

**INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL**

**CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS  
DEPARTAMENTO DE PESQUERIAS**



**“DISTRIBUCION Y ABUNDANCIA ESPACIO-TEMPORAL DE SEMILLA DE  
*Pinctada mazatlanica* (BIVALVIA: PTERIIDAE) EN LA BAHIA DE LA PAZ, BAJA  
CALIFORNIA SUR, MEXICO”**

**TESIS QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:**

**MAESTRO EN CIENCIAS  
CON ESPECIALIDAD EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS**

**PRESENTA**

**HORACIO BERVERA LEON**

**CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE  
CIENCIAS MARINAS  
BIBLIOTECA  
I.P.N.  
DONATIVO**

**La Paz, Baja California Sur  
Octubre, 2002**

Aspirante al grado de:

**MAESTRO EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS**

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron **SU APROBACION DE LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

**LA COMISION REVISORA**

Director de tesis  
PRIMER VOCAL

*[Handwritten signature of Dr. Mario Monteforte]*

DR. MARIO MONTEFORTE

PRESIDENTE

*[Handwritten signature of Dr. Oscar E. Holguin Quinones]*

DR. OSCAR E. HOLGUIN QUINONES

SEGUNDO VOCAL

*[Handwritten signature of MC. Arturo Tripp Quezada]*

MC. ARTURO TRIPP QUEZADA

SECRETARIO

*[Handwritten signature of MC. Marcial Trinidad Villalejo Fuerte]*

MC. MARCIAL TRINIDAD VILLALEJO FUERTE

TERCER VOCAL

*[Handwritten signature of Dr. Pedro Enrique Sancedo Lastra]*

DR. PEDRO ENRIQUE SANCEDO LASTRA

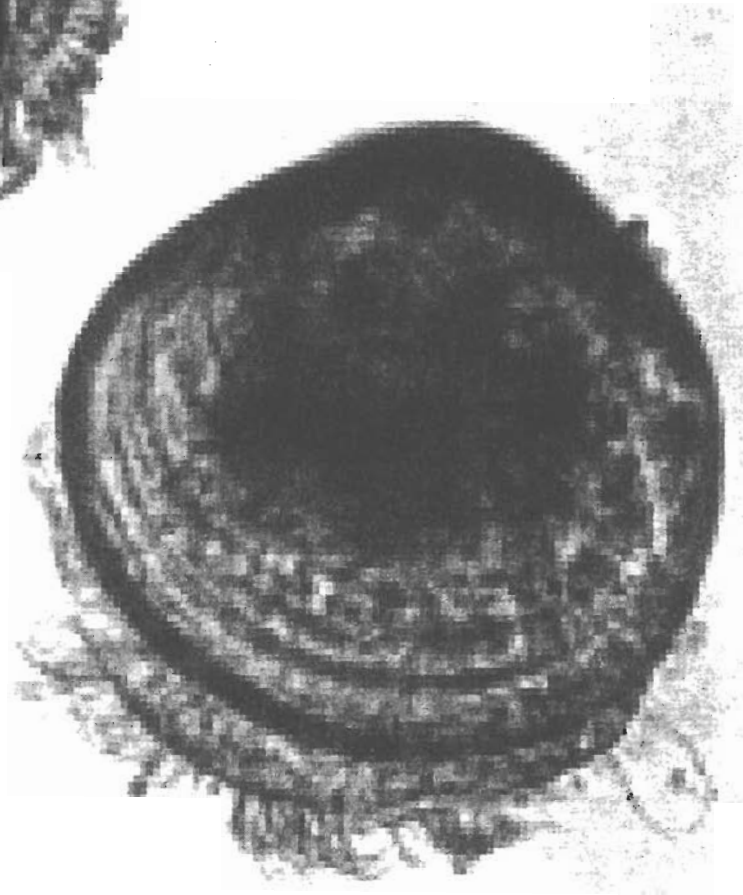
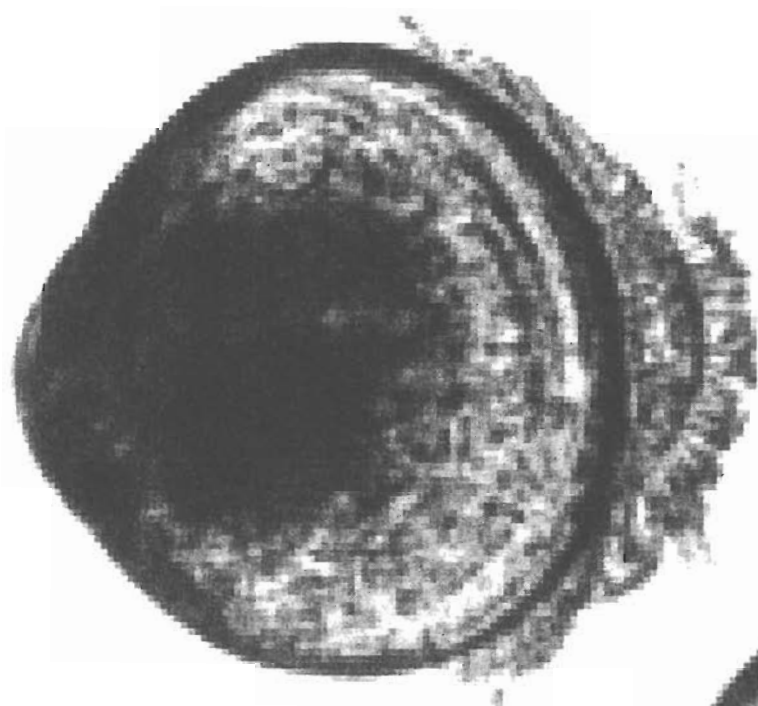
EL PRESIDENTE DEL COLEGIO

*[Handwritten signature of Dr. Francisco Arreguin Sanchez]*

DR. FRANCISCO ARREGUIN SANCHEZ



A. P. N.  
C.C.M.A.R.  
DIRECCION



LARVA VELIGER DE MADREPERLA

|                                                                                                                                |           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 2.3. Primeras investigaciones científicas en torno a la colecta de semilla y cultivo extensivo de juveniles de madreperla..... | 9         |
| <b>3. JUSTIFICACIÓN.....</b>                                                                                                   | <b>13</b> |
| <b>4. OBJETIVO GENERAL.....</b>                                                                                                | <b>16</b> |
| 4.1. Objetivos particulares.....                                                                                               | 16        |
| <b>5. METODOLOGÍA.....</b>                                                                                                     | <b>17</b> |
| 5.1. Área de estudio.....                                                                                                      | 17        |
| 5.2. Estaciones.....                                                                                                           | 19        |
| 5.3. Parámetros oceanográficos.....                                                                                            | 20        |
| 5.4. Sistema de colecta.....                                                                                                   | 20        |
| 5.5. Batimetría.....                                                                                                           | 21        |
| 5.6. Tiempos de tratamiento.....                                                                                               | 21        |

|                                                                                                                                                     |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 19. ÍNDICE DE VALOR DE IMPORTANCIA DE CADA ESTACIÓN EN LA BAHÍA DE LA PAZ, BCS.....                                                          | 103 |
| Figura 20. ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES ENTRE LAS ESTACIONES CON RELACIÓN A LAS VARIABLES TIEMPO Y PROFUNDIDAD.....                          | 103 |
| Figura 21. TASA DE FIJACIÓN DE SEMILLA COLECTADA EN CADA SERIE DE TIEMPO ENTRE LAS ESTACIONES.....                                                  | 104 |
| Figura 22. TASA DE FIJACIÓN DE SEMILLA COLECTADA EN CADA PROFUNDIDAD ENTRE LAS ESTACIONES.....                                                      | 104 |
| Figura 23. GRUPOS HOMOGENEOS DEL ANOVA COMBINADO DE LAS ESTACIONES INSULARES Y LA PROFUNDIDAD.....                                                  | 105 |
| Figura 24. GRAFICA DE VALORES DISCRIMINANTES DE LA ABUNDANCIA A LO LARGO DE LAS SERIES DE TIEMPO.....                                               | 105 |
| Figura 25. ANÁLISIS DISCRIMINANTE DE LA PROFUNDIDAD EN LAS ESTACIONES PENINSULARES.....                                                             | 106 |
| Figura 26. ANÁLISIS DISCRIMINANTE DE LA PROFUNDIDAD EN LAS ESTACIONES INSULARES.....                                                                | 106 |
| Figura 27. VALORES DE DISCRIMINACIÓN DE LA PRUEBA DE SIGNOS PARA LA ABUNDANCIA DE SEMILLA POR PROFUNDIDAD A LO LARGO DE LAS 6 SERIES DE TIEMPO..... | 107 |
| Figura 28. DISTRIBUCIÓN DEL TRANSPORTE INDUCIDO POR LA MAREA, DURANTE EL FLUJO.....                                                                 | 108 |

**Figura 29. DISTRIBUCIÓN DE LA VELOCIDAD DE LA CORRIENTE Y TRANSPORTE  
IMPULSADO POR EL VIENTO DEL NOROESTE**

.....109

## LISTA DE TABLAS

|                                                                                                                                                                                                                                                                             |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabla 1. NUMERO, NOMBRE Y POSICIÓN GEOGRÁFICA DE LAS ESTACIONES DE COLECTA PARA SEMILLA DE MADREPERLA.....                                                                                                                                                                  | 110 |
| Tabla 2. CRONOLOGÍA DE LA INMERSIÓN Y RECUPERACIÓN DE LOS COLECTORES Y CLAVE DE IDENTIFICACIÓN DE LA SERIE DE TIEMPO DURANTE LOS ANÁLISIS ESTADÍSTICOS. FE= FECHA INMERSIÓN; FR= FECHA RECUPERACIÓN; DI= DÍAS DE INMERSIÓN; DA= DÍAS ACUMULADOS; CC= CLAVE CRONOLÓGICA..... | 110 |
| Tabla 3. PRUEBA DE KRUSKAL-WALLIS, COMPARANDO LA ABUNDANCIA EN RELACIÓN AL TIEMPO EN LAS ESTACIONES PENINSULARES.....                                                                                                                                                       | 111 |
| Tabla 4. SUMA DE RANGOS DE LAS PRUEBAS DE KRUSKAL-WALLIS DE ABUNDANCIA POR TIEMPO Y ABUNDANCIA POR PROFUNDIDAD EN LAS ESTACIONES PENINSULARES.....                                                                                                                          | 111 |
| Tabla 5. PRUEBA DE KRUSKAL-WALLIS, COMPARANDO LA ABUNDANCIA EN RELACIÓN AL TIEMPO EN LAS ESTACIONES INSULARES.....                                                                                                                                                          | 112 |
| Tabla 6. SUMA DE RANGOS DE LAS PRUEBAS DE KRUSKAL-WALLIS DE ABUNDANCIA POR TIEMPO Y ABUNDANCIA POR PROFUNDIDAD EN LAS ESTACIONES INSULARES.....                                                                                                                             | 112 |
| Tabla 7. FACTOR DE CORRELACIÓN DE SPERMAN ( $R_{sp}$ ) ENTRE LA ABUNDANCIA TOTAL Y LA TASA DE FIJACION DE LA SEMILLA RECUPERADA EN LOS COLECTORES.....                                                                                                                      | 113 |

|                                                                                                                                                                                                                                                                         |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabla 8. VALOR DE (F) Y SIGNIFICANCIA (P) DE LOS ANALISIS DE VARIANCIA DE DOS VIAS ENTRE LAS ESTACIONES Vs LAS SERIES DE TIEMPO Y LAS ESTACIONES Vs PROFUNDIDAD CON DATOS ESTANDARIZADOS DE LA TASA DE FIJACIÓN.....                                                    | 113 |
| Tabla 9. VALOR DE (F) y SIGNIFICANCIA DE LOS ANÁLISIS DE VARIANCIA DE DOS VIAS ENTRE LAS ESTACIONES Vs LAS SERIES DE TIEMPO Y LAS ESTACIONES Vs PROFUNDIDAD CON DATOS ESTANDARIZADOS DE LA TASA DE FIJACION EN LAS ESTACIONES PENINSULARES (MOGOTE A BALANDRA).....     | 114 |
| Tabla 10. GRUPOS HOMOGENEOS DEL ANOVA ESTANDARIZADO DE LAS SERIES DE TIEMPO, LAS PROFUNDIDADES Y LAS ESTACIONES PENINSULARES (MOGOTE A BALANDRA).....                                                                                                                   | 114 |
| Tabla 11. VALOR DE (F) y SIGNIFICANCIA DE LOS ANÁLISIS DE VARIANCIA DE DOS VIAS ENTRE LAS ESTACIONES Vs LAS SERIES DE TIEMPO Y LAS ESTACIONES Vs PROFUNDIDAD CON DATOS ESTANDARIZADOS DE LA TASA DE FIJACIÓN EN LAS ESTACIONES INSULARES (SAN GABRIEL A EL EMBUDO)..... | 115 |
| Tabla 12. GRUPOS HOMOGENEOS DEL EFECTO DE LAS SERIES DE TIEMPO Y LAS ESTACIONES EN LA ZONA INSULAR (SAN GABRIEL A EMBUDO).....                                                                                                                                          | 115 |
| Tabla 13. GRUPOS HOMOGENEOS DEL EFECTO DE LA PROFUNDIDAD Y LAS ESTACIONES EN LA ZONA INSULAR (SAN GABRIEL A EMBUDO).....                                                                                                                                                | 116 |
| Tabla 14. MEDIAS DE LA FUNCIÓN DE DISCRIMINACIÓN DE LAS DOS PRINCIPALES RAICES ENTRE LAS SERIES DE TIEMPO CON EL VALOR CORRESPONDIENTE DE WILK'S LAMBDA (WL).....                                                                                                       | 116 |



|                                                                                                                                                                                                                                             |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabla 15. MEDIAS DE DISCRIMINACIÓN Y VALOR DE WILK'S LAMBDA DE LAS SERIES DE TIEMPO EN RELACIÓN A LA PROFUNDIDAD EN LAS ESTACIONES PENINSULARES.....                                                                                        | 117 |
| Tabla 16. VALORES DEL ANÁLISIS DE DISCRIMINATES (WL=.0246814) MOSTRANDO LAS MEDIAS POSITIVAS ( <b>NEGRITAS</b> ) Y LAS MEDIAS DICRIMINADAS (NEGATIVOS) EN LAS ESTACIONES PENINSULARES EN RELACIÓN A LA PROFUNDIDAD A TRAVES DEL TIEMPO..... | 117 |
| Tabla 17. VALORES DEL ANÁLISIS DE DISCRIMINATES (WL=.0936195) MOSTRANDO LAS MEDIAS POSITIVAS (N) Y LAS MEDIAS DICRIMINADAS (NEGATIVOS) DE LAS PROFUNDIDADES DE TRATAMIENTO EN LAS ESTACIONES PENINSULARES.....                              | 118 |
| Tabla 18. MEDIAS DE LA FUNCIÓN DE DISCRIMINACIÓN EN LAS SERIES DE TIEMPO CON RELACIÓN A LA PROFUNDIDAD EN LAS ESTACIONES INSULARES.....                                                                                                     | 118 |
| Tabla 19. VALORES DEL ANÁLISIS DE DISCRIMINATES (WL=.0936195) MOSTRANDO LAS MEDIAS POSITIVAS (N) Y LAS MEDIAS DICRIMINADAS (NEGATIVOS) DE LAS PROFUNDIDADES DE TRATAMIENTO EN LAS ESTACIONES INSULARES.....                                 | 119 |
| Tabla 20. VALORES DEL ANÁLISIS DE DISCRIMINATES (WL=.0023331) DE LA PROFUNDIDAD EN RELACION A LAS SERIES DE TIEMPO, MOSTRANDO LAS MEDIAS POSITIVAS (N) Y LAS MEDIAS DICRIMINADAS (NEGATIVOS) EN LAS ESTACIONES INSULARES.....               | 119 |
| Tabla 21. TALLAS PROMEDIO (mm) DE LA SEMILLA COLECTADA EN TODAS LAS ESTACIONES DURANTE EL EXPERIMENTO.....                                                                                                                                  | 120 |

|                                                                                                                                                                                                                                                      |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabla 22. TASAS INSTANTANEAS DE CRECIMIENTO (mm/día) DE LA SEMILLA COLECTADA EN TODAS LAS ESTACIONES DURANTE EL EXPERIMENTO.....                                                                                                                     | 120 |
| Tabla 23. TASAS INSTANTANEAS DE CRECIMIENTO (mm/día) DE LA SEMILLA COLECTADA EN LAS DIFERENTES PROFUNDIDADES DURANTE EL EXPERIMENTO.....                                                                                                             | 121 |
| Tabla 24. FACTOR DE CORRELACIÓN DE SPERMAN ( $R_s$ ) ENTRE LA TASA DE CRECIMIENTO, TASA DE FIJACIÓN Y TALLA DE LA SEMILLA RECUPERADA EN CADA UNA DE LAS ESTACIONES, SEÑALANDO EL TIPO DE RELACIÓN: DIRECTA (^), INDEPENDIENTE (*) E INVERSA (N)..... | 121 |
| Tabla 25. FACTOR DE CORRELACIÓN DE SPERMAN ( $R_s$ ) DE LA TASA DE FIJACIÓN vs. LA TALLA DE LA SEMILLA RECUPERADA A CADA PROFUNDIDAD EN LAS DIFERENTES ESTACIONES, SEÑALANDO EL TIPO DE RELACIÓN: DIRECTA (^), INDEPENDIENTE (*) E INVERSA (N).....  | 122 |

## GLOSARIO

**ABUNDANCIA:** *Ecol.* - Densidad promedio de cualquier especie

**ACUACULTURA:** Todo tipo de cultivo de animales y plantas acuáticas, en agua dulce, salobre o marina, considerando técnicas y sistemas en base al ambiente en que se desarrolla el cultivo o las características específicas del ambiente que requiere el cultivo, dependiendo del tipo de organismos que se desea desarrollar.

**ARMADA:** Flota de embarcaciones de diversos calados, cuyo objetivo estaba encaminado a la pesca en los placeres perleros.

**BATIMETRIA:** Arte de medir las profundidades del mar y estudio de la distribución de animales y plantas en sus diversas capas o zonas,

**BIODIVERSIDAD:** Es la diversidad biológica de una región determinada, considerando todos los niveles de organización de los organismos vivos, desde el nivel genético hasta ecosistemas.

**BIOMETRIA:** Se refiere al seguimiento estadístico del crecimiento en peso y longitud de los organismos.

**BIVALVO:** Tipo de animales metazoos con tegumentos blandos, sin vértebras y con dos valvas

**COLECTOR:** Cualquier material natural o artificial utilizado para captar organismos libres en el agua.

**CORRIENTES:** Es la transporte de agua de un lugar a otro en las cuencas oceánicas y su movimiento puede estar influenciado por las mareas, los cambios de densidad del agua de mar, el viento y la rotación de la tierra.

**CRONOLOGIA:** Ciencia que tiene por objeto determinar el orden y fechas de los sucesos históricos.

**CULTIVO EXTENSIVO:** En acuicultura, se considera extensivo al cultivo que se desarrolla en cuerpos de agua naturales o artificiales de grandes dimensiones (lagos, presas, etc.), en donde los organismos introducidos obtienen su alimento del medio natural.

**DISTRIBUCIÓN:** *Ecol.* Espacio ocupado por una especie en el medio natural.

**FIJACION:** Parte final de desarrollo larvario de ciertas especies marinas, en el que se deja el ambiente planctónico para asumir una vida bentónica. Durante el fenómeno la larva sufre una metamorfosis y se convierte en juvenil (semilla).

**FOTOTACTISMO:** Movimiento de un organismo ante una excitación luminosa.

**FLUJO:** Dirección en que se mueve un líquido. *Oceanografía.* - Momento del día en que la marea ésta en su máximo nivel, también se denomina como Pleamar.

**LARVA:** Periodo en el ciclo de desarrollo de los animales entre el embrión y el adulto, empieza con la eclosión del huevo y termina con la metamorfosis.

**NORMA OFICIAL:** Normatividad específica que se promulga bajo un régimen jurídico ambiental y que se aplica al impacto de las obras y actividades antropogénicas en el medio natural, en los elementos y ecosistemas que lo componen.

**ORIENTE:** Características de brillo, cutis, forma, color, refracción de la luz, tamaño etc, que se consideran para evaluar una perla.

**OSTRA PERLERA:** Moluscos bivalvos perteneciente a la Familia Pteriidae, que tienen la capacidad de formar perlas de fino nácar, producto de la secreción por el manto del mineral orgánico de aragonita con el que forma el endostraco. Por ejemplo, la madreperla y la concha nácar.

**PERLA:** Concreción de carbonato de calcio o nácar producida naturalmente por algunos moluscos bivalvos, como un mecanismo de defensa a la intrusión de algún objeto extraño (arena, piedrecilla o parásito) al tejido del animal. La irritación producida desencadena la secreción de carbonato de calcio o de nácar, mismo que recubre el cuerpo extraño.

**PERLICULTURA:** Conjunto de técnicas por medio de las cuales se induce artificialmente la formación de perlas en algunos moluscos como las ostras perleras, el abulón, caracol, ect.

**PLACER PERLERO:** Banco natural de ostras perleras con alta abundancia poblacional, actualmente casi no existen.

**RECOLECTA:** Juntar cosas dispersas, recoger la cosecha.

**REFLUJO:** *Oceanografía*.-Momento del día en que las mareas están en su nivel más bajo, también se denomina Bajamar.

**SEMILLA:** Larva pediveliger (con concha) de los moluscos bivalvos que se ha fijado permanentemente a la superficie de algún objeto fijo u organismo vivo. Este nombre se le da también a los moluscos cuya talla varia entre 2 y 5 mm de altura de la concha.

**SUBSTRATO:** Material regularmente no viviente, sobre el que vive o se desarrolla un organismo.

**SUCESION:** Serie de cambios progresivos en la vegetación y vida animal de una región, desde la colonización inicial hasta la ultima etapa estable o clímax.

**TALLA:** Determinación de la longitud de un organismo.

## RESUMEN

### “DISTRIBUCIÓN Y ABUNDANCIA ESPACIO-TEMPORAL DE SEMILLA DE *Pinctada mazatlanica* (BIVALVIA: PTERIIDAE) EN LA BAHIA DE LA PAZ, BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO”

En los últimos 20 años se han realizado en la Bahía de La Paz numerosos experimentos de captación de madreperla, encontrándose en general que la abundancia de semilla es baja y la densidad en los bancos naturales es escasa, por lo que se deben implementar estrategias para obtener un mejor aprovechamiento de las larvas que se encuentran inmersas en el medio. En el presente estudio se evaluaron 10 sitios para recolecta de semilla de madreperla *Pinctada mazatlanica*, distribuidas desde la costa de la barra arenosa de El Mogote hasta la punta noroeste de la Isla Partida, abarcando una distancia aproximada de 45 km de línea de costa. Los criterios de selección de los sitios se determinaron con base a características de protección y acceso. Para su evaluación se realizó una recolecta de semilla de julio a noviembre de 1995. En cada estación se utilizó el sistema de “líneas flotantes” (tipo “long-line”), de donde se penden tres cuerdas con colectores artificiales, distribuidos a tres diferentes profundidades (1, 4 y 7m); este trío de cuerdas se recuperó a tiempos diferenciales (45, 60 y 78 días). A los 60 días se colgó un segundo sistema que se recogió a tiempos similares (40, 60 y 80 días) para abarcar una temporada de 142 días, lo cual permitió obtener paulatinamente una línea cada 20 días. Con la semilla colectada se obtuvo la distribución y abundancia espacio-temporal y se determinó la relación entre los sitios. A las semillas recuperadas se les midió la talla (altura dorsoventral) para determinar su relación con la abundancia. En total se colgaron 540 colectores, de los cuales se recuperó el 95% y se identificaron 11 especies de moluscos bivalvos, la mayoría de ellos de importancia comercial; de éstos, el 45% de la abundancia total correspondió a madreperla, *Pinctada mazatlanica* (con 1543 semillas). La mayor abundancia de esta especie se localizó entre los meses de julio y principios de septiembre en las profundidades de 1 y 4 m. Con base en la abundancia se evidenció claramente la división de la zona de

estudio en dos áreas bien definidas: la zona peninsular y la zona insular. En la primera de éstas se localizaron las estaciones de mayor abundancia en la porción sureste de la bahía, destacando la Isla Gaviota por la gran presencia de semilla, tanto en espacio como en tiempo. En la zona insular destacaron, aunque en menor magnitud, las estaciones de la zona media de La Isla Espíritu Santo. Las estaciones con menor abundancia coinciden en su cercanía a los canales de entrada a la bahía. Las estaciones de mayor abundancia al parecer se vieron favorecidas por encontrarse en las cercanías de sitios donde se generan los principales giros anticiclónicos por efecto del viento y el impulso del movimiento de las masas de agua durante el flujo (pleamar) y el reflujo (bajamar). A su vez, se obtuvieron organismos con talla desde 1 hasta 19 mm de altura de la concha, encontrándose una relación proporcional entre la talla de la semilla y su tasa de fijación dentro del colector en condiciones normales, sin embargo, dicha relación tendió a ser inversamente proporcional al incrementarse la abundancia, reflejando la capacidad de carga del colector.



## ABSTRACT

### TIME-SPACE DISTRIBUTION AND ABUNDANCE OF *Pinctada mazatlanica* (BIVALVIA : PTERIIDAE) SPAT IN BAHIA DE LA PAZ, BAJA CALIFORNIA SUR, MEXICO.

During the last 20 years many experiments about spat collection of pearl oyster *Pinctada mazatlanica* have been realized at Bahía de La Paz. The general results have shown that spatfall is usually low and the natural beds also have low density. It is therefore necessary to implement strategies for obtaining a better profit from the larvae that are present in the environment. In this study we evaluated 10 sites for spat collection of the mother-of-pearl, *P. mazatlanica*. The sites were distributed from the sand bar of El Mogote to the northeast point of Partida Island, covering about 45 km of coast line. The criteria for the selection of sites was based on features regarding protection and accessibility. Spat collection was evaluated from July to November 1995 ; each station consisted on a system of "long-line" from which 3 vertical ropes were hung, containing artificial collectors distributed in three depths (1, 4 and 7 m). This assemblage was recovered at different immersion times (45, 60 and 78 days). At the 60<sup>th</sup> day a second system was placed and recovered at similar immersion times (40, 60 and 80 days), so to take in a total season of 142 days. Every 20 days one line was retired from each system. The time-space distribution and abundance was obtained from the collected spat and the relation between sites was determined. The dorso-ventral size of spat was measured to asses for relations with abundance. A total of 540 collecting units were placed, from which we recovered about 95% ; they contained 11 species of Bivalve Mollusks, most of them having economic importance. Around 45% of the total abundance corresponded to the mother-of-pearl, *P. mazatlanica* (1543 spat). The highest abundance of this species was placed in July and early September at 1 and 4 m depth. Based on the abundance, the study area showed a well-defined evident division in two zones: one peninsular and one insular. The first zone contained the collecting stations of major spatfall of the southeast of the Bay, in special Gaviota Island which leaded in abundance, both in space and time. In

the insular zone, although in less magnitude, the stations placed in the middle coast line of Espiritu Santo Island also yielded good results. The stations with the lowest abundance coincided with the sites near the channels at north and south of Espiritu Santo Island. The stations with higher abundance were apparently favored by their placement near the sites where the main anticyclonic currents are generated by the effects of wind and the movements of water masses due to tidal cycles. As concerning spat size, individuals from 1 to 19 mm shell height were measured; we detected a proportional relationship between spat size and settlement rate into the collectors in normal conditions. However, this relationship tended to be inverse with increased abundance, reflecting the carrying capacity of the collectors.

# 1. INTRODUCCIÓN

Los estados que conforman La Península de Baja California se han caracterizado geográficamente de los estados costeros del resto del país, por poseer la mayor cantidad de litorales en su zona limítrofe, esto le ha favorecido para basar la mayor parte de su economía en las actividades turística y pesquera. El aislamiento geográfico, las características agrestes del terreno y el clima típicamente semi-desértico subtropical de la península, han sido un factor limitante para las actividades agrícolas, lo cual ha derivado en que la pesca sea uno de los principales medios de subsistencia de la región. Particularmente Baja California Sur es reconocida por el gobierno federal como una región con un enorme potencial para desarrollar la acuacultura. El relieve costero de BCS tiene importantes ventajas geográficas, ya que posee gran cantidad de bahías, lagunas costeras y abundantes recursos como peces, crustáceos, moluscos y algas, entre otros con un enorme potencial en el área, lo cual brinda la oportunidad de incrementar el desarrollo y diversificar la actividad pesquera con amplias posibilidades de desarrollo sostenido y estable para los cerca de 2230 km de costa con que cuenta el Estado.

Dentro de la gran variedad de organismos marinos con potencial en acuacultura y que se encuentran presentes en la península destacan las ostras perleras; moluscos bivalvos de la familia Pteridae caracterizados por secretar un fino mineral orgánico de aragonita denominado nácar; con él forman su concha y pueden llegar a producir bellas perlas altamente cotizadas en los mercados de joyería internacional. La distribución mundial de éstos organismos es básicamente tropical, habitan en casi todos los mares del mundo entre los Trópicos de Cáncer y Capricornio, aunque pueden rebasar ligeramente estos límites abarcando la zona subtropical. En las costas de México habitan 4 especies que se distribuyen en aguas del Mar Caribe y el Oceano Pacifico. Las especies del Caribe son *Pteria colymbus* y *Pinctada imbricata*, ambas son de talla pequeña y sus poblaciones son muy escasas debido a la sobreexplotación (Monteforte 1996).

