraciadamente, la "fiebre perlera" atrajo rápidamente el interés de extranjeros. Debido a la política de concesiones de la pre-revolución, varias compañías, como la "Mangara Exploitation Cop. Ltd." (inglesa) y la "Compañía Perlífera de Baja California" (norteamericana), obtuvieron concesiones para la explotación de los bancos naturales en el Golfo de California (Towsend, 1881; Diguét, 1895, 1899, 1911, 1915; Hertleim, 1931; Mosk, 1931; Martínez, 1983). Debido a que los objetivos de éstas contemplaban principalmente la pesca, la madreperla y la concha nácar comenzaron a extraerse de manera desenfrenada.

Con la introducción al mercado, de aparatos de buceo más sofisticados como la escafandra, la extracción se incrementó notablemente, aunque las presiones de pesca sobre las poblaciones naturales se incrementaron en consecuencia también. Conforme la demanda en el mercado perlero crecía, muchas áreas de la región sudcaliforniana comenzaron a manifestar, a finales del siglo XIX, marcados signos de agotamiento.

Sin embargo, fue un fenómeno curioso ocurrido en el año de 1937, lo que además de llamar alarmantemente la atención de los residentes del lugar, marcó aparentemente el inicio de la situación que vive hoy día el recurso perlero: la madreperla comenzó a morir; en diferentes bancos de la región, mortalidades masivas inexplicables de los individuos se registraban constantemente y continuaron durante algún tiempo, provocando (junto con lo antes mencionado), que las poblaciones naturales, hacia 1938, se consideraran casi completamente agotadas (Monteforte, 1990; Monteforte y Cariño, en prensa).

No hay una explicación científica para lo ocurrido en ese año, pese a que mucha gente creyó y sigue creyendo que los japoneses envenenaron las madreperlas para eliminar a la región del mercado perlero internacional (Monteforte, comm. pers.).

Existe, no obstante, la posibilidad de que tal agotamiento haya sido el resultado de alteraciones ambientales ocurridas en ese año, tal como el descenso en la concentración de oxígeno disuelto registrado por un barco oceanográfico en ese año en las aguas del Golfo de California (Díaz-Garcés, 1972), o de algún desequilibrio ecológico originado por la sobreexplotación (Sevilla, 1969). Lo cierto es que para entonces, el recurso se consideró agotado por completo, dando con esto fin al auge perlero que algún día hizo célebre a La Paz y a sus costas vecinas por la cantidad y calidad de sus perlas.

En consecuencia, fue decretada en 1939 una veda permanente en la región sudcaliforniana (Diario Oficial de la Federación, 1939). Sin embargo, la elevada pesca clandestina que se ha ejercido y continúa ejerciéndose a la fecha, es una de las razones por las que el recurso no muestre signos evidentes de recuperación.

Así pues, en la actualidad la densidad de los bancos naturales de madreperla y concha nácar es discontinua a lo largo de la costa occidental del Golfo de California, y ha disminuído hasta un punto tal, que en un estudio reciente se estimó el total de éstas en la costa oriental de la Bahía de La Paz, a tan sólo unos miles de individuos (Shirai y Sano, 1979). Además, la densidad de los reproductores en los bancos es tan baja y el reclutamiento natural tan escaso, que ambas están consideradas como especies en peligro de extinción (Baqueiro, Masso y Guajardo, 1982; Monteforte y Cariño, en prensa).

ESTUDIOS PREVIOS SOBRE CULTIVO Y REPOBLAMIENTO:

El problema del empobrecimiento de los bancos es una situación que se ha presentado en varias de las regiones perleras más afamadas del mundo, donde la sobreexplotación llevó, en algún tiempo, a los bancos naturales a la casi total extinción (Monteforte y López-López, 1990; Monteforte y Cariño, en prensa). Sin embargo, dicha situación fue resuelta en gran medida en varias de las regiones afectadas, gracias a la introducción de técnicas adecuadas de cultivo extensivo y posteriormente, de perlicultura (Alagarswami, 1970; Alagarswami & Qazim, 1973; Mahadevan & Nayar, 1976; Xie, Peng & Lin, 1980, 1983; Cocroli, *et. al.*, 1984; Wada, 1984; Cabral, *et. al.*, 1985; Wei, Jiang & Jin, 1985).

En México, el principal antecedente que se tiene sobre cultivo extensivo y repoblamiento de bancos de ostras perleras, en particular de la madreperla, es el de Gastón J. Vives y su "Compañía Criadora de Concha y Perla de Baja California", quien entre 1904 y 1908 alcanzó enorme éxito gracias a la aplicación de novedosas técnicas de cultivo patentadas por él mismo (Towsend, 1891; Diguét, 1895, 1899, 1919, 1920; Vives, 1908, 1919).

La estación de cultivo de dicha compañía se localizaba en la Bahía San Gabriel de la Isla Espíritu Santo y su funcionamiento consistía en lo siguiente: la semilla era captada del medio natural por colectores denominados incubadores colocados en la bahía abierta. Posterior al desgrane, las crías eran transferidas a unos canales o viveros ubicados en la misma estación, donde crecían por espacio de ocho a nueve meses, libres de depredadores naturales y de la misma mano del hombre.

Al alcanzar un tamaño de 50 mm aproximadamente, los juveniles eran utilizados para dos propósitos específicos: una parte de ellos eran regresados nuevamente al fondo natural de la bahía y destinados al cultivo extensivo y la producción de perlas; la otra parte era empleada para el repoblamiento de bancos naturales.

Para tal efecto, los fondos eran previamente acondicionados utilizando grandes pedazos de laja que eran traídos directamente del cerro y que se empleaban como sustrato para la siembra y fijación de los individuos.

Desgraciadamente, las instalaciones de la estación fueron saqueadas y destruidas durante el proceso revolucionario de nuestro país y desde entonces, salvo un intento infructuoso del mismo Gastón Vives, no ha habido interés por recuperar la concesión.

A partir de 1940, fecha en que se consideró que los bancos perleros se habían agotado en la región, algunos proyectos sobre cultivo extensivo se han llevado a cabo (Díaz-Garcés, 1972; Shirai y Sano, 1979; Singh, Bojorquez y Meza, 1982). Sin embargo, la carencia de conocimientos sobre la bioecología de las especies y la falta de continuidad y de enfoque conservacionista han hecho fracasar a la mayoría de ellos.

El repoblamiento de bancos naturales (posterior a los trabajos de Vives), ha sido un tema escasamente estudiado y el registro se limita únicamente al trabajo de Martínez (1962), publicado en 1983, quien a través de un reconocimiento sobre la abundancia de la madreperla en la región, desde la Isla San Marcos hasta las proximidades de Cabo San Lucas, y con base a los resultados tan negativos obtenidos (30 mil ejemplares, un promedio de 0.8 individuos por cada 1000 m²), efectuó un experimento sobre repoblamiento trasplantando individuos de zonas donde la abundancia era regular, a aquellas donde la pobreza era extrema.

En un primer intento, la mortalidad de los individuos trasplantados alcanzó el 94.6%; sin embargo, en una segunda experiencia en la que se hicieron estudios sobre los fondos y la profundidad de la zona y se acondicionó previamente el sustrato, la mortalidad se redujó notablemente hasta un 27%. Desafortunadamente, los trabajos no fueron continuados.

Posiblemente existan más trabajos realizados al respecto, sin embargo, no han sido publicados. Sobre P. sterna no se conocen estudios similares a la fecha.

Afortunadamente, la recuperación del recurso es hoy día tema de atención de algunos investigadores. Mazón (1987) del Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR),

describió las técnicas utilizadas para el acondicionamiento gonádico e inducción al desove de reproductores de P. mazatlanica en el laboratorio, como un medio para la obtención de larvas. Al mismo tiempo, evaluó la eficiencia de cinco dietas microalgales en el crecimiento de la especie, sugiriendo algunos métodos para su cultivo.

Buckle y Re-Araujo (1988) del Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada (CICESE) realizan estudios sobre las posibilidades de cultivo en laboratorio de concha nácar, a través de técnicas de desarrollo gonádico.

Así mismo, Matos (1990) del CICIMAR, ha venido realizando estudios sobre reproducción y desarrollo larval de la madreperla en condiciones controladas de laboratorio, con la finalidad de conocer las técnicas para su cultivo, y que los juveniles obtenidos puedan ser utilizados para repoblar los bancos naturales y/o la producción de perlas cultivadas.

Finalmente, Monteforte (1990) del Centro de Investigaciones Biológicas de Baja California Sur desarrolla un programa global sobre cultivo extensivo de ostras perleras (que fue descrito en la introducción).

Sin embargo, cabe señalar que pese al énfasis que comienza a dársele hoy día al estudio de las ostras perleras, es innegable la alarmante escasez que vive el recurso en la región sudcaliforniana. La elevada pesca clandestina que se ejerce (pese a la veda), la falta de continuidad y enfoque conservacionista en muchos de los proyectos emprendidos y el limitado conocimiento sobre la biología y ecología de ambas especies, son algunas de las causas que han impedido la recuperación de las poblaciones naturales.

Si se toma en cuenta que la presencia del recurso perlero en territorio mexicano ha jugado un papel decisivo en el desarrollo local y regional de la península (Cariño, 1987; Monteforte, 1990; Monteforte y López-López, 1990; Monteforte y Cariño, en prensa), y que por sus potencialidades económicas y comerciales (como producto que se aprovecha íntegramente) ha sido fuente de trabajo y generadora de divisas, se entenderá entonces la necesidad urgente de recuperar el recurso nácar en la región.

3. AREA DE ESTUDIO:

El presente trabajo se llevó a cabo en la localidad de El Merito, Bahía de La Paz; el análisis de gabinete se efectuó en el Centro de Investigaciones Biológicas, bajo la supervisión del Dr. Mario Monteforte.

Se seleccionó esta área por varias razones: dada su cercanía y accesibilidad por lancha a la ciudad de La Paz; debido a su topografía adecuada para el desarrollo de bancos ostrícolas naturales y puesto que el lugar era poco conocido para turistas y pescadores. Además, se tenían localizados algunos emplazamientos naturales que coincidían con estaciones de captación de semilla, cuyos resultados han sido alentadores (Kapellmann y López-Espinoza, 1990 com. pers.; Monteforte y Cariño, en prensa).

CONDICIONES OCEANOGRAFICAS DE LA BAHIA DE LA PAZ:

La Bahía de la Paz se localiza en la parte sur de la costa oriental del Golfo de California, entre los paralelos 24° 46' y 24° 07' de latitud norte y los meridianos 110° 18' y 110° 38' de longitud oeste. Su extensión aproximada es de 1652 km², contando con una línea de costa de 127 km, desde Cabeza Mechuda (noreste) hasta Punta Coyote (sureste). Se encuentra comunicada con el Golfo de California por una amplia boca entre Cabeza Mechuda e Isla Partida (noreste) y el Canal de San Lorenzo (sureste).

El régimen de marea es mixto semidiurno, registrándose los niveles más altos entre febrero y abril y los más bajos entre junio y septiembre. El comportamiento de la velocidad de la corriente de marea es variable, presentándose los más altos registros de flujo y reflujos al norte de la Isla Partida y la boca de la Laguna de La Paz (Obeso-Nieblas, 1986 en Murillo, 1974).

Murillo, (op. cit.) con base en un estudio micropaleontológico y en la ocurrencia de radiolarios en la Bahía de La Paz y Rizo-Díaz Barriga (1991), sugieren un patrón de circulación de corrientes superficiales en ésta, en la que las aguas del Golfo de California penetran por la boca noreste de la bahía (Punta Cabeza Mechuda) y fluyen hacia el sur por la parte occidental, para encontrar salida por el Canal de San Lorenzo. Al mismo tiempo, aguas del canal penetran por la boca sureste y se bifurcan; una corriente se dirige al norte, mientras que la otra lo hace hacia el sur (Fig. 7).

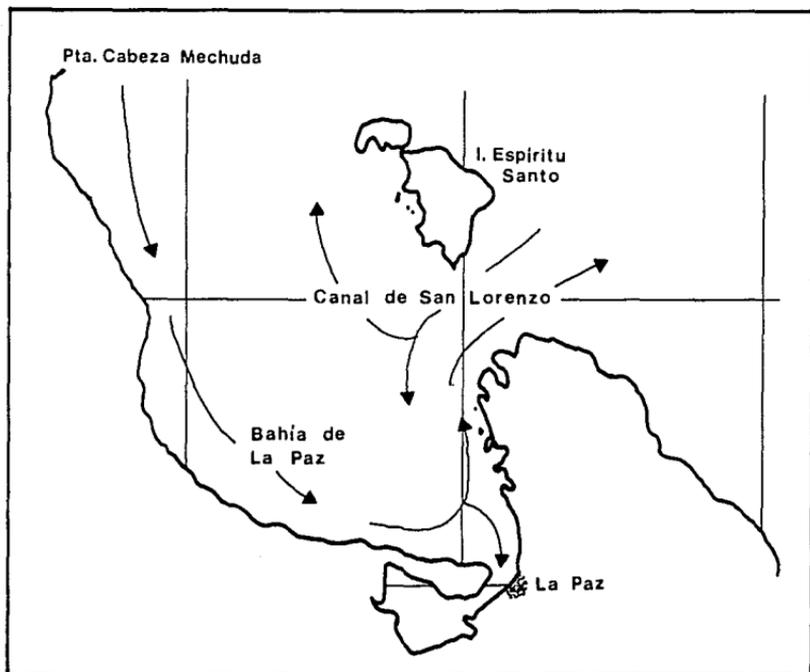


Fig. 7: Patrones de circulación de corrientes dentro de la Bahía de La Paz. Según Rizo-Díaz Barriga (1991).

En relación al mismo análisis, se encontró que existían tres cuerpos de agua y una zona de surgencias, y que éstos determinaban en su conjunto, la temperatura, salinidad y concentración de oxígeno de la bahía. A cada cuerpo de agua se le asigna un número arbitrario en función de su ubicación:

1) Noreste: con las condiciones de temperatura, salinidad y oxígeno más estables, presenta en verano de 26 a 27°C, de 34 a 34.4 ppm y 4.0 ml/l, mientras que en invierno los valores son de 24.5°C, 34.2 a 34.8 ppm y entre 4.6 y 4.7 ml/l (Fig. 8).

2) Transicional: influenciado por el cuerpo de agua del Canal de San Lorenzo y el del Noreste, presenta valores de 26°C, 34.4 a 36 ppm y 4.4 a 4.8 ml/l (verano) y 24.3 a 24.5°C, 34.4 ppm y 3.5 a 4.7 ml/l (invierno) (Fig. 8).

3) Canal de San Lorenzo: se ubica en la región de mayor variabilidad estacional de temperatura, salinidad y oxígeno, 25°C, 35 ppm y 4.4 ml/l (en verano) y 24 a 24.7°C, 34.4 a 35 ppm y 4.7 ml/l (invierno) (Centro de Estudio de Aguas Litorales, 1983 inédito) (Fig. 8).

4) Zona de surgencias: ocurre en el verano y principios de otoño, alcanza los 24°C de temperatura (la más baja de toda el área) y entre las 34.6 y 36 ppm de salinidad (las más altas en la bahía). Se localiza en una zona comprendida entre la Isla Gaviota y Punta Diablo aproximadamente y origina un enriquecimiento de nutrientes en la superficie que favorece el desarrollo de las especies características de esta zona (Murillo, 1987) (Fig. 8).

DESCRIPCION DE LA LOCALIDAD DE EL MERITO:

Se localiza en el paralelo 24°19' de latitud norte y el meridiano 110°20' de longitud oeste. Es una pequeña caleta ubicada en la costa sureste de la Bahía de La Paz, limitada al norte por Punta Diablo (cerca de Puerto Balandra) y al sur por Punta Base (Figs. 9 y 10).

La playa es de tipo rocoso-maciso y casi inexistente cuando ocurre la pleamar máxima. Su pendiente es pronunciada, alcanzando los 10 m de profundidad a una distancia aproximada de la costa de 15 m.

La topografía del sustrato es irregular, predominando entre los 0 y 10 m de profundidad aproximadamente el sustrato rocoso, con grandes afloramientos de basalto y tobas félsicas (Murillo, 1987), que delimitan amplias áreas del lugar. Sin embargo, pueden encontrarse también pequeños parches de arena y sedimentos finos, y algunas zonas de transición representadas por pedacería de origen coralino principalmente.