Las ostras que habitan las costas del Pacífico Mexicano corresponden a las ostras nativas de la costa del Pacífico de América, identificadas como Concha Nácar (*Pteria sterna*) y Madreperla (*Pinctada mazatlanica*), al igual que las del caribe son poblaciones que se encuentran seriamente amenazadas. El desarrollo de la presente tesis se centra en el estudio de la distribución y la abundancia de semilla de *P. mazatlanica*, una especie sobreexplotada que ha sufrido mayores daños ecológicos en la región, principalmente por su capacidad de producir perlas de mayor tamaño y mejor oriente.

La *P. mazatlanica* se distribuye desde la costa externa de Baja California , Golfo de California y hacia el sur hasta las costas de Perú (Keen 1971). Es una especie bentónica-litoral que depende en gran medida de la disponibilidad de un sustrato duro y firme, para poder asentarse al final de su vida larvaria y encontrar un habitat adecuado para desarrollarse satisfactoriamente (Bervera-León 1994). La distribución vertical de la especie corresponde al nivel sublitoral y la profundidad óptima de desarrollo se encuentra entre los 1.5 y 15 m, aunque en algunas ocasiones se les puede encontrar hasta los 30 m (Martínez 1983; Saucedo 1991; Monteforte y Cariño 1992). Estos organismos se desarrollan satisfactoriamente en fondos rocosos con aguas cristalinas y temperatura promedio de 26°C (Monteforte y Cariño 1992).

Son precisamente estas características ecológicas las que favorecen la extracción y que propiciaron en México la explotación de esta especie, la cual inició desde el establecimiento de los españoles en la península en 1535 y continuó por parte de diferentes compañías y permisionarios hasta el año de 1939 (Anónimo 1939), año en que se declararon agotados los bancos naturales y se decretó una veda permanente sobre el recurso ostra-perlero (Anexo 1). Desde entonces y hasta 1994, la madreperla se llegó a considerar en peligro de extinción (Baquero 1982, Singh et al. 1982), no obstante el 16 de Mayo de 1994 en el Diario Oficial de La Federación (Anónimo 1994) se promulgó la Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-1994 que determina las “especies y subespecies de flora y fauna

silvestres, terrestres y acuáticas en peligro de extinción, amenazadas, raras y las sujetas a protección especial”, y que establece especificaciones para su protección. En esta norma la madreperla se reclasifica como una “Especie Sujeta a Protección Especial”, lo que determina que por su estado de recuperación y valor comercial, esta especie puede ser explotada dentro de un marco de desarrollo sustentable, utilizando únicamente técnicas de acuicultura sobre la base de estudios biotecnológicos.

En nuestro país, estas técnicas y estudios se empezaron a desarrollar desde mediados de los años ochenta, momento en el cual se despertó el interés por el manejo experimental con técnicas específicas para la especie, derivado de los estudios y desarrollo tecnológico en algunos países asiáticos y del pacifico oriental producto de sus investigaciones sobre perlicultura y que habian iniciado a principios de los años 60's (Monteforte et al. 1994). La importancia de desarrollar estos estudios biotecnológicos, radica en el hecho de disponer del conocimiento de la biología básica de la especie que se desea utilizar y poder determinar cuales son las características que pueden ser aprovechadas o que facilitan el manejo de los organismos (Bervera-León 1994).

Con base en lo anterior, se puede decir que a partir de los estudios y conocimientos que se han desarrollado en México y específicamente en la Bahía de La Paz desde 1987 hasta la fecha (Monteforte y López-López 1990, Cáceres-Martinez et al. 1992a y b, Bervera-León 1994, Monteforte et al. 1994a y b, Monteforte y García-Gasca 1994, Monteforte et al. 1995, Morales-Mulhia 1996, Acosta 1998), el desarrollo de la perlicultura en Baja California Sur se encuentra en una etapa tal, que permite considerarla como una actividad con excelente potencial para crecer más allá de las granjas piloto-experimentales (Fassler 1999), y convertirse en un modelo de cultivo biotecnológico sustentable como ha sido el instalado en La Bahía de Bacoichampo, en Guaymas, Sonora (Farell-Campos et al. 1994).

No obstante de los conocimientos adquiridos y la experiencia acumulada, la escasez de semilla en condiciones naturales, ha sido uno de los factores limitantes en el desarrollo de un programa de cultivo biotecnológico, por lo que es necesario determinar las causas de la baja incidencia en la Bahía de La Paz, debido a que un suministro estable de semilla es una de las vías más importantes para obtener organismos, tanto para cultivo como para investigación.

## 2. ANTECEDENTES

### 2.1. DESARROLLO HISTORICO DE LA PERLICULTURA

Japón es un país tradicionalmente perlero y fue el primero en desarrollar desde los inicios del siglo XX los conocimientos y las técnicas específicas para inducir a la perlificación, por medio de la operación denominada "injerto", con la cual las ostras perleras secretáran nácar sobre un nucleo que es introducido y de este modo utilizarlas para formar perlas de manera casi natural. Esta técnica fue desarrollada en 1904 por Tatsuhei Mise y Tokishi Nishikawa (Acosta 1998), como resultado de estos conocimientos, muchas prestigiadas instituciones de investigación japonesas (Asano y Kobayashi 1938, Cahn 1949, Shirai 1970) se enfocaron a estudiar áreas de la biología, ecología, cultivo, fisiología, genética, etc. de la ostra perlera japonesa *Pinctada martensii*, lo que le ha permitido a este país mantener hasta la fecha un monopolio mundial en el desarrollo tecnológico y la comercialización de estas piezas conocidas como perlas cultivadas.

Ante la ventaja en el conocimiento, Japon ha mantenido también el control sobre la producción de los principales países productores al hacer accesible su tecnología por medio de la renta de técnicos exclusivamente japoneses a granjas perleras (principalmente en la zona del Pacifico Sur), los costos del injerto podrían parecer exagerados y exorbitantes, pero ante los problemas y los costos que conlleva la ubicación geográfica de las granjas (Islas Cook, Solomon, Marshall, Polinesia Francesa, Fiji etc.) y el asegurar la producción por falta de desarrollo tecnológico propio, las granjas productoras prefieren pagar el costo de la experiencia japonesa, que perder la oportunidad de obtener estas preciadas gemas (Monteforte 1990). Sin embargo en los ultimos años estan empezando a surgir algunos injertadores no japoneses, que podrían impactar gradualmente esta tendencia a largo plazo (Haws 1998).

Desde hace algunos lustros, los países de la región Pacífico Sur desarrollan la perlicultura como una actividad comercial importante dentro de sus programas de economía (Fassler 1995). Sin embargo, a pesar de su consolidación como una importante industria a nivel mundial, la perlicultura se ha enfrentado continuamente a una fuerte problemática, que radica en el hecho de que los productores dependen de la existencia de un cultivo prácticamente extensivo y artesanal (Fassler 1994). Desde los inicios de la perlicultura como industria a finales del siglo XIX hasta finales de los años 80s, la principal fuente de organismos provenía de la pesca en los bancos naturales; debido a esta sobreexplotación se empezó a dar un marcado agotamiento del recurso ostrícola en casi todos los países productores y se inició un gradual cambio de estrategia por esta situación, para 1994 cerca del 70% de los organismos provenían de la pesca y únicamente el 30% restante se obtenía de la colecta de semilla silvestre (Intes 1994).

A partir del último lustro del siglo XX, la preocupación en los países del Pacífico Sur por el agotamiento de los bancos naturales y la sobrepesca, favoreció el desarrollo de numerosos proyectos científicos dirigidos al establecimiento de laboratorios para la producción intensiva de semilla, esto ha ocurrido en lugares como Hawaii, Tongareva, Tarawa e Islas Solomon (Sims 1994). Actualmente, el desarrollo tecnológico de la perlicultura ha permitido que un porcentaje aun incipiente de la producción de las especies comerciales, provenga de semilla de laboratorio, tal es el caso de *Pinctada fucata martensii*, *Pinctada maxima*, y *Pinctada margaritifera*. Sin embargo, el escepticismo y la desconfianza que existen aún en cuanto a la calidad de la semilla sobre el producto final, no han permitido sustituir a la producción natural sobre la controlada (O' Sullivan *et al.* 1998). El único país que no depende de un suministro de semilla del medio natural es la India, el cual sustenta su actividad comercial en un 100% sobre la producción de semilla de *P. fucata* producida en laboratorio (Dharmaraj *et al.* 1991, Dev 1994).



Consecuentemente, muchos productores de perlas a nivel mundial continúan dependiendo de la semilla que se obtiene del medio natural, lo que ha propiciado que en numerosos países se tengan que implementar estrategias para proteger los bancos naturales y conocer las condiciones oceanográficas de sus costas. Ello con la finalidad de establecer los sitios más propicios para realizar la colecta de semilla y consolidar nuevamente a la industria en lo que se estabiliza la producción de semilla (Friedman y Bell 1996). Por fortuna, el auge que ha tomado la investigación científica en todas las áreas del conocimiento en los países productores, ha revelado interesantes resultados sobre la biología y los factores que intervienen en el cultivo de las diferentes especies. Ello ha propiciado una gradual separación de las técnicas japonesas de las utilizadas en otros países productores, por lo que el sustento del presente trabajo se centra en el conocimiento de los aspectos relacionados con la biología de la reproducción, el desarrollo larval y la ecología del asentamiento, los cuales se incluyen para consulta en las secciones de la biología de la reproducción (desarrollo larval), asentamiento (fijación) y factores intrínsecos y extrínsecos de la fijación. (Anexo 2)

## **2.2. PRIMEROS INTENTOS PARA EL ESTABLECIMIENTO DE UNA INDUSTRIA PERLERA EN BAHIA DE LA PAZ**

El retraso en la generación y/o falta de conocimientos sobre estas especies en nuestro país se debió a que en el periodo entre el que se decretó la veda sobre el recurso nácar (1940) y los años 80's, los pocos trabajos científicos que se realizaron casi no tomaron en cuenta los conocimientos biológicos de la especie, ni la escasa densidad y abundancia de los bancos naturales, sino que se centraron en elaborar una actividad perlera económicamente rentable, confiada en el soporte del conocimiento Japonés (Shirai y Sano 1979). Durante este periodo, solo existen algunos reportes de la Secretaria de Pesca (no publicados) donde se describe la condición en que se encontraba el recurso, algunos datos sobre la pesca clandestina no cuantificada y sobre las posibilidades de desarrollo acuacultural. Algunos de estos reportes son:

- 1961-62: Reporte de la Secretaría de Pesca (sin autor), que hace referencia a un intento de colecta de semilla y cultivo de madreperla, cuyos resultados fueron poco satisfactorios.
- 1962 (autor Agapito Martínez): Reporte sobre las actividades de transplante de individuos adultos de las poblaciones naturales de las Bahías de Loreto y La Paz. En dicho reporte se menciona que el recurso madreperla se encuentra muy demeritado, pero que los resultados de transplante fueron satisfactorios.
- 1969, Visita del científico australiano Denis George, invitado por la Secretaría de Pesca, para realizar ensayos de colecta de semilla, cultivo e implantación de núcleos en organismos adultos de *P. mazatlanica*. Se resalta el hecho de que existió una gran cantidad de rechazos al implante, observándose diferencias importantes entre la anatomía de esta especie y *P. maxima* (de Australia). Con relación al cultivo de la especie, los resultados fueron satisfactorios.
- 1970-71 (autores M. Díaz- Garcés y M. Gallo): Reporte sobre ensayos de colecta de semilla de madreperla con resultados pobres, y sobre implantación de núcleos para formación de Mabé, con miras a establecer una empresa comercial. El implantador (primer autor del reporte) fue discípulo de Denis George durante su visita el año anterior, no hay reportes posteriores.
- 1976-78 (Secretaría de Pesca, Delegación de Acuacultura): Reporte sobre ensayos de colecta de semilla y cultivo en La Bahía de La Paz, en donde se registran resultados poco satisfactorios.
- 1979: Visita del científico japonés Shoei Shirai, invitado por la Secretaria de Pesca para evaluar el estado de los bancos naturales y las posibilidades de instalación de una granja perlera. Se menciona que los bancos naturales son escasos y presentan poca abundancia, los organismos implantados presentaron alta mortalidad y rechazo de núcleos. Resultado del dictamen: poco satisfactorio.

### **2.3. PRIMERAS INVESTIGACIONES CIENTIFICAS SOBRE COLECTA DE SEMILLA Y CULTIVO EXTENSIVO DE JUVENILES DE MADREPERLA**

El primer registro de experimentación científica sobre la madreperla que se conoce en México data de 1969, con el trabajo de María Luisa Sevilla intitulado "Contribución al conocimiento de la madreperla *Pinctada mazatlanica*". La autora describe, primeramente, la morfología general de la especie y su anatomía microscópica interna. En segundo lugar, realiza una caracterización del ciclo reproductivo de la especie, describiendo los principales estadios del ciclo, tales como la etapa de reposo, gametogénesis, madurez, desove y post-desove. Este estudio dio la pauta para que se iniciara una lenta y gradual recopilación de información sobre la especie, con un enfoque todavía aislado y no integrado, en forma tal, que pudiera propiciar un desarrollo sostenido para el aprovechamiento y la gradual recuperación del recurso.

- Díaz-Garcés (1972) hace mención sobre el cultivo de la especie con técnicas netamente japonesas. Los resultados de este intento son desalentadores, ya que se reporta una pobre supervivencia de los organismos recolectados directamente del medio natural, por lo que el cultivo no era viable.
- Singh et al. (1982). Informan de la escasez de semilla en colectores artificiales instalados en La Bahía de La Paz y la viabilidad del cultivo en el arte denominado "Linterna Japonesa", mencionan además que la especie está en peligro de extinción.
- Baqueiro et al. 1982 Dan a conocer los resultados de prospección de bancos naturales de madreperla en La Bahía de La Paz, detectando una gran escasez, así mismo hacen especial énfasis en que la especie se encuentra en un peligro latente de extinción.

Alternativamente a los documentos gubernamentales y las publicaciones científicas, ha existido, por un lado, el interés de algunos grupos privados que también estudiaron las posibilidades de desarrollar este tipo de cultivo en La Bahía de La Paz y algunas de estas experiencias se conocen actualmente:

- Matsuii (1962) publica una prospección a los bancos naturales de ostras perleras en las Bahía de La Paz y Loreto, así como sobre los resultados obtenidos con relación al injerto de organismos provenientes de dichos bancos. El autor determina que los bancos naturales eran poco abundantes, pero que la factibilidad para desarrollar granjas perleras era satisfactoria. También se hace mención al hecho de que la mortalidad post-injerto fue muy alta.
- En 1979-80 se instaló una granja perlera en La Bahía de La Paz, al asociarse los japoneses Yamamoto y Sano con un grupo de inversionistas locales. Sin embargo, la falta de conocimientos sobre la respuesta de las especies locales hacia el injerto con tecnología japonesa propició el abandono de las instalaciones y la pérdida de los organismos.
- En 1997 se emprendió un convenio de transferencia tecnológica entre el CIBNOR y la empresa mexicana Ingeniería y Síntesis SA de CV, para desarrollar una granja perlera piloto para el cultivo de madreperla y la producción de perlas cultivadas, en el 2001 dio inicio a las actividades de implante de núcleos.

Posterior a 1990, se da pie a la publicación de una serie de resultados sobre estudios encaminados a sustentar el conocimiento bioecológico de la especie bajo condiciones de cultivo extensivo, y cuyos trabajos se iniciaron desde el año de 1987 en La Bahía de La Paz. A continuación se detallan algunos de los trabajos más relevantes con relación a la captación de semilla que se desarrollaron en la bahía:

- Monteforte y López-López (1990) describen los resultados de captación de madreperla en las Islas de La Bahía de La Paz, mencionando que la semilla se encontró en los primeros metros de profundidad y se determinó la época de fijación en el año. Así mismo calcularon la tasa de crecimiento durante la prengorda.
- Cáceres-Martínez et al. (1992a y b) reportan la recolecta de semilla de moluscos (incluyendo madreperla) en algunos puntos de la Bahía de La Paz. Se hace especial énfasis en la importancia del grosor de la red de monofilamento de los colectores con relación a la cantidad de semilla reclutada.
- Gaytan-Mondragón et al. (1993) recolectaron ostras perleras de ambas especies (Madreperla y Concha Nácar) en La Bahía de La Paz, utilizando colectores de costal con malla vexar y determinaron que la madreperla se puede recolectar en verano y la concha nácar en invierno, el objetivo principal de su estudio fue probar artes de cultivo.
- Monteforte y García-Gasca (1994) hacen referencia a los resultados batimétricos de recolecta en La Isla Gaviota, encontrando que la semilla se distribuye en los primeros tres metros de profundidad y que el tiempo prolongado de inmersión puede ser nocivo para las semillas.
- Bervera-León (1994) evaluó diversos artes de recolecta con base en variables de volumen, orientación del colector, así como la influencia del color y la batimetría, encontrando que el volumen puede no ser una condición favorable para el establecimiento, la orientación influía en la fijación y confirmó la condición fototáctica negativa de la larva, así como la presencia de las larvas en los primeros tres metros de profundidad.
- Monteforte y Wright (1994) describen las relaciones ecológicas de semillas de ostras perleras con otras especies depredadoras y/o competidoras reclutadas dentro del mismo colector en la Isla Gaviota de la Bahía de La Paz, así como la selección del sustrato. Se analiza también la distribución vertical y temporal de la semilla.

- Monteforte et al. (1995) mencionan resultados sobre la captación de Concha Nácar en La Bahía de La Paz.
- Morales-Muhlía (1996). analiza el crecimiento y sobrevivencia de semilla de madreperla colectada en 1992, al ser tratada en diferentes tiempos durante las fases de prengorda y el cultivo, determinando que la densidad y el tiempo en cada fase influyen en el crecimiento y la mortalidad de los organismos.

Con base en lo anterior, se puede decir que el conocimiento científico sobre la captación de semilla de madreperla en La Bahía de La Paz es cada vez mayor, sin embargo, aun no ha llegado al nivel de predecir las causas de la baja incidencia de semilla en colectores artificiales, considerando además el hecho de que existe una veda que se ha mantenido por más de 60 años de éste recurso, ésta no se refleja en los resultados de captación.

### 3. JUSTIFICACIÓN

Como todos los recursos naturales que presentan un alto valor comercial, las ostras perleras han sido objeto de una pesca particularmente intensa y que en la mayoría de los casos podría describirse como ambiciosa y desmedida. El motivo principal de dicha sobrepesca se fundamenta en el hecho de que las ostras perleras son un recurso importante que se aprovecha integralmente en todo el mundo. Así pues, la concha se utiliza en la fabricación de botones y objetos ornamentales, en tanto que el nácar se aprovecha en trabajos de incrustación fina en maderas y metales preciosos, al igual que en la industria de cosméticos y productos de belleza para la fabricación de cremas (Monteforte 1990, 1991). En medicina, el nácar también ha mostrado importantes propiedades como medicamento cicatrizante y terapéutico (Sevilla 1969), así como en el tratamiento de enfermedades por deficiencias óseas de origen patológico o traumático (López et al. 1994). Por otro lado, el músculo aductor (callo) es un producto de alta calidad, que tiene una gran demanda en los países de oriente (Monteforte 1990); Sin embargo, resulta evidente que las perlas son el producto más vistoso y económicamente redituable del cultivo de la ostra. Las perlas son gemas finas de origen natural que se forma por un mecanismo de defensa del animal y que puede ser inducida de manera artificial mediante técnicas de microcirugía por la implantación de núcleos esféricos.

En la actualidad el comercio de perlas a nivel mundial se deriva de las investigaciones y el desarrollo en la producción de perlas cultivadas provenientes de cultivos extensivos, donde Japón presenta un importante dominio de la actividad. La implementación de técnicas japonesas en la mayoría de los países tradicionalmente perleros del Pacífico Sur y la falta de visión tecnológica, puso en peligro la actividad económica a principios de los 90s, al propiciar el deterioro de sus bancos naturales por sobreexplotación del recurso, obligándolos a tomar medidas importantes para mantenerse en la actividad (Intes 1994). El manejo de las ostras perleras a través de cultivo extensivo, sustentado en estudios científicos

sobre las poblaciones naturales, colecta y cultivo, apoyado en una legislación adecuada con programas de pesca controlada y repoblamiento en las islas del Pacífico Sur, al parecer ha sido la opción más viable, tanto para el manejo de los organismos como para su posible recuperación (Intes 1994, Sims 1992b, Friedman y Bell 1996).

La Bahía de La Paz fue uno de los lugares más productivos del mundo, al tener la capacidad de desarrollar grandes densidades poblacionales de madreperla y una peculiar incidencia en la formación de perlas naturales. Esta característica influyó particularmente en la historia de la colonización, desarrollo social, político y económico de la Península de Baja California (Cariño y Cáceres-Martínez 1990), así como en el decaimiento de las poblaciones naturales por la sobreexplotación (Cariño 1998), por lo que el resurgimiento de esta actividad y el fomento a la investigación en este campo, son las opciones más reales para recuperar el recurso de una manera controlada.

El presente trabajo de tesis es producto de la inquietud que existe por incrementar los estudios sobre *P. mazatlanica*, permitiendo con ello conocer la distribución espacio-temporal de las larvas en fijación dentro de La Bahía de La Paz, así como comprender los factores que influyen en la captación de semilla de la madreperla en la bahía, debido no solo a la baja abundancia registrada en colectores artificiales a lo largo de varios años de trabajos de investigación, sino también por la escasa presencia de poblaciones naturales en la bahía. Este estudio contribuirá al entendimiento de la distribución de las larvas en fijación de *P. mazatlanica*, identificando sitios estratégicos que funcionen como granjas de captación y establecer las bases que permitan incrementar la recolecta de semilla, que puede ser utilizada para realizar prácticas intensivas de repoblamiento de bancos naturales, además de fomentar la instalación de granjas perleras que desarrollen la actividad, considerando factores de conservación y ecología aprovechando a su vez las facilidades biológicas y oceanográficas que se presentan en la zona.



El desarrollo de las técnicas de recolecta son importantes, debido a que hasta ahora en México, es la opción más segura para obtener semilla para cultivo y/o repoblamiento de bancos naturales, ante la falta de una producción estable de semilla en laboratorio y por ende de estudios relacionados a la respuesta de ésta en el campo (Mazón-Suastegui 1988, Mac Anally y Valenzuela 1990).

## **4. OBJETIVO GENERAL**

Estudiar la distribución y abundancia espacio-temporal de la semilla de madreperla (*P. mazatlanica*) en La Bahía de La Paz.

### **4.1. OBJETIVOS PARTICULARES**

- Determinar, con base en su distribución temporal, el reclutamiento e incidencia natural de semilla de madreperla en colectores artificiales.
- Determinar, con base a su distribución batimétrica, el reclutamiento e incidencia natural de semilla de madreperla en colectores artificiales
- Analizar, con base en su distribución temporal y batimétrica, la estructura de tallas de la semilla de madreperla en colectores artificiales
- Establecer la relación entre la presencia de semilla y su talla en el colector para establecer la mejor época de fijación.

## **5. METODOLOGÍA**

La metodología del presente trabajo se dividió en dos partes: 1) trabajo de campo y 2) análisis de laboratorio. Durante el trabajo de campo se instalaron estaciones de recolecta en La Bahía de La Paz, en las cuales se colgaron colectores artificiales tipo “sobre”, que han sido comúnmente utilizados para evaluar presencia de ostras perleras (Bervera-León 1994, Wright 1995, 1997). Entre los meses de julio a noviembre los colectores se colgaron a diferentes tiempos de inmersión y a tres profundidades. Cuando los colectores se recuperaron, fueron fijados con solución de formaldehído al 10% y agua de mar para trasladarlos al laboratorio. En el laboratorio se separó la semilla de madreperla, esta se contabilizaba y medía; a continuación se detalla la técnica completa que fue utilizada.

### **5.1. ÁREA DE ESTUDIO**

El área en la que se desarrolló el presente trabajo comprendió principalmente la costa Este de la Bahía de La Paz, dentro de los paralelos 24° 10' Sur y 24° 36' Norte, y los meridianos 110° 26' Oeste y 110° 18' Este (Figura 1). Los criterios técnicos que se consideraron para determinar el área de estudio y la ubicación de las estaciones de colecta fueron los siguientes:

- a. Acceso: Que las estaciones se ubicaran en sitios con acceso únicamente marítimo, para evitar robo de instalaciones por personas que nadaran desde la costa.
- b. Vía de Paso Marítimo o Pesca: Se evitó instalar las líneas en canales o vías de paso de embarcaciones.
- c. Separación entre estaciones: Se calculó una distancia proporcional entre todas las estaciones de colecta (5 km)

- d. Profundidad: Debido a que el colector más profundo se encontraba a 7 m de profundidad, se determinó que la profundidad promedio para instalar las estaciones fuera de 10 m.
- e. Distancia desde la costa: Las líneas se alejaron de la costa básicamente donde se alcanzaba la profundidad adecuada, no obstante se trató de que dicha distancia fuera de por lo menos 20 m.

La selección final de los sitios se fundamentó principalmente en los resultados registrados en los últimos 9 años de investigación en torno a la incidencia de semilla de ostras perleras en La Bahía de La Paz, la cual se concentra en los resultados de fijación en la Isla Gaviota principalmente (Monteforte y López-López 1990, Cáceres Martínez et al. 1992a, Gaytan-Mondragon et al. 1993, Bervera-León 1994, Monteforte y García-Gasca 1994, Morales 1995, Wright 1995, 1997). Dichos estudios han demostrado que la Isla Gaviota concentra las mayores abundancias de semilla de miembros de la familia Pteriidae, debido principalmente a las condiciones particulares que confluyen en el sitio como producto de su ubicación geográfica (Cáceres Martínez et al. 1992a). Otro de los criterios a considerar para la selección de las estaciones de recolecta fue la presencia, aunque en pequeña proporción de bancos naturales de madreperla, lo cual permite suponer que su presencia es el resultado de la afluencia de larvas fijadoras en esos sitios. (Monteforte y Cariño 1992).

Con base en lo anterior, se determinó que el área de colecta se ubicaría desde la zona norte de la barra arenosa de El Mogote (en el sur de la bahía) hasta la playa denominada El Embudo, localizada en la Isla Partida dentro del complejo insular de Espíritu Santo (en el noreste de la misma). Se determinó que la ubicación de las estaciones siguiera una orientación hacia el lado Este de la bahía, debido a que en esas zonas se encuentran las playas rocosas y los establecimientos poblacionales de madreperla (Monteforte y Cariño 1992), así mismo existen mayores facilidades operativas en tierra para cumplir con el objetivo del estudio (carretera, rampa para botar embarcaciones, etc.). Por el contrario en

el lado Oeste, se presentan una mayor cantidad de playas arenosas de resaca las cuales no son favorables para el establecimiento de juveniles, así como fosas con las mayores profundidades de la bahía y existen escasas facilidades operativas.

## **5.2. ESTACIONES**

Las estaciones de recolecta se ubicaron a una distancia aproximada de 5 km entre ellas, abarcando una distancia aproximada de 45 km de línea de costa, identificándose cada una con el mismo nombre del sitio que les corresponde en la cartografía oficial (INEGI), así como una clave con las tres primeras letras de su nombre para reconocerlas en el presente estudio. Los sitios escogidos son:

- 1- Playa Norte de la barra arenosa de El Mogote (MOG)
- 2- Playa El Caimancito (CAI)
- 3- Punta Colorada (PCL)
- 4- Isla Gaviota (GAV)
- 5- Bahía de Balandra (BAL)
- 6- Bahía de San Gabriel (SGB)
- 7- Caleta El Empacho (EMP)
- 8- Caleta en frente del islote Ballena (BLL)
- 9- Punta Las Cuevitas (CUE)
- 10-Playa El Embudo (EMB)

La posición geográfica de cada estación se calculó con base en la distancia observada en los mapas oficiales, considerando la escala aproximada de 1:50000. Los mapas que se utilizaron fueron El Cajete (clave G12D72), La Paz (clave G12D83) y el Centenario (clave G12D82). Los nombres de las estaciones y su posición geográfica se concentran en la Tabla 1.

### **5.3. PARAMETROS OCEANOGRÁFICOS**

Durante todo el periodo de estudio en cada una de las estaciones, se registraron los siguientes parámetros oceanográficos: temperatura con un termómetro de cubeta ( $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ ), oxígeno disuelto con un oxímetro YSI-57 ( $\pm 0.1$  mg/L), salinidad con un refractómetro ocular Aquafauna ( $\pm 0.1$  ppm) y transparencia del agua con un disco de sechii. Estos parámetros se registraron a dos profundidades promedio (1 y 7 m).

### **5.4. SISTEMA DE RECOLECTA**

El sistema de recolecta utilizado en cada estación fue el denominado como "long- Line" o "línea madre", el cual consistió de un cabo flotante y un par de cabos tensores dirigidos hacia el fondo; Ambas partes formaron en conjunto un paralelepípedo. La cuerda flotante consistió de un cabo de polipropileno con calibre de  $\frac{1}{2}$ " y longitud de 10 m, la cual se mantuvo a flote sobre la superficie mediante ocho boyas atuneras sujetadas fuertemente con piola alquitranada para evitar su deslizamiento sobre el cabo. Las líneas tensoras tenían una longitud promedio de 11 m (para mantener la profundidad promedio) y su función principal fue la de mantener en posición la línea flotante al anclarla, mediante grilletes de acero galvanizado de  $\frac{5}{8}$ ", a lastres de cemento de 150 kg (llantas con cemento) previamente manufacturados y depositados sobre el fondo de la estación.

Una vez instaladas las líneas, el siguiente paso consistió en la colocación de los sistemas de recolecta. Éstos se componían de un cabo principal de polipropileno de  $\frac{5}{8}$ " y 8 m de longitud, del cual se sujetaban los colectores artificiales a las profundidades requeridas con la ayuda de alambre eléctrico. Los colectores artificiales que se utilizaron fueron los conocidos como "sobres" (Bervera 1994, Wright 1996), los cuales consistían en bolsas (sobres) de malla-sombra plástica de color negro de 63% de sombra. Cada bolsa de 30 x 30cm se denominó como "contenedor" y ésta se rellenaba con una combinación al 50% de

red plástica de monofilamento (redes agalleras viejas) y fibras de costal cebollero de color morado a los que se les denominó como “substrato”. Cada colector tenía un peso promedio de 36.5g de substrato y 42.3g por el contenedor, es decir 78.8g en total. Para armar el contenedor, las bolsas se cosían con una maquina de coser industrial para cerrar costales que utiliza hilo de algodón. Finalmente, todos los colectores se sujetaban al cabo principal como se especificó anteriormente, considerando la distancia en el cabo para precisar la profundidad

## **5.5. BATIMETRIA**

Para determinar la distribución batimétrica de la semilla en el medio, se sujetaron los colectores artificiales considerando tres profundidades (1, 4 y 7 m). Estas profundidades, no solo se encuentran dentro del rango recomendado durante la época de captación de semilla de madreperla (Monteforte y García-Gasca. 1994, Bervera 1994, Wright 1996), sino se escogieron también considerando los límites batimétricos conocidos para la distribución de larvas en etapa de fijación del genero *Pinctada* a nivel mundial (Cahn 1949, Crossland 1957, Alagarswami 1970, Gervis & Sims 1992a y b, Beer & Southgate 2000), en cada profundidad se colocaron tres colectores artificiales.

## **5.6. TIEMPOS DE TRATAMIENTO**

Uno de los principales puntos del diseño experimental fue el correspondiente a los tiempos de tratamiento, los cuales se determinaron con la finalidad de analizar la cronología de la captación a lo largo de la red de estaciones. En cada estación se colocó una cuerda de cabo con nueve colectores c/u denominada “línea”; cada una de estas conformaron la unidad fundamental de recolecta. A cada una de estas líneas también se les denominó “serie”, debido a que registró la incidencia a diferentes profundidades y a un tiempo determinado. El tiempo total de inmersión durante el experimento se dividió en dos épocas que se identificaron como “periodos de tiempo”; en cada uno de estos periodos se

colocaron tres líneas colectoras o "series" al mismo tiempo y éstas se recuperaron en tiempos diferenciales. Los tiempos de inmersión propuestos para sumergir las "series" en cada periodo de tiempo fue de 40, 60 y 80 días, considerando que el tiempo ideal de inmersión calculado en estudios previos es de 60 días (Bervera 1994, Monteforte y García-Gasca 1994). El primer periodo de tiempo inició el 8 de Julio y las tres series colgadas en las estaciones se recuperaron a los 45, 60 y 78 días de inmersión, el segundo periodo inició el 7 de Septiembre (cuando cumplió 60 días el primer periodo) y las series se recuperaron a los 40, 60 y 80 días. Con esta técnica se logró abarcar una temporada de 142 días, recuperando una serie cada 20 días aproximadamente. A cada serie recuperada se le asignó una clave cronológica para identificarla y asociarla fácilmente en el tiempo (Tabla 2).

## **5.7. RECUPERACION DE LA SEMILLA**

Una vez que las líneas cumplieron con los tiempos establecidos en las diferentes series de tiempo, se procedió a la recuperación de los colectores en las estaciones. Al recuperarse una línea cada uno de los colectores era introducido a una bolsa plástica, para evitar pérdida de material y era etiquetada con los datos de fecha, estación, profundidad, serie de tiempo y numero de colector. Estas bolsas se acomodaban a su vez en cubetas plásticas de 20 L, conteniendo agua de mar con solución de formaldehído al 10%, para ser trasladadas posteriormente al laboratorio para su análisis.

Una vez en el laboratorio, los colectores eran recuperados de la cubeta y colocados en un área abierta y expuesta al sol para permitir su secado total por espacio de 48 h, una vez secos se abrían y se revisaban con ayuda de una lámpara con lupa, para separar los diferentes grupos taxonómicos de moluscos bivalvos que se encontraban (figura 4). Todos los organismos recuperados eran colocados en envases de plástico con tapa a los que se les agregaba una solución de agua destilada con alcohol industrial al 80%. Los envases eran etiquetados con los datos de fecha de recuperación, serie, estación y profundidad.



## 5.8. BIOMETRIAS

Se registró la abundancia y talla de todos los individuos recuperados de los colectores. Para el caso particular de la madreperla, se tomaron en cuenta las dimensiones morfométricas propuestas por Hynd (1955) para miembros del género *Pinctada*. Éstas se presentan en la Figura 5.

- Eje Dorsoventral (denominado también altura): comprende la máxima dimensión de la ostra, medida en ángulo recto con respecto a la línea de la charnela.
- Eje Anteroposterior (denominado también longitud): distancia entre los márgenes anterior y posterior de la concha, la cual es paralela a la línea de la charnela.

Las mediciones se realizaron utilizando un vernier digital marca Mytutoyo con una precisión de 0.01mm.

## 5.9. ANALISIS ESTADISTICOS

Para su análisis estadístico, la base de datos fue dividida en dos grupos generales; el primero agrupó la información sobre la abundancia de semilla recolectada en cada una de las estaciones, así como los registros de profundidad y series de tiempo. El segundo grupo involucró los datos de tallas (altura) de la semilla recapturada en todos los colectores artificiales. La matriz de datos fue procesada con diferentes hojas de cálculo y programas estadísticos, tales como Excel, Corel Quattro Pro y Statistica (vers. 5.5). Se aplicaron los siguientes análisis estadísticos (en algunos casos se describen los detalles del análisis empleado y las formulas obtenidas de valores estadísticos directos):

### 5.9.1. RECOLECTA

Se aplicaron análisis exploratorios de datos para conocer la tendencia y distribución de los datos, así como pruebas estadísticas basadas en comparación de medidas de tendencia central, con la finalidad de determinar diferencias significativas entre las variables manejadas en el estudio.

#### 5.9.1.1. ANALISIS EXPLORATORIOS

Se realizaron gráficas con valores de abundancia para conocer de forma cruda el patrón de distribución temporal y batimétrica de la semilla de los diferentes grupos taxonómicos de bivalvos recolectados en la Bahía de La Paz, y con ello determinar la eficiencia del colector para atraer madreperla con relación a las demás especies. La abundancia total se representó por medio de gráficas de cajas con bigotes (Box and Wisker).

Se realizó una prueba de series cronológicas denominada “promedios móviles”, la cual permite suavizar los datos y mostrar su tendencia a través del tiempo (Box & Jenkins 1976). Esta prueba permite suprimir las variaciones estacionales, cíclicas, irregulares y aleatorias que pudieran presentar los datos, aislando lo más posible la tendencia. El promedio móvil es el valor medio aritmético de las ultimas  $k$  observaciones, el cual se ejemplifica con la siguiente fórmula:

$$PM = \frac{\sum(t - k)}{K}$$

donde:  $t$  = Periodo de tiempo del primer grupo de datos

$k$  = número de observaciones en el periodo  $t$

$K$  = número de periodos totales

Para conocer la relación entre las estaciones se aplicó un análisis de “cluster” o análisis de agrupamiento (Hartigan 1975). Este análisis es un algoritmo que permite acercar los datos en agrupamientos sucesivos por medio de ramilletes que utilizan alguna escala específica para determinar distancias entre datos. El resultado de este análisis es un gráfico en forma de árbol jerárquico que agrupa los datos con mayor similitud y forma grupos denominados racimos, conforme va aumentando la distancia entre los racimos, significa que los elementos más alejados presentan menor similitud y viceversa.

Para corroborar el orden jerárquico de las estaciones a partir de los datos sobre abundancia de semilla, se calculó el índice de valor de importancia (IVI). Este índice es utilizado en ecología para determinar relaciones de abundancia y diversidad (Perez-Nevarés 1995); no obstante en este caso se utilizó este concepto con base en las necesidades del presente estudio, tomando en cuenta que la abundancia y la frecuencia relativa son productos matemáticos que se obtienen por medio de fórmulas porcentuales, haciendo que el IVI sea el resultado de la adición de estos parámetros.

La abundancia relativa se calculó como la proporción de la abundancia de semilla de madreperla por cada estación considerada en el experimento, mediante la siguiente fórmula matemática:

$$AR = \frac{Aa}{\sum Aa + Ab + Ac + An}$$

donde:

$Aa$  = Abundancia de semilla en una estación

$An$  = Sumatoria de la abundancia total de semilla en las diferentes estaciones

La frecuencia relativa se consideró como la proporción de semilla por estación entre los diferentes periodos de tiempo evaluados, de la siguiente manera:

$$FR = \frac{Fa}{\sum Fa + Fb + Fc + Fn}$$

donde:  $Fa$  = Frecuencia de semilla en una serie de tiempo

$Fn$  = Sumatoria de la frecuencia total de semilla en todas las series de tiempo

El índice de valor de importancia (IVI) asigna, con base en la abundancia y frecuencia relativa de especies, un valor jerárquico a cada especie por estación. Además, el IVI identifica los sitios de mayor abundancia y su grado de cercanía con respecto a otros sitios. La fórmula que describe este índice es la siguiente:

$$IVI = AR + FR$$

### 5.9.1.2. PRUEBAS ESTADÍSTICAS

Para determinar la existencia de diferencias significativas entre estaciones, profundidades y series de tiempo, se realizaron diferentes pruebas estadísticas algunas no paramétricas, asumiendo en todas ellas, un nivel de significancia de  $P \leq 0.05$ . Para desarrollar las pruebas se aplicaron los procedimientos desarrollados en Zar (1984) y Siegel (1988)

Se utilizó la prueba de bondad de ajuste de Chi cuadrada ( $X^2$ ) para corroborar la normalidad de los datos y determinar el tipo de pruebas estadísticas que se utilizarían más adelante. La fórmula general de  $X^2$  es la siguiente:

$$\chi^2 = \frac{\sum(O - e)^2}{e}$$

donde  $O$  = Frecuencia observada para cada categoría  
 $e$  = Frecuencia esperada para cada categoría

La prueba de Kruskal Wallis es una prueba no paramétrica de análisis de variancia de una sola vía que utiliza rangos en lugar de las medidas reales, generando un valor estadístico representado por el parámetro  $H$ . Esta prueba se utiliza cuando se asume que los datos no presentan una distribución normal y las variancias son desiguales. En el presente experimento se empleó dicha prueba para detectar diferencias significativas entre los rangos de variancia de todas las estaciones, profundidades y series de tiempo. Kruskal Wallis maneja la siguiente fórmula matemática:

$$H = \frac{12}{N(N+1)} \sum_{j=1}^k \frac{(R_j)^2}{n_j} - 3(N+1)$$

donde :  $N$  = número de observaciones  
 $k$  = número de muestras  
 $n_j$  = número de observaciones de la  $j$ -ésima muestra  
 $R_j$  = suma de rangos en la  $j$ -ésima muestra

Para comparar las abundancias por medio de un análisis de variancia de dos vías (ANOVA), éstos se estandarizaron por medio del cálculo de la "tasa de fijación". Este parámetro utilizado por Knuckey (1995) fue propuesto para comparar las fijaciones de semilla de las diversas especies del género *Pinctada* presentes en el Norte de Australia. Representa un índice que calcula un factor equivalente a la abundancia de semilla por colector (con base en la cantidad de sustrato disponible por unidad de colecta) y el tiempo de inmersión de los colectores artificiales en el agua. La fórmula para estimar la tasa de fijación se describe como:

$$TF = \frac{NI}{G} \left( \frac{TC}{TI} \right)$$

donde: NI= semillas por colector

G= gramos de sustrato disponible o peso total del colector

TC= días para estandarizar la tasa

TI= tiempo real de inmersión de los colectores

En la fórmula, G que son los gramos de sustrato disponible corresponden a 78.8g (considerando 42.3 g del contenedor y 36.5 g del sustrato). A su vez TC, corresponde a 40 días, tiempo al que se estandarizó la tasa, por ser el tiempo mínimo de inmersión de los colectores, que al duplicarse corresponde al mayor tiempo de inmersión, es decir, 80 días.

Una vez estandarizados los datos a la tasa de fijación, se utilizó un ANOVA de dos vías para comparar los datos de los factores vs. las estaciones, la profundidad y las series de tiempo. El ANOVA es un procedimiento que se desarrolla calculando la variancia y desviación estándar de cada una de las poblaciones y posteriormente los coeficientes de variación entre las muestras, hasta obtener el valor estadístico denominado *F*.

Por otro lado, se realizó un análisis de componentes principales para conocer la posible relación entre las variables de tiempo, profundidad y las estaciones de muestreo. Este análisis transforma los datos utilizando la variancia para relacionarla con el menor número posible de factores o componentes principales. Posteriormente, el análisis ejecuta un gráfico en plano cartesiano en el que se asume que los valores que se encuentran en el mismo cuadrante son aquellos que presentan un vínculo, el cual puede ser positivo o negativo (dependiendo de la ubicación en el cuadrante del plano) e inverso o directo (al conectarse dicho dato linealmente con el origen del plano); así mismo la distancia al origen indica su grado de acercamiento con el factor más cercano.

Finalmente, se aplicó un análisis de discriminantes con la finalidad de desplazar un dato entre dos o más grupos (Kleckla 1980). El análisis de discriminantes es muy similar al ANOVA, ya que se fundamenta en el hecho de que si las medias son significativamente diferentes, es posible calcular su grado de diferencia y asignar un valor positivo (a las medias que presentan mayor magnitud) o negativo (a aquellas de menor magnitud) y éstas se pueden discriminar del resto de los grupos. Esta prueba también permite determinar la(s) variable(s) o estación(es) que presenta(n) mayor importancia durante el experimento, mediante un valor estadístico denominado *Wilks Lambda* (que determina el peso de la prueba en función). El poder de discriminación de este análisis se acepta cuando el valor de *Wilks Lambda* tiende a 0.

**5.9.2. ANÁLISIS DE TALLAS**

Con los valores de talla de la semilla recolectada, se calculó la “tasa intrínseca de crecimiento” (TIC). Ésta es una tasa promedio de incremento de la longitud mensual (Saucedo 1995) de la semilla dentro del colector, como un reflejo del rango de tallas dentro del mismo; la TIC se ejemplifica así:

$$TIC = \frac{(X2 + X1)}{T}$$

- donde:       $X2$  = Talla máxima de la semilla encontrada en el colector  
               $X1$  = Talla mínima de la semilla encontrada en el colector  
               $T$  = Tiempo de inmersión del colector en el agua

Para realizar un análisis de la distribución de tallas y relacionar este parámetro con la profundidad y las series de tiempo, se aplicó un análisis de correlación ajustado al modelo de Spearman (Siegel 1988). Esta técnica no paramétrica se utiliza para medir la dirección y la fuerza de relación entre dos variables. El valor del parámetro se encuentra entre  $-1 < 0 > +1$ , de tal suerte que

si el valor se acerca a  $-1$ , la relación es inversa, en tanto que si se aproxima a  $0$ , las variables son independientes. Finalmente, cuando el valor se acerca a  $+1$ , se asume que existe una relación directa y proporcional entre las variables.

Para poder determinar y comparar la gran variedad de valores obtenidos entre las correlaciones, se aplicó una escala arbitraria para establecer fronteras entre rangos y determinar el tipo de relación, considerándose por lo tanto que los valores obtenidos

- $> 0.40 < 1 =$  tienen relación directa (^)
- $< -0.39 < 0.39 =$  son independientes (\*)
- $> -0.40 < -1 =$  tienen relación inversa (N)

Se utilizó el análisis de correlación para comparar la talla, tasa de fijación y tasa intrínseca de crecimiento de la semilla dentro del colector. Ello con el objetivo de comparar los valores obtenidos del crecimiento de dicha semilla vs. la abundancia. Así pues, utilizando la media de la talla de la semilla se puede inferir, no solo qué tanto creció dentro del colector, sino también su época de fijación. Lo anterior considerando que una talla alta podría indicar que la semilla se fijó en los momentos iniciales de la inmersión del colector, mientras que una talla pequeña sugeriría una fijación reciente antes de la recuperación del colector.

La tasa de fijación es un factor estandarizado calculado directamente a partir de los datos de abundancia, el cual se ajusta al tiempo de inmersión y el sustrato utilizado, permitiendo obtener un factor de mayor peso sobre la cantidad de semilla colectada. La tasa intrínseca de crecimiento (TIC), más que un reflejo de la velocidad de crecimiento de la semilla, indica la amplitud del rango de tallas de ésta dentro del colector. Una TIC alta sería indicativo de un rango de talla (o dispersión) amplio, lo cual evidenciaría que el colector funcionó de manera continua en el tiempo. Por el contrario, una TIC baja sugeriría que el rango de tallas de la semilla es pequeño y el colector capturó la semilla únicamente en un periodo determinado del tiempo de inmersión del colector.



## **6- RESULTADOS**

### **6.1- PARÁMETROS OCEANOGRÁFICOS**

#### **6.1.1 - TEMPERATURA**

La temperatura del agua de mar se encontró desde el mes de Junio a 25°C, alcanzando su máximo en septiembre alrededor de los 31°C en la estación Caimancito. Se encontró que se presenta una diferencia importante en los registros de temperatura durante el verano y este se ve reflejado en el aumento de un par de grados sobre el promedio, en las estaciones de la zona peninsular (desde el Mogote hasta Balandra) en relación a las de la zona insular (Desde San Gabriel hasta El Embudo), esta característica tiende a suavizarse hacia el otoño donde la temperatura prácticamente no varió entre todas las estaciones (Figura 6).

En relación a la temperatura promedio en la Bahía de La Paz, ésta se encontró dentro de los niveles normales para la época del año (Caceres-Martínez et al.1992a, Monteforte y Cariño 1992, Bervera-León 1994, Monteforte & García-Gasca 1994), registrándose un promedio de 25°C en Junio, con una medición máxima a finales de Agosto de 31°C denotando la época de verano y disminuyendo rápidamente a 24°C desde principios de Octubre a la entrada del otoño (Figura 7).

#### **6.1.2 - OXIGENO DISUELTO**

El oxígeno disuelto presentó rangos normales para la época de verano (Cáceres-Martínez et al. 1992a, Monteforte y Cariño 1992), se registró un descenso en sus niveles desde principios del mes de agosto y el resto del verano. El nivel más bajo fue de 5.61 mg/lit a principios de Octubre, para a partir de Diciembre aumentar rápidamente a 7.16 mg/L. Este comportamiento muestra claramente la relación inversa que existe entre la temperatura y el oxígeno disuelto en condiciones normales (Figura 7).

### **6.1.2 SALINIDAD**

La salinidad no presentó diferencias importantes y osciló entre los 34 y 36 ppm, sin embargo presentó un comportamiento descendente más marcado sobre todo hacia la época de lluvias (Septiembre–Octubre) (Figura 8).

### **6.1.3- TRANSPARENCIA**

La transparencia del agua, se midió desde julio hasta diciembre mostrando una tendencia de mayor claridad en el agua en las estaciones de la Isla Espíritu Santo con un promedio de 12 metros de profundidad. En general durante todo el periodo de estudio se pudo observar el fondo en las estaciones insulares. A partir de finales de Octubre disminuyó la claridad, principalmente en las estaciones de Empacho y Ballena. Para las estaciones peninsulares el promedio de transparencia fue menor con relación a las insulares, el promedio fue de aproximadamente 6 metros de profundidad, pero a partir del mes de Octubre esta condición cambió rápidamente, disminuyendo la visibilidad a casi 3 metros en cada estación hasta obtener valores de 2 metros de profundidad (Figura 9).

## **6.2. ANÁLISIS DE LA ABUNDANCIA**

### **6.2.1 ANÁLISIS EXPLORATORIO**

Durante el desarrollo del experimento se colocaron en total 540 colectores, de los cuales se recuperaron 514 en los tiempos establecidos y que representan un poco más del 95% del total, sobre el 5% faltante este se encontró representado por la pérdida de 26 colectores, 18 de los cuales correspondían a la ultima línea del experimento durante la serie 6 (Sep-Dic) de las estaciones de San Gabriel (SGV) y Balandra (BAL). El resto fueron 8 colectores perdidos de manera incidental en diferentes estaciones a lo largo del experimento.

En total durante el experimento, se colectaron 3454 semillas que representaron a 11 especies de moluscos bivalvos de los cuales 9 destacan por su valor comercial. Se recuperaron 1658 semillas de ostras perleras de la familia PTERIIDAE, de las cuales 115 correspondieron a concha nácar (*Pteria sterna*) y 1543 a madreperla (*P. mazatlanica*). El resto de los bivalvos que se recuperaron correspondió a 1796 organismos de diversas especies.

Las especies que se identificaron fueron *Modiolus capax*, *Pinna rugosa*, *Pteria sterna*, *Euvola vogdesi*, *Argopecten ventricosus*, *Lyropecten subnudosus*, *Anadara multicostata*, *Laevicardium elenense*, *Isognomon* sp. y *Arca pacifica*, destacando principalmente por su abundancia después de la madreperla *Pinna rugosa*, *Euvola vogdesi* y *Anadara multicostata* (Figura 10).

#### 6.2.1.1 TIEMPOS DE TRATAMIENTO

Durante el tiempo de exposición de los colectores se encontró que el 50% de la fijación total registrada de madreperla (*P. mazatlanica*) correspondió a 768 semillas que se concentraron en las primeras 2 series del primer periodo de tiempo (8 de Julio al 7 de Septiembre) y éstas se distribuyeron de manera casi proporcional, 393 semillas en la serie 1 (Jul-Ago) y 375 para la serie 2 (Jul-Sep).

Es importante mencionar que posterior a la fijación en las dos primeras series de tiempo, la abundancia disminuyó considerablemente, inclusive en la serie 4 (Sep-Oct) que fue el inicio del segundo periodo de recolecta, es decir, el experimento inicia con una captación que va desde el 26% del total de la fijación en la primera serie de tiempo, hasta un 9 % al final del experimento. Esto nos indica que la recolecta se inició cuando ya se encontraba una cantidad importante de larvas fijadoras en el agua (Figura 11).

### **6.2.1.2 PROFUNDIDADES**

Se contabilizó la abundancia de semilla de acuerdo a la profundidad en que fueron instalados los recolectores, correspondiendo ésta a 807 semillas a 1 m, 461 semillas a 4 m y finalmente 275 semillas a 7 m de profundidad (Figura 12); Se evidenció que la abundancia fue disminuyendo conforme aumentaba proporcionalmente la profundidad, esta característica se detectó en casi todas las estaciones. Así mismo se registró una mayor abundancia hacia las estaciones de Mogote a Balandra en la profundidad de 1 metro, registrándose el 50% de la fijación total a esa profundidad. En esa misma área destacó por su abundancia batimétrica la estación en la Isla Gaviota; presentando la mayor captación en las tres profundidades; así mismo se observa que de las estaciones en la Isla Espíritu Santo resaltó por su abundancia La Isla de La Ballena en las tres profundidades pero principalmente a 1 metro, mientras que en el resto de las estaciones la captación fue similar a 4 y 7 metros de profundidad.

La abundancia de semilla entre todas las estaciones a lo largo del experimento en cada una de las profundidades, mostró una tendencia descendente (Figura 13), este cambio fue más notorio en la profundidad de 1 metro con la mayor abundancia; cuando en la tercera serie (Sep-Oct) del primer periodo de tiempo, la abundancia disminuyó drásticamente propiciando un descenso de la semilla que se fijaba a casi la mitad. En las profundidades de 4 y 7 metros la tendencia descendente se detuvo a partir de septiembre, en donde la colecta se estandarizó en alrededor de 50 semillas entre todas las estaciones en cada serie de tiempo, hasta el final del experimento.

### **6.2.1.3- ABUNDANCIA TOTAL**

Durante el análisis exploratorio de la abundancia total, se encontró que al aplicar el modelo gráfico de Box and Wisker se logró representar a la colecta considerando simultáneamente las variables de profundidad y tiempo (Figura 14).

Se encontró que las mayores abundancias (representadas en el modelo con la media (cajas) y dispersión (bigotes) se concentraron hacia la profundidad de 1 metro y éstas disminuyeron progresivamente hacia los 4 y 7 metros de profundidad en todas las estaciones, este resultado se nota claramente al observar que cuando disminuye la abundancia, las cajas van perdiendo dimensiones producto de una media pequeña y en consecuencia de un menor error estándar (bigotes).

Con base a este mismo criterio resaltan las estaciones que presentaron las cajas más largas (mayores abundancias), destacando a 1 metro de profundidad las estaciones de Caimancito, El Mogote, Punta Colorada, Isla Gaviota, Balandra y la Isla Ballena. A los 4 metros de profundidad La Isla Gaviota, Punta Colorada, El Mogote, Isla Ballena y Las Cuevitaš. Finalmente a 7 metros La Isla Gaviota, Punta Colorada, El Empacho y Las Cuevitas. Es necesario mencionar que de todas estas estaciones, destacaron por su abundancia las que se instalaron entre El Mogote y Balandra.

En relación con los periodos de tiempo se observó un comportamiento donde las mayores abundancias se encontraron en las tres primeras series de tiempo (Julio a Octubre), siendo más marcado en las estaciones del lado peninsular de la bahía (Mogote a Balandra) y hacia la profundidad de 1 metro, sin embargo en las estaciones Insulares (San Gabriel a El Embudo) este comportamiento se invierte en las estaciones de la Ballena y Las Cuevitas donde sus mayores abundancias se encontraron en las tres últimas series de tiempo (Septiembre a Diciembre) y en las profundidades de 4 y 7 metros.

#### **6.2.1.4 PROMEDIOS MOVILES**

En el análisis de promedios móviles además de ser un análisis exploratorio, es un análisis cronológico de tendencia, donde se observa que las mayores abundancias se dieron en los periodos de Julio a Septiembre en todas las

estaciones y continuando hasta Octubre en las estaciones peninsulares (Figura 15). El gráfico nos muestra una tendencia a mayores valores en las estaciones Mogote, Caimancito, Punta Colorada, Gaviota, Ballena y Las Cuevitas, notándose una significativa disminución en las estaciones Balandra, San Gabriel y Embudo. Es importante notar que la estación Gaviota destaca por sus valores con relación a la mayoría de las series de tiempo. También se observa que la disminución en las abundancias de las estaciones Balandra y San Gabriel delimitan a las estaciones a partir del Canal de San Lorenzo.

#### **6.2.1.5. ANÁLISIS DE CLUSTER**

El análisis de Cluster o de racimos, agrupó a las estaciones con base en la media que presentaron a través del tiempo. El análisis formó 4 racimos de datos o clusters (Figura 16), el primero de ellos se integró con las estaciones Mogote, Caimancito y Punta Colorada. El segundo incluyó únicamente a la estación Gaviota, la cual destacó por separarse a mayor distancia de las demás, el tercero grupo congregó a las estaciones de La Ballena y Las Cuevitas. Finalmente en el cuarto grupo se encontraron las estaciones de Balandra, San Gabriel, Empacho y Embudo.

El criterio del análisis como se mencionó, es agrupar a las estaciones que presentaban medias o abundancias similares (Figura 17), el estadístico en cuestión determinó que la estación Gaviota formaba parte de un solo racimo, debido a que su abundancia promedio se encontró arriba de 80 semillas desde julio hasta finales de septiembre; muy por encima del promedio conjunto de las estaciones más cercanas. El segundo grupo en importancia lo conformaron las estaciones Mogote, Caimancito y Punta colorada, la media conjunta de estos sitios fue de aproximadamente 50 semillas por serie de tiempo, promedio que mantuvieron hasta mediados de Octubre.

El tercer grupo lo conformaron las estaciones de La Ballena y Las Cuevitas, las cuales presentaron una abundancia promedio de alrededor de 30 semillas, concentrándose éstas en las dos últimas series de tiempo y que abarcaron aproximadamente los meses de octubre hasta principios de diciembre. El último racimo lo conformaron las estaciones que presentaron un promedio conjunto de 15 semillas por serie de tiempo y fueron las estaciones Balandra, San Gabriel, Empacho y Embudo, de éstas se identifica que tres de ellas se encuentran en los extremos de la zona de estudio, una en el norte de la zona peninsular de la bahía (Balandra) y las otras dos en los extremos de la Isla Espíritu Santo (San Gabriel y Embudo).