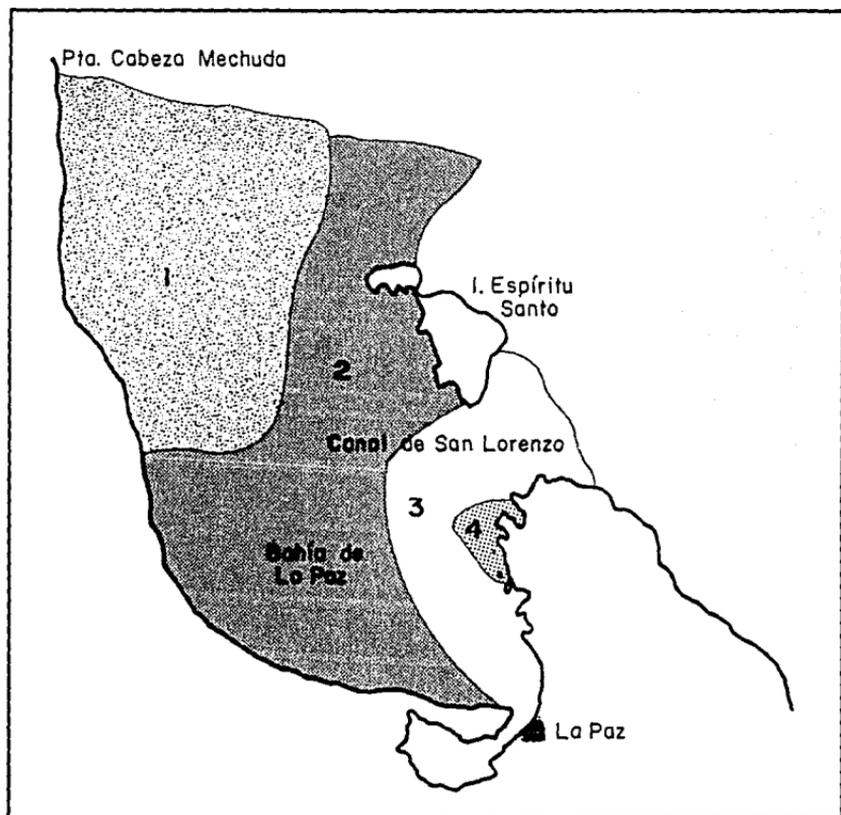


Fig. 8: Cuerpos de agua y zona de surgencias dentro de la Bahía de La Paz. Según Murillo (1987).

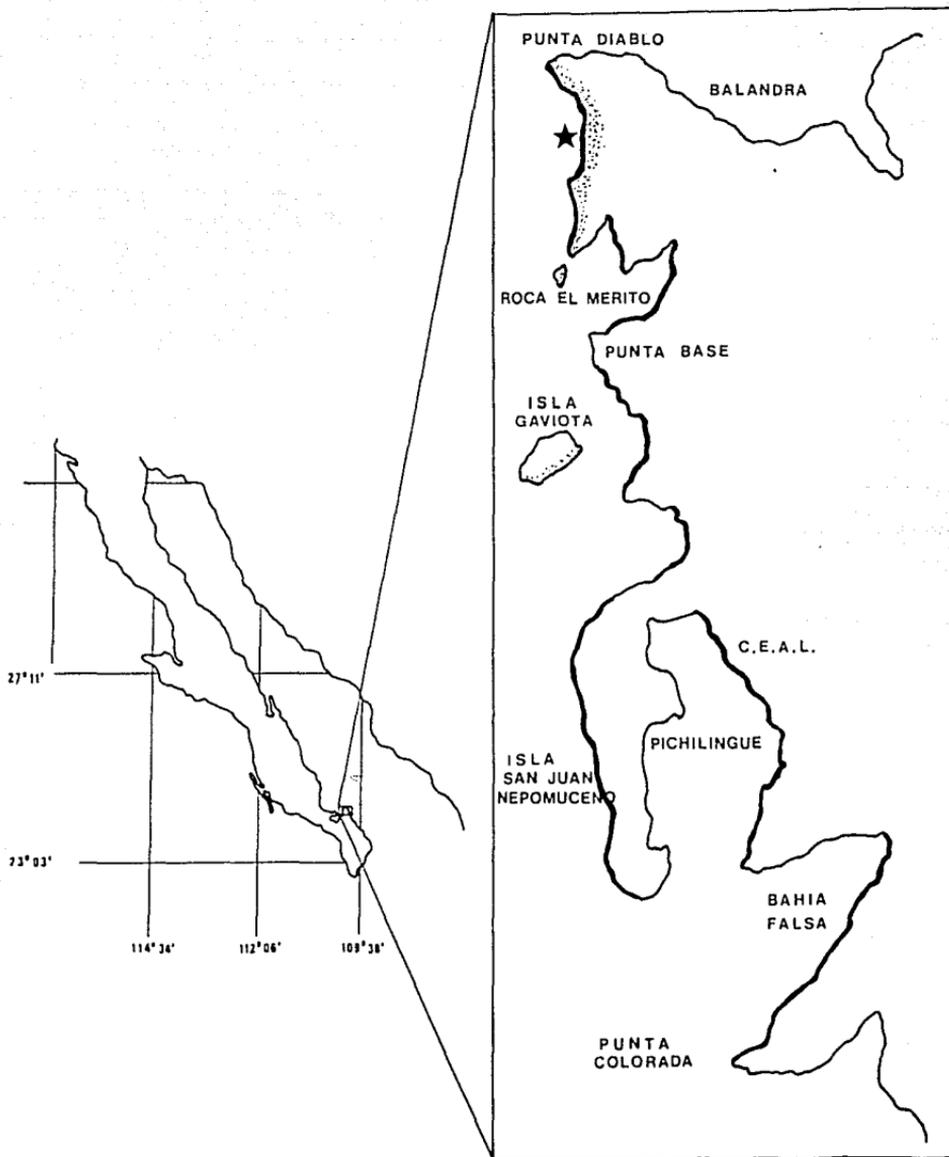


Fig. 9: Localización geográfica del área de estudio (El Merito) representada con ★

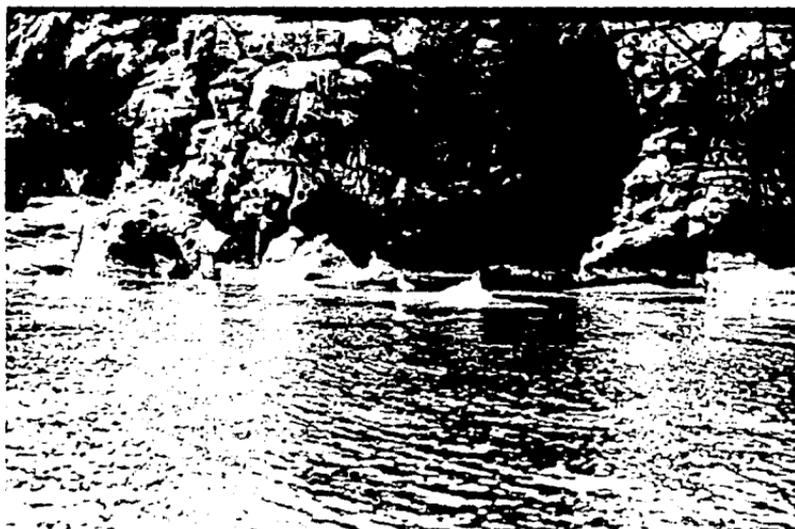


Fig. 10: Localización exacta del área de estudio en la caleta de El Merito.

A una profundidad mayor de 10 m la pendiente desaparece y el sustrato se hace plano y arenoso.

Con base en la terminología geomorfológica definida por Clausade, et. al., (1971) y Battistini, et. al., (1975) y aplicada por Monteforte y Cariño (en prensa), en la Bahía de La Paz se reconocen cinco tipos generales de biotopos costeros; el área de El Merito corresponde a una de Tipo II, caracterizada por la presencia de una pendiente relativamente pronunciada (45' aproximadamente) con grandes bloques de roca y pedruzcos sueltos. Estas costas se observan generalmente en áreas protegidas o moderadamente expuestas, como bahías y caletas, donde existe un complejo bien definido de cuevas, huecos y grietas que permiten la colonización de especies de bivalvos como P. mazatlanica y una gran variedad de especies bentónicas.

Vale la pena señalar que El Merito representa, dentro de los más de sesenta sitios prospectados en el marco del proyecto institucional, una de las zonas más propicias al desarrollo de emplazamientos poblacionales de madreperla. De hecho, el área presenta una de las mayores densidades poblacionales registradas, especialmente de reproductores (Monteforte y Cariño, en prensa) y de ahí su elección para el desarrollo del presente estudio.

4. MATERIAL Y METODOLOGIA:

El ensayo fue dividido en dos fases experimentales; en la primera, donde se probaron diferentes variables de siembra, se trató de definir el material, profundidad y talla óptima de siembra. En la segunda fase, con base en los resultados obtenidos en la primera parte, se diseñó otro tipo de estructura de siembra más funcional y que, por ende, pudiera ser utilizada para el replantamiento extensivo de bancos.

PRIMERA FASE EXPERIMENTAL:

4.1. DISEÑO EXPERIMENTAL:

Se probaron cuatro diferentes condiciones de siembra sobre los organismos, definidas como "sustratos de siembra", con la finalidad de evaluar su influencia en la mortalidad, fijación y crecimiento de los individuos. Estos fueron: sustrato natural, sustrato artificial, sustrato protegido y sustrato sin protección. Al mismo tiempo se manejaron dos variables de siembra: talla (como factor biológico) y profundidad (como factor abiótico).

4.1.1. Sustrato natural y artificial: Con esto se pretendía evaluar el material que ofreciera una fijación mucho más rápida y con el tiempo, un mejor crecimiento de los organismos. El sustrato natural que se probó fue la roca in situ.

Con respecto a los sustratos artificiales, se fabricaron estructuras de tres materiales diferentes, cemento, asbesto y fibra de vidrio; éstas tenían 50 cm de largo por 35 cm de ancho y 2 cm de alto (Fig. 11). Nuevamente, la finalidad era evaluar el material al que se fijaran con mayor rapidez los individuos y así poder compararlo con el natural. Se manejaron dos estructuras de cada material.

4.1.2. Sustrato protegido y sin protección: La intención de esto era probar si el factor "protección" era importante en la supervivencia de los individuos. Para el caso de los sustratos protegidos, fue diseñada una estructura especial a partir de cajas de refresco tamaño familiar (45 X 30 X 11.5 cm.), a las que se manejó de la siguiente manera: primeramente se les cortó la base con una cortadora de madera; finalmente, se les colocó en la parte superior una malla tipo rompevientos, con luz de malla de 5 mm, que sirviera de protección contra depredadores (Fig. 12).

Los individuos fueron colocados en cada uno de los espacios de la caja, destinados originalmente a los refrescos. Así, una vez colocada la caja en el fondo del lugar de siembra, todos los organismos quedaban protegidos y en contacto directo con su sustrato (Fig. 13).

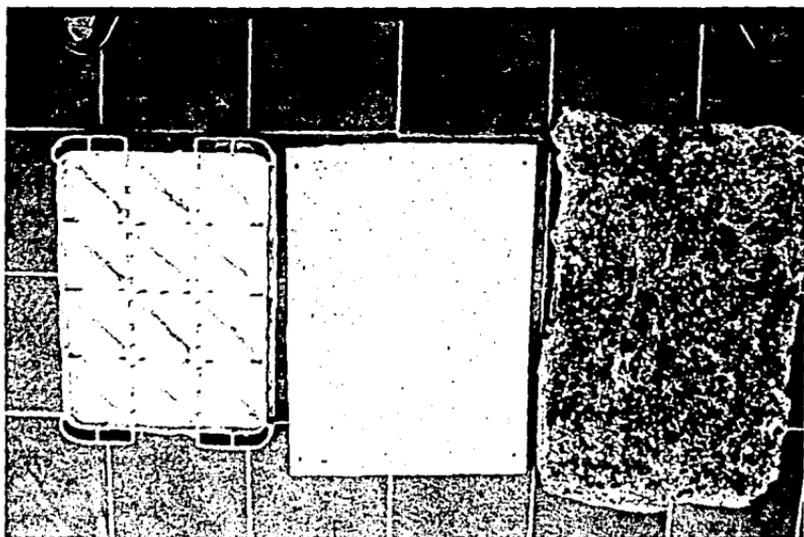


Fig. 11: Diseño de los sustratos artificiales de cemento, asbesto y fibra de vidrio.

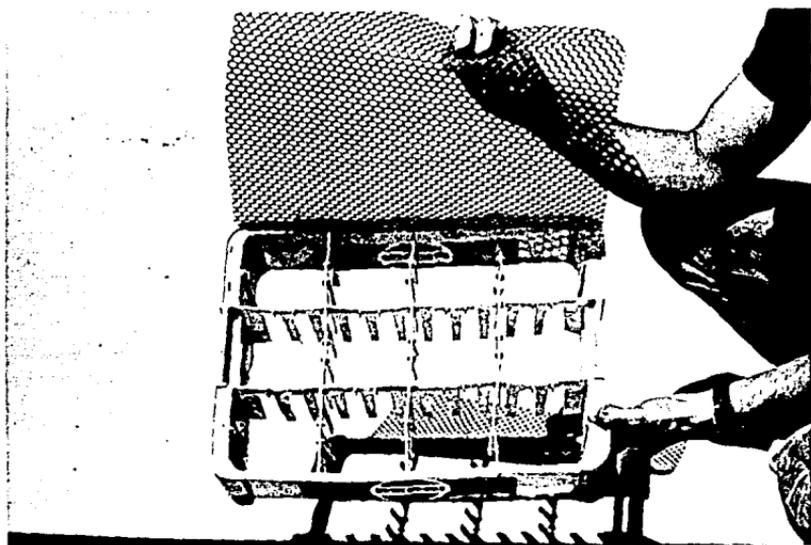


Fig. 12: Diseño de los sustratos protegidos.

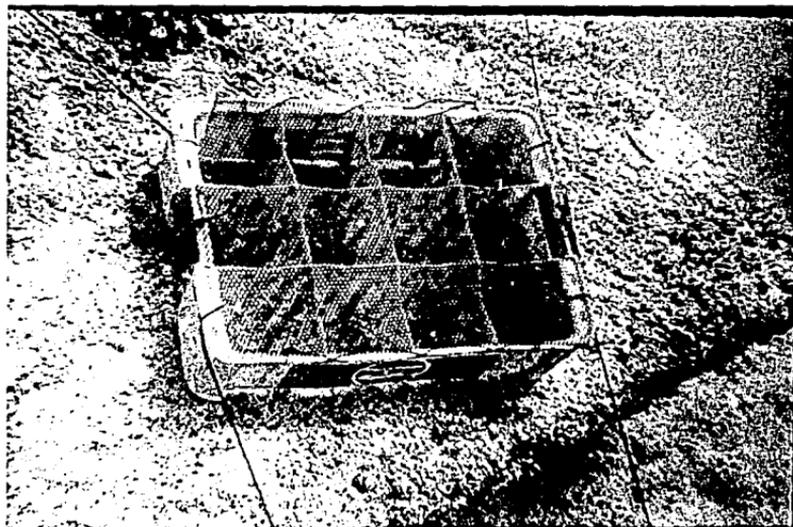


Fig. 13: Colocación de los sustratos protegidos en el fondo.

Los individuos en los sustratos no protegidos fueron sembrados directamente sobre el sustrato y sin protección alguna.

4.1.3. Profundidad: En esta parte se trató de evaluar el efecto de tres diferentes profundidades (3, 6 y 9 m respectivamente) en la mortalidad, fijación y crecimiento de los individuos sembrados y así lograr obtener una profundidad óptima de siembra.

4.1.4. Tallas: Se manejaron en el experimento de siembra individuos de tres diferentes rangos de talla y a través de la evaluación de la mortalidad, fijación y crecimiento, se trató de definir también un tamaño (o rango de tallas) óptimo de siembra. Los intervalos que se manejaron fueron los siguientes: a) juveniles o tallas pequeñas (30 a 60 mm aproximadamente); b) tallas medianas (60 a 80 mm aproximadamente) y c) adultos o tallas grandes (80 mm o más).

Con esta estrategia se buscó que en cada tipo de sustrato de siembra, estuvieran presentes los tres grupos de talla, es decir, tres individuos chicos, tres medianos y tres grandes.

4.1.5. Manejo de variables: Finalmente, se manejaron dieciocho combinaciones de siembra, con el fin de dar mayor riqueza al ensayo y poder contar una mayor cantidad de información sobre los factores que afectaban mayormente a los individuos. Las combinaciones fueron:

SUSTRATO NATURAL	SUSTRATO PROTEGIDO	PROFUNDIDAD DE 3 m PROFUNDIDAD DE 6 m PROFUNDIDAD DE 9 m TALLAS CHICAS TALLAS MEDIANAS TALLAS GRANDES
	SUSTRATO SIN PROTECCION	PROFUNDIDAD DE 3 m PROFUNDIDAD DE 6 m PROFUNDIDAD DE 9 m TALLAS CHICAS TALLAS MEDIANAS TALLAS GRANDES
SUSTRATO ARTIFICIAL	SUSTRATO PROTEGIDO	CEMENTO ASBESTO FIBRA DE VIDRIO
	SUSTRATO SIN PROTECCION	CEMENTO ASBESTO FIBRA DE VIDRIO

4.2. PREPARACION DE LOS ORGANISMOS:

Una vez fabricados los sustratos, se procedió a la preparación de los organismos que se emplearían en la siembra. Cabe aclarar que en esta primera fase experimental, se trabajó únicamente con individuos de concha nácar, por la razón de que en comparación con los de madreperla, se contaba con un mayor número y, además, de diferentes tallas. Las madreperlas existentes se encontraban en etapa experimental de cultivo y no estaban disponibles para el presente trabajo.

Se contó con un total aproximado de 150 organismos, que se tenían en crecimiento en linternas tipo japonés. La preparación de los organismos comenzó con la limpieza de la fauna epibiótica (fouling) que crecía sobre la concha, utilizando para ello cuchillo y cepillo, procurando manejar con cuidado los organismos para no dañarles el periostraco y el biso. En segundo lugar, se contaron y acomodaron por tallas todos los ejemplares. Finalmente se trasladaron las linternas a la línea de colecta ubicada en El Merito, donde permanecieron por espacio de 24 hrs en aclimatación.

4.3. COLOCACION DE LOS SUSTRATOS Y SIEMBRA:

Los sustratos artificiales fueron fijados a la roca con clavos de concreto. Para el caso de los sustratos protegidos, estos fueron amarrados a los clavos con piola negra para dar seguridad a las estructuras (Fig. 13). Se buscó que el fondo adecuado para la colocación de los sustratos fuera rocoso y de preferencia, plano.

Los sustratos de profundidad se colocaron a 3, 6 y 9 m respectivamente, en tanto que los restantes de tallas y sustratos artificiales de cemento, asbesto y fibra de vidrio se fijaron a una profundidad promedio de 3 m. A su vez, en las variables profundidad y sustratos artificiales, todos los organismos fueron sorteados por tallas.

A principios de octubre de 1990 fueron sembrados todos los individuos. El número de ejemplares por sustrato y el acomodo en estos, se efectuó de la siguiente manera:

4.3.1. En Sustratos Protegidos: Un total de nueve organismos fueron sembrados por sustrato (natural y/o artificial). El primer ejemplar fue colocado en la esquina superior izquierda, siguiendo como criterio para la ubicación de ésta, una marca hecha en tal punto. El orden que se siguió se ilustra en la Fig. 14.

Una etiqueta con la clave de la variable correspondiente fue anexada en cada caso.

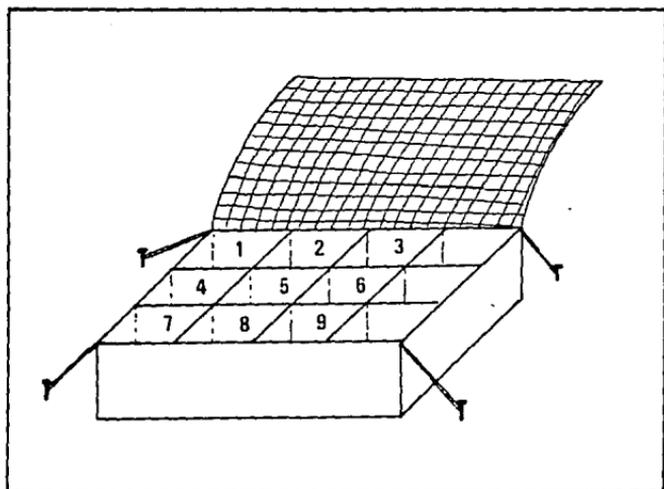


Fig. 14: Acomodo de los organismos dentro de las cajas de siembra.

4.3.2. En Sustratos sin protección: Para lograr tener un buen manejo y control de los organismos sembrados en sustrato sin protección, éstos fueron colocados y acomodados uno tras otro en mallas de tipo vexar (en la que comúnmente se venden las canicas). Para evitar que se amontonaran, se hacía un amarre entre uno y otro organismo; así, todos se encontraban separados, formando una estructura a manera de "chorizo", que fue el nombre con el que se conocieron de ahí en adelante.

De igual forma, nueve organismos fueron manejados en esta parte, siguiendo ahora como criterio para la localización del primer ejemplar, el lado en el que la etiqueta con la clave de la variable se encontraba. La descripción general de esto se muestra en las Figs. 15 y 16.

Es importante señalar que, previa a la siembra, todos los organismos fueron medidos con un vernier a fin de poder efectuar un seguimiento mensual del crecimiento in situ.

4.4. TOMA DE DATOS:

Todos los datos de campo se tomaron también in situ en una tablilla de escritura de acrílico. Las medidas tomadas inicialmente fueron la altura (del centro de la charnela al margen superior de la concha) y la longitud (en línea perpendicular a la altura, en el eje de mayor amplitud, tomando como origen el punto opuesto al ala). (Fig. 17)

Se efectuaron observaciones al segundo, séptimo y quinceavo día posteriores a la siembra con la finalidad de determinar el tipo de sustrato en el que se diera más rápidamente la fijación (cuantificada en porcentaje en relación al total de individuos). También se evaluaba la fuerza de fijación (ver inciso 4.4.3). Finalmente, se observaba si existía mortalidad en los diferentes sustratos, que, al igual que la mortalidad, era calificada en términos porcentuales.

A partir de aquí, las observaciones se tomaron mensual o bimestralmente. Para comodidad en la toma de datos, a todas las variables manejadas en el ensayo les fueron asignados códigos y/o índices establecidos de manera arbitraria que permitieran un mejor y más rápido análisis de los resultados. Estos fueron los siguientes:

4.4.1. Sustratos de siembra: Estas variables se manejaron simplemente en función de sus iniciales:

S.N.	SUSTRATO NATURAL
S.A.	SUSTRATO ARTIFICIAL
S.P.	SUSTRATO PROTEGIDO
S.S.P.	SUSTRATO SIN PROTECCION

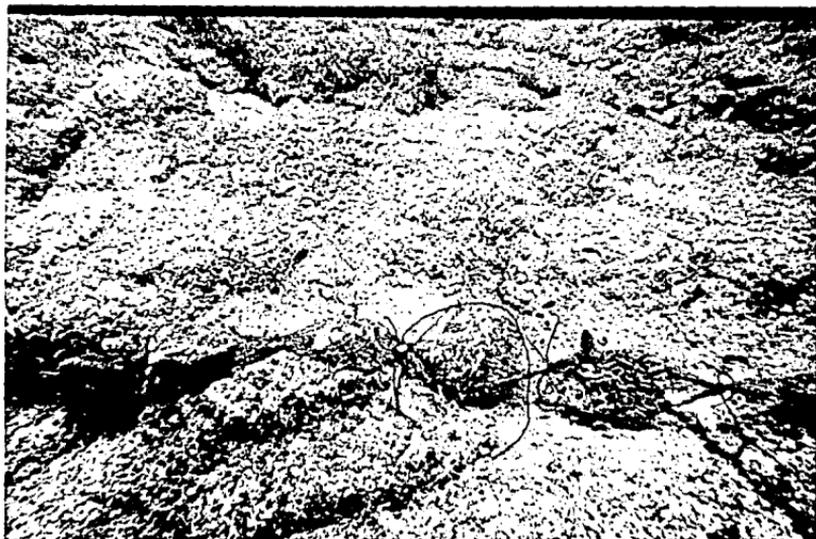


Fig. 15: Diseño de los sustratos sin protección (chorizos). Organismos sobre roca.

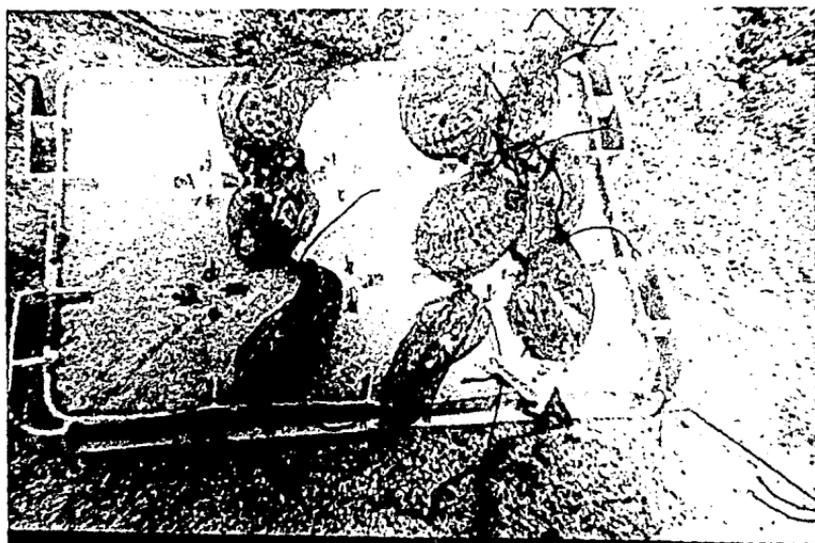


Fig. 16: Diseño de los sustratos sin protección (chorizos). Organismos sobre cemento.

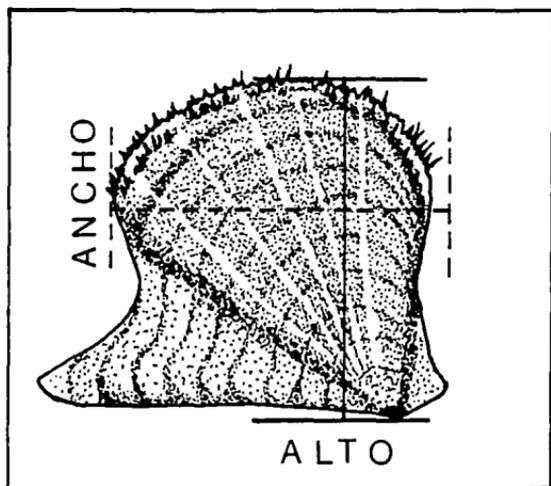


Fig. 17: Medidas tomadas inicialmente para los organismos de concha nácar.

4.4.2. Estado del organismo: Para representar la mortalidad y/o supervivencia, se asignaron los siguientes códigos:

V	ORGANISMO VIVO
MC	ORGANISMO MUERTO CON LA CONCHA COMPLETA
MP	ORGANISMO MUERTO, PEDACERIA DE CONCHA.
X	ORGANISMO DESAPARECIDO

4.4.3. Fuerza de fijación: Para cuantificar la fuerza de la fijación de los organismos, se asignaron los siguientes códigos:

0	ORGANISMO NO FIJO AL SUSTRATO.
1	ORGANISMO FIJADO DEBILMENTE (LA CONCHA SE PODIA MOVER CON SUMA FACILIDAD DE UN LADO A OTRO).
2	ORGANISMO FIJADO REGULARMENTE (LA CONCHA NO SE MOVIA FACILMENTE).
3	ORGANISMO FIJADO DE MANERA NORMAL.

II. SEGUNDA FASE EXPERIMENTAL:

Tomando como base los resultados obtenidos de la primera fase experimental, se vió la necesidad de incluir en el ensayo, una segunda fase de experimentos sobre repoblamiento, que fueron manejados en el marco del diseño de una nueva caja de siembra, que permitiera un mejor control y observación de los organismos. La estructura se denominó, a partir de aquí, "Célula de Repoblamiento", se fabricó de malla avícola, con luz de malla de 1.5 cm y sus medidas fueron: 70 cm de largo por 40 cm de ancho y 20 cm de alto (Fig. 18).

Se contó con un total de cuatro estructuras o células de repoblamiento.

Para su colocación en el fondo, las células fueron rellenas hasta casi la mitad, con guijarros de diferentes tamaños (de pequeños a medianos); de esta manera, no sólo se evitó el tener que utilizar clavos y piola para sujetarlas, sino que además se dió mayor seguridad a las estructuras (Fig. 19).

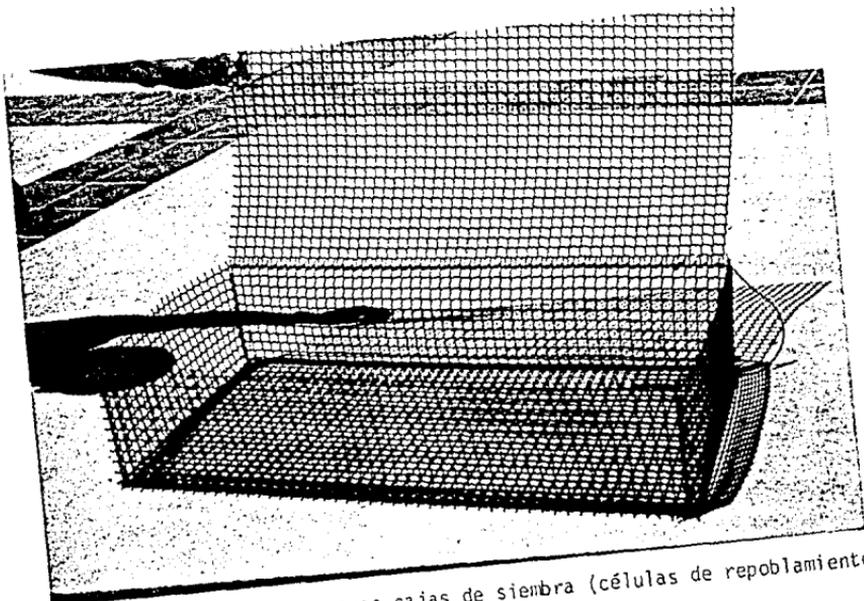


Fig. 18: Diseño de las nuevas cajas de siembra (células de repoblamiento)

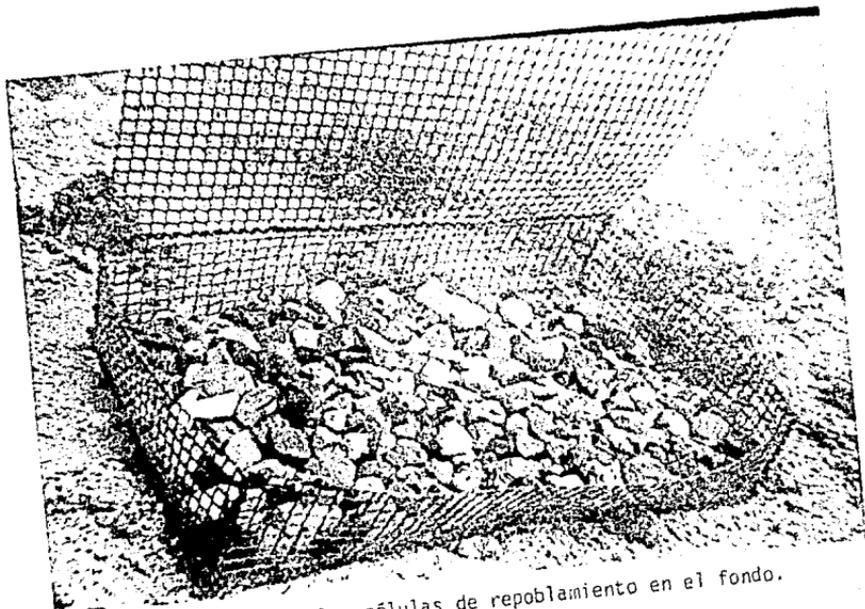


Fig. 19: Colocación de las células de repoblamiento en el fondo.

Durante esta parte, se trabajó con las dos especies de ostras perleras, manejándose un total de 58 individuos, 21 de ellos de concha nácar (de talla mediana, entre 40 y 60 mm) y 37 madreperlas (de talla pequeña principalmente, entre 30 y 50 mm).

Todos los ejemplares fueron medidos previa la siembra; ésta se realizó directamente sobre los guijarros, con el siguiente acomodo:

Primera Célula (Concha Nácar)	11 individuos
Segunda Célula (Concha Nácar)	10 individuos
Tercera Célula (Madreperla)	18 individuos
Cuarta Célula (Madreperla)	19 individuos

Se efectuaron observaciones al tercer día y al primero, segundo y tercer mes posterior a la siembra.

Es importante señalar que, a diferencia de la primera fase experimental, en la que el objetivo principal era estudiar la respuesta de los individuos a diferentes condiciones de siembra (como profundidad, talla y materiales para fijación), aquí se manejó únicamente una variable de siembra (sustrato natural protegido, a profundidad de 6 m y utilizando tallas pequeñas-medianas) y la intención era comparar la respuesta de ambas especies a los mismos parámetros medidos desde la primera fase experimental (mortalidad, fijación, crecimiento).

TRATAMIENTO DE LOS DATOS Y LIMITACIONES ESTADISTICAS:

Es importante señalar que debido al escaso número de organismos disponibles para este trabajo, se manejan dos posibles opciones metodológicas desde el inicio del ensayo. La primera era cumplir con todas las "leyes estadísticas" de las repeticiones experimentales y por lo tanto manejar pocas variables de siembra; la segunda era ser menos estrictos desde el punto de vista estadístico pero contar entonces con un mayor número de variables comparables y, lógicamente, con mayor cantidad de información sobre algunos factores bióticos y/o abióticos de importancia para tomarse en cuenta en futuros trabajos de siembra artificial y repoblamiento de bancos. Se optó por la segunda opción.

Además, cabe aclarar que durante el desarrollo del ensayo se presentaron algunos accidentes en el marco de los trabajos de campo y que afectaron más adelante el análisis de resultados. Se cita por ejemplo la pérdida de algunas de las cajas de siembra y en consecuencia de los organismos en ellas, que, como en el caso de la variable tallas, fue total.

La limitación estadística generada fue considerable. La ausencia de algunos datos importantes al final del ensayo, impidió el que se pudiera aplicar una sola prueba para el experimento completo, como un análisis de varianza multifactorial que era el que se tenía contemplado originalmente.

Como alternativa y estrategia de manejo, se emplearon algunas pruebas de manera independiente. Así por ejemplo, se utilizó el análisis de varianza paramétrico de una sola vía para el crecimiento y el análisis de varianza no paramétrico de Kruskal-Wallis para el caso de la fuerza de fijación; esto en ambas fases experimentales (Zar, 1984; Daniel, 1989). El paquete estadístico con el que se procesaron los datos fue el Statgraphics versión 4.2.

Para la presentación de las gráficas, los porcentajes en algunas variables tuvieron que ser tabulados en función de diferente número de organismos. Finalmente, cabe destacar que en ciertas partes del ensayo, muchos resultados pudieron ser descritos únicamente de manera cualitativa, aunque sin dejar de tener la validez que poseen.

5. RESULTADOS:

Para facilidad en la interpretación de los resultados, éstos se presentan de acuerdo a cada uno de los objetivos específicos del ensayo.