Con base a los resultados del análisis exploratorio y la tendencia a diferenciar la zona de estudio en dos áreas importantes, a partir de ahora denominaremos como “Zona Peninsular” a las estaciones Mogote, Caimancito, Punta Colorada, Gaviota y Balandra y “Zona Insular” al grupo de estaciones de San Gabriel, Empacho, Ballena, Las Cuevitas y Embudo. Esta delimitación se utilizará cuando los análisis requieran una mayor precisión para denotar el resultado.

## **6.2.2 ANÁLISIS DE LOS DATOS**

### **6.2.2.1 ÍNDICE DE VALOR DE IMPORTANCIA**

Para obtener el índice de valor de importancia, se obtuvieron los parámetros de la Abundancia Relativa –A.R.–, éste nos permitió analizar los resultados de la abundancia, observándolos como valores porcentuales en cada una de las series de tiempo durante el experimento (Figura 18); En ella se encontró de forma más definida la división entre las zonas peninsular e insular.

En la zona peninsular destacó por su A.R. la estación Gaviota, que mantuvo un porcentaje de alrededor del 20 % de la captación en casi todas las series de tiempo, aunado a la fijación en Punta Colorada, donde se presentó un aumento en la fijación hasta del 25% en los periodos de Septiembre-Octubre y Septiembre-Diciembre. En la zona insular se desprenden por su abundancia relativa, las estaciones de Ballena y Las Cuevitas, la primera por mantener sus valores alrededor del 10% de la captación por serie la mayor parte del tiempo y Las Cuevitas por presentar un aumento considerable hacia el final del periodo de estudio, denotándose del resto de las estaciones con una abundancia relativa del 35% a finales de noviembre, esta abundancia solo fue comparable con la registrada en la estación de Punta Colorada con el 30% de la captación en la misma época.

El resultado del IVI nos mostró el orden jerárquico con base a la abundancia y la frecuencia relativa entre todas las estaciones (Figura 19), en éste se encontró que las primeras estaciones peninsulares mostraron los valores más altos destacando en primer lugar la estación Gaviota seguida de Punta Colorada y Caimancito, a continuación el análisis le dió un mayor peso a las estaciones insulares de mayor abundancia que fueron Las Cuevitas y Ballena. En sexto y séptimo lugar se ubicaron las estaciones de Mogote y Empacho que tuvieron poca fluctuación entre sus niveles de abundancia y finalmente se ubicaron las estaciones con menor abundancia en todo el sistema y que son los límites de las dos zonas principales: Balandra, Embudo y San Gabriel.

#### **6.2.2.2. COMPONENTES PRINCIPALES**

Al aplicar un análisis de componentes principales, se encontró que intervenían dos factores, el primero de estos presentaba el 42.34% de la varianza de la abundancia entre las estaciones y considerando el 42.34% de la explicación de los datos y el factor 2 con un 26.43% de la varianza y el 68.78% de la explicación de la abundancia.



Al analizar el gráfico con los componentes principales (Figura 20), se encontró que por su posición en los cuadrantes, el factor 1 esta más relacionado con la variable tiempo, junto con la estación Las Cuevitas (Cue); ambas se encuentran en el cuadrante negativo y en posición contraria a las estaciones Gaviota y Empacho. Con el Factor 2 se encontró más relacionada la variable de la profundidad, que se localizó también en el cuadrante negativo, pero cargada hacia el eje X, esta variable se localizó en posición contraria a la mayoría de las estaciones, las cuales se encuentran casi todas relacionadas en el cuadrante positivo por lo que su relación es inversa.

Al analizar a las estaciones, encontramos que se encuentran muy cercanas las estaciones Ballena y Mogote que tuvieron abundancias muy similares y en otro grupo Caimancito, Balandra y Punta Colorada, que se caracterizaron por presentar fluctuaciones importantes; de manera más dispersa se encuentran Empacho y Embudo que presentaron pocas fluctuaciones en su abundancia y en posición aislada la estación Gaviota de mayor abundancia; San Gabriel se localizó en una posición antagónica a las demás, esta estación fue la que presentó la de menor abundancia del sistema.

### **6.2.2.3. PRUEBA DE CHI-CUADRADA**

Para aplicar las pruebas estadísticas, se realizó una prueba de bondad de ajuste de  $\chi^2$  para corroborar la normalidad de los datos de abundancia entre las estaciones y se obtuvo un valor de  $\chi^2 = 955.61$ , con 16 grados de libertad y  $P < .001$ , por lo que las medias presentan diferencias altamente significativas, Este resultado nos muestra que los datos no presentaron una distribución normal, sino una gran diversidad de medias.

#### **6.2.2.4. KRUSKAL-WALLIS**

Con base en los resultados de la prueba de bondad de ajuste, se decidió aplicar a los datos una pruebas de comparación de rangos múltiples de Kruskal-Wallis. Con base en los resultados exploratorios se decidió aplicar por separado la prueba a las dos zonas en que se dividió el área de estudio, es decir las zonas peninsular e insular.

##### **6.2.2.4.1 ESTACIONES PENINSULARES**

Al aplicar la prueba para comparar la abundancia entre éstas estaciones, se encontró que existían diferencias significativas entre ellas,  $P \leq .05$ ; Para identificar estas diferencias al analizar la suma de rangos múltiples, se encontró que la estación de mayor influencia fue la estación Gaviota (1071), seguida de Punta Colorada (904.5), Caimancito (737.5), Mogote (737) y finalmente Balandra (583.5).

Al comparar las abundancias por estación con relación al tiempo y la profundidad (tabla 3), se identificó que en el caso del tiempo las estaciones, Gaviota y Balandra presentaron diferencias altamente significativas  $H(4, N=90)$ ,  $P \leq .001$ . Al analizar la tabla de rangos múltiples (tabla 4), se encontró que los valores más representativos correspondieron a las primeras dos series de tiempo de Julio-Agosto y Julio-Septiembre en ambas estaciones. En relación con la profundidad se encontró que las estaciones Mogote, Caimancito y Punta Colorada presentaron diferencias altamente significativas ( $P \leq .001$ ) y la estación Balandra diferencias significativas ( $P \leq .05$ ) y en el caso de la estación Gaviota fue la única que no presento diferencias ( $P = .463$ ). Al revisar la tabla de rangos múltiples, se detectó que los valores más altos se presentaron hacia la profundidad de 1m en todas las estaciones.

#### **6.2.2.4.2 ESTACIONES INSULARES**

Al aplicar la prueba para comparar la abundancia entre las estaciones insulares, encontramos que existieron diferencias altamente significativas entre ellas,  $H(4, N=90) F=24.0509 (P \leq .001)$ ; Al analizar la suma de rangos múltiples para identificar los valores más altos, estos fueron Las Cuevitas (1069) y Ballena (1016), seguida de Empacho (951.5), Embudo (574) y finalmente San Gabriel (483.5).

Tomando en cuenta la prueba en relación con el tiempo y la profundidad (tabla 5) encontramos que en el primer caso, las series de tiempo presentaron diferencias significativas ( $P \leq .05$ ) en la estación Empacho y altamente significativas ( $P \leq .001$ ) en las estaciones Ballena y Las Cuevitas. Revisando los valores de rangos múltiples (tabla 6) se encontró que los valores más altos, se identificaron en las primeras series de tiempo de Julio-Agosto y Julio-Septiembre en las estaciones Empacho y Ballena. En el caso de la estación Las Cuevitas estos valores se encontraron en las dos últimas series de tiempo, correspondientes a Septiembre-Noviembre y Septiembre-Diciembre.

Analizando la prueba en relación con la profundidad, se detectó que existieron diferencias significativas en la estación San Gabriel ( $P \leq .05$ ) y altamente significativas en la estación Ballena ( $P \leq .001$ ), al analizar los rangos múltiples encontramos que los valores más importantes en San Gabriel se encontraron a 7 y 4m respectivamente y en La Ballena a 1 y 4 m de profundidad.

#### **6.2.2.5 TASA DE FIJACION**

Para estandarizar los datos éstos fueron convertidos en tasa de fijación por medio de la fórmula propuesta por Knuckey (1995). Con esta formula las abundancias se convirtieron en tasas proporcionales que reflejaron los valores de

captación durante la colecta. Para corroborar su confiabilidad, se confrontaron las abundancias obtenidas vs. las tasas de fijación (T.F.) por medio de una prueba de correlación de Sperman, encontrándose para todos los casos (tiempo y profundidad) el valor de correlación fue igual a 1, lo cual indica una relación directa entre la tasa de fijación y la abundancia (Tabla 7).

Al graficar los datos obtenidos de TF (Figura 21) se evidenció que el comportamiento es idéntico al mostrado en las gráficas de abundancia (Figuras 12,13, 15 y 18), en donde se denota una mayor abundancia hacia la zona peninsular y una menor magnitud en la zona de la Isla Espíritu Santo. En la zona peninsular se observa que las series de tiempo con tasa más alta fueron Julio-Agosto, Julio-Septiembre y Septiembre-Octubre. Las estaciones con mayor TF fueron Mogote, Caimancito, Punta Colorada y Gaviota, resaltando esta última por presentar una tasa por encima de las demás estaciones.

En las estaciones insulares, la estación Ballena presentó una mayor tasa de fijación con relación a las demás y la estación las Cuevitas presentó un valor alto en las últimas series de tiempo, Septiembre-Noviembre y Septiembre-Diciembre.

Analizando las TF por profundidad (Figura 22) observamos que en la zona peninsular las mayores tasas se encontraron a 1 metro de profundidad y la repartición batimétrica fue proporcional disminuyendo hacia los 4 y 7 metros, a excepción de Gaviota donde sus valores fueron muy similares a 1 y 4 metros. En la zona insular la tasa de fijación estuvo muy relacionada entre todas las estaciones a 4 y 7 m, a excepción de la estación Ballena con una fijación importante a 1m de profundidad durante el inicio del periodo de estudio.

#### **6.2.2.6 ANALISIS DE VARIANCIA**

Con los valores estandarizados de la tasa de fijación, se aplicaron análisis de variancia de dos vías para determinar la influencia de las variables profundidad y tiempo sobre las estaciones (tabla 8), encontrándose primeramente que al

comparar las series de tiempo contra las estaciones, se encontraron diferencias altamente significativas ( $P \leq 0.001$ ), sin embargo no se encontraron éstas cuando se aplicó el efecto combinado de estos factores ( $P = 0.92$ ). En seguida al comparar la abundancia en las estaciones contra la profundidad, se encontró que existieron diferencias altamente significativas ( $P \leq 0.001$ ), así como en el efecto combinado de ambas.

Este análisis nos da una visión general de que existieron diferencias altamente significativas entre las estaciones con relación a la profundidad y el tiempo para todos los casos. Con base en estos resultados y para poder precisar cuales fueron las variables que influyeron en cada una de las estaciones, se aplicó la misma prueba aplicando el criterio para las zonas peninsular e insular.

Aplicando el análisis en las estaciones peninsulares (tabla 9) encontramos que se presentaron diferencias altamente significativas en relación a las series de tiempo y por profundidad ( $P \leq 0.001$ ), pero no entre las estaciones, ni al aplicar la prueba al efecto combinado de las variables con éstas, es decir, el efecto del tiempo y la profundidad influyó de igual manera en todas las estaciones peninsulares y el efecto de cada variable fue independiente.

Al analizar los resultados de los grupos homogéneos por series de tiempo (tabla 10), encontramos que las diferencias se dieron al formarse tres grupos principales, de éstos destacan en el primero Jul-Ago y Jul-Sep que fueron los de mayor abundancia, junto con Sep-Oct que fue la primera serie en el segundo periodo de tiempo, en el segundo grupo destacan las series con poca abundancia que fueron Jul-Oct y Sep-Nov y por último en el tercero Sep-Dic con la serie de menor abundancia. En la misma tabla pero con relación a la profundidad, las diferencias se identificaron por la formación de dos grupos, de donde se desprende únicamente con la mayor magnitud la profundidad de 1 metro y un segundo grupo con las profundidades de 4m y 7m.

Analizando en la tabla los resultados entre las estaciones, observamos que a pesar de que no se encontraron diferencias significativas entre ellas, destaca por la media que presenta la estación Gaviota, seguida de las estaciones Caimancito y Punta Colorada y finalmente Mogote y Balandra que presentaron la menor abundancia.

En el caso de las estaciones insulares (tabla 11) se encontró que existieron diferencias altamente significativas ( $P \leq .001$ ) entre las abundancias de las estaciones con relación a las series de tiempo, pero no en el efecto combinado de éstas. Al comparar las profundidades encontramos que no existieron diferencias significativas entre ellas; sin embargo sí se encontraron diferencias altamente significativas ( $P \leq .001$ ) entre las estaciones, las cuales se confirmaron al comparar el efecto combinado de esta variable con las estaciones, donde se encontraron diferencias significativas ( $P \leq .05$ )

Para identificar las diferencias entre las series de tiempo, se detectó que en las tabla de los grupos homogéneos (tabla 12) se formaron tres grupos de los cuales en el primero destacaron por su abundancia las series Jul-Ago y Jul-Sep, que fueron las dos primeras series con que inició el experimento y en el tercer grupo con la menor abundancia las series Jul-Oct y Sep-Dic, que representaron la última serie de las dos épocas de captación.

En la misma tabla al buscar las diferencias entre las estaciones con relación al tiempo, se encontró que las mayores abundancias se encontraron en el grupo de las estaciones Embudo, Las Cuevitas y Ballena. En un segundo grupo con menor magnitud encontramos a El Empacho y San Gabriel.

En relación con la profundidad a pesar de no encontrarse diferencias sigificativas (tabla 13), se encontró que la media de mayor magnitud en la tabla se ubicó en la profundidad de 1 metro. Analizando las estaciones insulares, encontramos que las estaciones de mayor abundancia fueron La Ballena

(destacando de este grupo), Las Cuevitas y Empacho. En un segundo grupo se concentraron las de menor abundancia con El Embudo y San Gabriel, identificándose éstas como las estaciones que se ubicaron en los extremos del complejo insular de Espíritu Santo. En la figura 23, se representó la abundancia enmarcando los grupos homogéneos y se observa que las diferencias se centraron en La Ballena a 1 y 4 metros y en Las Cuevitas a 4 y 7 metros

#### **6.2.2.7 ANÁLISIS DE DISCRIMINATES O PRUEBA DE SIGNOS**

Aplicando el análisis de discriminantes observamos que los valores de Wilk's Lambda (WL) para las diferentes series de tiempo entre todas las estaciones se encuentran muy cercanos a 0, lo cual denota un fuerte valor de discriminación (tabla14). En este caso se presentaron los valores más cercanos a éste factor en los periodos de Julio-Agosto y Julio-Septiembre que registraron las mayores abundancias, así mismo estos resultados coinciden con las medias de la función de discriminación (raíz), donde los valores positivos representan el factor de mayor peso y el valor negativo es el valor discriminado. En este caso las medias positivas de mayor magnitud se obtuvieron en las primeras dos series de tiempo, coincidiendo con los valores de mayor influencia de WL; Las siguientes series de tiempo con mayor influencia fueron Sep-Nov y Jul-Oct, reflejándose esta última con mayor fuerza a través de la media de la raíz; además de que el porcentaje acumulado (explicación de la varianza) se encuentra cercano a 1, lo que permite suponer un alto rango de confiabilidad en el resultado.

Interpretando la gráfica de los valores de discriminación durante las series de tiempo los valores discriminados tienden a agregarse, en la figura 24 se observa que las series de tiempo de menor abundancia (Sep-Nov y Sep-Dic) se concentraron hacia el centro del gráfico, seguidas de la serie Jul-Oct. Las series que presentaron mayores abundancias y que fueron Jul-Ago, Jul-Sep y Sep-Oct se encuentran más dispersas debido a que presentaron diferencias entre estaciones y por profundidad

### 6.2.2.7.1 ESTACIONES PENINSULARES

Para aplicar la prueba del análisis de discriminantes en relación con la profundidad, se aplicó el criterio de las zonas independientes, ya que esta variable reflejó cambios más claros de la abundancia entre las estaciones que el tiempo. En el análisis de la abundancia por profundidad con relación al tiempo encontramos que los valores de WL fueron mayores que en el caso anterior, lo cual denota que esta prueba presenta una menor fuerza para representar el efecto combinado de las variables, así mismo muestra (tabla 15) que los valores cercanos a 0 se presentaron en Sep-Dic y Jul-Oct respectivamente y que fueron en general de las series de tiempo con menor abundancia, aumentando el valor de WL hacia las series de mayor abundancia. Sin embargo al observar las funciones de discriminación encontramos que las medias que representan una mayor influencia se encuentran en Jul-Ago, Jul-Oct y Jul-Sep, es decir en el primer periodo de tiempo.

Comparando los resultados encontrados, con la tabla 16 de valores de discriminación de las estaciones entre las series de tiempo, encontramos que las estaciones que influyeron en cada serie de tiempo fueron en Jul-Sep La Gaviota y Punta Colorada, en Jul-Oct todas las estaciones presentan medias positivas, destacando Gaviota, Balandra y Caimancito y en Sep-Dic fueron Mogote, Caimancito, Punta Colorada y Gaviota. También identificamos que en la Isla Gaviota se encontraron las medias positivas más altas entre las estaciones en cada serie de tiempo a excepción de Punta Colorada en Sep-Dic.

Reconociendo los valores de discriminación de las estaciones entre la profundidad, se identifican fácilmente en la figura 25 los tres grupos de profundidad; se observa que las únicas estaciones similares fueron Gaviota a 4 metros y Caimancito a 7 metros; el principal efecto de discriminación se observa en las estaciones a 1 metro, debido a que tienden a agregarse hacia el lado negativo de la gráfica y se entiende que éstas son discriminadas por presentar la



mayor abundancia. Comparando los valores de discriminación de la profundidad por el tiempo y que presentan un valor de fuerza de discriminación de  $WL=.0936195$ , reflejan la importancia de la profundidad en el experimento (tabla 17). Los únicos valores negativos se presentaron en Jul-Sep para todas las profundidades. Las medias positivas de mayor valor se encontraron a 1 metro en Jul-Ago, Sep-Oct y Sep-Nov, y a 4 metros en Jul-Oct y Sep-Dic.

#### **6.2.2.7.2 ESTACIONES INSULARES**

Aplicando el análisis a las estaciones insulares considerando a la profundidad con relación a las series de tiempo (tabla 18), se observa que los valores de WL son similares a 0 mostrando una importante fuerza de discriminación, encontrándose los valores de mayor peso en las series de Julio-Octubre y Septiembre-Octubre, de estos encontramos que en la primera función discriminadora se encuentra el valor mas alto en Jul-Oct, seguido de Septiembre-Noviembre en ambas raíces.

Graficando los valores de la profundidad con relación al tiempo, observamos en la figura 26, los valores a 1 metro entre las diferentes estaciones tienden a encontrarse un poco más cercanos y tendidos hacia el lado izquierdo de la gráfica, por lo que son los valores más discriminados, contrariamente a lo que sucede a los 4 y 7 metros que se encuentran hacia el lado derecho, de éstos se observa que los valores de 4 metros se encuentran un poco más dispersos que los de 7 metros, lo que denota que existió una mayor diversidad de abundancias hacia esta profundidad.

Analizando los valores de las profundidades con relación al tiempo (tabla 19) encontramos que los mayores valores positivos se encontraron 4 y 7 metros de profundidad en la serie de Julio-Octubre. También se identificó que los valores que les siguieron fueron a los 4 metros en Sep-Nov y a los 7 metros en Sep-Dic; La profundidad de 1 metro obtuvo su valor más alto en Sep-Oct. Esto denota que

las fijaciones importantes en la Isla Espiritu Santo se dieron en el segundo periodo de tiempo y en el fondo de las estaciones. Con relación a los mismos valores pero considerando a las estaciones, en la tabla 20 identificamos que los valores positivos más altos se encontraron en El Empacho y Ballena en los periodos de Julio-Agosto y Julio-Septiembre y en Las Cuevitas y El Embudo a partir de Julio-Octubre hasta Septiembre-Diciembre. Estos resultados coinciden con los valores de abundancia donde El Empacho y Ballena presentaron sus mayores abundancias en los primeros meses a 1 metro y en el caso de Las Cuevitas estas se encontraron a 4 y 7 metros desde el periodo Septiembre-Octubre.

#### **6.2.2.7.3 ANALISIS CONJUNTO**

Considerando el criterio de la prueba de discriminantes de separar con valores positivos los datos de mayor relevancia y minimizar con números negativos los datos de menor influencia, se pudo representar gráficamente los patrones de distribución de la semilla por profundidad en cada una de las series de tiempo (Figura 27). Ello en el entendido de que esta representación gráfica permite comprender mejor el proceso de captación de semilla en La Bahía de La Paz, a su vez, el gráfico permite identificar la división de la bahía en dos importantes regiones o áreas, la zona peninsular y la zona insular, ambas separadas por el Canal de San Lorenzo (en cuyos límites se ubican las estaciones Balandra y San Gabriel, caracterizadas por sus bajas abundancias).

Parece claro que del lado izquierdo de las gráficas la abundancia de semilla en las primeras estaciones (Mogote, Caimancito y Punta Colorada) es relativamente mayor y constante que en el resto de las estaciones, lo cual sugiere que son puntos que permiten la existencia continua de larvas en fijación. Nuevamente, la estación Gaviota se ubica con la mayor abundancia desde el inicio del experimento hasta principios del mes de noviembre, manteniendo registros batimétricos proporcionales en las tres profundidades. Por último, del lado derecho

en la zona insular las estaciones Empacho, Ballena y Las Cuevitas se colocaron como las estaciones de mayor influencia, destacando la Ballena por su abundancia respectivamente (desde julio hasta principios de septiembre) y Las Cuevitas (desde septiembre a finales de noviembre). El Empacho mantuvo una abundancia constante e intermedia entre las estaciones del Canal de San Lorenzo (San Gabriel y Embudo) y aquellas otras descritas como de mayor influencia, lo que la ubica como una estación con características similares a El Mogote.

Batimétricamente, se pudo comprobar que las incidencias más altas de semilla se dieron en los primeros 4 metros de profundidad a lo largo de todas las estaciones peninsulares. No obstante, excepción de ello fue la Isla Gaviota, en la que hubo registros de fijación en todas las profundidades. Por el contrario, en la zona insular las fijaciones se presentaron principalmente entre los 4 y 7 m de profundidad y al final del periodo de estudio entre los meses de Octubre a Diciembre.

## **6.3 TALLAS**

De las semillas recolectadas se encontró que las tallas promedio oscilaron entre los 2 mm y los 10 mm de altura de la concha entre todas las series de tiempo según lo muestra a tabla 21, así mismo se observa que hay una diferencia entre los promedios de las series que iniciaron en los dos periodos principales de Julio y Septiembre, en ambas los promedios van de menor a mayor, mostrando promedios de 2 a 4 mm en Jul-Ago y Sep-Oct, 4 a 6 mm en Jul-Sep y Sep-Nov, siendo el mismo caso para las últimas series de Jul-Oct y Sep-Dic con 6 a 10 mm.

### **6.3.1 TASA INTRINSECA DE CRECIMIENTO**

Al calcularse la tasa intrínseca de crecimiento (TIC) se encontró que en general ésta fue muy similar en la mayoría de los casos, encontrándose alrededor de .06 y .08 mm/día (tabla 22); Sin embargo al realizar un análisis de varianza para relacionar las tasas de crecimiento entre las estaciones, se obtuvo que

presentaban diferencias altamente significativas ( $P \leq .001$ ), así mismo al realizar el análisis de varianza para comparar las TIC entre las diferentes series de tiempo, se encontró que éstas no presentaban diferencias significativas ( $P = .70$ ).

Al analizar las TIC en relación con la profundidad (tabla 23), se encontró que presentaron diferencias altamente significativas ( $P \leq .001$ ); pero al comparar las profundidades dentro de cada serie de tiempo se observó que no existían estas diferencias ( $P = 0.67$ ) y las medias eran muy similares.

### **6.3.2 PRUEBAS DE CORRELACION DE SPEARMAN**

La tabla 24 muestra los valores obtenidos de las pruebas de correlación de Spearman ( $R_s$ ) donde se observa que en la correlación de la tasa de crecimiento vs. la tasa de fijación los valores son claramente independientes en las estaciones peninsulares (Mogote a Balandra) y presentan una marcada relación directa en las estaciones insulares (San Gabriel a Embudo).

Al correlacionar la talla vs la tasa de crecimiento se observó que todavía hay una tendencia (aunque menos definida) con relación a las estaciones de mayor abundancia, en estas encontramos valores muy bajos que marcan una muy significativa relación independiente(\*), como son Mogote, Caimancito, Gaviota y Cuevitas, sin embargo también encontramos este resultado en la estación el Empacho que siempre presentó una baja abundancia. Así mismo encontramos que las estaciones que marcaron una relación directa (^), no siempre fueron las de menor abundancia como San Gabriel, Balandra y Embudo, sino que encontramos a estaciones como Punta Colorada y Ballena.

Los resultados del ( $R_s$ ) entre la talla y la tasa de fijación muestran una clara relación inversa entre estas variables y tres de las principales estaciones de mayor abundancia en la zona peninsular, que son Mogote, Gaviota y Caimancito destacándose esta última por presentar el valor más alto (- 1.0). En la zona insular

presentaron este mismo comportamiento las estaciones Empacho y Embudo; esta última con uno de los registros más bajos de todo el experimento. Las estaciones Punta Colorada, Balandra, Ballena y las Cuevitas, tuvieron un ( $R_s$ ) muy cercano a cero lo que las ubicó como estaciones con un comportamiento independiente. El único ( $R_{sp}$ ) con una relación directa entre la talla y TF fue la estación San Gabriel con un valor de 0.637.

## 7. DISCUSIÓN

### 7.1. INFLUENCIA DE LOS PARÁMETROS OCEANOGRÁFICOS

Los parámetros oceanográficos del agua de mar que se encontraron durante el estudio se pueden considerar como normales para la zona y época del año donde se registraron. De éstos, la salinidad se ubicó entre los 35 y 36 ppm, que es el promedio de la época de verano-otoño en la Bahía de La Paz (Caceres-Martínez et.al.1992a, Monteforte y Cariño 1992, Bervera-León 1994) debido a que en esta época también disminuye la insolación y la evaporación en las capas superficiales del mar. Por otro lado, la demanda biológica de oxígeno presenta un descenso drástico en la primera mitad del experimento, debido a su relación inversa con la temperatura del agua, la cual va en aumento durante el verano alcanzando valores alrededor de los 29-31°C (Saucedo 1991, Caceres-Martínez et.al.1992a, Monteforte y Garcia-Gasca 1994, Bervera-León 1994, Wright 1997)

Se sabe que la temperatura fue el parámetro de mayor influencia dentro del presente experimento, ello debido, no solo a su importancia dentro del proceso reproductivo de la mayor parte de organismos marinos, incluidos los moluscos bivalvos (Thorson 1950, Gray 1974, Hadfield 1984), sino también porque presenta una relación directamente proporcional con la captación de semilla de muchas de las especies captadas en los colectores artificiales, incluida la madreperla (Saucedo 1991, Monteforte y Garcia-Gasca 1994, Bervera León 1994, Wright 1997). Sin embargo, algunos autores mencionan que el proceso reproductivo de *P. mazatlanica* en La Bahía de La Paz no debe estar determinado únicamente por esta variable, ya que es semicontinuo a lo largo del año, debido a que se han detectado periodos de madurez de baja magnitud hacia finales del invierno en la Isla Espíritu Santo (García-Domínguez et al. 1996); Los autores concluyen que la temperatura no es un factor determinante para definir el evento gametogénico, pudiendo existir otros factores que pueden influir de manera significativa en el desarrollo gonadal de estos organismos. En este sentido, Saucedo (2001)

encontró que los organismos adultos de *P. mazatlanica* acumulan altas reservas energéticas de proteínas, carbohidratos, lípidos y triglicéridos en el músculo aductor y la glándula digestiva durante el invierno y principios de la primavera, mismas que utilizan paulatinamente para iniciar y sustentar la gametogénesis, aumentando con ello el éxito reproductivo de la especie. A su vez, Saucedo et al. (2001) observaron también que el injerto de una pieza de manto durante el proceso de formación de perlas tipo Keshí, estimula y acelera el desarrollo gonadal de los organismos aumentando su éxito reproductivo. Por ello, el injerto de manto en organismos en cultivo bien puede representar otro factor para incrementar las posibilidades de captación de semilla de madreperla en colectores artificiales durante la época de invierno-primavera, sin embargo, es importante reconocer que a pesar de existir esa posibilidad, la época de verano-otoño sigue representando el mejor momento, en términos del registro de las mayores abundancias de semilla recolectada proveniente de bancos naturales (Monteforte y López-López 1990, Cáceres Martínez et al. 1992a, Bervera-León 1994, Monteforte y García-Gasca 1994, Morales 1995, Wright y Monteforte 1995).

Con relación a la transparencia, los valores más bajos en la claridad del agua se registraron en las estaciones peninsulares entre la Bahía de Balandra y El Mogote. Ello es el reflejo de la presencia de zonas más someras que como consecuencia presentan aguas más turbias, como producto del movimiento de las masas de agua, las cuales son más intensas hacia el sur de la bahía (Jiménez-Illescas 1996). Asimismo, la presencia de altos niveles de transparencia en la Isla Espíritu Santo evidencia poca influencia de grandes movimientos de las masas de agua y mejores condiciones para el establecimiento de ostras perleras (Alagarswami 1970, Sims 1992a).