PRIMERA FASE EXPERIMENTAL:

5.1. MORTALIDAD:

5.1.1. Sustrato protegido (S.P.) y sin protección (S.S.P.): la protección fue un factor decisivo en la supervivencia de todos los individuos utilizados en el ensayo. Mientras que en los primeros la mortalidad registrada al sexto mes de observaciones fue del 13.9% (10 organismos muertos de 72 totales), en los segundos alcanzó el 100% al segundo mes.

En la Fig. 20 se muestran los resultados obtenidos de la mortalidad de todos los organismos sembrados en S.P. y S.S.P. hasta el sexto mes de observaciones.

No se observó mortalidad alguna en los S.P. para el quinceavo día de siembra, en tanto que en los S.S.P., ésta fue sumamente alta y rápida, encontrándose la gran mayoría de los organismos muertos para tal fecha. Esto trajo como consecuencia que a partir de ese momento, el experimento continuara únicamente con los individuos de los S.P.

5.1.2. Sustrato natural (S.N.) y sustrato artificial (S.A.): Es importante señalar que desde el segundo día de observaciones se notó la desaparición de una de las cajas de siembra de la variable tallas, lo que significó la pérdida de nueve organismos (tres chicos, tres medianos y tres grandes). Por desgracia, este mismo hecho se repitió para el segundo y cuarto mes respectivamente, por lo que para dicha fecha se perdió la totalidad de los individuos de esta variable. Por tal motivo, la mortalidad fue cuantificada aquí, primero en función de seis organismos y finalmente de tres.

En términos generales la mortalidad en todos los S.N. y S.A. protegidos fue baja. El registro más bajo se presentó en el sustrato de asbesto (0% hasta el sexto mes), en tanto que el más alto se observó a profundidad de 3 m (44.4% en la misma fecha). En los restantes sustratos, las diferencias en mortalidad no fueron muy marcadas, por lo que parece ser que el material de siembra (roca o estructuras artificiales) no influyó notoriamente en este punto.

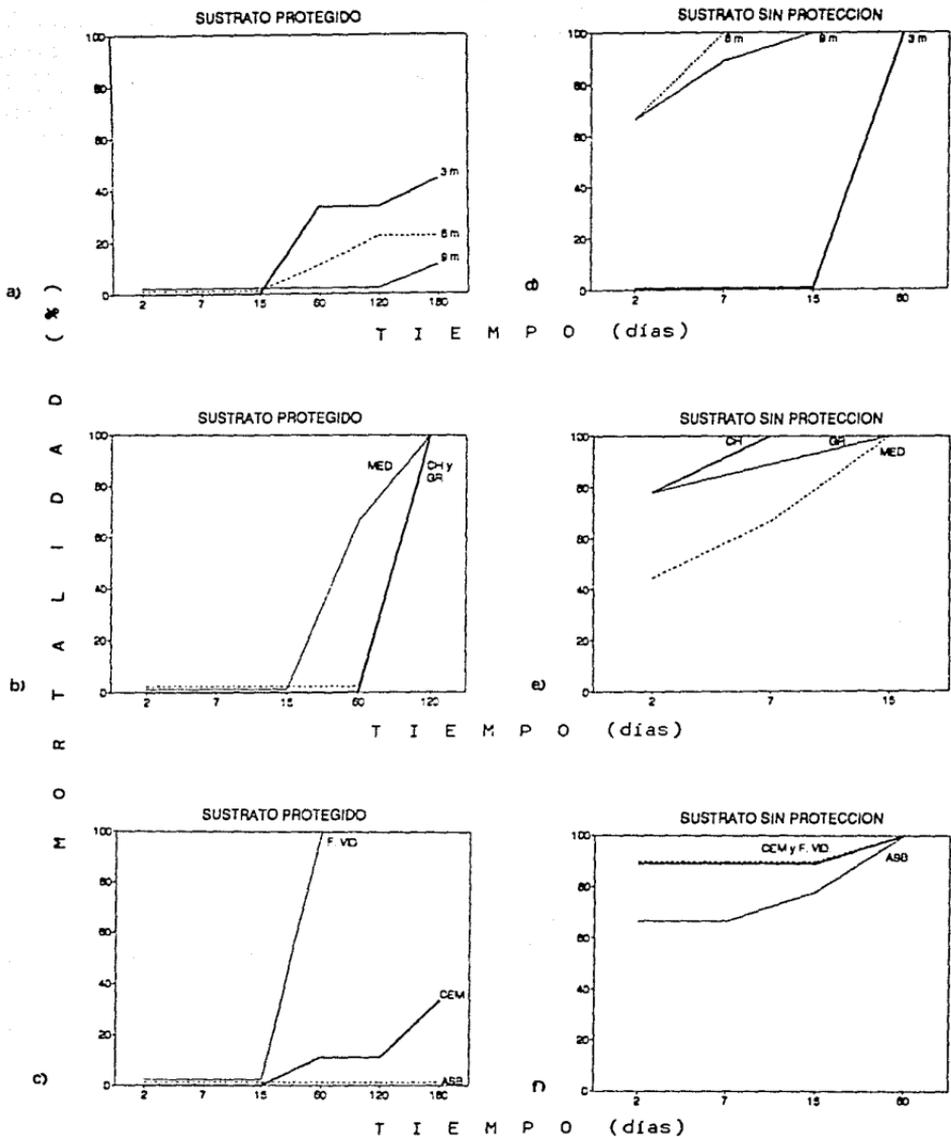


Fig. 20: Mortalidad de los organismos sembrados en los Sustratos protegidos y Sustratos sin protección (profundidad, grupo de tallas y material de siembra).

5.1.3. Profundidad: En los S.S.P. de profundidad, los valores más bajos de mortalidad se observaron a 3 m (0% para las primeras tres observaciones); esta situación fue contraria a la ocurrida en los restantes S.S.P. (Fig. 20d). Este punto será analizado con detalle en la discusión.

Para el caso de los S.P. se aprecia claramente que es la profundidad de 9 m en la que se presentaron los valores más bajos de mortalidad (0% hasta el quinto mes y 11.1% para el sexto) en comparación con las profundidades de 3 y 6 m, donde los porcentajes fueron de 33.3% y 22.2% para el quinto mes respectivamente y 44.4% y 22.2% para el sexto mes (Fig. 20a).

5.1.4. Tallas: En los S.S.P., las tallas medianas presentaron los porcentajes más bajos de mortalidad durante las dos primeras observaciones (44.4% y 67.8% respectivamente), en tanto que los valores más altos se registraron en las tallas chicas (77.8 y 100%), que no difiere mucho con lo observado en las tallas grandes (77.8% y 88.9% respectivamente) (Fig. 20e).

Con respecto a los S.P., se puede ver que para el segundo mes de observaciones, el registro más bajo de mortalidad se presentó en las tallas medianas (66.6%, un organismo muerto de tres) en comparación con las chicas y grandes en donde fue de 100% para ambos casos (Fig. 20b).

Por desgracia, la desaparición de las cajas de siembra y por tanto la ausencia de individuos al final del ensayo, impidió el que se pudiera realizar un análisis preciso de la mortalidad para esta variable. Por lo mismo, cabe aclarar que en la Fig. 20b, se cuantifica la mortalidad como 100%, no obstante ésta no fue natural. Este punto será retomado más adelante.

5.1.5. Material: El asbesto resultó el material más adecuado en este punto, ya que de los tres utilizados, fue el que presentó los valores de mortalidad más bajos. Así pues, en los S.P. ésta fue de 0% hasta el sexto mes, en tanto que en cemento fue del 33.3% para la misma fecha (Fig. 20c).

El sustrato de fibra de vidrio desapareció también desde el segundo mes de siembra, por lo que la mortalidad, al igual que en la variable tallas, se cuantificó como 100%

En los S.S.P. la mortalidad registrada durante las tres primeras observaciones fue la siguiente: en asbesto (66.7%, 66.7% y 77.8% respectivamente) y en cemento y fibra de vidrio (88.9% para los tres casos), por lo que el asbesto nuevamente arrojó los mejores resultados al respecto (Fig. 20f).

5.2. FIJACION:

Debido a que la fijación de los organismos ocurriría desde los primeros días posteriores a la siembra, esta variable se analizó principalmente con base en las observaciones realizadas durante el segundo, séptimo y quinceavo día.

5.2.1. RAPIDEZ DE FIJACION:

En la Fig. 21 se muestra la rapidez de la fijación de los organismos sembrados en todos los S.N. y S.A. protegidos y sin protección. Se observa claramente que la diferencia en ambos casos es tajante al estar de por medio la protección. Sin embargo, tomando en cuenta que en los S.S.P. la gran mayoría de los organismos se encontraban muertos en vez de fijos a su sustrato, solo fue posible evaluar este parámetro en función únicamente de los S.P.

Se puede apreciar que es en los S.N. donde se presentó una fijación más rápida y no en los S.A. Así pues, mientras que en el sustrato de profundidad 3 m y tallas, el porcentaje de individuos fijos al segundo día de observación fue de 87.5% a 3 m (7 organismos fijos de 8), 100% en tallas chicas, 83.3% en las medianas (5 de 6 individuos fijos) y 33.3% en las tallas grandes (2 de 6). En los S.A., el porcentaje de fijación fue de 33.3% en cemento y fibra de vidrio (3 de 9) y 55.6% (asbesto, 5 de 9) (Fig. 21a, b y c).

a) Profundidad: No se observó una diferencia marcada en la rapidez de fijación de los organismos sembrados a profundidades de 3 y 6 m (87.5 y 100% y 77.8 y 100% para el segundo y séptimo día de siembra respectivamente). Sin embargo, a 9 m los valores de fijación fueron más bajos en tal sentido (55.6%, 77.8% y 100% para los tres días) (Fig. 21a).

b) Tallas: Fue en las tallas chicas donde se alcanzó la fijación más rápida (100% para el segundo día), en comparación con las tallas medianas (83.3% para las tres observaciones) y las grandes (33.3, 66.7 y 100% respectivamente) donde los valores fueron más bajos (Fig. 21b).

c) Material: El cemento y la fibra de vidrio parecen ser materiales poco adecuados para una fijación rápida de los individuos, ya que en ninguno de ellos se llegó a alcanzar el 100% al quinceavo día (88.9 y 66.7% respectivamente). En cambio el asbesto resultó, en este punto, un material favorable, ya que fue el único en el que la fijación alcanzó el 100% para la misma fecha (Fig. 21c).

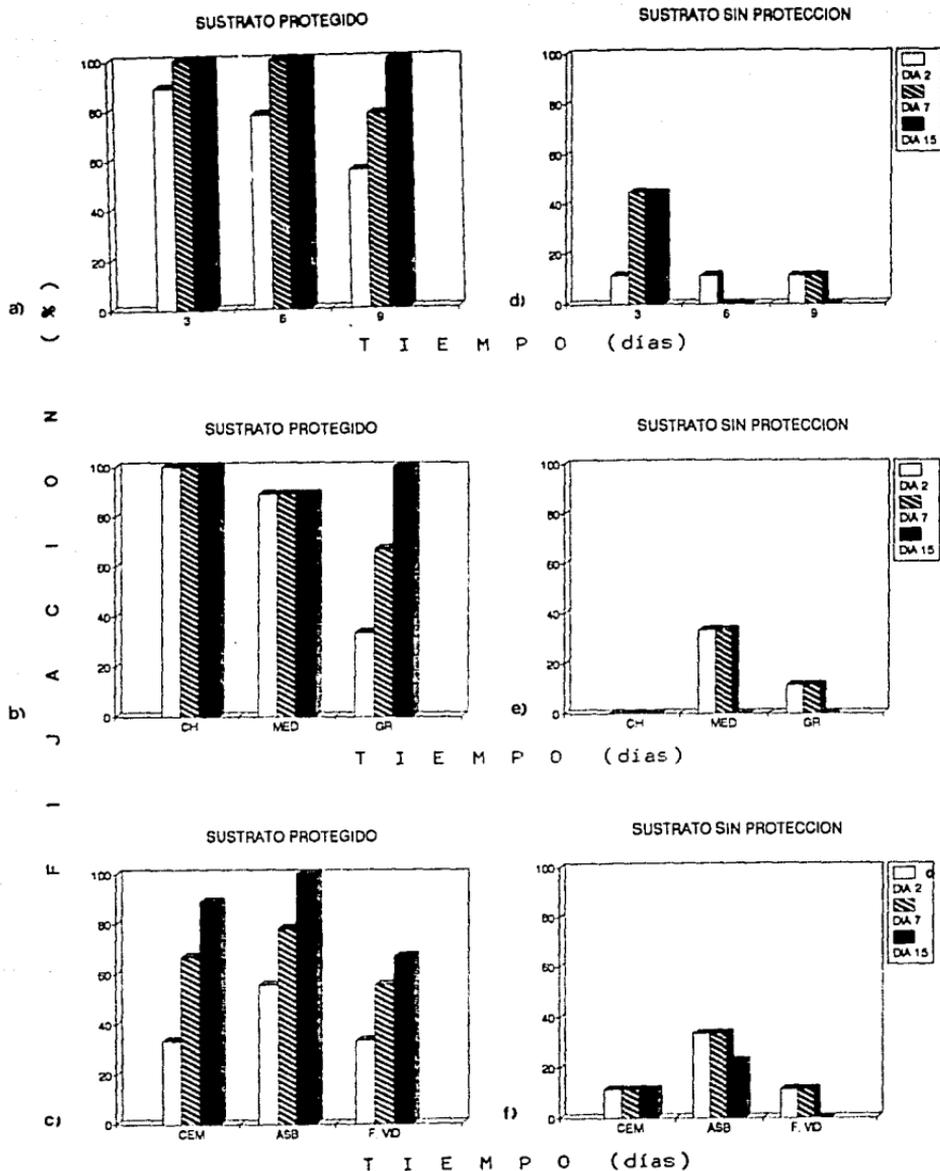


Fig. 21: Rapidez de fijación de los organismos sembrados en los Sustratos protegidos y Sustratos sin protección (profundidad, grupo de tallas y material de siembra).

5.2.2. FUERZA DE FIJACION:

En las Figs. 22, 23 y 24 se presenta un seguimiento de la fuerza de fijación de los organismos sembrados en los S.N. y S.A. protegidos durante los primeros quince días de observaciones. Se aprecia que el desarrollo de dicha fuerza parece ser normal en todas las variables, es decir, se observó para el segundo día un índice promedio de fijación de 1, al tiempo que para el quinceavo día se había alcanzado un índice promedio de 3. No obstante, al comparar los índices entre sí, se aprecia que al igual que en el inciso 5.2.1, la fuerza de fijación también fue mayor en todos los S.N.

Al realizar un conteo del número de organismos con determinado índice de fijación se observó que al segundo día de siembra, el índice promedio en todos los S.N. de profundidad y tallas fue el 1 (19 y 10 individuos respectivamente con dicho índice); en los S.A. de cemento, asbesto y fibra de vidrio el índice promedio fue de 0 (16 organismos) (Fig. 22a, 23a y 24a).

Para el séptimo día, el índice que predominó en los S.N. de profundidad y tallas fue el 2 (12 y 6 individuos respectivamente), mientras que en los S.A. fue el 1 (11 organismos) (Fig. 22b, 23b y 24b).

Durante el quinceavo día, fue un índice promedio 3 el que se presentó con mayor frecuencia en los S.N. (10 y 11 individuos respectivamente), en tanto que en los S.A. fue de 2 (12 organismos) (Fig. 22c, 23c y 24c).

a) **Profundidad:** A pesar de que no existió una diferencia marcada en la fuerza de fijación entre las tres profundidades manejadas, durante las tres observaciones realizadas, puede apreciarse un ligero incremento en los valores de dicha fuerza a 3 y 6 m, ya que en éstas, el índice promedio para el quinceavo día fue de 3, en tanto que a 9 m el promedio fue de 2 para el mismo día (Fig. 22a, b y c).

Mediante un análisis de varianza no paramétrico de Kruskal-Wallis, se rechazó la hipótesis nula (H_0) y se encontró que existían diferencias significativas en los valores de los índices de fijación con respecto a la profundidad ($H_c = 5.35$, $P \leq 0.05$).

Un análisis de rangos múltiples de Scheffé (Tabla A) comprobó lo anterior y ubicó a la profundidad de 6 m como la más representativa en cuanto a una mayor fuerza de fijación; no obstante señaló a las tres profundidades como grupos homogéneos, con valores medios del índice de fijación de 1.44 (3 m), 1.66 (6 m) y 1.07 (9 m) respectivamente.

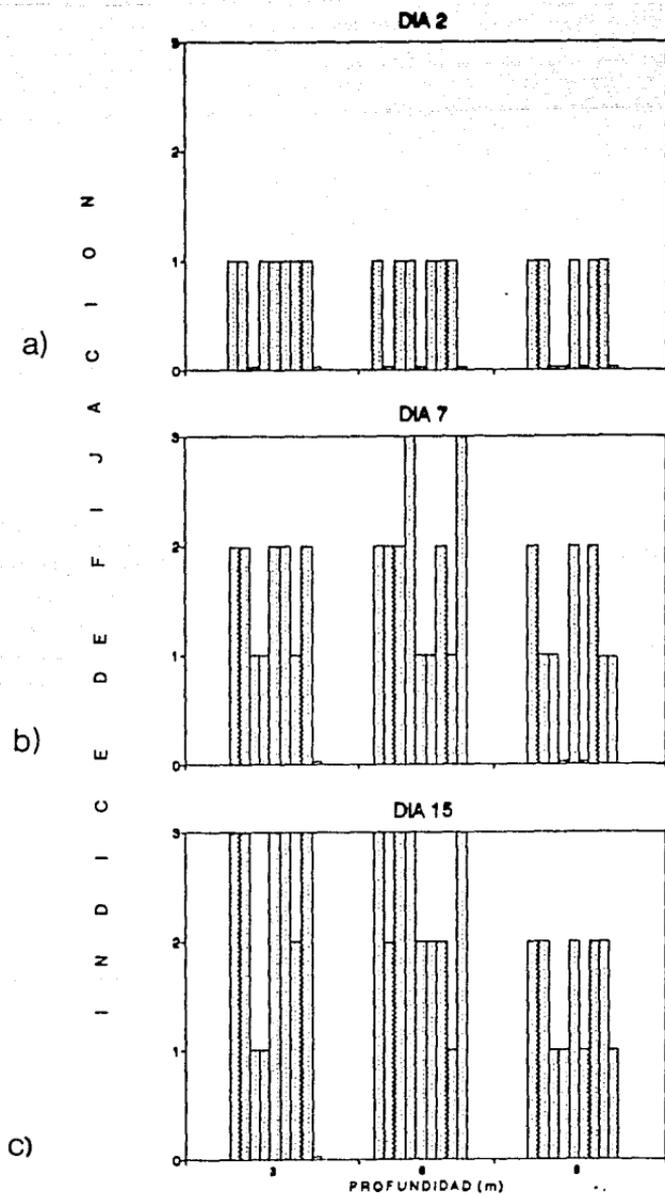


Fig. 22: Fuerza de fijación de los organismos sembrados en los sustratos de Profundidad (cada barra es un organismo)

TABLA A: ANALISIS MULTIPLE DE SCHEFFE PARA INDICES DE FIJACION-PROFUNDIDAD

Metodo:	95 %	Conf.	From.	Conf.	Intervalos
Prof.			Prueba		Grupos Homogeneos
9 m	27	1.0740741	+		
9 m	27	1.4444444	+		
6 m	27	1.6666667	+		

TABLA B: ANALISIS MULTIPLE DE SCHEFFE PARA INDICES DE FIJACION-TALLA

Metodo:	95 %	Conf.	From.	Conf.	Intervalos
Talla			Prueba		Grupos Homogeneos
GE	18	1.0000000	+		
CH	18	1.8888889	++		
MEI	18	2.0000000	+		

TABLA C: ANALISIS MULTIPLE DE SCHEFFE PARA INDICES DE FIJACION-MATERIAL

Metodo:	95%	Conf.	From.	Conf.	Intervalos
Mater.			Prueba		Grupos Homogeneos
F.UID	27	.5925926	+		
CEM	27	1.1851852	++		
ASE	27	1.3333333	+		

b) Tallas: En los individuos de talla mediana fue donde se observaron los índices de fijación más elevados durante las tres observaciones (2, 3 y 3 como promedio respectivamente). Contrariamente, las tallas grandes no lograron fijarse con fuerza al sustrato, ya que los valores de sus índices fueron los más bajos de los tres rangos de talla probados (0, 1 y 2 para el segundo séptimo y quinceavo día) (Fig. 23a,b y c).

El análisis de Kruskal-Wallis indicó que existían diferencias significativas en los valores de los índices con respecto a la talla de los individuos ($H_c = 9.41$, $P \leq 0.005$). Los resultados del análisis de rangos múltiples de Scheffé (Tabla B) marcaron homogeneidad en la fuerza de fijación entre los grupos de talla mediana y chica (medias de 1.88 y 2.0 respectivamente) y chica y grande respectivamente (medias de 1.88 y 1.0), siendo las tallas medianas en donde la fuerza de fijación fue mayor.

c) Material: El cemento y nuevamente el asbesto fueron los materiales que ofrecieron las mejores condiciones para una fijación más fuerte de los organismos (índice promedio 2 en ambos casos para el quinceavo día); la fibra de vidrio definitivamente no resultó favorable para este aspecto (índice promedio 1) (Fig. 24a, b y c).

De acuerdo con la prueba de Kruskal-Wallis, también se encontraron diferencias significativas entre el material de siembra y la fuerza de fijación ($H_c = 8.16$ $P \leq 0.001$). El análisis de Scheffé (Tabla C), demostró que el asbesto y el cemento (particularmente el primero) fueron los materiales donde se dió la mayor fuerza de fijación.

5.3. SEGUIMIENTO DE LA PRIMERA FASE EXPERIMENTAL:

Es importante señalar que, dentro de lo que fue posible, siempre se intentó que los registros de la mortalidad, fijación y crecimiento de los organismos se tomaran mensualmente. Sin embargo, por problemas que se presentaron en el marco de los trabajos de campo (ver discusión), el seguimiento de la fase experimental se realizó, en algunos casos, bimestralmente.

Segundo mes: Los individuos en los S.S.P. que habían logrado sobrevivir hasta el quinceavo día de siembra, se perdieron por completo para esta fecha, alcanzando la mortalidad el 100% en tan sólo dos meses.

La mortalidad registrada en todos los S.N. y S.A. fue del 8.3%, lo que significó un total de seis organismos muertos tres en el sustrato de profundidad 3 m, uno a 6 m, uno de tallas medianas y uno más en cemento).

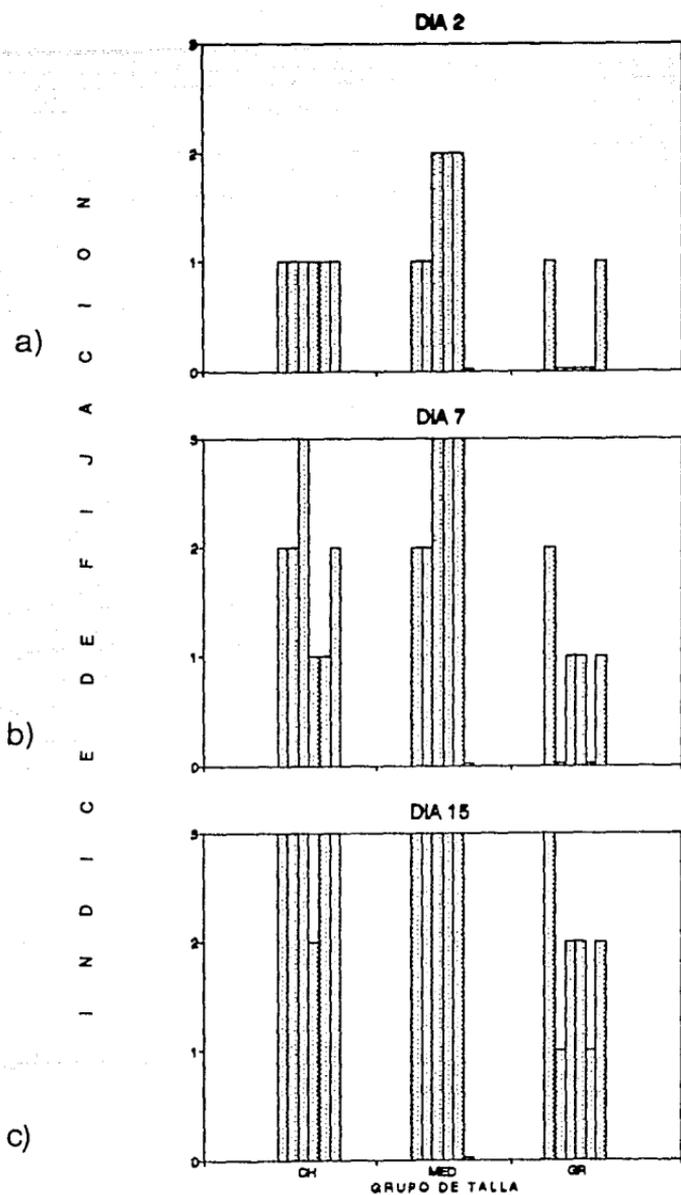


Fig. 23: Fuerza de fijación de los organismos sembrados en los sustratos de Tallas. (cada barra es un organismo).

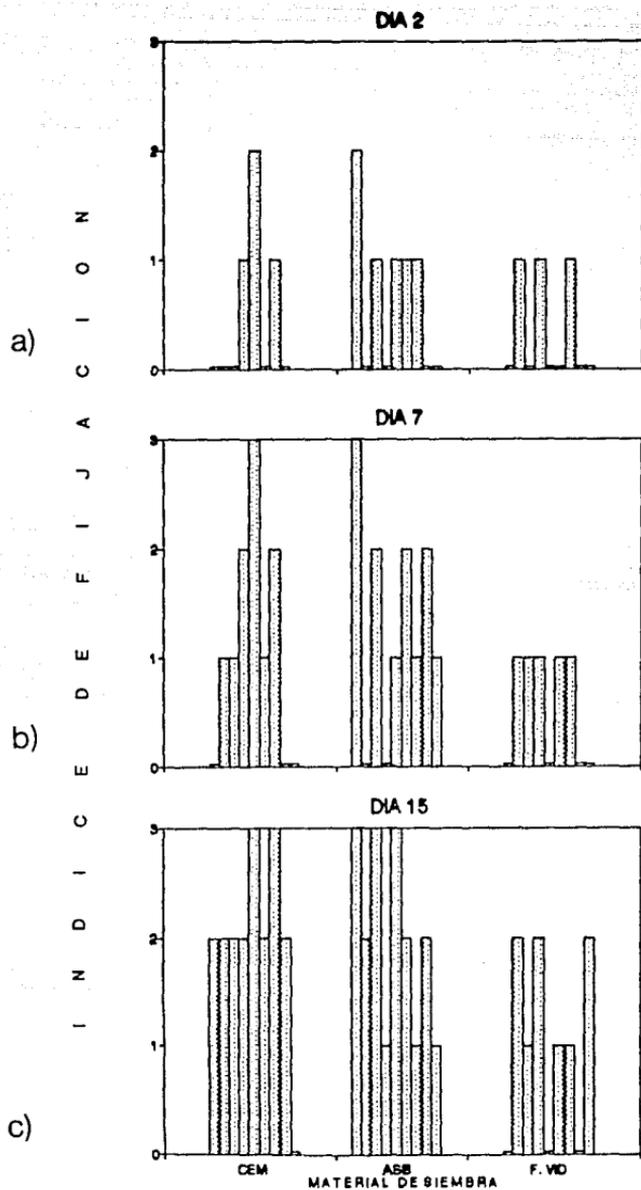


Fig. 24: Fuerza de fijación de los organismos sembrados en los sustratos artificiales (cada barra es un organismo).

La fijación fue ya del 100% en esta etapa, aunque en muchos organismos se notó una disminución en la fuerza de fijación (debilitamiento), ya que sus índices fueron más bajos que los del último registro (valores observados entre 1 y 2).

Cuarto mes: Fueron colocados los nuevos sustratos o "células de repoblamiento"; así mismo se sembraron todos los organismos en éstas, dando comienzo la Segunda Fase Experimental.

La mortalidad en los S.S.P. se incrementó a 9.7%, un organismo más (a profundidad de 6 m) con respecto al registro anterior.

La debilidad de los organismos fue más marcada que la del segundo mes y los valores de sus índices de fijación continuaron bajando en muchos de los casos.

Quinto mes: La mortalidad aumentó a 12.5%, nueve organismos en los S.P. muertos (a los siete del cuarto mes se sumaron dos más del sustrato de cemento).

El debilitamiento de los organismos continuó. En la suposición que esto pudiera estar relacionado con el diseño y funcionalidad de las cajas de siembra (ver discusión), fueron removidas las cubiertas protectoras de éstas y reemplazadas por unas nuevas, fabricadas de malla avícola para permitir un flujo normal de agua al interior de estas y lograr así que los organismos recuperaran su condición normal.

Sexto mes: El registro de la mortalidad se incrementó a 13.8%, un organismos más con respecto al mes anterior, ahora en el sustrato de profundidad 6 m.

Se observó una notable mejoría en la fuerza de fijación de los organismos. Con la finalidad de tener un punto de comparación de esto, en la Tabla D se presenta un seguimiento de la fuerza de fijación de los individuos hasta el sexto mes de siembra.

Es evidente el debilitamiento que los organismos fueron sufriendo con el paso del tiempo; no obstante, también fue clara la recuperación que experimentaron muchos de ellos posterior a la sustitución de las cubiertas protectoras. En la tabla D, el quinto mes representa el momento en el que se realizó ésta; durante el sexto mes se aprecia que en la mayoría de los casos, se dió un aumento en la magnitud de los índices de fijación de los individuos (en algunos casos de 1 a 2, en otros de 2 a 3 e inclusive de 1 a 3. Obviamente, algunos no mostraron mejoría.

TABLA D: SEGUIMIENTO DE LA FUERZA DE FIJACION DE LOS ORGANISMOS SEMBRADOS EN LOS SUSTRATOS PROTEGIDOS

TIPO DE SUSTRATO	OBSERVAC. (DIAS)	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Prof. 3 m	DIA 2	1	1	0	1	1	1	1	1	0
	DIA 7	2	2	1	1	2	2	1	2	0
	DIA 15	3	3	1	1	3	3	2	3	X
	DIA 60	2	X	2	1	X	X	2	2	X
	DIA 120	1	X	1	1	X	X	1	2	X
	DIA 150	2	X	1	1	X	X	1	1	X
	DIA 180	3	X	2	3	X	X	3	2	X
Prof. 6 m	DIA 2	1	0	1	1	0	1	1	1	1
	DIA 7	2	2	2	3	1	1	2	1	3
	DIA 15	3	3	3	3	2	2	2	1	3
	DIA 60	2	2	3	2	2	2	2	X	2
	DIA 120	2	1	2	2	X	2	2	X	3
	DIA 150	1	1	2	2	X	2	3	X	1
	DIA 180	2	3	3	3	X	3	1	X	2
Prof. 9 m	DIA 2	1	1	0	0	1	0	1	1	0
	DIA 7	2	1	1	0	2	0	2	1	1
	DIA 15	2	2	1	1	2	1	2	2	1
	DIA 60	2	2	2	2	2	1	2	1	3
	DIA 120	2	2	3	1	2	2	2	1	2
	DIA 150	2	2	2	2	X	3	3	1	2
	DIA 180	3	2	1	3	X	2	3	3	3
Cemento	DIA 2	0	0	0	1	2	0	1	0	0
	DIA 7	0	1	1	2	3	1	2	0	0
	DIA 15	2	2	2	2	3	2	3	2	0
	DIA 60	2	2	1	1	2	2	2	1	X
	DIA 120	2	1	1	1	2	2	1	1	X
	DIA 150	2	1	X	X	2	2	2	2	X
	DIA 180	2	1	X	X	3	3	3	2	X
Asbesto	DIA 2	2	0	1	0	1	1	1	0	0
	DIA 7	3	0	2	0	1	2	1	2	1
	DIA 15	3	2	3	1	3	2	1	2	1
	DIA 60	1	3	2	1	2	2	1	2	1
	DIA 120	1	2	2	1	1	2	1	2	1
	DIA 150	2	2	2	2	1	2	1	2	1
	DIA 180	3	3	3	2	3	2	2	3	1

(X) ORGANISMOS PERDIDOS

5.4. CRECIMIENTO:

Aunque el ensayo no contemplaba un estudio a fondo de las tasas de crecimiento de los individuos, si pretendía mostrar el (los) sustrato(s) en el que éstos estuvieran creciendo mejor.

5.4.1. Profundidad: Fue contrastada la hipótesis nula (H_0) de que no existían diferencias significativas en el crecimiento de los organismos en función de la profundidad de siembra. A través de un análisis de varianza paramétrico de una sola vía se rechazó ésta y se encontró que sí existía tal diferencia ($F_c = 5.90 > F_t = 3.15$).

En la Fig. 25 y Tabla E se presentan la gráfica de intervalos de medias y el análisis de rangos múltiples de Scheffé respectivamente, que demuestran que las profundidades de 6 y 9 m (específicamente la primera) fueron las que ofrecieron las mejores condiciones para un mejor crecimiento de los organismos (grupos homogéneos con medias de 74.0 y 72.2 respectivamente hasta el sexto mes de siembra). En contraste, a 3 m de profundidad el crecimiento fue menor (grupos heterogéneos 3 y 6 m, con medias de 65.8 y 74.0 respectivamente).

5.4.2. Tallas: no fue posible analizar el crecimiento para esta variable a causa de la pérdida de las cajas de siembra y de los individuos.

5.4.3. Material: No se encontró diferencias significativas en el crecimiento en relación al material de siembra ($F_c = 0.009 < F_t = 3.15$).

La Fig. 26 (Tabla de medias) compara el crecimiento entre el S.N. de profundidad 3 m y los S.A. de cemento y asbesto. El análisis de rangos múltiples de Scheffé (Tabla F) señaló homogeneidad en las medias de los tres grupos (74.01 en profundidad de 3 m, 73.7 en cemento y 74.03 en asbesto), lo que significa que no hubo diferencias en el crecimiento de los organismos sembrados en S.N. y S.A.