## 7.2. ABUNDANCIA Y DISTRIBUCIÓN DE SEMILLA

La recolecta de madreperla en La Bahía de La Paz se encuentra influenciada por una serie de factores oceanográficos (físicos, físico-químicos, ambientales y biológicos) que permiten inferir la distribución de las larvas en etapa de fijación. Algunas de estas características son ampliamente conocidas para la mayoría de los acuacultores que colectan artificialmente moluscos bivalvos, como lo son la selección del área de colecta, época del año para colocación de colectores, temperatura del agua, profundidad y clima, transparencia del agua, mareas, viento y corrientes (Gray 1974, Quayle and Newkirk 1989). Entre algunos de los factores biológicos que intervienen en la recolecta de semilla se encuentran la época reproductiva, ubicación de las poblaciones, flujo de larvas en el ambiente planctónico y posteriormente características del substrato para atraer exitosamente la(s) especie(es) elegida(s) (Crossland 1957, Thorson 1966, Coeroli 1984).

Se identificaron once diferentes especies de moluscos bivalvos en los colectores artificiales, de las cuales nueve son de importancia comercial (Holguin 1976, Arizpe 1992, 1998). Ello refleja el potencial de recuperación de la Bahía de La Paz, no solo para iniciar y sostener actividades acuaculturales a escala experimental y comercial, sino también para contrarrestar los efectos de la sobrepesca de especies tradicionales, como la almeja mano de león (*Lyropecten subnudosus*), el callo de hacha (*Pinna rugosa*), la almeja catarina (*Argopecten ventricosus*) y la almeja voladora (*Euvola vogdesi*), entre otras y que se encuentran muy disminuídas en la bahía (Perez-Nevarés 1995).

La abundancia y diversidad de las especies que se captan en colectores artificiales, puede no ser un reflejo de la eficiencia del substrato como atrayente para muchas de ellas (Booth 1983, Bervera-León 1994, Cáceres-Martínez et al. 1992b, Feller et al 1992, Monteforte y Bervera 1994, Friedman y Bell 1996), pero mostró que el substrato utilizado en los colectores artificiales fue el adecuado,



debido a que cerca del 46% correspondió a la madreperla. Por tanto, resulta evidente que los substratos ofrecidos durante el experimento a las larvas en etapa de fijación representaron un fuerte atrayente.

Los resultados de fijación indican que al momento de inicio del presente experimento (8 de julio) ya se encontraban suficientes larvas en el agua, sugiriendo con ello la posibilidad de que el desove de los reproductores en el medio natural, se había producido al menos un mes antes de que se sumergieran los colectores. De acuerdo a Saucedo (1995), el desove principal de madreperla en La Bahía de La Paz ocurre entre Agosto y Septiembre, cuando la temperatura del agua alcanza los 29-30°C. Por el contrario, García-Domínguez et al (1996) sostienen que el desove se presenta con diferentes intensidades a lo largo del año, por lo que es posible que en 1995 éste se produjera entre los meses de Mayo a Junio, considerando que posterior a ese evento las larvas derivan en el plancton entre 25 y 30 días (Alagarswami 1970, Monteforte y Bervera 1994).

La época que se presentó de mayor incidencia de semilla (entre Julio y Septiembre) coincide con la publicada en estudios previos desarrollados en la Bahía de La Paz (Monteforte et al. 1990, Cáceres-Martínez et al. 1992a, Monteforte y García-Gasca 1994, Bervera-León 1994); Sin embargo, se puede considerar que para estudios posteriores la época de captación de semilla de madreperla debe abarcar desde el mes de Mayo, con la finalidad de aprovechar lo más posible la presencia en el medio de larvas en etapa de fijación. Por otro lado, las mayores abundancias de semilla coinciden con las descritas para el género *Pinctada* entre 1 y 3 m de profundidad (Crossland 1957, Coeroli 1984, Alagarswami 1970, Monteforte y López-López 1990, Saucedo 1991, Gervis y Sims 1992, Cáceres-Martínez et al. 1992a, Cáceres-Martínez et al. 1992b, Monteforte y García-Gasca 1994, Bervera-León 1994, Beer and Southgate 2000). En el presente estudio más del 50% de la semilla se reclutó a 1 m, reduciéndose la abundancia de manera gradual con la profundidad (cerca del 30% a 4m y el resto a 7 m).

La prueba de componentes principales corroboró que la abundancia en las estaciones y la profundidad presentaron una relación inversa, es decir, a mayor profundidad menos semilla; Igualmente, el análisis de discriminantes demostró que los valores más similares se registraron a 4 y 7 m, excluyéndose para todos los casos las abundancias obtenidas a 1 m, las cuales se diferenciaron por presentar las mayores abundancias.

A partir de los resultados obtenidos en este estudio, se puede clasificar a las estaciones en la Bahía de La Paz en cuatro grandes grupos definidos por la abundancia de semilla. El primer grupo lo conforma la estación Isla Gaviota, en donde se registraron las mayores abundancias de semilla de todas las especies, particularmente de madreperla. Prueba de ello son los análisis estadísticos utilizados y que arrojaron diferencias altamente significativas con respecto a las demás estaciones, tanto en las variables profundidad como en tiempo; El segundo grupo lo conformaron las estaciones El Mogote, Caimancito y Punta Colorada, dentro de la zona peninsular y que se caracterizaron por presentar una abundancia relativamente constante a lo largo del experimento, en tanto que el tercer grupo estuvo integrado por las estaciones Empacho, Ballena y Las Cuevitas, en la parte media de la Isla Espíritu Santo; estas destacaron por presentar las mayores abundancias de la isla, pero en menor magnitud que las del lado peninsular; Finalmente, el cuarto grupo quedó conformado por los extremos del canal de San Lorenzo y de la zona insular con las estaciones Embudo, San Gabriel, y Balandra, es importante señalar que estas estaciones reflejan la presencia de canales que representan barreras o zonas con corrientes dinámicas que no favorecen el establecimiento de larvas de bivalvos (Gray 1974, Gervis y Sims 1992, Beer and Southgate 2000). En este sentido, cada grupo presenta características particulares que decididamente influyeron en los diferentes patrones de captación, identificando sitios específicos con características particulares a lo largo de la red de estaciones.

Para poder explicar el comportamiento de la fijación de *P. mazatlanica* en La Bahía de La Paz es necesario entender los factores que influyen en el establecimiento de los organismos bentónicos y que determinan más adelante sus patrones de distribución. Primeramente, es importante considerar que a diferencia de los organismos móviles, donde las larvas no presentan una selectividad aparente para escoger un sustrato, ya que el organismo determina posteriormente sus mejores condiciones de hábitat (Gray 1974), las larvas de organismos sésiles presentan un alto grado de selectividad por los sustratos en los que se asientan (Thorson 1966, Hadfield 1978, 1984, Quayle and Newkirk 1989, Feller et al 1992, Harvey y Bourget 1995), debido a que las condiciones definitivas del hábitat donde se establezcan estarán íntimamente relacionados con el desarrollo del organismo adulto (Gray 1974, Hadfield 1977).

La larva veliger de *P. mazatlanica* no presenta motilidad aparente, y más bien parece claro que su estrategia de desplazamiento es derivar y navegar en el plancton mientras es transportada por las corrientes; Por ello, la distribución final de los estadios adultos de la especie se encuentra gobernada por la habilidad de sus larvas para encontrar un sustrato adecuado (Alagarwami 1970, Gray 1974, Booth 1983, Coeroli 1984, Monteforte y López-López 1990, Gervis y Sims 1992, Cáceres et al. 1992a, Cáceres et al. 1992b, Monteforte y García-Gasca 1994, Bervera-León 1994, Beer and Southgate 2000).

Así mismo, el número de sustratos naturales disponibles y viables para cada especie en cada localidad al momento del establecimiento, es significativamente menor al número de especies competidoras que la acompañan, por ello la fijación de las especies de moluscos bivalvos en colectores artificiales refleja solamente la presencia de larvas competentes para establecerse en un tiempo dado, pero no necesariamente justifica la presencia de poblaciones en sustratos naturales (Gray 1974), debido a que éstas se encuentran influenciadas por un gran número de factores físicos, y biológicos (Alagarwami 1970, Gervis y Sims 1992, Taylor 1999, Beer and Southgate 2000); Con base en lo anterior, se

concluye que es indispensable conocer el patrón de corrientes dentro de la bahía, para determinar su grado de influencia en los patrones de distribución de esta especie.

La Bahía de La Paz presenta un sistema de marea semidiurno, y los mecanismos que inducen la circulación de las corrientes son principalmente las mareas y el viento, existen dos vías principales de comunicación entre el Mar de Cortez y la Bahía de La Paz (Murillo 1987), a saber “La Boca Grande” o “Boca Norte” (que se localiza desde Los Islotes, en el extremo Norte de la Isla Partida hasta Punta El Mechudo en la costa Norte peninsular) y El Canal de San Lorenzo (que se encuentra entre Bahía de Balandra y La Isla Espíritu Santo). Ambas vías funcionan como canales de flujo (pleamar) y reflujo (bajamar), como producto de mareas que presentan velocidades de 1 a 2 m/seg. Ello tomando en cuenta que la velocidad promedio de flujo que se presenta en el interior de la bahía es tan solo de 0.5 m/seg. Por ello, estos canales son mecanismos importantes de transporte e intercambio de masas de agua con el Mar de Cortez, y su influencia es directamente proporcional a su envergadura (Obeso et al. 1993, Jiménez-Illescas 1996).

La dirección dominante de la corriente de agua penetra por la Boca Norte y sigue la costa Oeste de la bahía hacia el Sur, manteniendo un esfuerzo continuo sobre la costa que solo es reducido con los cambios de la marea. Este esfuerzo continuo se ve amplificado por la presencia de los vientos medios del Norte y del Noroeste (10 m/seg), que son los dominantes la mayor parte del año. Este flujo combinado aumenta la capacidad de transporte de la corriente, el cual se ve reflejado físicamente con la presencia de la barra arenosa de El Mogote y la creación de La Ensenada de La Paz (Jiménez-Illescas 1996). Después de concluir su recorrido por la costa del Mogote, la corriente cambia de dirección hacia el Este para encontrarse con la Playa El Caimancito y Punta Prieta, donde nuevamente cambia de dirección en función del periodo de la marea; durante la bajamar una parte de dicha corriente ingresa a la ensenada, mientras que durante la pleamar

ésta se dirige hacia el Canal de San Lorenzo. Ya en el canal, la dirección de la corriente se encuentra directamente influenciada por el régimen de mareas, alcanzando altas velocidades en las zonas de menor profundidad. A partir de ahí, la corriente puede viajar por la costa hacia el Mar de Cortez durante la pleamar superior o ingresar agua a la bahía (en sentido contrario) durante la bajamar, generando giros a su ingreso por la presencia de las Islas Gaviota y San Juan Nepomuceno (Jiménez-Illescas et al. 1997).

Toda vez que la dirección predominante de la corriente viaja en forma paralela a la costa y provoca la mayor cantidad de efectos combinados entre la marea y los vientos al llegar a la costa oriental (donde se encuentran las estaciones), se puede relacionar su influencia con la abundancia en los colectores artificiales, sobre todo en las estaciones peninsulares que se ubicaron en el paso principal de la corriente. Ello a su vez considerando que los mejores sitios para instalar colectores deben estar relacionados con la dirección de la corriente y la formación de remolinos (Booth 1983, Sims 1992a, Gervis y Sims 1992). La ubicación de la estación Mogote enfrente de la barra arenosa del mismo nombre, le permitió encontrarse a la entrada del sistema y por su posición geográfica estratégica, recibió el paso principal de la corriente, por lo que obtuvo una fijación constante de semilla con escasa fluctuación, el transporte dominante impulsado por el viento y la corriente constante proveniente del Norte de la bahía puede ser la causa de este efecto sobre la estación.

Por otro lado, las estaciones cercanas de Caimancito y Punta Colorada se encuentran en una zona de transición en donde ocurren cambios constantes de velocidad de la corriente, como producto de las mareas. Esta característica permite que las masas de agua se estacionen temporalmente en esa zona por el retraso de la pleamar que provoca que la onda de marea se frene conforme se propaga hacia las zonas someras (Jiménez-Illescas 1993). Esta característica pudo ser la razón de que presentaran abundancias similares en profundidad y en tiempo, quedando ligadas por el análisis de cluster destacando ligeramente la

estación Caimancito, por presentar mayores abundancias a 1 m de profundidad. Este resultado indica que éstas estaciones se pudieron ver influenciadas por el flujo principal de la corriente y por el efecto de la marea, por lo que junto con El Mogote, se consolidaron como el grupo de entrada al sistema. En el análisis del índice de valor de importancia estas tres estaciones se ubicaron como las de mayor influencia después de la estación Gaviota, resultado que se confirma con lo registrado por Cáceres-Martínez (1992a), donde menciona que las zonas de mayor abundancia de larvas en fijación se encuentran entre Punta Colorada y la Isla Gaviota

La estación Gaviota presentó una abundancia extraordinaria, no solo en términos batimétricos, sino a través del tiempo confirmándose su posición privilegiada como sitio de recolecta (Monteforte y López-López 1990, Cáceres-Martínez 1992a, Cáceres-Martínez et al. 1992b, Monteforte y García-Gasca 1994, Bervera-León 1994, Monteforte & Wright 1994). Por su localización geográfica, la Isla Gaviota se encuentra influenciada directamente por los mecanismos que rigen al Canal de San Lorenzo, es decir, pertenece a una zona de gran intensidad y pequeños giros anticiclónicos, producto del movimiento de las corrientes por los cambios del nivel medio del mar sobre todo durante el reflujo (bajamar) y en contra de los vientos del norte que favorecen el transporte de agua de las capas superficiales, lo que genera un retraso en el tiempo de residencia en las inmediaciones de ésta isla.

Aunado a eso, la influencia por el transporte impulsado por el viento genera un gran sistema de giro anticiclónico que se localiza en la parte media de la bahía, entre la isla Nepomuceno y San Juan de la Costa que es retroalimentado con la corriente que proviene del Norte y la corriente que ingresa por el Canal de San Lorenzo (Jiménez-Illescas 1996), arrastrando una gran cantidad de material biológico que se incorpora al sistema y que al girar para dirigirse a San Juan de La Costa pasa por la isla, corroborándose que la instalación de colectores en lugares de importante paso de corrientes y giros anticiclónicos influyen en la recolecta

(Crossland 1957, Alagarswami 1970, Booth 1983, Coeroli 1984, Gervis y Sims 1992, Monteforte y García-Gasca 1994, Haws et al. 1994, Beer and Southgate 2000). Este mismo sistema principal de giro anticiclónico pasa por las estaciones Mogote, Caimancito y Punta Colorada, pero las características por la posición, los pequeños giros anticiclónicos enfrente de esta isla durante la bajamar y el efecto de los vientos encontrados, le permiten mantener atrapadas a sus aguas circundantes.

La estación Balandra, aunque presentó la menor abundancia por profundidad y tiempo con relación al resto de las estaciones peninsulares, mantuvo una abundancia mayor a las estaciones de su tipo en la zona insular. Ello posiblemente pudo ser consecuencia directa del efecto de la velocidad de la corriente del Canal de San Lorenzo que ocasionó que disminuyeran los porcentajes de fijación de semilla (Gray 1974, Knuckey 1995), pero por su posición ubicada a la entrada de dicha bahía, permitió su exposición a la corriente durante el reflujo, pudiendo influir para que durante el retraso de la pleamar la estación estuviera directamente en contacto con el material que sale de la bahía.

En general se puede decir que los resultados muestran que las mayores abundancias de semillá, se presentaron en las estaciones de la zona peninsular y la posición de éstas coincide con el patrón principal de circulación costera que gira en sentido ciclónico y que termina con una corriente que impulsa hacia afuera el agua a través de Canal de San Lorenzo y que es el más importante mecanismo de renovación neta de aguas superficiales de la bahía (Jiménez-Illescas et al. 1997), por lo que podemos inferir que la fijación estuvo influenciada por la dinámica de las masas de agua que se mueven dentro de ella (Crossland 1957, Alagarswami 1970, Booth 1983, Coeroli 1984, Anonimo 1985, Quayle and Newkirk 1989, Gervis y Sims 1992, Haws et al. 1994, Beer and Southgate 2000), así como el proponer que por la dirección de donde proviene la corriente dominante (Norte) es de estas regiones donde se encuentran las poblaciones, que le dan origen a las que se asientan en la Bahía de La Paz.

En el caso de la Isla Espíritu Santo se pudo observar repetidamente que la fijación de semilla, no solo fue más baja, sino que presentó valores muy diferentes a los registrados en las estaciones peninsulares. En la primera estación insular San Gabriel, la incidencia de semilla en los colectores fue siempre baja y las mayores abundancias se produjeron únicamente al inicio del experimento. De hecho, San Gabriel es la estación más sureña de la isla y la más cercana al Canal de San Lorenzo, por lo que las velocidades del viento son fuertes en esa zona y el aporte de las corrientes hacia el lado insular es muy escaso (Jiménez-Illescas 1996). Ello provoca que San Gabriel se presente más como una barrera que como un afluente de agua hacia la costa insular del canal. Esta característica, a diferencia de lo que ocurre en la estación Balandra en la zona peninsular, tiende a aislar parcialmente a la estación del patrón general de corrientes y en consecuencia del aporte directo de larvas de ese sistema. Prueba de ello fueron las bajas abundancias de semilla que se observaron en esta estación con respecto a las demás de la misma zona (incluso con diferencias significativas).

Este resultado contrasta con el obtenido por Monteforte y López-López (1990), donde mencionan que después de la Isla Gaviota, San Gabriel es el segundo sitio con mejor captación, sin embargo la ubicación de su estación se encontraba en la entrada norte de esta bahía y expuesta directamente a la corriente, por lo que menciona ésta como la causa de su resultado, mientras que nuestra estación se ubicó buscando estar lo más cerca posible del Canal de San Lorenzo, representando el extremo sur de la Isla Espíritu Santo, por lo que se instaló de ese lado, lo que propició que quedara dentro de la bahía y semi-protegida.

Así mismo, el resultado difiere con los registros de la "Compañía Criadora de Concha y Perla" que se encontraba instalada en esa bahía a principios del siglo XX, donde se reporta una eficiencia de 7,000 semillas por caja colectora y una exitosa actividad de cultivo en fondo (Vives 1908 y 1919), posiblemente las características oceanográficas antes descritas, permitieron que las larvas



producidas por la gran cantidad de organismos en cultivo quedaran atrapadas dentro de la misma Bahía de San Gabriel, reflejándose en un sistema semi-cerrado de circulación, que favoreció las condiciones que propiciaron esa extraordinaria fijación.

En la estación Empacho se obtuvieron mayores registros de abundancia de semilla que en San Gabriel por ello, esta estación se asocia más con La Ballena y Las Cuevitas, estaciones que tuvieron las mayores abundancias de semilla en la zona insular a lo largo del experimento. Igualmente, los resultados del índice de valor de importancia permiten clasificar al Empacho como una estación similar en efectividad a El Mogote, debido a que los registros de abundancia no presentaron fluctuaciones importantes en casi todo el periodo de estudio. De hecho, al analizar el patrón general de corrientes de mayor influencia sobre el lado Este de la isla, encontramos que uno de los aportes principales proviene básicamente del transporte producido por los vientos del norte y noroeste, con un mayor impulso durante el verano por los vientos del sureste que provocan un giro anticiclónico centrado entre la punta Sur de las Islas Espíritu Santo y La Gaviota (derivada del sistema anticiclónico principal), permitiendo transportar agua hacia la Isla Espíritu Santo (aunque con menor intensidad) durante la pleamar (Jiménez-Illescas et al. 1997). Este aporte impulsa una corriente débil y paralela a la costa de la isla y pasa muy cerca de la estación, por lo que El Empacho representa la entrada del material biológico a la isla que se deriva del sistema anticiclónico principal.

En el caso de las estaciones Ballena y Las Cuevitas, con los mejores resultados en términos de abundancia de semilla para la zona, es importante mencionar que la zona geográfica en que se encontraban, genera condiciones de giros anticiclónicos por la misma presencia de la Isla Ballena (que es de las principales por su posición en el archipiélago de Espíritu Santo) y el canal que se forma entre la propia Espíritu Santo y la Isla Partida, así como el impulso de viento que circula entre los islotes en ese mismo lado de la costa, lo que aumenta el tiempo de residencia (Jiménez-Illescas 1996).

En ambas estaciones la mayor incidencia de semilla se presentó particularmente entre los 4 y 7m de profundidad durante todo el periodo de estudio, a pesar de que se presentaron fluctuaciones importantes en La Ballena a 1 metro de profundidad en la primera época de captación (Julio-October), esto es, que la mayor parte de la fijación se presentó en el fondo y fue un comportamiento que ocurrió en la mayoría de las estaciones insulares. Por lo que la recolecta se realizó cuando las larvas se encontraban descendiendo en la columna de agua para buscar los substratos adecuados.

Cuando las larvas derivan en el plancton y se encuentran cerca de la superficie, es precisamente en ese momento que la mayoría de las larvas de organismos marinos son foto-tácticas positivas, no obstante al iniciar el mecanismo de selección de substrato, su comportamiento cambia a foto-tácticas negativas para asegurar la fijación y se mantienen descendiendo retrasando la metamorfosis hasta encontrar un substrato adecuado (Thorson 1966, Gray 1974; Hadfield 1978). Conociendo que la isla recibe poco aporte del sistema principal de la bahía por efecto del Canal de San Lorenzo, se puede entender que la incidencia de las larvas de bivalvos colectados en éste estudio en el complejo insular Espiritu Santo no es significativo. Por ello; el comportamiento de las larvas con respecto a factores ambientales juega un papel importante, especialmente si se considera que el substrato disponible en los colectores era muy restringido por lo que el área de fijación, es un factor determinante para incrementar la supervivencia de las larvas al momento del asentamiento (Gray 1974, Bervera-León 1994, Monteforte & Bervera 1994, Taylor & Southgate 1998).

Con relación a la estación Embudo que presentó la menor abundancia de semilla en comparación con la totalidad de las estaciones, se puede intuir que por el hecho de encontrarse ésta en el extremo Norte de la isla, junto al canal de los islotes, la velocidad de la corriente influyó negativamente provocando el escaso reclutamiento larvario en los colectores (Gray 1974, Knuckey 1995). Lo anterior tomando en cuenta que dicha estación se encuentra en una zona dinámica,

influenciada por grandes y fuertes aportes que provienen directamente del Mar de Cortez, durante el reflujo (Jiménez-Illescas et al. 1997). Sin embargo, el escaso reclutamiento podría ser posible durante el cambio de ciclo y/o el retraso de la pleamar en que las aguas tienden a neutralizar su movimiento.

Con base en lo anteriormente mencionado, se pueden subrayar dos aspectos importantes: 1) que las larvas recolectadas en Espiritu Santo seguramente no provenían de las poblaciones cercanas, debido principalmente a que éstas se encontraban descendiendo en la columna de agua en busca de algún sustrato disponible y no lo habían localizado, por lo que tenían ya tiempo derivando antes de llegar a la isla, hasta que se encontraron con mejores condiciones de fijación, es decir, los colectores artificiales; 2) la captación de semilla en la isla proviene de las poblaciones naturales adyacentes, posiblemente de las mismas que influyeron en las estaciones peninsulares. De hecho, es muy probable que esa pequeña corriente que fluye de la corriente general hacia la Isla Espíritu Santo, pudiera ser determinante para el establecimiento de muchas poblaciones naturales de bivalvos nativos en la isla E.S., la cual presenta las mejores condiciones para ello (Monteforte y López-López 1990, Monteforte y Cariño 1992).

### **7.3. RELACIÓN ENTRE TALLA Y ABUNDANCIA DE LA SEMILLA**

Al considerar el crecimiento (talla) de la semilla en los colectores, específicamente la medida dorsoventral (altura), se buscó determinar la relación entre la abundancia con el colector y, por ende, con el sitio de recolecta. Al respecto, se observó que la talla promedio de la semilla recolectada en cada sitio aumentó gradualmente con los tiempos de inmersión, razón por la cual las tallas mayores se encontraron en los colectores sumergidos durante más tiempo, y viceversa. Sin embargo, también se consideró que en la segunda época de colecta (septiembre- diciembre), las tallas de los organismos fueron significativamente mayores entre los 5.5 y 11 mm, a diferencia del periodo julio-septiembre (de la misma duración), en donde las tallas mayores fluctuaron entre

los 6 y 8 mm, lo cual sugiere que existe una posible influencia de la talla sobre la abundancia de la semilla colectada.

Para determinar esta posible influencia, al calcularse la tasa intrínseca de crecimiento (TIC) se encontró que esta fue similar en cada una de las series de tiempo, por lo que no se encontraron diferencias significativas, mas no así al confrontarla entre cada una de las estaciones y las tres profundidades donde se encontraron diferencias altamente significativas ( $P \leq .001$ ). Esto nos indica que la tasa de crecimiento siempre fue similar entre todas las estaciones en una misma serie de tiempo, es decir, la semilla creció a velocidad parecida en todas las estaciones (sin importar la abundancia) durante el tiempo de inmersión que le correspondió al colector, pero indica que existe una relación al parecer directamente proporcional, entre la TIC y la abundancia de la semilla, ya que la tasa varía entre estaciones y por profundidad, en forma similar a la tendencia detectada para la recolecta. Con ello se corrobora el hecho de que la semilla creció en forma similar dentro del colector estandarizando las condiciones dentro del mismo.

Al analizar la relación entre las tasas intrínsecas de crecimiento (TIC) y la tasa de fijación (TF), se pudo comprobar que el rango de tallas es independiente de la tasa de fijación en las estaciones de mayor influencia (Mogote, Caimancito, Punta Colorada, Gaviota y Balandra). Parece claro, por lo tanto que no existió ninguna tendencia en la diversidad de tallas de la semilla dentro de los colectores que lograron captar una mayor cantidad de semilla, es decir, al parecer las larvas colonizaban los colectores de manera intermitente, llegando en gran abundancia y reflejándose este hecho en los diversos rangos de talla de cada colector. Sin embargo si existió un efecto directo de estas tasas sobre las estaciones de menor abundancia, por lo que se desprende el hecho de que a menor fijación de semilla, menor diversidad de tallas. Dicho de otra forma, los colectores de la zona insular colectaron semilla únicamente durante una época determinada del experimento. Si se observa cualquiera de las gráficas de abundancia, se puede inferir que la

mayor abundancia de semilla en la zona insular se presentó en la época de octubre a diciembre, y entre los 4 y 7 m de profundidad. Ello posiblemente es producto de la poca influencia del sistema ciclónico principal y que llegó a la isla impulsado por los vientos del sureste y por la bajamar durante dicho periodo de tiempo.

Cuando se compara la talla con la TIC, se puede observar que no existe una clara relación entre estos parámetros en las estaciones de mayor abundancia, en tanto que la relación es directamente proporcional en el resto de las estaciones. Ello sugiere que las condiciones oceanográficas de cada uno de los sitios influyeron decididamente en el crecimiento de la semilla dentro del colector. Resulta factible por ello que la ubicación de las estaciones provocara que las condiciones intrínsecas y extrínsecas del colector cambiaran continuamente, de tal manera que factores como dirección y velocidad de la corriente, oportunidad y velocidad de colonización, relaciones de depredación, colonización de epibiontes, capacidad de carga, entre otros (Gray 1974, Quayle and Newkirk 1989, Bervera-León 1994, Monteforte & Wright 1994, Knuckey 1995, Friedman y Bell 1996), afectaran (positiva o negativamente) el crecimiento de la semilla.

Asimismo, el tiempo de inmersión de los colectores pudo haber amplificado el efecto de estos factores en los colectores con mayor tiempo de inmersión, de tal suerte que los epibiontes y especies asociadas que ya tenían su hábitat dentro del colector propiciaron la formación de un pequeño micro-ecosistema, en este sentido, la madreperla pudo haber ocupando una parte importante del sustrato disponible para colonización dentro del colector, además, resulta lógico suponer que para el tiempo tan prolongado de inmersión de los colectores, existían ya relaciones importantes de competencia (por sustrato, alimento, luz, etc.) (Thorson 1966, Sumpton et al. 1990, Monteforte & Wright 1994).

Esto demuestra que no es adecuado mantener sumergido un colector por más de 60 días, resultado que coincide con lo reportado por Monteforte y García-Gasca (1994) y Bervera-León (1994), quienes utilizaron colectores similares a los del presente estudio durante experiencias de captación de semilla de madreperla en la Isla Gaviota.

Al confrontar las TIC y la TF con la talla por medio de un análisis de correlación de Sperman, nuevamente, en las estaciones de mayor abundancia se observó una relación inversa entre la talla y la tasa de fijación (Tabla 24), la cual llegó a arrojar un valor negativo (el más alto: -1.0) significativamente diferente al obtenido en las estaciones de menor abundancia. Esto significa que a mayor abundancia de semilla disminuye la talla en el colector. Sin embargo, las estaciones de mayor abundancia en la isla (Ballena y Cuevitas) presentaron una relación independiente entre talla y abundancia, lo que pudiera, en principio, parecer contradictorio. Aplicando el mismo análisis pero considerando las tasas en cada profundidad (Tabla 25), indica que este tipo de relación se da únicamente en las estaciones peninsulares con mayor abundancia a 1 y 4 m, más no a los 7 metros de profundidad, donde disminuye drásticamente la abundancia, a excepción de la Isla Gaviota la cual mantuvo esta relación por sus altas abundancias, inclusive en esa profundidad.