SEGUNDA FASE EXPERIMENTAL:

5.1. MORTALIDAD:

En la Fig. 27 se presentan los resultados obtenidos de la mortalidad hasta el tercer mes de observaciones. Se aprecia una pequeña diferencia en los porcentajes de mortalidad para ambas especies. Mientras que para el caso de la concha nácar los

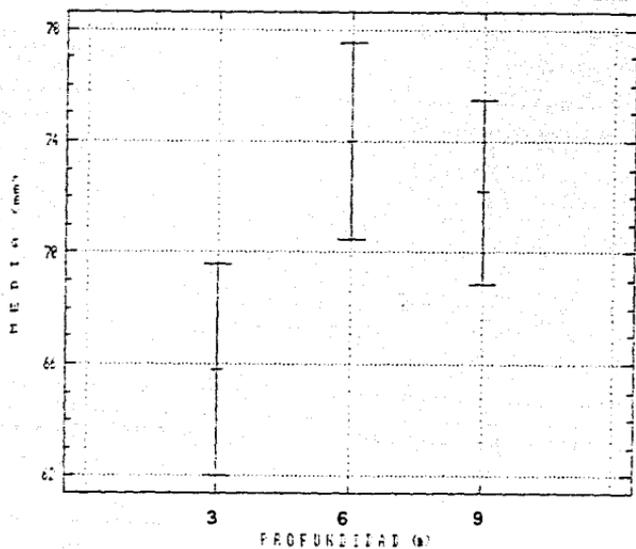


Fig. 25: Intervalos de medias (talla) de los organismos sembrados en los sustratos de Profundidad.

TABLA I: ANALISIS MULTIPLE DE SCHEFFE PARA CRECIMIENTO-PROFUNDIDAD

Prof.	Metodo:	95 % Conf.	From.	Conf.	Intervalos	
	Prueba	Grupos Homogeneos				
3 m	27	65.803704	+			
9 m	35	72.200000	++			
6 m	31	74.016129	+			

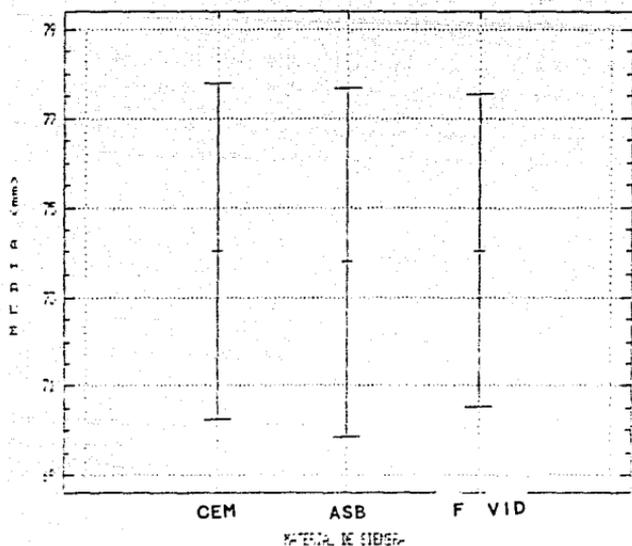


Fig. 26: Intervalos de medias (tallas) de los organismos sembrados en los sustratos artificiales.

TABLA F: ANALISIS MULTIPLE DE SCHEFFE PARA CRECIMIENTO-MATERIAL DE SIEMBRA

Metodo:	95 %	Conf.	From.	Conf.	Intervalos
Mater.			Prueba		Grupos Homogeneos
CEM	29	73.765517	*		
ASB	31	74.016129	*		
S.H.	36	74.030556	*		

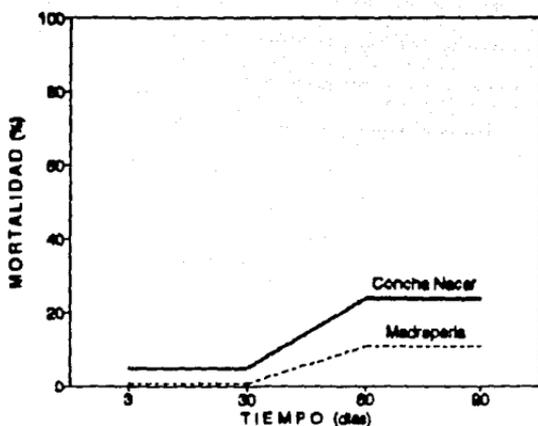


Fig. 27: Mortalidad de los organismos sembrados durante la segunda fase experimental.

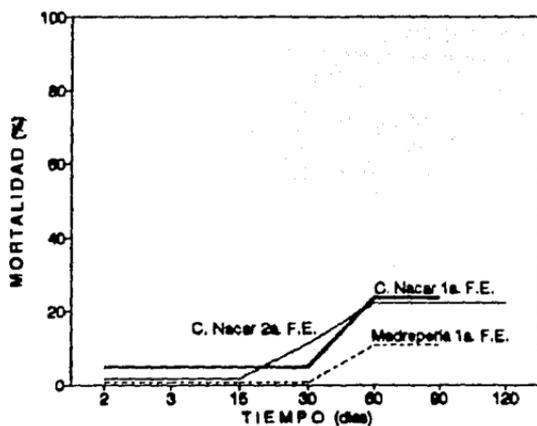


Fig. 28: Comparación de los porcentajes de mortalidad de los organismos sembrados en ambas fases experimentales.

valores fueron de 4.7% para el tercer día y primer mes de observaciones y 23.8% para el segundo y tercer mes respectivamente, para la madreperla fueron de 0% durante el tercer día y primer mes y 10.8% para el segundo y tercer mes de siembra respectivamente.

La Fig. 28 presenta una comparación entre los porcentajes de mortalidad observados durante las dos fases experimentales del ensayo (concha nácar profundidad 6 m en la primera y concha nácar y madreperla en la segunda). Como se aprecia, el comportamiento es casi el mismo, mortalidad bastante baja y siguiendo un patrón parecido con el tiempo (con la aclaración de que los tiempos utilizados como punto de comparación no son exactamente los mismos). Parece claro que la protección permite a los organismos sobrevivir, no importando las condiciones de siembra en las que se encuentren.

5.2. FIJACION:

5.2.1. Rapidez de fijación: Fue bastante alta para el caso de las dos especies y en la Fig. 29 se ve que para el tercer día, más del 50% de los individuos habían logrado fijarse al sustrato. Además, no se observó diferencia en la velocidad de fijación con el paso del tiempo y así como en los lotes de concha nácar lograron fijarse para el tercer día 14 de 21 organismos (66.7%) y 21 de 21 para el primer mes (100%), en los de madreperla se fijaron para el tercer día 25 de 37 (67.6%) y 23 de 37 individuos para el primer mes (94.6%).

Al realizar una comparación entre los porcentajes de fijación de esta segunda fase experimental y los registrados en la variable profundidad 6 m de la primera fase experimental, se aprecia que, al igual que en el punto anterior, el comportamiento es sumamente parecido, alcanzando la fijación casi el 100% para el segundo mes (Fig. 30).

5.2.2. Fuerza de fijación: En las Figs. 31 y 32 se presenta un seguimiento de la fuerza de fijación de los organismos hasta el segundo mes de observaciones. Se señala una ligera diferencia en los valores de los índices entre ambas especies, que posiblemente pueda ser atribuible a la biología concreta de cada una (y que será analizado más adelante). Así pues, mientras que en los lotes de concha nácar, el índice promedio de fijación para el tercer día fue de 2 (13 individuos con dicho índice) y para el primero y segundo mes de 3 (19 y 21 organismos respectivamente), para los lotes de madreperla el índice promedio fue de 2 para el tercer día (25 organismos) y 2,3 para el primer mes (17 individuos en cada caso).

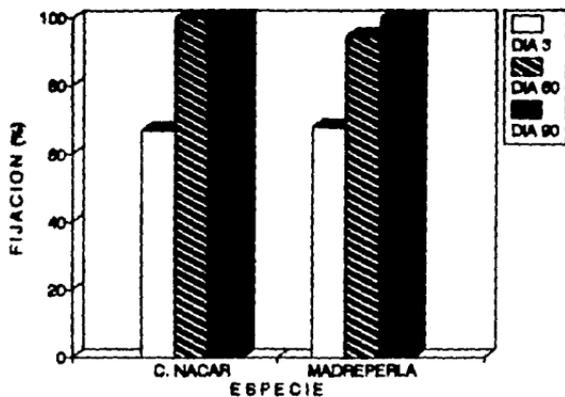


Fig. 29: Rapidez de fijación de los organismos sembrados durante la segunda fase experimental.

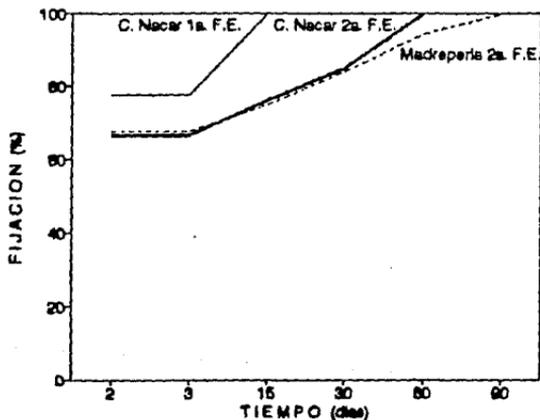


Fig. 30: Comparación de los porcentajes de fijación de los organismos sembrados en ambas fases experimentales

I N D I C E D E F I J A C I O N

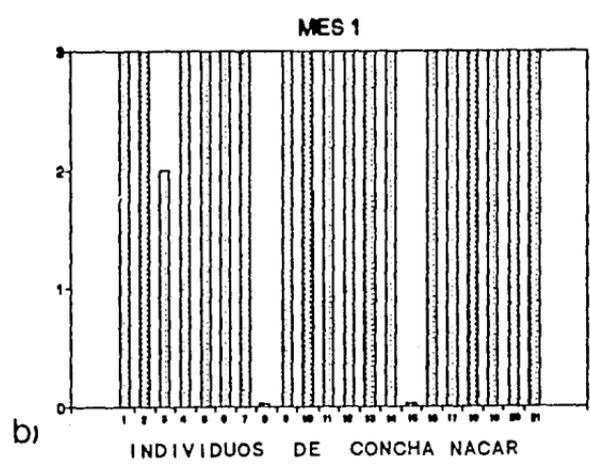
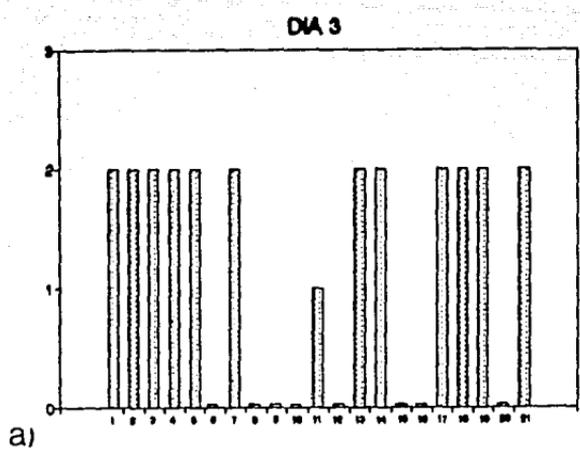


Fig. 31: Fuerza de fijación de los organismos de Concha Nacar durante la segunda fase experimental. Cada barra corresponde a un organismo.

DIAS

INDIVIDUOS DE MADREPERLA

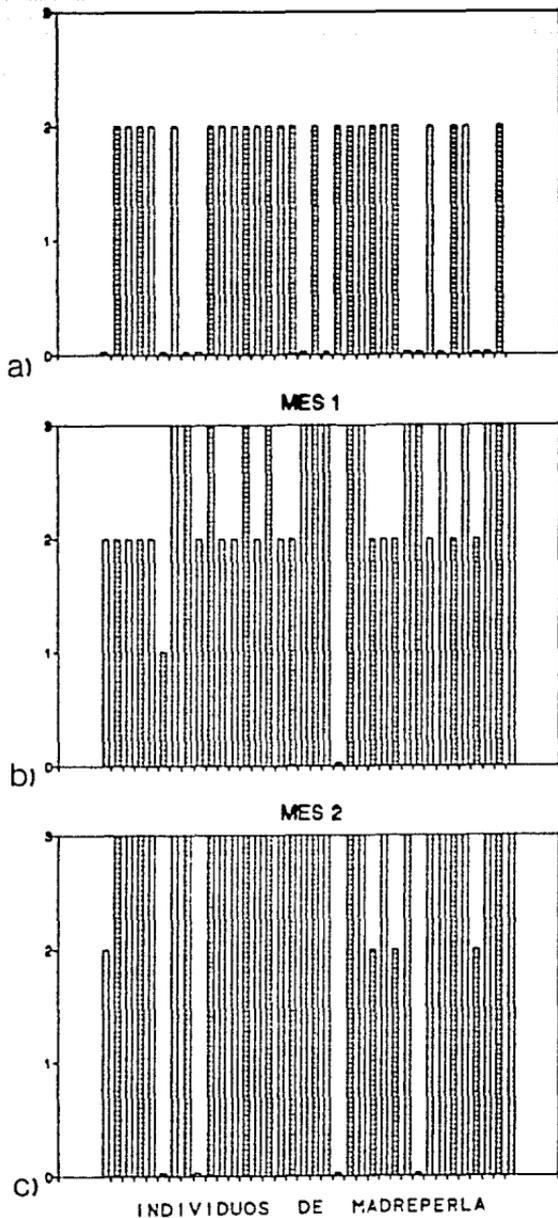


Fig. 32: Fuerza de fijación de los organismos de Madreperla sembrados durante la segunda fase experimental. Cada barra corresponde a un organismo.

Mediante un análisis de Kruskal-Wallis se encontró que existían diferencias significativas en la fuerza de fijación entre las dos especies ($H_c = 0.42$, $P \leq 0.1$). El rango promedio para el caso de la concha nácar fue de 119.9, en tanto que para la madreperla fue de 114.5. El análisis de Scheffé (Tabla G) encontró homogeneidad en ambos grupos, con medias de 2.14 (concha nácar) y 2.17 (madreperla).

5.3. CRECIMIENTO:

Fue difícil aplicar alguna prueba estadística para determinar si existían diferencias en el crecimiento en función de la especie, por la razón de que las tallas que se manejaron para cada una de éstas fue diferente desde un inicio y de haber corrido alguna prueba, hubiera indicado, por lógica, que sí existían tales diferencias. Por ende, el análisis presentado es cualitativo.

En la Tabla H se resume el crecimiento obtenido durante cuatro meses de registro de octubre a abril (para el caso de la primera fase experimental) y de febrero a mayo (para la segunda). Con referencia a esta última, se observa un patrón aparentemente normal, es decir, un mayor incremento promedio mensual para la concha nácar (en función del menor tamaño que alcanza ésta en el medio natural) que para la madreperla (debido al mayor tamaño que alcanza). Además, para ambas especies se aprecia una disminución gradual en la tasa de crecimiento con el tiempo, es decir, menor crecimiento a mayor tamaño, aunque este hecho fue más marcado en la concha nácar.

Al contrario, en la primera fase experimental la concha nácar tendió hacia un aumento gradual de talla con el paso del tiempo. Quizás esto tenga alguna relación con la época de reproducción, aunque esto será analizado en la discusión.

Finalmente, se señala que tampoco fue posible establecer una comparación más fina del crecimiento de los organismos en las dos fases experimentales, puesto que en ambas se manejaron criterios de siembra distintos, es decir, diferente número de organismos y de diferente talla.

TABLA G: ANALISIS MULTIPLE DE SCHEFFE PARA CRECIMIENTO-ISPECIE

Método: 95% Conf. Prom. Conf. Intervalos
 Especie Repet. Prueba Grupos Homogéneos

C.N. 84 2.1428571 +
 MADR. 148 2.1756757 +

TABLA H: COMPARACION DEL CRECIMIENTO MENSUAL PROMEDIO DE LOS ORGANISMOS SEMBRADOS EN AMBAS FASES EXPERIMENTALES

TIEMPO (MESES)	1a. FASE EXPERIMENTAL		2a. FASE EXPERIMENTAL			
	CONCHA	NACAR	CONCHA	NACAR	M A D R E P E R L A	
	TALLA \bar{X} (mm)	INCREM. \bar{X} (mm)	TALLA \bar{X} (mm)	INCREM. \bar{X} (mm)	TALLA \bar{X} (mm)	INCREM. \bar{X} (mm)
OCTUBRE	68.1	0				
DICIEMBRE	69.0	0.9				
FEBRERO	71.5	2.5	52.7	0	35.6	0
MARZO			56.8	4.1	37.6	2.2
ABRIL	74.8	3.3	59.6	2.8	39.3	2.0
MAYO			61.2	1.6	41.0	1.7

6. DISCUSION:

Hoy día son numerosas las explicaciones que se han dado para tratar de entender las causas por las que las poblaciones naturales de ostras perleras se vieron tan drásticamente disminuidas, especialmente a partir de 1937, fecha en que comenzaron a registrarse las mortalidades masivas en los bancos. Indudablemente no se puede negar que la sobreexplotación es la causa principal del problema. Sin embargo, algunos autores han señalado causas secundarias que pudieron haber afectado de una u otra forma; así, se ha hablado de envenenamiento intencional de los organismos (creencia local), desequilibrios ecológicos (Sevilla, 1969; Díaz-Garcés, 1972), disminución en la concentración de oxígeno disuelto en el agua (Díaz-Garcés, op. cit.) e incluso se ha atribuido el hecho a la construcción de la presa Hoover en la desembocadura del río Colorado y que se dice bloqueó el aporte de sustancias elementales al interior del Golfo de California (Monteforte, com. pers.).

En realidad algunas de estas hipótesis no son fáciles de comprobar; no obstante, existe la posibilidad de que el empobrecimiento de los bancos no haya sido provocado por una causa única, sino que más bien fuera el producto de la combinación de los factores arriba citados.

En este punto surge una interrogante lógica. Si en 1939 es decretada una veda permanente en la región, entonces ¿por qué a la fecha no se han podido recuperar las poblaciones naturales (o en su defecto por que se han recuperado tan lentamente)? Esto también tiene una explicación. En primer lugar es innegable que la elevada pesca clandestina que se ha venido ejerciendo de manera continua ha contribuido de manera importante en el problema que se plantea y pese a que es una actividad sumamente difícil de cuantificar, se sabe existe en proporción elevada, pues en ciertas ocasiones durante el desarrollo de los trabajos de campo del presente ensayo y del proyecto en general, se llegó a observar en la Isla Espíritu Santo, entre 1000 y 3000 (a veces más) conchas cuya extracción era reciente. Si tal cantidad se pudo contar en tan sólo unas cuantas observaciones hechas en el transcurso de tres años de investigación, ¿cuánto se debe haber extraído desde 1939?

Como segundo punto se cita el elevado porcentaje de predación que existe en el medio natural y que se presenta desde la etapa planctónica hasta la fase adulta. Al respecto, Vermeij (1978 en Pizaña-Alonso, 1990) señala que los gastrópodos y bivalvos tienen un gran número de predadores naturales cuyos métodos de ataque y captura varían ampliamente; los hay que no dañan la concha y sólo extraen las partes blandas del organismo, los que rompen toda la concha o sólo la perforan o bien los que consumen al organismo completo.

Aunque hay muchas características entre los moluscos para evitar la depredación, es obvio que algunas funcionan bien contra ciertos predadores, más son inútiles contra otros (Vermeij, op. cit.). En estos términos (y después de todo lo expuesto), es fácil entender la razón por la que el recurso no ha podido recuperarse hasta ahora.

PRIMERA FASE EXPERIMENTAL:

Algunos organismos no ocupan todo su habitat potencial y si se les trasplanta fuera de su habitat normal, no sólo pueden sobrevivir, sino también reproducirse y diseminarse. Así, el que un organismo o especie no esté presente en un área dada puede deberse a muchos factores fisicoquímicos y biológicos que limitan su distribución, mas estos no implican necesariamente el que los organismos no logren adaptarse y sobrevivir en otros sitios (Krebs, 1985).

Lo anterior es importante en el marco de los objetivos planteados en el ensayo. Si se toma en cuenta que la especie con la que se trabajó durante toda la primera fase experimental y parte de la segunda fue P. sterna, pero que ésta fue sembrada en un banco exclusivamente de P. mazatlanica (El Merito), se entenderá que la primera representa una especie introducida de manera artificial a un sitio donde los registros indican que no existía antes. Lógicamente el hecho bien pudo representar un beneficio para la especie, al grado de pensar en su posible adaptación a un nuevo sitio; no obstante, también pudo resultar un perjuicio, ya que si tiempo atrás la dispersión de la especie no ha ocurrido, es porque ésta podría presentar límites de tolerancia bioabióticos que lo han impedido (Krebs, 1985) o porque existe algún otro factor que también lo ha evitado.

Desde este punto de vista, es evidente que gran parte o la totalidad de los resultados obtenidos en ambas fases experimentales pudieron haberse debido a este aspecto. Esto se verá mas adelante.

6.1. MORTALIDAD:

La depredación es un factor importante que limita la distribución de muchas especies animales y vegetales. Al respecto Kitching y Ebling (1967 en Krebs, op. cit.), proponen algunos criterios necesarios para que se llegue a la conclusión de que un predador restringe la distribución de su presa. Uno de tales criterios dice que "las presas sobrevivirán cuando se les trasplante a un sitio en el que normalmente no viven si se las protege de los depredadores".

Es claro que este postulado apoya el hecho de que la protección en el ensayo resultó de suma importancia para los organismos que se sembraron en los S.P. y bien pudiera explicar la mortalidad tan alta y rápida que se registró en los S.S.P., donde la totalidad de los individuos murieron en tan sólo dos meses.

Ahora bien, otro de los criterios propuestos por Kitching y Ebling (op. cit.) señala que "el supuesto predador es capaz de matar a la presa y esto es susceptible de comprobación en el campo o en laboratorio". Por desgracia este aspecto no se pudo verificar en los trabajos de campo, sin embargo, durante los experimentos de captación de semilla y cultivo extensivo de juveniles (la preengorda que se lleva a cabo en condiciones semicontroladas), se logró observar en acción a ciertos predadores naturales que, como los crustáceos portúnicos (jaibas) y planarias principalmente, provocaban altos porcentajes de mortalidad. Otros organismos nocivos registrados fueron los balanos del género Tetraclita y Chlamulus y las esponjas Hymeniacidon y Leucosolenia (como competidores por espacio), el mytilido Lithophaga y el poliqueto Polydora (como parásitos perforadores).

Además, se cuenta con evidencias suficientes para afirmar que en el campo, la mortalidad observada en todos los S.S.P. fue debida a depredación. Esto porque durante las observaciones realizadas en los primeros días posteriores a la siembra, lo único que se encontró en los lugares de siembra fue pedacería de concha (Fig. 32), lo que significa claramente la presencia de predadores grandes, que se piensa pudieron ser peces como pargos, pericos, botetes, cabrillas, etc., o cangrejos carnívoros grandes, como las jaibas, cangrejos, langostas, etc. Al respecto, Vermeij (1978) reporta depredación de ostras perleras por especies similares a las observadas en la presente investigación. En este último caso, además de la pedacería, se notó que la malla vexar en la que se habían sembrado los organismos se encontraba cortada en diferentes partes.

Ahora bien, pese a lo anterior, existe la posibilidad de que la mortalidad (en los S.S.P. y en algunos S.P.) pudiera haber sido consecuencia de otros factores como los que a continuación se exponen:

1. Los organismos en el medio natural, y en condiciones naturales, viven semiocultos en las grietas y huecos que dejan las rocas y, por lo menos en el banco de estudio, se encuentran solitarios (casi nunca formando racimos) y dispersos. De esta forma se podría pensar que llaman menos la atención de los depredadores, son menos accesibles a estos y tienen mayores probabilidades de supervivencia. Por lo mismo, es lógico suponer que el hecho de haber sembrado en el ensayo los nueve organismos juntos, completamente expuestos en el sustrato y acomodados en una malla de color verde, pudiera haber representado una "invitación" para los depredadores, quienes además hallaron a los individuos sin protección.

Lo anterior es fácilmente comprobable si se analiza lo ocurrido en uno de los sustratos protegidos de la variable tallas, en el cual se perdió la protección durante una de las primeras observaciones realizadas. Al observar esto y regresar dos días después para sustituir la caja perdida, se notó que de los nueve organismos, solo había logrado sobrevivir uno; los restantes ocho habían desaparecido y únicamente se encontró pedacera de concha. Este mismo caso se repitió más adelante con otros sustratos.

2. La mortalidad pudo ser ocasionada también por una posible debilidad de los organismos, ya que por el hecho de encontrarse recién sembrados y por lo mismo no fijos a su sustrato, bien pudieran haber estado muy débiles y por tanto en desventaja con respecto a los depredadores. Esta debilidad quizá podría haber sido el reflejo de alguna enfermedad parasitaria, aunque es algo aventurado sugerir esto, pues no existen pruebas que lo confirmen.

3. La limpieza del fouling pudo influir también en la mortalidad en ambos tipos de sustratos (protegidos y sin protección) por dos razones: en condiciones naturales, los organismos se encuentran cubiertos por una capa de fauna epibiótica que, hasta cierta punto, les confiere una protección, pues los esconde de depredadores y los confunde con el sustrato. El remover de los organismos sembrados dicha capa (para tratar de que el fouling no afectara el desarrollo del ensayo), pudo haber resultado contraproducente y lo que se logró fue llamar más la atención de los depredadores. Además, durante el proceso de limpieza, existe la posibilidad de haber dañado el biso o el periostraco de los organismos, con lo que se logró que se debilitaran más.

Algunos de los puntos aquí señalados coinciden con lo propuesto por Pass, Dybdahl & Mannion (1987) quienes observaron altos porcentajes de mortalidad en Pinctada maxima en Australia, debidos principalmente a transporte, limpieza de fouling, densidad en canastas de siembra, debilidad por enfermedades parasitarias y a la temperatura del agua. Por lo mismo, es muy probable que en el ensayo, las causas mencionadas anteriormente hayan operado en el transcurso del ensayo, más que de manera independiente, de forma conjunta sobre los organismos, que en consecuencia no tuvieron muchas posibilidades de sobrevivir.

En el marco de la discusión anterior se cita un caso peculiar que fue observado en el sustrato de profundidad 3 m, ya que fue el único de todos los S.S.P. en el que los organismos lograron sobrevivir en un cien por ciento hasta el quinceavo día de siembra. Por alguna razón los depredadores no operaron de la misma manera sobre los organismos sembrados a esta profundidad, ya que les "permitieron sobrevivir" por un mayor tiempo que aquellos en los restantes sustratos.

La respuesta a tal comportamiento podría encontrarse, más que en la profundidad de siembra (puesto que la mayoría de los sustratos del ensayo se encontraban a una profundidad promedio de 3 m), si en las condiciones de siembra de la variable y en el comportamiento mismo de los depredadores, por la siguiente razón:

El día que se llevó a cabo la siembra, los organismos de la variable referida fueron colocados en una roca grande que se encontraba cerca de la superficie del mar y que, en comparación con los restantes sustratos, dejaba expuesta una menor columna de agua sobre los organismos. La clave podría encontrarse en los niveles de marea, pues se piensa que cuando comenzaban a presentarse las bajamareas (y en especial la bajamar máxima), la columna de agua disminuía hasta un punto tal, que los organismos quedaban inaccesibles por un mayor tiempo a la acción de depredadores grandes como los peces, cuyo radio de acción se sabe llega en encontrarse limitado a ciertas áreas.

Por lo mismo, existe la posibilidad de que sobre los organismos haya operado algún otro tipo de predador más pequeño como las jaibas, cangrejos o langostas, para las cuales la roca donde se encontraban los organismos pudiera haber resultado un poco más accesible. Sin embargo, no existe manera de comprobar esto, pues nunca se pudo observar en acción a tales depredadores. Esto podría representar un experimento de laboratorio muy interesante.

Ahora bien, una pregunta obligada que surge al hablar de mortalidad, es saber si los parámetros fisicoquímicos del medio afectaron de manera importante el desarrollo del experimento. Al respecto, se considera que más que la salinidad, la cantidad de oxígeno disuelto o la iluminación de las aguas, el factor que más pudo haber afectado la permanencia de los organismos en su sustrato fue la temperatura (Pass, Dybdahal y Mannion, op. cit.). Sin embargo, los registros con los que se cuenta (que son mensuales) reflejan cambios paulatinos y normales de este parámetro.

Para intentar aclarar el punto debe retomarse algo de la descripción del área de estudio, en la que se hablaba de que El Merito representaba una zona con las condiciones propicias para la existencia de poblaciones naturales de ostras perleras y también uno de los sitios con las mayores densidades registradas.

Si las características ambientales del lugar han permitido el desarrollo de emplazamientos poblacionales densos (por lo menos más que en otras áreas), se piensa que los parámetros fisicoquímicos del medio son estables. Se sugiere entonces que si estos no han afectado notoriamente a los organismos silvestres, tampoco lo hicieran con los organismos sembrados.

Esta suposición está apoyada por un fundamento válido. Murillo (1987) y Rizo-Díaz Barriga (1990) citan la presencia de tres cuerpos de agua y una zona de surgencias en la Bahía de La Paz y señalan que por sus condiciones oceanográficas, ésta representa una zona bastante estable en la que los parámetros fisicoquímicos varían de manera estacional únicamente (Fig. 8).

A su vez, Monteforte y Ocampo (com. pers.) sugieren que debido a los patrones de circulación de corrientes dentro de la bahía y en especial a través del canal de San Lorenzo (Fig. 7), ésta no presenta gran variación en lo que se refiere a los niveles de temperatura, salinidad y oxígeno disuelto en las aguas.

Además, debe tomarse en cuenta que El Merito representa una zona de surgencias y que el enriquecimiento de nutrientes que ocurre en la superficie del mar durante el verano, favorece muchísimo el desarrollo de poblaciones naturales de ostras perleras.

Finalmente, un apoyo de peso para lo que se sugiere está dado por el trabajo de Araya-Núñez (1988), quien reporta que durante el transporte de individuos de P. sterna de México a Estocolmo, Suecia en acuarios especiales, la especie demostró ser tolerante a cambios bruscos en la temperatura (que varió entre 13 y 17° C durante el viaje) y salinidad (que varió entre 29.3 y 35.2 ppm).

6.2. FIJACION:

Gracias a los trabajos de Hadfield (1977, 1978 y 1984), se sabe que una larva de molusco, terminado su período de vida planctónica, es capaz de seleccionar el sustrato más adecuado para la fijación. De hecho, las evidencias indican que existe una alta especificidad por parte de ésta hacia ciertos tipos de sustrato, en los que la forma, textura, color y composición química, influyen directamente en el proceso de fijación.

Pese a que en el ensayo se manejaron únicamente juveniles y adultos en vez de larvas, se piensa que éstos también mostraron preferencias hacia algunos de los materiales de siembra que se ofrecieron y que estas preferencias se vieran reflejadas por ende, en la rapidez y fuerza de la fijación.

Esto, en efecto, fue cierto, ya que al estar de por medio la protección, los S.N. favorecieron una fijación más rápida y fuerte de los organismos, en comparación con los S.A. Aunque a estas alturas quizá resulte obvio que la mayor especificidad se presentaría generalmente hacia lo natural, no dejaba de ser importante verificar esto, sobretodo por el hecho de tratar de encontrar algún material por el que existiera también una alta afinidad.

Al respecto, no se puede negar que el asbesto resultó un material bastante adecuado para la fijación de los organismos y a pesar de que no es comparable con los resultados obtenidos en los sustratos naturales, se podría considerar como un buen sustituto de la roca en algún momento dado.

Finalmente, cabe señalar que con lo que respecta a la situación del debilitamiento de los organismos, la lógica sugiere una sólo explicación para lo ocurrido. Está claro que dentro de las cajas de siembra originales, la principal vía de comunicación de los individuos con el medio externo era a través de la parte superior de éstas. Como la luz de la malla protectora era bastante pequeña, se piensa que al irse cubriendo de macroalgas y otros organismos incrustantes coloniales con el transcurso de los meses, el aporte de agua necesario para la alimentación e intercambio gaseoso de los organismos comenzó a ser muy pobre y en consecuencia redujó sus tasas metabólicas hasta un nivel muy bajo; esto se vió reflejado en la disminución de sus índices de fijación.

Así pues, se esperaba que al sustituir las cajas de siembra por otras de luz de malla más grande, la situación mejoraría. En efecto, así sucedió; en la mayoría de los organismos fue notoria la recuperación que experimentaron en tan sólo un mes, ya que algunos incrementaron sus índices de fijación de 1 a 2 e inclusive de 1 a 3. Sin embargo, como también era de esperarse, en muchos casos no se observó mejoría alguna.

6.3. CRECIMIENTO:

El crecimiento *in situ* resultó un parámetro sumamente difícil de cuantificar por dos razones. Se cita como primer punto el que los organismos al ser sembrados muy cerca unos de otros en las cajas de siembra, no permitían el acercamiento del vernier hasta el punto adecuado de medición; además, las corrientes (que en ocasiones eran muy fuertes) dificultaban mucho la labor de manipulación. Por otro lado, la presencia de irregularidades en la parte superior de la concha, impidió el que se tuviera siempre el mismo plano de medición con el vernier, por lo que los registros obtenidos no fueron lo precisos que se hubiera deseado. Sin embargo, estos sí permitieron obtener un panorama global del crecimiento en cada una de las variables manejadas en el ensayo.

Es conveniente mencionar que durante el desarrollo del ensayo se presentaron retrasos en diversas ocasiones en lo que se refiere a la toma de datos y fueron provocados principalmente por problemas técnicos inherentes a todo trabajo de campo, como son las fallas mecánicas del motor marino, falta de lancha, equipo de buceo, especialmente compresora y sobretodo, de personal de apoyo durante las salidas. De aquí que los registros

de crecimiento (y también de mortalidad y fijación) no se tomaran continuamente y que en algunos casos fueran bimestrales.

De acuerdo con la literatura consultada, la profundidad óptima de crecimiento de *P. sterna* se encuentra entre los 10 y 30 m de profundidad aproximadamente (Martínez, 1962; Shirai y Sano, 1979). Si lo anterior es cierto, se hubiera esperado que los mejores resultados en términos de crecimiento, mortalidad y fijación, se obtuvieran siempre a 9 m de profundidad, al tiempo que los menos favorables a 3 m. Aunque las pruebas estadísticas utilizadas no comprobaron del todo lo anterior, tampoco demostraron lo contrario, y mientras que los menores valores de mortalidad y los mayores porcentajes de crecimiento se registraron a 9 y 6 m de profundidad respectivamente (los menores en 3 m), los más bajos porcentajes e índices de fijación se obtuvieron a 9 m de profundidad (los más altos a 3 m).

Este comportamiento es contradictorio y no parece tener una explicación lógica, no obstante con lo que respecta a el crecimiento la regla se cumplió.