Estos resultados muestran que la capacidad de carga del colector (en términos de semilla fijada) es importante, y que en el caso de estaciones peninsulares de gran efectividad, la carga del colector impidió que la semilla siguiera creciendo y posiblemente colonizándose durante el tiempo restante de inmersión (Thorson 1966, Sumpton et al. 1990, Knuckey 1995). Por otro lado, en las estaciones insulares que presentaron una menor captación con relación a las peninsulares, la tendencia fue hacia una relación independiente y donde los colectores no sobrecargaron su capacidad a pesar de los tiempos de inmersión.

En el caso de las estaciones de mayor efectividad Ballena y Empacho, mostraron una relación inversa en ciertas profundidades y Las Cuevitas aun cuando fue importante en la zona insular, mostró una clara relación independiente en todas las profundidades.

Una forma de evidenciar este resultado es analizando los valores de fijación a 7 m en las estaciones Mogote y Caimancito. Estas estaciones presentaron un importante rendimiento en términos de semilla fijada y la relación entre profundidad y abundancia fue directamente proporcional, por lo que no existió una relación inversa entre la talla y la abundancia, como sucedió a 1 y 4 m de profundidad, esto demuestra que el substrato disponible fue suficiente para coleccionar la semilla presente a 7m. En el presente experimento se elaboraron colectores artificiales de tipo experimental con dimensiones de 30x30cm, que fueron rellenos con un volumen adecuado de substrato, lo que propició que en las profundidades de mayor abundancia su capacidad fuera rebasada y éstos se saturaran, es por ello que se obtuvo dicha relación.

El objetivo planteado desde el inicio, en el sentido de que se podía predecir la época de fijación de la semilla con relación a su talla, es difícil de comprobar, particularmente por el efecto de la capacidad de carga del colector, el cual no muestra un resultado real de la colecta al estar supeditado al substrato disponible, así como las posibles relaciones ecológicas que se generan dentro del mismo (Monteforte y Wright 1994) y que deben estudiarse de forma más precisa. Una conclusión similar estableció Knuckey (1995), al relacionar la talla con la abundancia durante el proceso de colecta de ostras perleras en el Norte de Australia. El autor determinó que la fijación de semilla se encuentra principalmente influenciada por la competencia por espacio y alimento dentro del colector, provocando que se pueda sobreestimar el resultado al tratar de relacionar a la semilla de mayor talla con una posible época de fijación, menciona que esto solo es posible con semilla de talla pequeña al ser ésta la de presencia más reciente.

Por lo tanto resulta claro que no se puede relacionar a la talla con la abundancia de semilla en el colector para determinar el origen preciso de esta, pero si nos permite correlacionarla para determinar la eficiencia del colector utilizado.



## 8. CONCLUSIONES

La Bahía de La Paz, es un área de un gran potencial en acuicultura de moluscos bivalvos, sin embargo la sobreexplotación y la baja abundancia de las especies nativas, la han apartado de las áreas importantes de producción pesquera como lo es la zona Pacífico-Norte del estado. La presencia de diversas especies de importancia comercial durante la colecta de este estudio, demuestran el potencial que presenta la bahía y la capacidad de obtener organismos nativos, que permitan desarrollar las técnicas adecuadas para cultivar a cada especie con base a las características oceanográficas que se presentan en la región. El éxito en la recolecta de madreperla demuestran que el uso de colectores artificiales tipo sobre de malla-sombra, rellenos con costal cebollero morado y malla de monofilamento, ofrecen un substrato adecuado para la atracción de larvas de madreperla *Pinctada mazatlanica* en la Bahía de La Paz, sin embargo la captación continua siendo baja, pero esta puede ser mejorada si se reconocen los sitios donde hay una mayor abundancia de larvas en fijación.

La recolecta de semilla puede iniciarse a partir del mes de Mayo (y no a partir de Junio como se registra), debido a que la época de maduración y desove en las poblaciones naturales puede adelantarse al no estar directamente relacionada con la temperatura; De esta manera se amplía la época de colecta de Mayo a Septiembre, pero se asegura que habrá colectores artificiales en el agua al momento que se encuentre la mayor cantidad de larvas fijadoras en el plancton. El comportamiento de las larvas de madreperla en el plancton es el mismo que se registra para el género en otras partes del mundo, las larvas se concentran cerca de la superficie, realizando pequeñas migraciones verticales hasta encontrar el substrato adecuado o retrasando la metamorfosis hasta morir en caso de no hacerlo, en nuestro caso el 80% de la captación de semilla se concentró en los primeros 4 metros de profundidad, de los cuales 2/3 partes se colectaron a 1 m. La incidencia debajo de los 4 m disminuyó en un 50% por lo que no es recomendable colectar más allá de esa profundidad.

El movimiento de las masas de agua en La Bahía de La Paz esta bien definido y se relaciona con la captación encontrada en el presente estudio. Con base a la captación de semilla encontrada dentro de la bahía, esta se puede dividir en dos zonas principales; La primera es la zona peninsular desde el Mogote hasta Balandra y la segunda es la zona insular que comprende al complejo de islotes e islas de Espíritu Santo. Estas zonas se encuentran divididas por la influencia del Canal de San Lorenzo, el cual por sus fuertes corrientes limita el paso y el establecimiento de larvas en sus cercanías.

Las estaciones de mayor abundancia se ubicaron en la zona peninsular y estas coincidieron con el patrón principal de corrientes en la bahía, que es una corriente costera que proviene del norte que gira en sentido ciclónico y es impulsada por el viento del Noroeste para salir por el Canal de San Lorenzo. El efecto de los vientos y el retraso en los ciclos de la marea pudieron favorecer la permanencia y la abundancia de larvas fijadoras en cada sitio. La posición de la estación Mogote le permitió encontrarse a la entrada del sistema registrando importantes fijaciones con pocas fluctuaciones a lo largo del experimento, por lo que las poblaciones de origen del material biológico deben encontrarse al norte de la bahía. Las estaciones de mayor eficiencia fueron Caimancito, Punta Colorada y Gaviota, esta ultima destacando por su abundancia en todas las profundidades, hasta el final del experimento. Los sitios de estas estaciones están relacionados con condiciones donde se generan remolinos y giros anticiclónicos del mecanismo principal, los cuales son factores conocidos que favorecen la recolecta de semilla. Por las características que presentan actualmente Caimancito y principalmente Gaviota cuentan con las condiciones necesarias para considerarlas como granjas de captación de semilla de moluscos bivalvos.

Las estaciones de mayor incidencia de la Isla Espíritu Santo se ubicaron en el norte de las islas y también están relacionadas con el retraso de la marea y la formación de remolinos que se presentan por la posición de la Isla Ballena y el efecto del canal de la Isla Partida durante la pleamar. Los valores de abundancia

obtenidos y el hecho de que la semilla se obtuvo principalmente a profundidad y al final del experimento, hacen pensar que las larvas no provienen de las poblaciones isleñas y que son producto de corrientes que se derivan del sistema principal y que recorren intermitentemente la costa de la isla. Esto las convierte en sistemas frágiles y que operativamente en una actividad comercial no garantizan un afluente constante de semilla. Aunque es importante destacar que a pesar de no ser sitios con condiciones adecuadas para recolecta, si reúnen las condiciones oceanográficas para el establecimiento de poblaciones naturales y cultivos comerciales.

Con base en los resultados encontrados no se puede determinar que la talla y la abundancia sean factores que influyan para predecir la presencia de semilla en el medio, pero si son factores que nos permiten relacionarlos con la capacidad de carga del colector. Este factor puede ser de mucha importancia debido a que con base a la capacidad de carga, se pueden determinar las dimensiones ideales del colector, relacionándolas con la capacidad real del medio en cada sitio para colonizar y hacer más eficiente la recolecta.

## 9. RECOMENDACIONES Y SUGERENCIAS PARA TRABAJOS FUTUROS

- I. Ampliar el conocimiento de las diversas especies nativas de moluscos bivalvos y explorar las posibilidades de cultivo.
- II. Ampliar el estudio hacia San Juan de La Costa en La Bahía de La Paz, para determinar la factibilidad de recolecta de semilla y condiciones para cultivo.
- III. Identificar los establecimientos poblacionales en la bahía, para relacionarlos con el patrón de corrientes conocido y los resultados del presente estudio.
- IV. Realizar estudios reproductivos en las poblaciones naturales al norte de la bahía y relacionarlas con la colecta artificial en ésta, para determinar su posible influencia.
- V. Desarrollar estudios de alometría dentro del colector relacionándolos con las condiciones ecológicas dentro del mismo.
- VI. Realizar estudios sobre la capacidad de carga, para determinar las condiciones ideales del colector artificial para fijación de madreperla *Pinctada mazatlanica* en la Bahía de La Paz.
- VII. Para permitir la conservación y aprovechamiento de las condiciones favorables de recolecta de moluscos en La Bahía de La Paz, declarar como granjas de captación a las zonas de “Caimancito” y la “Isla Gaviota”, con un mayor énfasis en la segunda por englobar el mayor número de características únicas, que le permiten concentrar una importante cantidad de larvas de las especies presentes en la región.

## 10. BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, S.H., 1998. Respuestas de la concha nácar *Pteria sterna* (Gould 1851) a la implantación de núcleos, Tesis de Maestría, U.A.B.C.S., La Paz, B.C.S., 131pp.
- Alagarwami, K. 1970. Pearl culture in Japan and its lessons for India. Proc. Mar Biol. Ass. India. Proc. Symp. Mollusca, pt. III: 975-993.
- Anonimo, 1939. Diario Oficial de la Federación, Decreto de veda con carácter indefinido sobre la pesca de las ostras perleras *P. mazatlanica* y *Pteria sterna* por considerarse en peligro de extinción. Gobierno Federal, México.
- Anonimo, 1962. Informe sobre las posibilidades de cultivo de ostras perleras en La Bahía de La Paz. Documento Interno. SEPESCA.
- Anonimo, 1985. Departament Developments Oyster Culture Techniques, Fin Fisheries News (Australia), vol 18(2) : 3-7
- Anonimo, 1994. Diario Oficial de la Federación, Norma Oficial de La Federación NOM-059- ECOL-1994, lista de especies terrestres y acuáticas en las categorías de : en peligro de extinción, amenazadas, raras y bajo protección especial. SEMARNAP, México.
- Arizpe C.O., 1992. Los moluscos y su importancia comercial en el Pacífico Mexicano. Serie Didáctica, U.A.B.C.S. No.1, 219pp.
- Arizpe C.O., 1998. El Ambiente Marino, en Diagnostico Ambiental en Baja California Sur, Sociedad de Historia Natural NIPARAJA, U.A.B.C.S., Fundación Mexicana para la Educación Ambiental, Mahieux S. (Ed.)
- Asano, M. y T. Kobayashi. 1938. Experiments on the rate of growth and ecology of the white pearl oyster *Pinctada fucata*. *South Seas Fisheries News* 2(1): 15-16
- Baqueiro, E., J.A. Masso & 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, 32pp.
- Baqueiro, E. 1984. Status of molluscan aquaculture on the pacific coast of México. *Aquaculture* 39: 83-93

- Beer, A. C. and P. Southgate, 2000. Collection of pearl oyster (family: Pteriidae) spat at Orpheus Island, Great Barrier Reef (Australia), *J. Shellfish Res.*, 19 (2): 821-826
- Bervera-León, H., 1994. Evaluación de la captación de semilla de *Pinctada mazatlanica* (Hanley 1856) en diferentes celulas colectoras durante el periodo 1991-92 y tratamiento de juveniles en la preengorda a partir de 1992 en La Bahía de La Paz, B.C.S., México., Tesis de Licenciatura, U.A.B.C.S., La Paz, B.C.S., 80pp.
- Booth, J.D., 1983. Studies on twelve common bivalve larvae, with notes on bivalve spawning seasons in New Zealand, *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, 17: 231-265
- Box, G.E.P & Jenkins, G.M. 1976. Time series analysis: forecasting and control. San Francisco. Holden Day.
- Cahn, A.R., 1949. Pearl culture in Japan, General Headquarters, Supreme commander for the allied powers., Natural Resources Section. Report # 122, 94pp.
- Cáceres-Martínez C., S.J. Cortés & V.J. Chávez, 1992a. Reclutamiento de juveniles de moluscos bivalvos en Baja California Sur, México. *Taller México-Australia sobre reclutamiento de recursos bentónicos de Baja California*, 25-29 noviembre 1991, La Paz, B.C.S., Memorias, Sepesca-IPN, 151-165
- Cáceres-Martínez, C., C.A. Ruíz-Verdugo & D.A. Ramirez-Filipini, 1992b. Experimental collection of pearl oysters *Pinctada mazatlanica* and *Pteria sterna* spat on filament substrate. *J. World Aquacult. Soc.* 23 (3): 232-239
- Cariño, M. & C. Cáceres-Martínez, 1990. La perlicultura en la península de Baja California a principios de siglo. Serie Científica, U.A.B.C.S., México, 1(No.Esp.1 AMAC):1-6
- Cariño, M.M., 1991. "Mi padre cultivaba la concha perla..". Biografía del precursor de la maricultura en México. *Rev. PANORAMA, Nueva Época*, 38 (marzo-abril 1991) : 20-27.

- Cariño-Olvera, M.M. 1998. El porvenir de la Baja California está en sus mares. Vida y Legado de don Gastón J. Vives, el primer maricultor de América. Ed. H. Congreso del Estado de Baja California Sur, La Paz, México. 272 pp.
- Coeroli, M., M., D. de Gaillande, J.P. Landret, 1984. Recent innovation on cultivation of molluscs in French polynesia. *Aquaculture*, 39: 45-67
- Crisp, D.J. 1976. Settlement responses in marine organisms. In : R.C. Newell Ed., 1976. *Adaptation to Environment : essays on the physiology of marine animals*. Butterworths, Pubs. : 83-124.
- Crossland, C. 1957. The cultivation of the mother of pearl oyster in the Red Sea. *Aust. J. Mar. Freshw. Res* 8: 111-135.
- Dev, D.S., 1994. Commercial production of indian pearl oyster (*Pinctada fucata*) spats in hatchery. Pearls '94, International Pearl Conference, Honolulu, Hawaii, May 14-19. Abstracts of papers. *J. Shellfish Res.*, 13 (1): 325-354.
- Dharmaraj, S., T.S. Velayudhan, A. Chellam, A.C.C. Victor, C.P. Gopinathan, 1991. Hatchery production of pearl oyster spat : *Pinctada fucata*. *Cent. Mar. Fish. Res. Inst. (Cochin, India), Special Pub.*, 49. 36 pp.
- Departamento de Pesca, 1977. Las Perlas de Baja California. Departamento de Pesca, México 1977. 95 pp
- Díaz-Garcés, J.J. 1972. Cultivo Experimental de Madreperla *Pinctada mazatlanica* (Hanley, 1856) en la Bahía de La Paz, B.C.S., México. *Memorias del IV Congreso Nacional de Oceanografía, México.*:429-442
- Fassler, R.C. 1994. Abstracts of papers presented at Pearls '94, International Pearl Conference, Honolulu, Hawaii, May 14-19, 1994. *J. Shellfish Res.*, 13(1) : 325-354.
- Fassler, R.C. 1995. Farming jewels : new developments in pearl farming. *World Aquaculture*, 26(3) : 5-10.
- Fassler, R.C. 1999. New developments of pearl oyster culture in Mexico. Abstracts of the WAS '99 International Congress. Sidney, Australia.
- Farell-Campos, S.D., Mc Laurin M. y E. Arizmendi, 1994. Perspectives and opportunities of pearl culture development on the coast of Sonora, Gulf of California, México. *J. Shellfish Res.* 13 (1):334-335

- Feller, R.J., Stancy K, S.E., Coull, B.C. and D.G. Edwards, 1992. Recruitment of polychaetes and bivalves: long-term assessment of predictability in a soft-bottom habitat, *Mar. Ecol.Prog.Ser.*, 87: 227-238
- Friedman, K. J. and J.D. Bell, 1996. Effects of different substrata and protective mesh bags on collection of spat of the pearl oysters, *Pinctada margaritifera* (Linnaeus, 1758) and *Pinctada maculata* (Gould, 1850). *J. Shellfish Res.* 15: 535-541.
- García-Domínguez, F., B.P. Cevallos y A. Tripp, 1996. Spawning cycle of pearl oyster *Pinctada mazatlanica* (Hanley 1856), (PTERIIDA) at Isla Espíritu Santo, BCS, México, *J. Shellfish Res.* 15: 297-303
- Gaytan-Mondragon I., Cáceres-Martínez C. and M. Tobias-Sanchez, 1993. Growth of the pearl-oyster *Pinctada mazatlanica* and *Pteria sterna* in different culture structures at La Paz Bay, Baja California Sur, México. *Journal of the World Aquaculture Society*, 24(4) : 541-546.
- Gervis, M.H. & N.A. Sims, 1992. The biology and culture of pearl oysters (BIVALVIA: Pteriidae). *ICLARM Stud. Rev.* 21, 49 p.
- Giese, A.C. & J.S. Pearse, 1974. Introduction and general principles. In: *Reproduction of marine invertebrate*. Vol 1: Acoelomated and metazoans. Giese, A.C. & J.S. Pearse, (Eds.) Academic Press Inc., N.Y., 321pp
- Gray, J.S., 1974. Animal Sediment Relationships., *Oceanographic Marine Biology Annual Review*, 12:223-261, George Allen (ed.) and Unwin Ltd, London.
- Hadfield, M., 1977. Chemical interactions in larval settling of a marine gastropod. *Marine Natural Products Chemistry*, 403-413.
- Hadfield, M., 1978. Metamorphosis in marine mollusca larvae: an analysis of stimulus and response, *Biomedical Press, Elsevier/North Holland*, 165-175.
- Hadfield, M., 1984. Settlements requirements of moluscan larvae: New data on chemical and genetic roles, *Aquaculture* 39: 283-298.
- Hartigan, J.A. 1975. *Clustering Algorithms*. New York. Wiley Ed.



- Haws, M., B. Ponia, D. Cheney & H. Thomforde, 1994. Ecological characterization of the Tongareva Lagoon. Pearls' 94, International Pearl Conference, Honolulu, Hawaii, May 14-19, Abstracts of papers. *J. Shellfish Res.*, 13 (1): 325-354
- Haws, M., 1998. Nucleus implantation for cultivation of black pearls; Review of current technology and constraints for development of the industry. Triennial meeting of the World Aquaculture Society, Las Vegas, Nevada, 15-19 February, Abstracts of papers *J. Shellfish Res.*, 17 (1): 328, June 1998.
- Harvey M. and E. Bourget, 1995. Experimental evidence of passive accumulation of marine bivalve larvae on filamentous epibenthic structures., *Limnol.Oceanogr.*, 40(1) 94-104
- Holguin, Q.O. 1976. Catalogo de especies marinas de importancia comercial en Baja California Sur. Secretaria de Pesca, Instituto Nacional de Pesca. 118pp.
- Hynd, J.S. 1955. A Revision of Australian Pearl Shells, Genus *Pinctada*. Aust. J. Mar. Freshw. Res. 6 (1) : 98-137.
- Intes, A., 1994. Growth and mortality of *Pinctada margaritifera* in French Polinesia, Pearl's 94, International Pearl Conference, Honolulu, Hawaii, May 14-19, Abstracts of papers. *J. Shellfish Res.*, 13 (1): 325-354
- Jiménez-Illescas, A. R., 1993. Modelación de la marea en La Bahía de La Paz, BCS, Inv. Mar. CICIMAR, Vol 8, No.1
- Jiménez-Illescas, A. R., 1996. Análisis de procesos barotrópicos y baroclínicos en La Bahía de La Paz, BCS, Tesis de Doctorado, UNAM, 212p.
- Jiménez-Illescas, A. R., M. Obeso-Nieblas y D.A. Salas-de León., 1997. Oceanografía física de La Bahía de La Paz, BCS, en Bahía de La Paz, investigación y conservación, Urban R., J. Y M. Ramírez R. (Eds).
- Kafuku, T., Ikenoue H. 1992. Modern Methods Of Aquaculture in Japan. Elsevier ed., New York, second edition, 216pp.
- Keen, A.M., 1971. Sea Shells of Tropical West America. 2a. Ed. Stanford University Press. Stanford. 1025pp.
- Kleckla, W.R. 1980. Discriminant Analysis. Beverly Hills, Ca. Sage

- Knuckey, I.A., 1995. Settlement of *Pinctada maxima* (Jameson) and other bivalves on artificial collectors in the Timor Sea, Northern Australia, *J. Shellfish Res.* Vol 14 (2): 411-416
- López, E., S. Berland y A. Le Faou, 1994. El nácar al servicio del esqueleto humano. *Mundo Científico* 145: 362-364
- Mac Anally S.L. y Valenzuela E.E., 1990. Crecimiento y sobrevivencia de larvas de la ostra concha nacar *Pteria sterna* en condiciones de laboratorio, *Ciencias Marinas*. 16(4): 29-41
- Martínez, A., 1983. Prospección de los bancos de madreperla en el Golfo de California de 1962 a 1965. *Tesis de maestría*, CICIMAR, La Paz, México. 77pp.
- Martínez, C.L., 1998. Ecología de los sistemas acuícolas, AGT Editorial SA, México. 227pp
- Matsui, Y. 1962. Informe de Yoshidi Matsui sobre las experiencias de cultivo de madreperla y producción de perlas en Bahía de La Paz. Documento original recuperado por M. Cariño. Archivo Histórico "Pablo L. Martínez". La Paz, B.C.S. 13 pp.
- Mazón-Suastegui J.M., 1988. Acondicionamiento y desove de cuatro especies de moluscos bivalvos, alimentados con dietas artificiales. *Rev. Lat. Acui.* Lima, Perú No.38 :5-120
- 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) : 3-18.
- Monteforte, M. & S.López-López, 1990. Captación masiva y prengorda de madreperla *Pinctada mazatlanica*(Hanley, 1856) en la Bahía de La Paz, Sudcalifornia, México. *IV Congreso de . Acuacultura*, AMAC, Hermosillo, Sonora. *Compilado de trabajos vol.1*, 10pp.
- Monteforte, M., 1991. Las perlas, leyenda y realidad: un proyecto actual de investigación científica. *Rev. PANORAMA (UABCS)*, 38 : 28-34.

- Monteforte, M. & M. Cariño, 1992. Exploration and evaluation of natural stocks of Pearl Oysters *Pinctada mazatlanica* and *Pteria sterna* (Bivalvia: Pteriidae) in La Paz Bay, Sudcalifornia, México. *AMBIO, Jour. Human Environ.* 24:314-320.
- Monteforte, M., 1994. Perspectives for the installation of a pearl culture enterprise in Bahía de La Paz, South Baja California, México., Pearls '94, International Pearl Conference, Honolulu, Hawaii, May 14-19. Abstracts of papers. *J. Shellfish Res.*, 13 (1): 325-354.
- Monteforte, M. & A. García-Gasca, A. 1994. Spat collection studies on pearl oysters *Pinctada mazatlanica* and *Pteria sterna* (Bivalvia, Pteriidae) in Bahía de La Paz, South Baja California, México. *Hydrobiologia* 291: 21-34
- Monteforte, M., H Bervera, 1994. Spat Collection Trials for pearl oysters *Pinctada mazatlanica* and *Pteria sterna* in Bahía de La Paz, South Baja California, México, Pearls '94, International Pearl Conference, Honolulu, Hawaii, May 14-19. Abstracts of papers. *J. Shellfish Res.*, 13 (1): 325-354.
- Monteforte, M, H. Bervera, S. Morales, 1994a. Growth and survival of pearl oyster *Pinctada mazatlanica* in extensive conditions at Bahía de La Paz, South Baja California, México, Pearls '94, International Pearl Conference, Honolulu, Hawaii, May 14-19. Abstracts of papers. *J. Shellfish Res.*, 13 (1): 325-354.
- Monteforte, M, H. Bervera, S. Morales, V. Pérez, P Saucedo and H. Wright, 1994b. Results of the production of cultured pearls in *Pinctada mazatlanica* and *Pteria sterna* From Bahía de La Paz, South Baja California, México., Pearls '94, International Pearl Conference, Honolulu, Hawaii, May 14-19. Abstracts of papers. *J. Shellfish Res.*, 13 (1): 325-354.
- Monteforte, M. & H. Wright, 1994. Ecology of pearl oysters spat collection in Bahia de La Paz, South Baja California, México: Temporal and vertical distribution, substrate selection, associated species. Pearls '94, International Pearl Conference, Honolulu, Hawaii, May 14-19. Abstracts of papers. *J. Shellfish Res.*, 13 (1): 325-354.

- Monteforte, M., E. Kappelman-Piña and B.E. López-Espinosa, 1995. Spatfall annual survey of pearl oyster *Pteria sterna* (Gould) on experimental collectors at Bahía de La Paz, South Baja California, México. *Aquac. Fish. Manag.*, 26, 497-511.
- Monteforte, M., 1996. Cultivo de Ostras Perleras y Perlicultura. En : Estudio del Potencial Pesquero y Acuícola de Baja California Sur. Casas-Valdéz, M., G. Ponce Díaz (Eds.), SEMARNAP/ Gobierno del Estado de Baja California Sur/ FAO/ INP/ UABCS/ CIBNOR/ CICIMAR/ CETMAR. (La Paz, B.C.S., México). (Vol.2): 571-613.
- Morales-Mulia, S. 1996. Crecimiento y sobrevivencia de la Madreperla *Pinctada mazatlanica* (Bivalvia, Pteriidae) en diferentes secuencias de prengorda-cultivo, en el proceso de cultivo extensivo en Bahía de La Paz, B.C.S. Tesis de Licenciatura. Fac. de Ciencias Biológicas, UNAM, México. 66 pp.
- Murillo, J. 1987. Algunas características paleoceanográficas y cuerpos de agua inferidos a partir de registros micropaleontológicos (Radiolaria) en la Bahía de La Paz, B.C.S. México. Tesis Profesional, U.A.B.C.S., 68pp.
- Obeso, N.M., Jiménez, I.R., Troyo, D.S., 1993. Modelación de la marea en la Bahía de La Paz, B.C.S., *Inv. Mar., CICIMAR*, 8 (1): 13-22
- O'Sullivan D., Dereck A.C. and B. Owen, 1998. The old and new of the australian pearl production. Triennial meeting of the World Aquaculture Society, Las Vegas, Nevada, 15-19 February, Abstracts of papers *J. Shellfish Res.*, 17 (1): 328, June 1998.
- Quayle and Newkirk, 1989. *Farming Bivalve Molluscs*. ed. Elsevier, Netherlands.
- Perez-Nevarés, V., 1995. Zonación y estructura de la comunidad de moluscos bivalvos en La Ensenada de La Paz, BCS, Méx. Tesis de Maestría, IPN, CICIMAR
- Reed, W. 1966. Cultivation of the black-lip pearl oyster *Pinctada margaritifera* (L.). *J. Conch.* 26: 26-32

- Saucedo, L.P., 1991 Ensayo sobre repoblamiento de bancos naturales de Concha Nácar *Pteria sterna* y Madreperla *Pinctada mazatlanica* (BIVALVIA: PTERIIDAE), en El Merito, Bahía de La Paz, Baja California Sur, México, Tesis profesional, U.N.A.M., México, D.F., 75 pp.
- Saucedo, L.P., 1995. Crecimiento, relaciones alométricas y reproducción de las ostras perleras *Pinctada mazatlanica* y *Pteria sterna* (BIVALVIA: PTERIIDAE), bajo condiciones de repoblamiento en El Merito, Bahía de La Paz, Baja California Sur, México, Tesis de Maestría C.I.C.I.M.A.R, I.P.N., La Paz, B.C.S., México, 101pp.
- Saucedo, L.P. and Monteforte, M., 1997. Breeding cycle of pearl oysters (Hanley 1856) *Pinctada mazatlanica* and *Pteria sterna* (Gould 1850) at Bahía de La Paz, Baja California Sur, México. *J. Shellfish Res.* 16: 103-110
- Saucedo, L.P., 2001. Investigación aplicada al acondicionamiento gonadal y reproducción de la madreperla de calafia, *Pinctada mazatlanica* (Hanley 1856) en el laboratorio, tesis de doctor en ciencias, CIBNOR, La Paz, BCS, México, 186pp.
- Saucedo, L.P., Racotta I., Bervera H., Villarreal H. And Monteforte M., 2001. Differential gonadal development of grafted and ungrafted specimens of the Calafia Mother-of-Pearl- Oyster *Pinctada mazatlanica* (Bivalvia: Pteriidae). *Invertebrate Reproduction and Development*, 39:3, 183-193
- SEPESCA, 1971. Proyecto para el cultivo piloto de concha madreperla en Bahía de La Paz. Documento interno. 12 pp.
- Sevilla, M., 1969. Contribución al conocimiento de la madreperla *Pinctada mazatlanica* (Hanley, 1856). *Rev. Soc. Mex. Hist. Nat.* 30: 223-262.
- Shirai, S. 1970. The History of Pearls. Japan Publications Inc., Japan, 132pp
- Shirai, S. & 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. 124pp.
- Siegel, S. 1988. Estadística no paramétrica aplicada a las ciencias de la conducta. Traducción al español, 21ª Ed. Trillas, México. 350 pp.