A su vez, otro aspecto que tampoco parece tener una respuesta sencilla es el hecho de que el crecimiento demostrara ser el mismo en los S.A. de cemento y asbesto y el S.N. de profundidad 3 m, siendo que hubiera sido lógico (por todos los resultados obtenidos con anterioridad) que el crecimiento fuera mejor en los S.N.

Probablemente los errores citados arriba con respecto al registro del crecimiento pudieron haber afectado los valores de las medias (aumentarlos o disminuirlos) y al correr la prueba de análisis de varianza no aparecieran tales diferencias.

SEGUNDA FASE EXPERIMENTAL:

La teoría matemática que se encuentra cotidianamente en la literatura sobre Ecología dice que se espera que una población presente en un medio favorable se reproduzca y aumente en número (Krebs, 1985).

Probablemente en este postulado se encuentre la clave de la discusión en esta segunda fase experimental. Está claro que la meta final del ensayo contemplaba el que los organismos sembrados se reprodujeran normalmente y que, al igual que los organismos silvestres, pudieran servir de reproductores en el banco. Sin embargo, existe la posibilidad de que el medio probado (sustrato natural protegido a profundidad de 6 m) no fuera el más favorable a la concha nácar, que como ya se mencionó con anterioridad representa una especie introducida artificialmente.

Los resultados a la fecha indican que no existe ninguna razón por la que la reproducción de esta especie no se pueda llevar a cabo. Conviene aclarar que hubiera sido necesario incluir en el ensayo un objetivo para el estudio de la reproducción de los organismos sembrados y compararlo con lo que se sabe ocurre con los organismos silvestres.

Ahora bien, si se trabajó con dos especies cuya biología y ecología es diferente y el medio manejado para ambas fue el mismo, se hubiera podido esperar que las respuestas de éstas hacia cada uno de los parámetros medidos fueran diferentes en consecuencia. Esto es importante y hay que tomar en cuenta que la literatura dice que ambas especies se desarrollan en medios distintos, más no señala que en algún momento de su historia de vida éstas hayan podido coexistir en la misma zona.

Al respecto, Monteforte y Cariño (en prensa) citan que de los más de sesenta sitios que han sido explorados en el marco del proyecto institucional, sólo en dos de ellos han sido encontradas ambas especies coexistiendo. Si el hecho en la naturaleza es raro, entonces se podría pensar en competencia y exclusión competitiva en el ensayo.

La respuesta no es sencilla, aunque la competencia es un fenómeno común entre los bivalvos. Conviene remarcar que se están manejando ambos puntos de vista, uno que hace referencia al beneficio de las especies y otro que refleja un perjuicio. A pesar de que las evidencias indican que la coexistencia es posible, hay que ser cautos al hablar de esto. Además, hace falta más información sobre la biología y ecología de estas especies para poder apoyar o desmentir lo que aquí se cita.

P. sterna respondió bastante bien a las condiciones de siembra impuestas por El Merito. Sin embargo, pese a que son ya más de siete meses de seguimiento in situ los generados en el ensayo, sería un poco aventurado hablar de una exitosa adaptación de la especie, por lo que conviene ser precavidos en este punto.

La aparente adaptación de P. sterna a su nuevo medio ambiente permite sugerir como factible la idea de una posible dispersión de la especie hacia nuevas áreas, en especial si es ayudada por trabajos de siembra artificial y repoblamiento que, como éste, han demostrado que son exitosos.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:

I) Mortalidad: En los sustratos protegidos los menores porcentajes de mortalidad se registraron en la profundidad de 9 m, tallas medianas y sustrato de asbesto, en tanto que los más altos valores se obtuvieron en la profundidad de 3 m, tallas grandes y sustrato de fibra de vidrio. De todos, el asbesto fue el único en el que no se registró mortalidad alguna hasta el sexto mes de observaciones. En los sustratos sin protección la mortalidad fue menor a profundidad de 3 m, tallas medianas y asbesto.

II) Rapidez de fijación: Los porcentajes más elevados de rapidez de fijación se observaron en la profundidad de 3 y 6 m, tallas chicas y sustrato de asbesto, al tiempo que los más bajos en la profundidad de 9 m, tallas grandes y sustrato de fibra de vidrio. En las tallas chicas se dió la fijación más rápida (100% desde el segundo día de observaciones).

III) Fuerza de fijación: Esta fue mayor en la profundidad de 6 m, tallas medianas y sustrato de asbesto, mientras que en las variables de profundidad 9 m, tallas grandes y fibra de vidrio los índices fueron más bajos.

IV) El mejor crecimiento se observó a 6 m de profundidad y en los sustratos de asbesto y cemento, en tanto que los menores incrementos se presentaron a 3 m y en fibra de vidrio.

Tomando en cuenta que los resultados (en términos de mortalidad, fijación y crecimiento) no fueron siempre los mismos para cada una de las variables manejadas en el ensayo, las conclusiones que se presentan se dan de acuerdo a la mayor cantidad de veces y/o el mayor peso que estos tomaran. Así pues, se concluye lo siguiente:

1. Los sustratos protegidos fueron bastante superiores a los sustratos sin protección en cuanto a los menores porcentajes de mortalidad registrados en ellos.

2. Los sustratos naturales favorecieron una mayor rapidez, fuerza de fijación y crecimiento de los organismos con relación a los sustratos artificiales. De estos, el asbesto fue el material más adecuado en todos los sentidos.

3. La profundidad de 6 m fue en la que se obtuvieron los mejores resultados en términos de mayor rapidez, fuerza de fijación y crecimiento de los organismos.

4. Las tallas chicas y medianas (en particular las segundas) resultaron las más adecuadas con respecto a la menor mortalidad y mayor rapidez y fuerza de fijación registradas en ellas.

5. Para la segunda fase experimental, no se encontró diferencia marcada en la respuesta de las dos especies (P. mazatlanica y P. sterna) hacia los parámetros medidos en el ensayo.

Se sugieren algunas estrategias a seguir para futuros trabajos similares a éste que sean emprendidos, sobre todo tomando en cuenta que los resultados obtenidos aquí fueron alentadores:

a) Continuar con los experimentos, pues de hacerlo, no sólo se podrían confirmar algunas de las hipótesis planteados en este ensayo, sino que además se podrían ampliar muchos de los conocimientos sobre este tipo de trabajos y más aún, extender las zonas a repoblar.

b) Trabajar con repeticiones (un mínimo de tres) para cualquier tipo de variable de siembra que se maneje; de ser posible también, incrementar el número de organismos en cada una de estas.

c) Cuidar, dentro de lo que sea posible, que no ocurran accidentes en los sustratos de siembra, pues terminan por crear una merma importante en los resultados.

d) Contar con el registro de los parámetros fisicoquímicos del medio, especialmente de temperatura, salinidad y transparencia de las aguas. Además se sugiere que éstos se obtengan de manera continua.

e) Planear desde un inicio, la metodología a seguir en el experimento y en base a ella, seleccionar la(las) prueba(s) estadística(s) que se sea(n) pertinente(s).

Se espera que la presente investigación sirva de base para futuros trabajos que sobre siembra artificial y/o repoblamiento de bancos naturales (en particular de ostras perleras) sean emprendidos.

8. LITERATURA CITADA:

- Araya-Núñez, O. 1988. Embryonic and larval development, larval rearing, juvenile growth, gonad maturity and induction of spawnig in the West American pearl-oyster Pteria sterna (Gould). Thesis Stockholm University, Sweden, 30 pp.
- Alagarswami, K. 1970. Pearl culture in Japan and its lessons for India. Proc. Mar. Biol. Ass. India. Proc. Symp. Mollusca, Pt. III: 975-993.
- Alagarswami, K. & S. Z. Qazim. 1973. Pearl culture -its potential and implications for India. Indian J. Fish., 20(2): 533-550.
- Baqueiro, E., J. A. Masso y H. Guajardo. 1982. Distribución y abundancia de moluscos de importancia comercial en Baja California Sur. Serv. Div. II, CRIP, La Paz. Inst. Nal. Pesca, México, 32 pp.
- Batistini, R., F. Bourrouilh, J. P. Chevalier, J. Coundray, M. Benizot, G. Faure, J. C. Fisher, A. Guilcher, M. Harmelin-Vivien, J. Jaubert, J. Laborel, L. Montaggioni, J. P. Masse, L. A. Mauge, M. Peryrot-Clausade, M. Pichon, R. Plante, J. C. Plaziat, Y. Plessis, G. Richard, B. Salvat, B. Thomassin, P. Vasseur & Wydert. 1975. Élements de terminologie récifale indopacifique. Téthys, 7(1): 111 pp.
- Cabral, P., et al. 1985. Preliminary data on the spat collection of mother of pearls Pinctada margaritifera (Bivalve Mollusc) in French Polynesia. Proc. Fifth Inter. Coral Reef Congr., Tahiti, Vol. 5.
- Cariño, M. 1987. Le mythe perlier dans l'histoire coloniale de la Sudcalifornie (1530-1830). Thèse de Maîtrise en Histoire Univ. Paris VII, Jussieu, 164 pp.
- Clausade, M., N. Gravier, J. Picard, M. Pichon, M. L. Roman, B. Thomassin, P. Vasseur, M. Vivien & P. Waydert. 1971. Morphologie des tuléar (Madagascar): Élements de terminologie récifale. Coral Reef Morphology in the vicinity of Tulear (Madagascar): Contribution to a coral reef terminology. Téthys (supplément 2): 74 pp.
- Coeroli, M., et al. 1984. Recent innovations on cultivation of Molluscs in French Polynesia. Aquaculture, 39: 45-67.
- Daniel, W. 1989. Bioestadística. Base para el análisis de las ciencias de la salud. Limusa, 3a. edición, 667 pp.
- Departamento de Pesca. 1970. Las perlas de Baja California. Depto. de pesca, 2a. edición, 46 pp.

- Díaz-Garcés, J. 1972. Cultivo experimental de madreperla Pinctada mazatlanica Hanley, 1856, en la Bahía de La Paz, B. C., México. Mem. IV Congr. Nal. Ocean., México: 443-456.
- Diguet, L. 1985. Pêche de l' huître perlière dans le Golfe de Californie. Bull. Soc. Cent. Aquic. Pêche, 7(1-2): 3-18.
- 1899. Étude sur l' exploitation de l' huître perlière dans le Golfe de Californie. La culture du mollusque et la formation de la perle. Bull. Soc. Cent. Aquic. Pêche, 11: 221-236.
- 1911. Pêcheries du Golfe de Californie: Poissons, Cétacés, Phoques, Loutres, culture de la nacre et repartition des gisements perlières. Bull. Soc. Franc. D' Acclimat.
- García-Gasca, A. y M. Monteforte. 1990. Colecta experimental de madreperla Pinctada mazatlanica (Hanley, 1856) en la Isla Gaviota, Baja California Sur (resultados preliminares). IV Congr. Acuacult. AMAC, Hermosillo, Sonora, Vol. 1: 11 pp.
- Hadfield, M. 1977. Chemical interactions in larval settling of a marine gastropod. Marine Natural Products Chemistry, 403-413.
- 1978. Metamorphosis in marine molluscan larvae: an analysis of stimulus and response. Elsevier/North-Holland Biomedical Press, 165-175.
- 1984. Settlement requirements of molluscan larvae: new data on chemical and genetic roles. Aquaculture, 39: 283-298.
- Hertlein, L. 1951. Pearl oysters of the Gulf of California. Bull. Am. Malac. Un., 18 (Ann. Rep. 1950): 23-24.
- Jabbour, R. 1988. Étude de la variabilité génétique d' une espèce perlière de Basse Californie Sud, Mexique: Pinctada mazatlanica (Hanley, 1855). Mem. DEA. Espèces et Sociétés. Univ. Montpellier III, Paris, 49 pp.
- Kapellmann, E. y B. López-Espinoza. Estudios en biología y ecología aplicados al cultivo extensivo de la concha nácar Pteria sterna en La Paz, Baja California Sur. Tesis profesional, U.N.A.M., México (en elaboración).
- Keen, M. 1971. Sea Shells of Tropical West America. Marine mollusks from Baja California to Peru. Stanford Univ. Press, 1064 pp.
- Krebs, C. 1985. Ecología. Estudio de la distribución y abundancia de los organismos. Harla, 2a. edición, 753 pp.

- Mahadevan, S. & K. Nayar. 1973. Pearl oyster resources of India. Proc. Symp. Living Resources of the Seas around India, Spl. Publ., Central Marine Fisheries Research Institute, Cochin, 659-671.
- Martínez, A. 1962 (publicado en 1983). Prospección de los bancos de madreperla en el Golfo de California, de 1962 a 1965. Tesis Maestría, CICIMAR, 77 pp.
- Mazón, J. 1987. Evaluación de cinco dietas microalgales en el crecimiento larval de Modiolus capax (Conrad, 1837) y Pinctada mazatlanica (Hanley, 1845), Mollusca Bivalva. Tesis Maestría CICIMAR, 70 pp.
- Monteforte, M. 1990. Ostras perleras y perlicultura: situación actual en los principales países productores y perspectivas para México. Serie Científica, Vol. 1 (No. Esp. Amac): 13-18.
- Monteforte, M. y M. Cariño. 1991. Applied research on the extensive culture of pearl oysters Pinctada mazatlanica and Pteria sterna (Bivalvia: Pteriidae) in La Paz Bay, Sudcalifornia, Mexico. I. Exploration and evaluation of natural stocks in some coastal sites. Ambio, 18 pp. (en prensa).
- Monteforte, M. y S. López-López. 1990. Captación masiva y preengorda de madreperla Pinctada mazatlanica (Hanley, 1856) en la Bahía de La Paz, Sudcalifornia, México. IV Congr. Acuac. AMAC, Hermosillo, Sonora, Vol. 1, 10 pp.
- Mosk, S. 1931. Spanish voyages and pearl fisheries in the Gulf of California. A study in economic history. Univ. Calif. Berkeley. Ph.D. Thesis, 344 pp.
- Murillo, J. 1987. Algunas características paleoceanográficas y cuerpos de agua inferidos a partir de registros micropaleontológicos (Radiolaria) en la Bahía de La Paz, Baja California Sur, México. Tesis profesional, U.A.B.C.S., 68 pp.
- Obeso-Nieblas, M. 1986. Propagación de la constituyente M2 de la marea en la Bahía de La Paz, B.C.S., México, mediante un modelo bidimensional hidrodinámico numérico. Tesis maestría CICIMAR. 123 pp.
- Pass, D., R. Dybdahl & M. Mannion. Investigations into the causes of mortality of the pearl-oyster Pinctada mazatlanica (Jameson), in Western Australia. Aquaculture, 65 (1987): 149-169.
- Pizaña-Alonso, F. 1990. Moluscos arrecifales de Antón Lizardo, Veracruz. Un enfoque biogeográfico. Tesis profesional, U.N.A.M., México, 36 pp.

- Ranson, C. 1961. Les especés d' huitres perlières du genre Pinctada (Biologie de quelques unes d' entre elles). Mem. Inst. Sci. Nat. Belgique, 2 (67): 1-95.
- Rizo-Díaz Barriga, L. 1990. Análisis de algunos aspectos físicos y biológicos de los varamientos de Cetáceos en la Bahía de La Paz, B. C. S., México. Tesis profesional, U.N.A.M., México, 56 pp.
- Sevilla, M. Contribución al conocimiento de la madreperla Pinctada mazatlanica (Hanley, 1845). Revista Soc. Mex. Hist. Nat., tomo XXX (1969): 223-262.
- Shirai, S. y Y. Sano. 1979. Reporte preliminar sobre los recursos de madreperla y su cultivo en aguas protegidas en B.C.S. Institute for development of Pacific Natural Resources. Fisheries and Underwater Consultants, Mei, Japan, 124 pp.
- Singh, J., V. Bojorquez y J. M. Domínguez. 1982. Resultados finales de las actividades de estudio de ostras perleras en la Bahía de La Paz, B. C. S., durante 1981-1982. Int. Cont. Secretaría de Pesca, Del. Fed., B. C. S., 133 pp.
- Townsend, C. 1891. Report upon the pearl fishery on the Gulf of California. Bull. U. S. Fish. Comm., 9: 91-94.
- Vermeij, G. 1978. Biogeography and adaptation. Patterns of Marine Life. Harvard Univ. Press. 69 pp.
- Vives, G. 1908. Criaderos de concha Madre Perla en Baja California. Bol. Secr. Fom. (México).
- 1919. Informe sobre la Compañía Criadora de Concha y Perla de la Baja California, S. A. (1917-1919). Arch. Hist. del estado de B. C. S., México.
- Wada, K. 1984. Breeding study of the pearl oyster Pinctada fucata. Bull. Natl. Res. Inst. Aquaculture, 6: 79-157.
- Walne, P. 1974. Culture of bivalve molluscs: 50 years experience at Conway. The Buckland Foundation, 2nd. edition, 188 pp.
- Wei, Y., W. Jiang & Q. Jin. 1985. Studies of the artificial rearing of larvae and juvenile of pearl oyster Pinctada chemnitzii. J. Fish. China/Shuichan Xuebao, 9(1): 13-18.
- Xie, Y., & B. Lin. 1980. The experiment of the pearl nucleus makes from white marble. J. Fish. China/Shuichan Xuebao, 4(3): 309-312.

-----1983. On handling the pearl oyster before and after nuclear insertion. J. Fish. China/Shuichan Xuebao, 7(3): 229-231.

Zar, J. 1984. Biostatistical Analysis. Prentice Hall. 2nd. edition, 718 pp.