- Sims, N. A., 1992a Abundance and distribution of The Black-Lip Pearl Oyster, *Pinctada margaritifera* (L.), in The Cook Islands, South Pacific. *Aust. J. Mar. Freshwater Res.* 43 (6): 1409-1421.
- Sims, N. A., 1992b Population dynamics and stock management of The Black-Lip Pearl Oyster, *Pinctada margaritifera* (L.), in The Cook Islands, South Pacific. *Aust. J. Mar. Freshwater Res.* 43 (6): 1423-1435.
- Sims, N. A., 1994. First successful larval-rearing of Marshal Islands Black-lip pearl oysters. *Out of the shell.* 4(2); 11-12.
- Singh, J., V. Bojórquez & J.M. Dominguez, 1982. Resultados finales de las actividades de estudio de ostras perleras en la Bahía de La Paz, B.C.S. durante 1981-1982. *Informe Interno.* Secretaria de Pesca, Del. Fed. B.C.S., 133pp.
- Sumpton, W.D., Brown, I.W. and M. C.L. Dredge, 1990. Settlement of bivalves spat on artificial collectors in a subtropical embayment in Queensland, Australia, *J. Shellfish Res.*, Vol.9 (1): 227-231.
- Taylor, U.J., and P. Southgate, 1998. Effects of larval set density on subsequent growth and survival of the silver-lip Pearl Oyster *Pinctada maxima* (Jameson). *J. Shellfish Res.*, Vol 17 (1) : 281-283.
- Taylor, U.J., 1999. Juvenile producción and culture of the silver-lip Pearl Oyster *Pinctada maxima* (Jameson). PH.D. Thesis, James Cook University, Queensland, Australia.
- Thorson, G., 1950. Reproduction and larval ecology of marine bottom invertebrates. *Biol. Rev.* 25: 1:45
- Thorson, G., 1966. Some factors influencing the recruitment and establishment of marine benthic communities. *Netherlands J. Sea Res.*, 3 : 267-93. In : J.W. Nybakken (Ed.) 1971. *Readings in Marine Ecology. Benthic Ecology.* Harper, Row Pubs. 147-173.
- Towsend, C.H., 1891. Report upon the pearl fishery of the Gulf of California. *Bull. U.S. Fish Comm.*, 9 : 91-94.
- Vives, G., 1908 Criadero de concha madre perla en Baja California. *Bol. Sec. Fom. (México).*

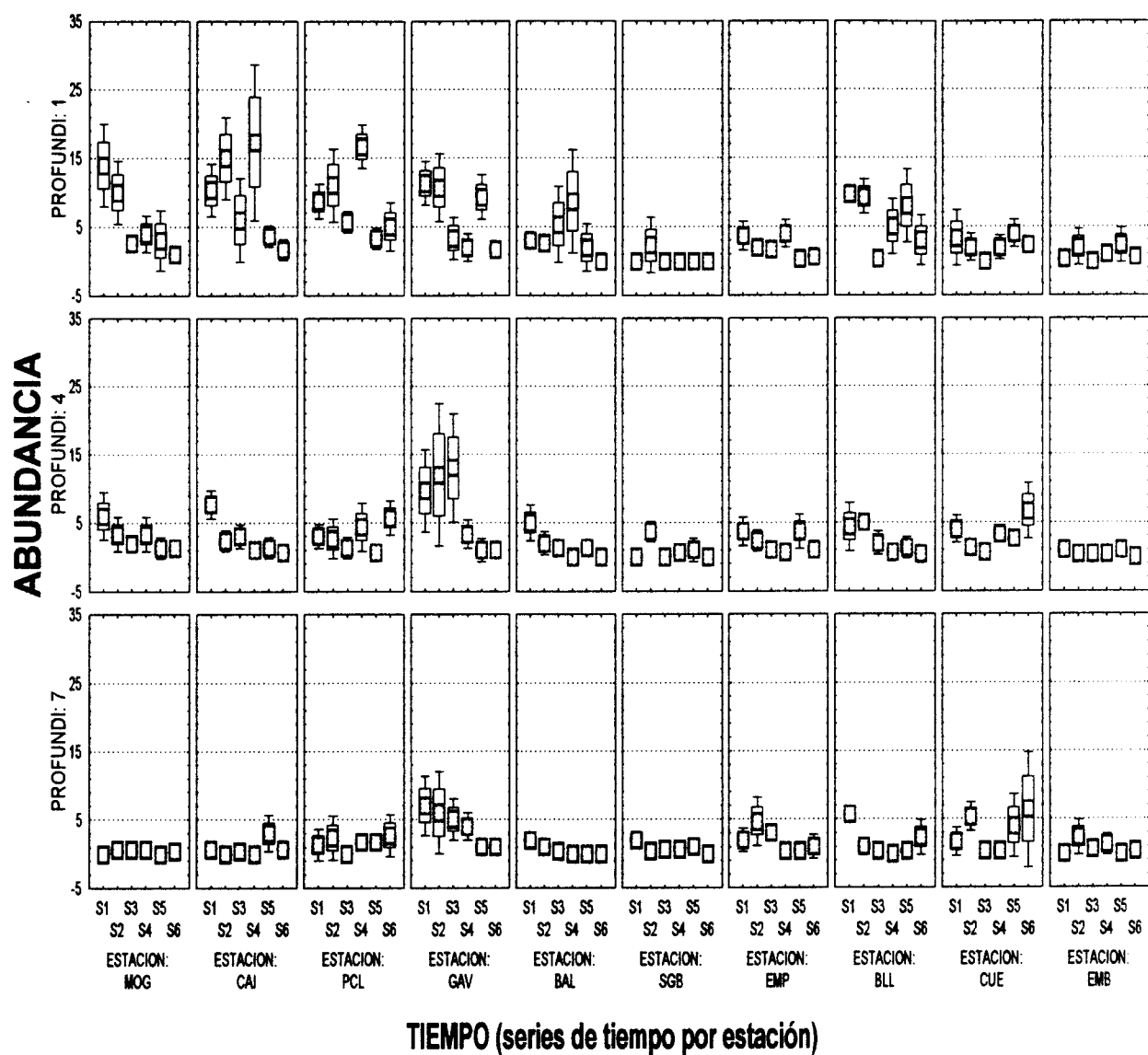


Figura 14. ABUNDANCIA TOTAL POR PROFUNDIDAD Y POR ESTACIÓN EN CADA UNA DE LAS SERIES DE TIEMPO.

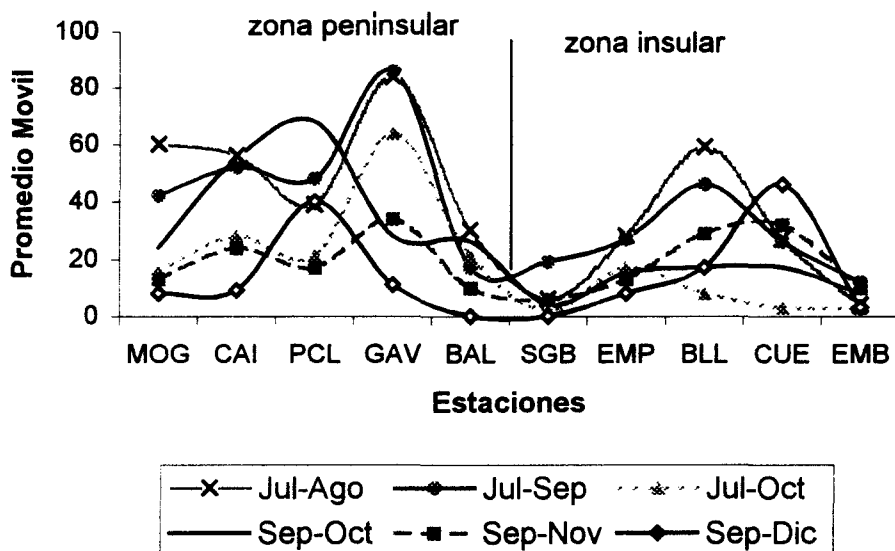


Figura 15. PROMEDIOS MOVILES DE LA ABUNDANCIA ENTRE LAS ESTACIONES EN CADA SERIE DE TIEMPO

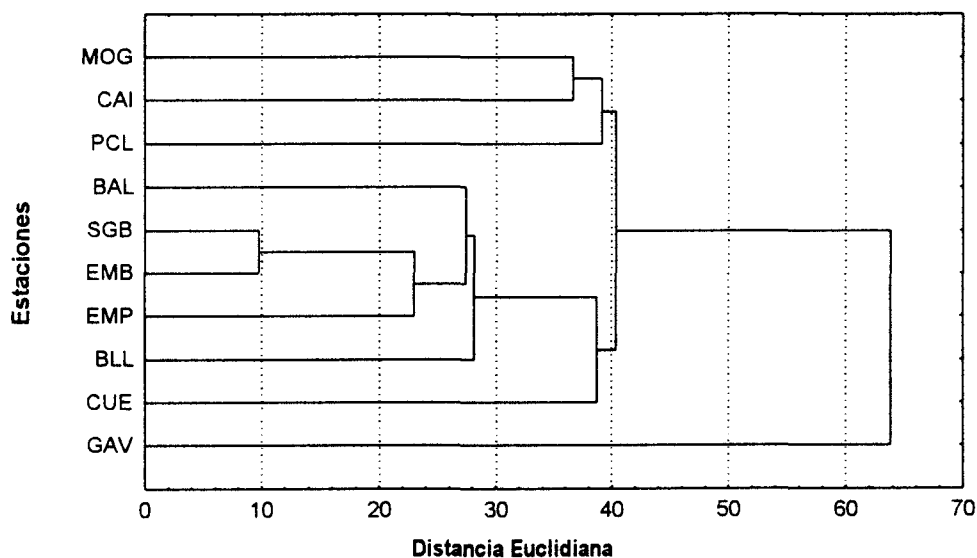


Figura 16. ARBOL JERARQUICO DE CLUSTER (RACIMOS).



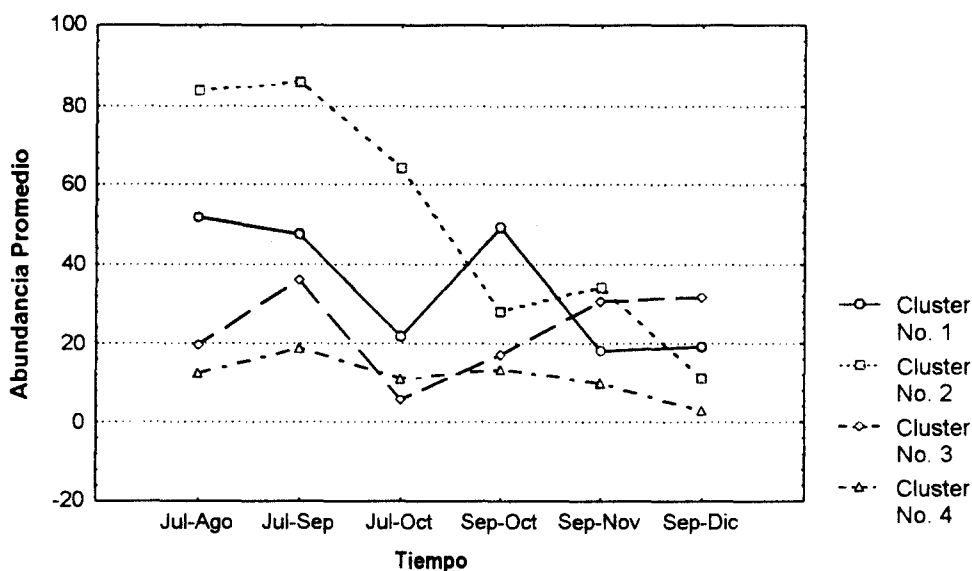


Figura 17. MEDIAS AGRUPADAS POR CLUSTER DURANTE LAS SERIES DE TIEMPO Y ESTACIONES QUE SE AGRUPARON EN CADA UNO. CORRESPONDIENDO EL CLUSTER #1-MOG,CAI,PCL – CLUSTER #2- GAV – CLUSTER #3- BLL, CUE –CLUSTER #4 –BAL, SGB, EMP Y EMB

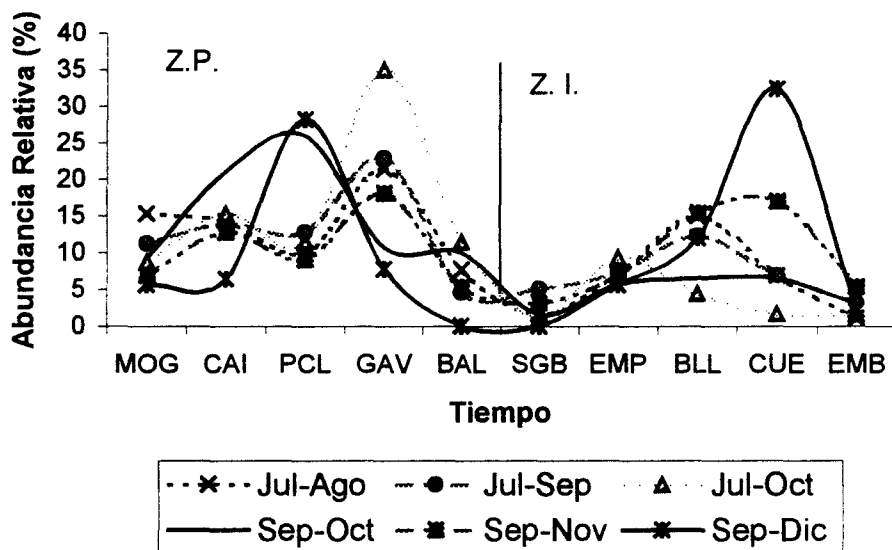


Figura 18. ABUNDANCIA RELATIVA DE SEMILLA COLECTADA ENTRE LAS ESTACIONES EN CADA SERIE DE TIEMPO.

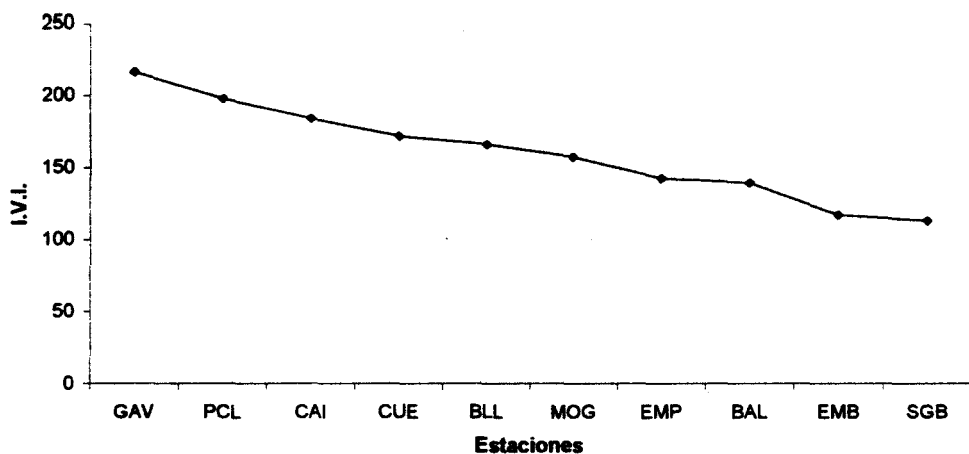


Figura 19. ÍNDICE DE VALOR DE IMPORTANCIA DE CADA ESTACIÓN EN LA BAHÍA DE LA PAZ, BCS.

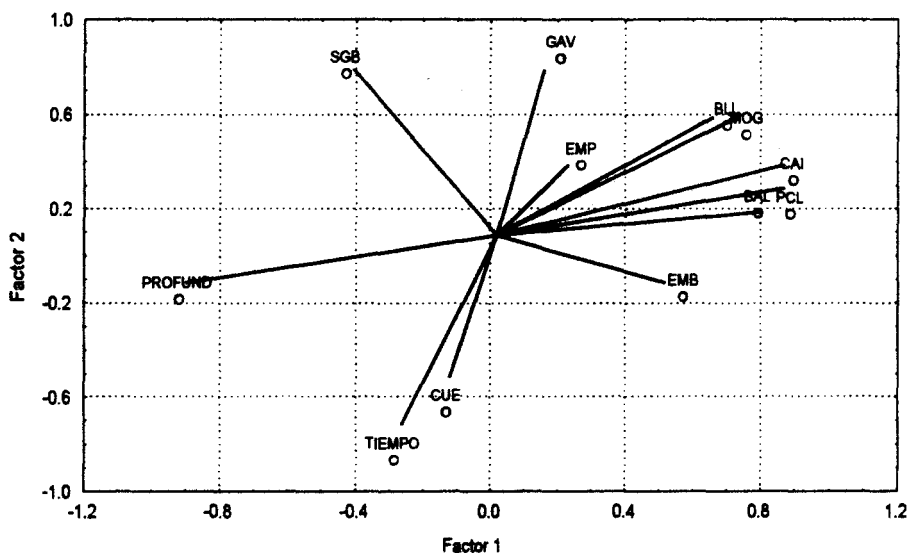


Figura 20. ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES ENTRE LAS ESTACIONES CON RELACIÓN A LAS VARIABLES TIEMPO Y PROFUNDIDAD.

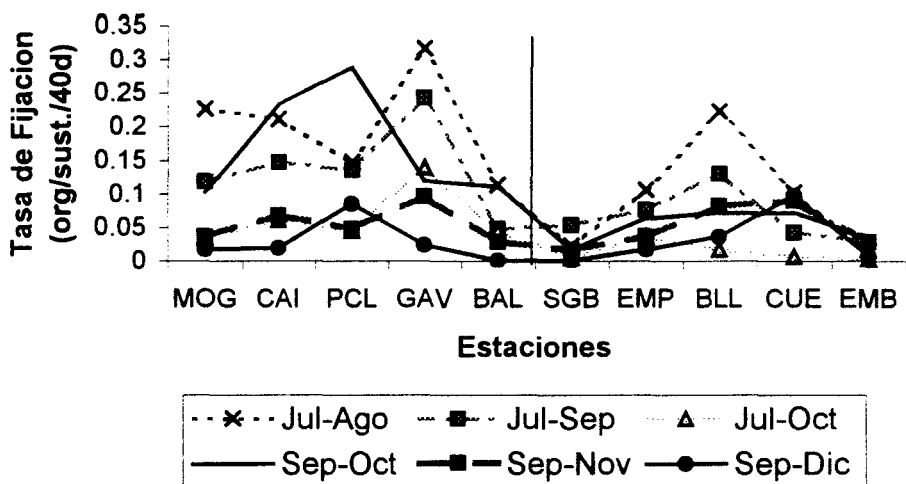


Figura 21. TASA DE FIJACIÓN DE SEMILLA COLECTADA EN CADA SERIE DE TIEMPO ENTRE LAS ESTACIONES

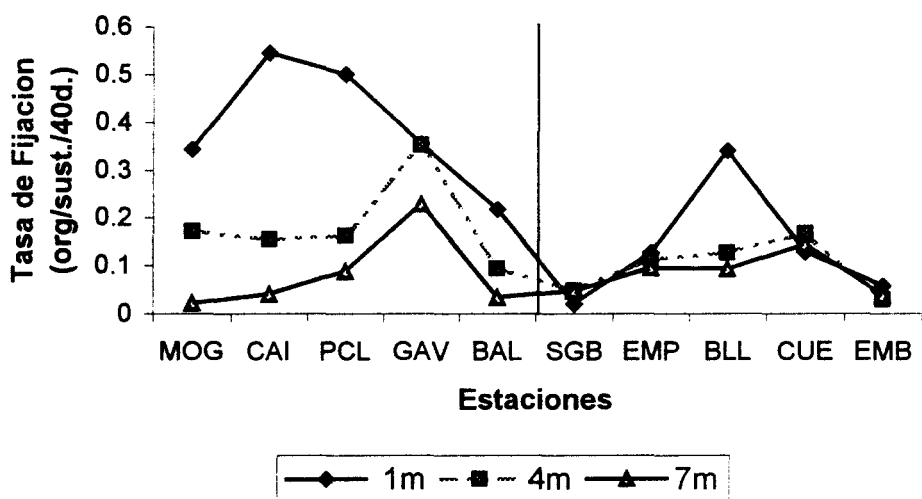


Figura 22. TASA DE FIJACIÓN DE SEMILLA COLECTADA EN CADA PROFUNDIDAD ENTRE LAS ESTACIONES

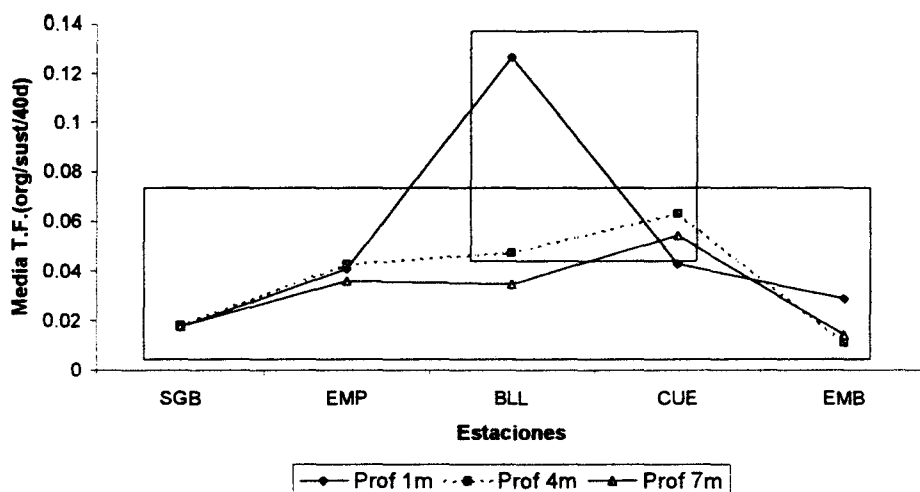


Figura 23. GRUPOS HOMOGENEOS DEL ANOVA COMBINADO DE LAS ESTACIONES INSULARES Y LA PROFUNDIDAD.

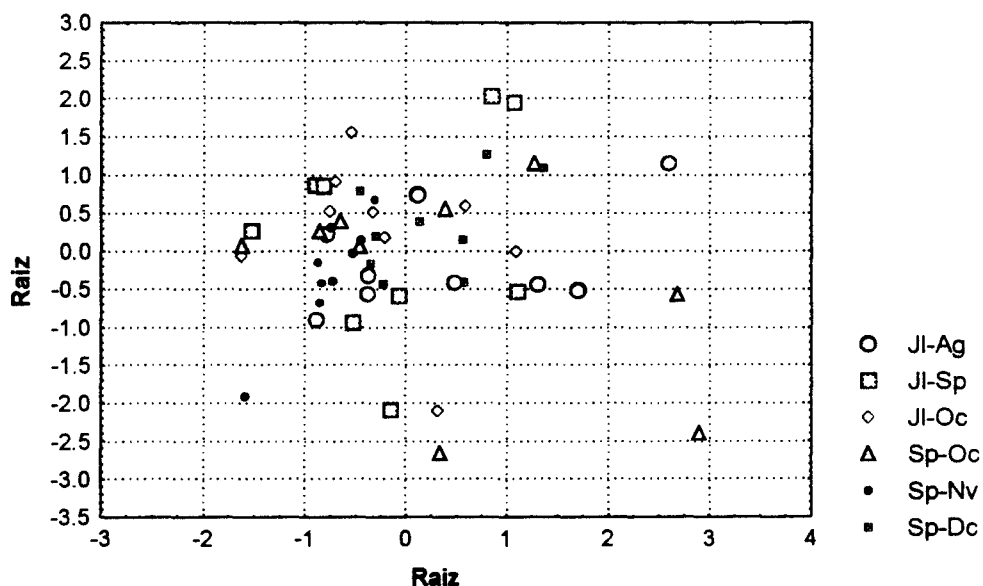


Figura 24. GRAFICA DE VALORES DISCRIMINANTES DE LA ABUNDANCIA A LO LARGO DE LAS SERIES DE TIEMPO.

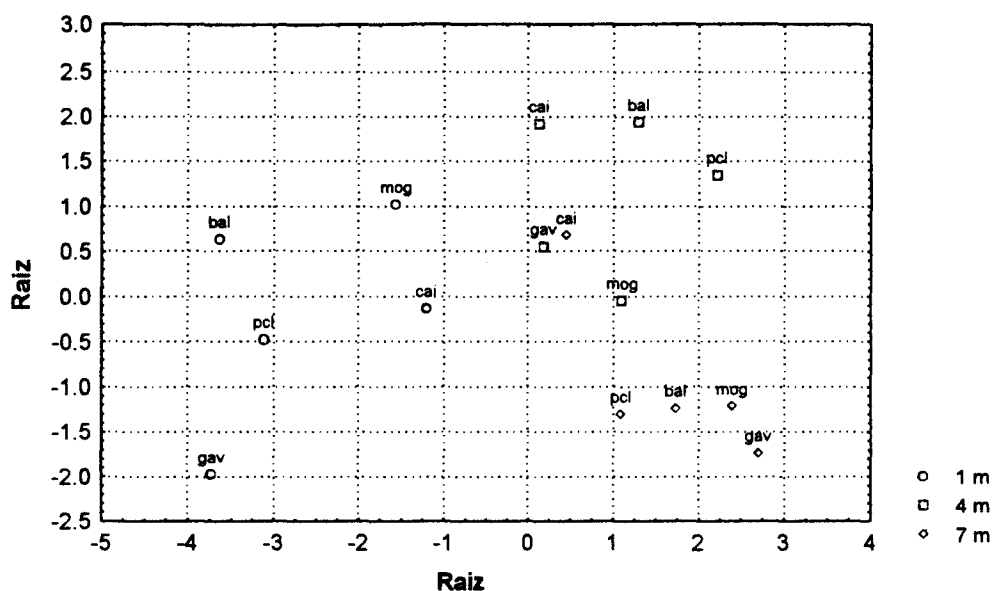


Figura 25. ANÁLISIS DISCRIMINANTE DE LA PROFUNDIDAD EN LAS ESTACIONES PENINSULARES

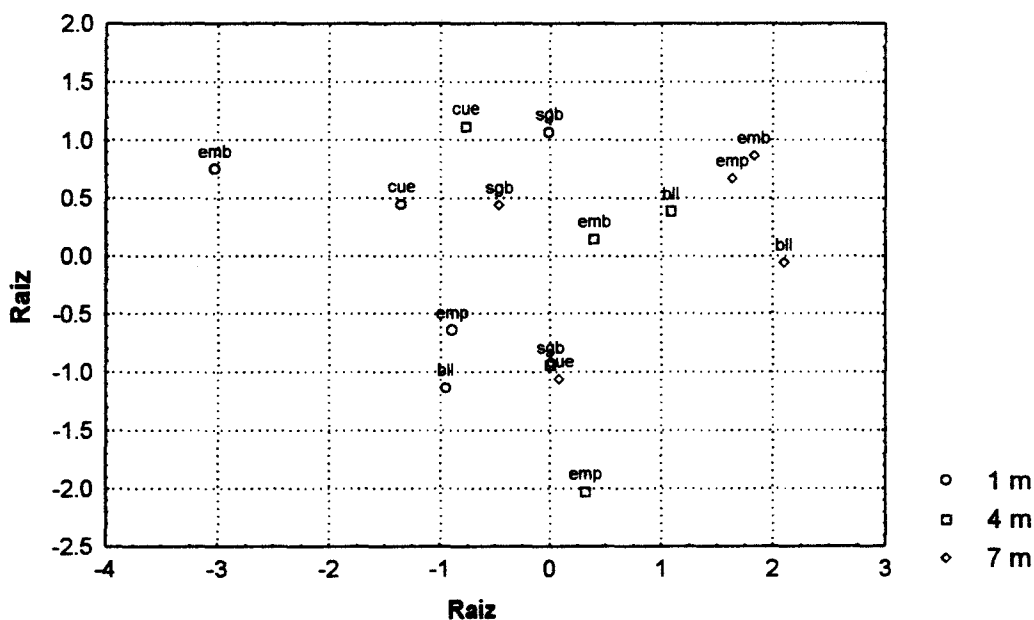


Figura 26. ANALISIS DISCRIMINANTE DE LA PROFUNDIDAD EN LAS ESTACIONES INSULARES

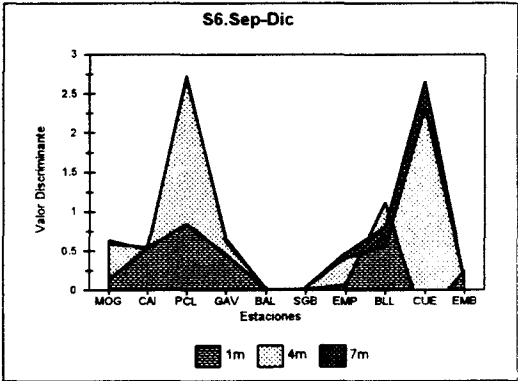
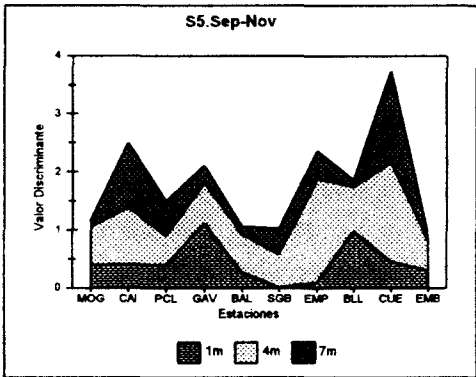
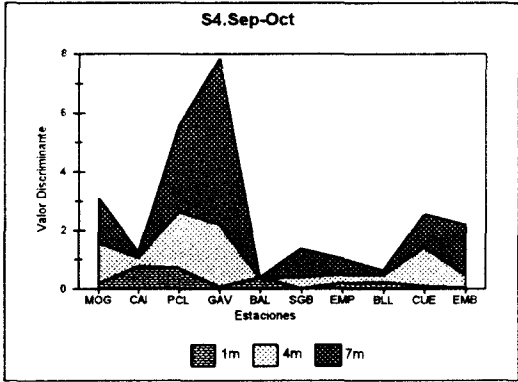
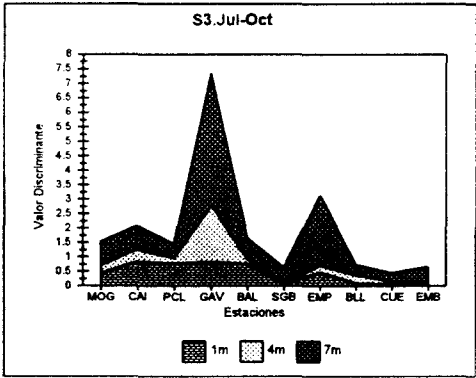
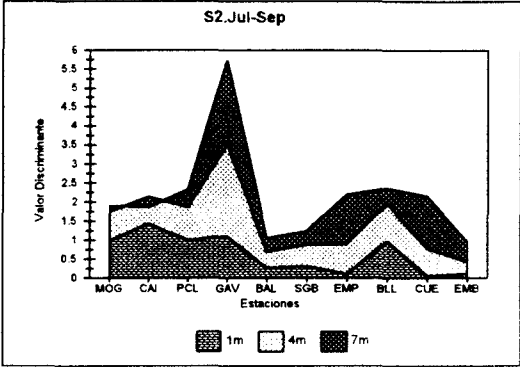
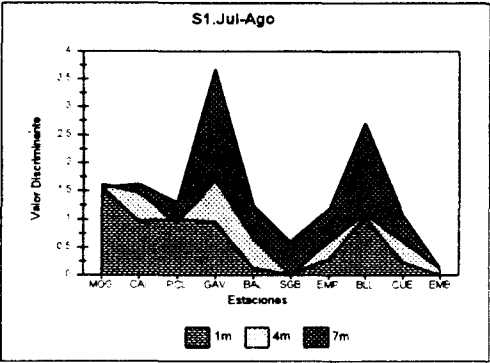


Figura 27. VALORES DE DISCRIMINACIÓN DE LA PRUEBA DE SIGNOS PARA LA ABUNDANCIA DE SEMILLA POR PROFUNDIDAD EN TODAS LAS ESTACIONES A LO LARGO DE LAS 6 SERIES DE TIEMPO.

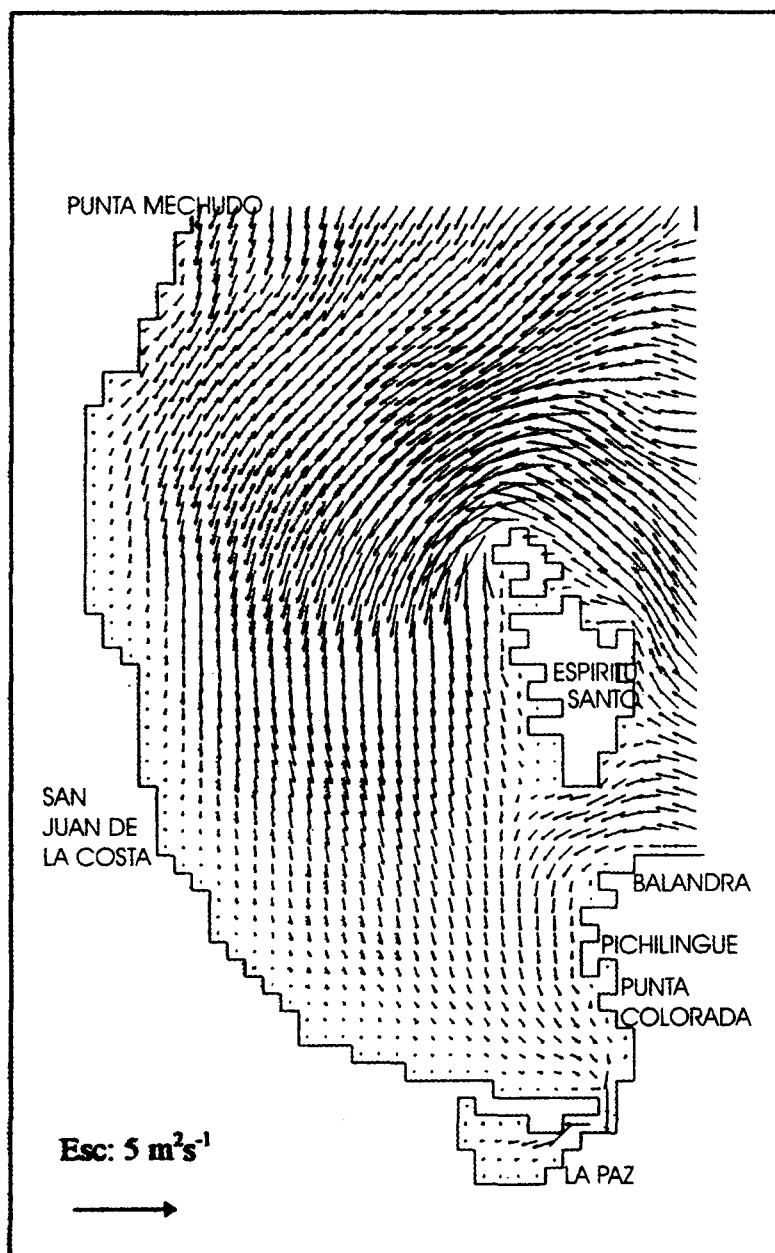


Figura 28. DISTRIBUCIÓN DEL TRANSPORTE INDUCIDO POR LA MAREA, DURANTE EL FLUJO (TOMADO DE JIMÉNEZ-ILLESCAS 1996).

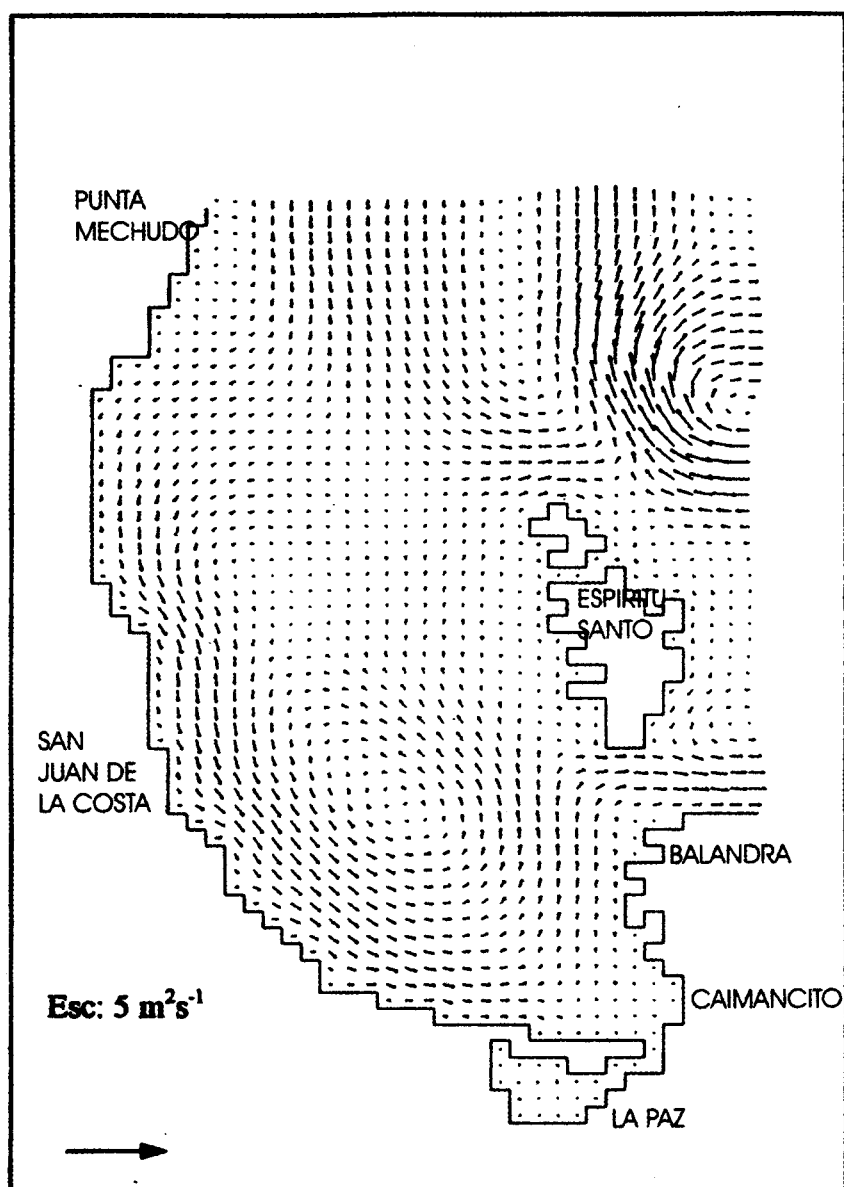


Figura 29. DISTRIBUCIÓN DE LA VELOCIDAD DE LA CORRIENTE Y TRANSPORTE IMPULSADO POR EL VIENTO DEL NOROESTE (TOMADO DE JIMÉNEZ-ILLESCAS 1996).



### 13. TABLAS

Tabla 1. CLAVE, NOMBRE Y POSICIÓN GEOGRÁFICA DE LAS ESTACIONES DE RECOLECTA PARA SEMILLA DE MADREPERLA.

| CLAVE | NOMBRE         | PARALELO    | MERIDIANO    |
|-------|----------------|-------------|--------------|
| MOG   | Mogofé         | 24° 10' 42" | 110° 20' 49" |
| CAI   | Caimancito     | 24° 12' 34" | 110° 18' 04" |
| PCL   | Punta Colorada | 24° 14' 14" | 110° 19' 33" |
| GAV   | Gaviota        | 24° 17' 16" | 110° 20' 23" |
| BAL   | Balandra       | 24° 18' 58" | 110° 20' 06" |
| SGB   | San Gabriel    | 24° 25' 01" | 110° 22' 04" |
| EMP   | Empacho        | 24° 26' 05" | 110° 23' 10" |
| BLL   | Ballena        | 24° 29' 27" | 110° 23' 39" |
| CUE   | Las Cuevitas   | 24° 32' 42" | 110° 24' 42" |
| EMB   | El Embudo      | 24° 35' 08" | 110° 24' 03" |

Tabla 2. CRONOLOGÍA DE LA INMERSIÓN Y CLAVE DE IDENTIFICACIÓN DE LA SERIE DE TIEMPO DURANTE LOS ANÁLISIS ESTADÍSTICOS. FE = FECHA INMERSIÓN; FR = FECHA RECUPERACIÓN; DI = DÍAS DE INMERSIÓN; DA = DÍAS ACUMULADOS; CC = CLAVE CRONOLÓGICA.

| FE     | FR      | DI | DA  | CC      |
|--------|---------|----|-----|---------|
| JUL. 8 | AGO. 23 | 45 | 45  | JUL-AGO |
| JUL. 8 | SEP. 7  | 60 | 60  | JUL-SEP |
| JUL. 8 | SEP. 26 | 78 | 78  | JUL-OCT |
| SEP. 7 | OCT. 17 | 40 | 99  | SEP-OCT |
| SEP. 7 | NOV. 8  | 60 | 121 | SEP-NOV |
| SEP. 7 | NOV. 29 | 80 | 142 | SEP-DIC |

Tabla 3. PRUEBA DE KRUSKAL-WALLIS, COMPARANDO LA ABUNDANCIA EN RELACIÓN AL TIEMPO (P=.027) EN LAS ESTACIONES PENINSULARES

| ABUND. X TIEMPO | H     | P    |
|-----------------|-------|------|
| MOGOTE          | 10.26 | .06  |
| CAIMANCITO      | 5.67  | .33  |
| PUNTA COLORADA  | 6.70  | .24  |
| GAVIOTA         | 18.22 | .002 |
| BALANDRA        | 20.83 | .00  |
| ABUND. X PROF.  | H     | P    |
| MOGOTE          | 23.90 | .00  |
| CAIMANCITO      | 25.51 | .00  |
| PUNTA COLORADA  | 22.87 | .00  |
| GAVIOTA         | 1.53  | .46  |
| BALANDRA        | 7.54  | .02  |

Tabla 4. SUMA DE RANGOS DE LAS PRUEBAS DE KRUSKAL-WALLIS DE ABUNDANCIA POR TIEMPO Y ABUNDANCIA POR PROFUNDIDAD EN LAS ESTACIONES PENINSULARES

| TIEMPO      | MOG   | CAI   | PCL   | GAV   | BAL   |
|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| JUL-AGO     | 312.5 | 322   | 262   | 356.5 | 377.5 |
| JUL-SEP     | 325.5 | 260.5 | 270.5 | 322   | 310   |
| JUL-OCT     | 239   | 247.5 | 182.5 | 289.5 | 266   |
| SEP-OCT     | 263.5 | 234   | 309   | 204.5 | 213.5 |
| SEP-NOV     | 172.5 | 253   | 178.5 | 191.5 | 201   |
| SEP-DIC     | 172   | 168   | 282.5 | 121   | 117   |
| PROFUNDIDAD |       |       |       |       |       |
| 1 m         | 653   | 731.5 | 743   | 550   | 615   |
| 4 m         | 596   | 491.5 | 435   | 501   | 500   |
| 7 m         | 236   | 262   | 307   | 434   | 370   |

Tabla 5. PRUEBA DE KRUSKAL-WALLIS, COMPARANDO LA ABUNDANCIA EN RELACIÓN AL TIEMPO EN LAS ESTACIONES INSULARES

| ABUND. X TIEMPO | H     | P    |
|-----------------|-------|------|
| SAN GABRIEL     | 8.53  | .12  |
| EMPACHO         | 11.74 | .03  |
| BALLENA         | 16.77 | .004 |
| LAS CUEVITAS    | 15.77 | .007 |
| EMBUDO          | 4.91  | .42  |
| ABUND. X PROF.  | H     | P    |
| SAN GABRIEL     | 7.66  | .02  |
| EMPACHO         | .53   | .76  |
| BALLENA         | 10.74 | .004 |
| LAS CUEVITAS    | 1.54  | .46  |
| EMBUDO          | .853  | .65  |

Tabla 6. SUMA DE RANGOS DE LAS PRUEBAS DE KRUSKAL-WALLIS DE ABUNDANCIA POR TIEMPO Y ABUNDANCIA POR PROFUNDIDAD EN LAS ESTACIONES INSULARES

| TIEMPO      | SGB   | EMP   | BLL   | CUE   | EMB   |
|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| JUL-AGO     | 257   | 338   | 376   | 270   | 221   |
| JUL-SEP     | 326.5 | 318.5 | 323   | 271   | 294   |
| JUL-OCT     | 220.5 | 263   | 161   | 94    | 198.5 |
| SEP-OCT     | 248.5 | 212.5 | 184   | 222   | 279   |
| SEP-NOV     | 257   | 188.5 | 239.5 | 309   | 281   |
| SEP-DIC     | 175.5 | 164.5 | 201.5 | 319   | 211.5 |
| PROFUNDIDAD |       |       |       |       |       |
| 1 m         | 385.5 | 516.5 | 663.5 | 467   | 539.5 |
| 4 m         | 504   | 512.5 | 452   | 561.5 | 477.5 |
| 7 m         | 595.5 | 452   | 369.5 | 458.5 | 468   |

Tabla 7. FACTOR DE CORRELACIÓN DE SPERMAN ( $R_{sp}$ ) ENTRE LA ABUNDANCIA TOTAL Y LA TASA DE FIJACIÓN DE LA SEMILLA RECUPERADA EN LOS COLECTORES.

| TIEMPO             | 1m  | 4m  | 7m  |
|--------------------|-----|-----|-----|
| <b>S1- Jul-Ago</b> | 1.0 | 1.0 | 1.0 |
| <b>S2- Jul-Sep</b> | 1.0 | 1.0 | 1.0 |
| <b>S3- Jul-Oct</b> | 1.0 | 1.0 | 1.0 |
| <b>S4- Sep-Oct</b> | 1.0 | 1.0 | 1.0 |
| <b>S5- Sep-Nov</b> | 1.0 | 1.0 | 1.0 |
| <b>S6- Sep-Dic</b> | 1.0 | 1.0 | 1.0 |

Tabla 8. VALOR DE (F) Y SIGNIFICANCIA (P) DE LOS ANALISIS DE VARIANCIA DE DOS VIAS ENTRE LAS ESTACIONES Vs LAS SERIES DE TIEMPO Y LAS ESTACIONES Vs PROFUNDIDAD CON DATOS ESTANDARIZADOS DE LA TASA DE FIJACIÓN.

|                    |   | F     | P    | DIFERENCIAS |
|--------------------|---|-------|------|-------------|
| <b>Tiempo</b>      |   | 7.01  | .00  | X           |
| <b>Estaciones</b>  |   | 3.77  | .00  | X           |
| <b>Tiempo</b>      | y | 0.68  | .92  |             |
| <b>Estaciones</b>  |   |       |      |             |
| <b>Profundidad</b> |   | 15.97 | .00  | X           |
| <b>Estaciones</b>  |   | 4.47  | .00  | X           |
| <b>Profundidad</b> | y | 2.15  | .007 | X           |
| <b>estaciones</b>  |   |       |      |             |

Tabla 9. VALOR DE (F) y SIGNIFICANCIA DE LOS ANALISIS DE VARIANCIA DE DOS VIAS ENTRE LAS ESTACIONES Vs LAS SERIES DE TIEMPO Y LAS ESTACIONES Vs PROFUNDIDAD CON DATOS ESTANDARIZADOS DE LA TASA DE FIJACIÓN EN LAS ESTACIONES PENINSULARES (MOGOTE A BALANDRA).

|             |   | F     | P    | DIFERENCIAS |
|-------------|---|-------|------|-------------|
| Tiempo      |   | 4.41  | .001 | X           |
| Estaciones  |   | 1.68  | .16  |             |
| Tiempo      | y | 0.42  | 0.98 |             |
| Estaciones  |   |       |      |             |
| Profundidad |   | 13.91 | .00  | X           |
| Estaciones  |   | 2.10  | .08  |             |
| Profundidad | y | 1.24  | .28  |             |
| estaciones  |   |       |      |             |

Tabla 10. GRUPOS HOMOGENEOS DEL ANOVA ESTANDARIZADO DE LAS SERIES DE TIEMPO, LAS PROFUNDIDADES Y LAS ESTACIONES PENINSULARES (MOGOTE A BALANDRA).

| SERIE DE TIEMPO | MEDIA | GRUPOS HOMOGENEOS |   |   |
|-----------------|-------|-------------------|---|---|
| S6 - SEP-DIC    | .021  | X                 |   |   |
| S5 - SEP-NOV    | .041  | X                 | X |   |
| S3 - JUL-OCT    | .048  | X                 | X |   |
| S2 - JUL-SEP    | .103  | X                 | X | X |
| S4 - SEP-OCT    | .127  |                   | X | X |
| S1 - JUL-AGO    | .155  |                   |   | X |
| PROFUNDIDADES   |       |                   |   |   |
| 7 m             | .030  | X                 |   |   |
| 4 m             | .069  | X                 |   |   |
| 1 m             | .148  |                   | X |   |
| ESTACIONES      |       |                   |   |   |
| BALANDRA        | .042  | X                 |   |   |
| MOGOTE          | .061  | X                 |   |   |
| PUNTA COLORADA  | .096  | X                 |   |   |
| CAIMANGITO      | .098  | X                 |   |   |
| GAVIOTA         | .115  | X                 |   |   |



Tabla 11. VALOR DE (F) y SIGNIFICANCIA DE LOS ANÁLISIS DE VARIANCIA DE DOS VIAS ENTRE LAS ESTACIONES Vs LAS SERIES DE TIEMPO Y LAS ESTACIONES Vs PROFUNDIDAD CON DATOS ESTANDARIZADOS DE LA TASA DE FIJACIÓN EN LAS ESTACIONES INSULARES (SAN GABRIEL A EL EMBUDO).

|             |   | F    | P   | Diferencias |
|-------------|---|------|-----|-------------|
| Tiempo      |   | 5.26 | .00 | X           |
| Estaciones  |   | 6.89 | .00 | X           |
| Tiempo      | y | 1.17 | .30 |             |
| Estaciones  |   |      |     |             |
| Profundidad |   | 2.10 | .12 |             |
| Estaciones  |   | 6.04 | .00 | X           |
| Profundidad | y | 2.12 | .04 | X           |
| estaciones  |   |      |     |             |

Tabla 12. GRUPOS HOMOGENEOS DEL EFECTO DE LAS SERIES DE TIEMPO Y LAS ESTACIONES EN LA ZONA INSULAR (SAN GABRIEL A EMBUDO).

| SERIES DE TIEMPO | MEDIA | GRUPOS HOMOGENEOS |   |   |
|------------------|-------|-------------------|---|---|
| S3 – JUL-OCT     | .010  | X                 |   |   |
| S6 – SEP-DIC     | .023  | X                 | X |   |
| S5 – SEP-NOV     | .038  | X                 | X | X |
| S4 – SEP-OCT     | .038  | X                 | X | X |
| S2 – JUL-SEP     | .054  |                   | X | X |
| S1 – JUL-AGO     | .071  |                   |   | X |
| ESTACIONES       |       |                   |   |   |
| SAN GABRIEL      | .017  | X                 |   |   |
| EMPACHO          | .017  | X                 |   |   |
| BALLENA          | .039  | X                 | X |   |
| LAS CUEVITAS     | .053  |                   | X |   |
| EMBUDO           | .069  |                   | X |   |

Tabla 13. GRUPOS HOMOGENEOS DEL EFECTO DE LA PROFUNDIDAD Y LAS ESTACIONES EN LA ZONA INSULAR (SAN GABRIEL A EMBUDO).

| PROFUNDIDADES | MEDIA | GRUPOS HOMOGENEOS |   |
|---------------|-------|-------------------|---|
| 7 m           | .031  | X                 |   |
| 4 m           | .036  | X                 |   |
| 1 m           | .051  | X                 |   |
| ESTACIONES    |       |                   |   |
| SAN GABRIEL   | .017  | X                 |   |
| EMBUDO        | .017  | X                 |   |
| EMPACHO       | .039  | X                 | X |
| LAS GUEVITAS  | .053  | X                 | X |
| LA BALLENA    | .069  |                   | X |

Tabla 14. MEDIAS DE LA FUNCIÓN DE DISCRIMINACIÓN DE LAS DOS PRINCIPALES RAICES ENTRE LAS SERIES DE TIEMPO CON EL VALOR CORRESPONDIENTE DE WILK'S LAMBDA (WL)

| TIEMPO      | RAIZ  | RAIZ  | Wilk's Lambda |
|-------------|-------|-------|---------------|
| JUL-AGO     | .688  | -.066 | .0295         |
| JUL-SEP     | 1.355 | -.227 | .0285         |
| JUL-OCT     | -.981 | .403  | .0432         |
| SEP-OCT     | -.781 | -.717 | .0469         |
| SEP-NOV     | -.854 | -.405 | .0352         |
| SEP-DIC     | .006  | .093  | .1636         |
| % ACUMULADO | .993  | 1.000 |               |

Tabla 15. MEDIAS DE DISCRIMINACIÓN Y VALOR DE WILK'S LAMBDA DE LAS SERIES DE TIEMPO EN RELACIÓN A LA PROFUNDIDAD EN LAS ESTACIONES PENINSULARES.

| TIEMPO      | RAIZ  | RAIZ   | Wilks Lambda |
|-------------|-------|--------|--------------|
| JUL_AGO     | -.931 | 1.503  | .166         |
| JUL_SEP     | .928  | -1.834 | .129         |
| JUL_OCT     | -.024 | 1.170  | .121         |
| SEP_OCT     | -.322 | -.106  | .205         |
| SEP_NOV     | -.907 | -.152  | .156         |
| SEP_DIC     | .111  | .830   | .120         |
| % Acumulado | .826  | 1.000  |              |

Tabla 16. VALORES DEL ANÁLISIS DE DISCRIMINATES (WL=.0246814) MOSTRANDO LAS MEDIAS POSITIVAS (NEGRITAS) Y LAS MEDIAS DICRIMINADAS (NEGATIVOS) EN LAS ESTACIONES PENINSULARES EN RELACIÓN A LA PROFUNDIDAD A TRAVES DEL TIEMPO.

| TIEMPO  | MOGOTE | CAIMANCITO | P.COLORADA | GAVIOTA | BALANDRA |
|---------|--------|------------|------------|---------|----------|
| JUL_AGO | .162   | .097       | -.139      | -.041   | .154     |
| JUL_SEP | -.075  | -.133      | .004       | .090    | -.234    |
| JUL_OCT | .047   | .177       | .077       | .582    | .190     |
| SEP_OCT | -.022  | .006       | -.056      | -.270   | .045     |
| SEP_NOV | .014   | .195       | .032       | .469    | .165     |
| SEP_DIC | .276   | .295       | 2.699      | .402    | -.195    |



Tabla 17. VALORES DEL ANÁLISIS DE DISCRIMINATES (WL=.0936195) MOSTRANDO LAS MEDIAS POSITIVAS (NEGRITAS) Y LAS MEDIAS DICRIMINADAS (NEGATIVOS) DE LAS PROFUNDIDADES DE TRATAMIENTO EN LAS ESTACIONES PENINSULARES

| TIEMPO  | 1 m   | 4 m   | 7 m   |
|---------|-------|-------|-------|
| JUL_AGO | .751  | .608  | .212  |
| JUL_SEP | -.706 | -.625 | -.231 |
| JUL_OCT | .227  | .378  | .123  |
| SEP_OCT | .530  | .146  | .092  |
| SEP_NOV | .901  | .265  | .209  |
| SEP_DIC | .197  | .476  | .166  |

Tabla 18. MEDIAS DE LA FUNCIÓN DE DISCRIMINACIÓN EN LAS SERIES DE TIEMPO CON RELACIÓN A LA PROFUNDIDAD EN LAS ESTACIONES INSULARES

| TIEMPO      | RAIZ  | RAIZ  | Wilk's Lambda |
|-------------|-------|-------|---------------|
| JUL-AGO     | -.317 | .128  | .051          |
| JUL-SEP     | -.784 | -.864 | .011          |
| JUL-OCT     | 1.243 | .002  | .007          |
| SEP-OCT     | -.360 | .123  | .007          |
| SEP-NOV     | 1.033 | 1.038 | .010          |
| SEP-DIC     | -.261 | -.304 | .010          |
| % ACUMULADO | .999  | 1.000 |               |

Tabla 19. VALORES DEL ANÁLISIS DE DISCRIMINATES (WL=.0936195) MOSTRANDO LAS MEDIAS POSITIVAS (NEGRITAS) Y LAS MEDIAS DICRIMINADAS (NEGATIVOS) DE LAS PROFUNDIDADES DE TRATAMIENTO EN LAS ESTACIONES INSULARES

| TIEMPO  | 1 m         | 4 m         | 7 m         |
|---------|-------------|-------------|-------------|
| JUL_AGO | -.045       | <b>.006</b> | <b>.059</b> |
| JUL_SEP | <b>.105</b> | <b>.015</b> | <b>.081</b> |
| JUL_OCT | -.008       | <b>.403</b> | <b>.453</b> |
| SEP_OCT | <b>.387</b> | -.008       | -.196       |
| SEP_NOV | <b>.100</b> | <b>.111</b> | -.054       |
| SEP_DIC | -.095       | <b>.058</b> | <b>.187</b> |

Tabla 20. VALORES DEL ANÁLISIS DE DISCRIMINATES (WL=.0023331) DE LA PROFUNDIDAD EN RELACIÓN A LAS SERIES DE TIEMPO, MOSTRANDO LAS MEDIAS POSITIVAS (NEGRITAS) Y LAS MEDIAS DICRIMINADAS (NEGATIVOS) EN LAS ESTACIONES INSULARES.

| TIEMPO  | S. GABRIEL   | EMPACHO      | BALLENA      | CUEVITAS     | EMBUDO      |
|---------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|
| JUL_AGO | <b>1.526</b> | <b>3.217</b> | <b>9.290</b> | -.098        | -.605       |
| JUL_SEP | <b>.814</b>  | <b>1.111</b> | <b>3.952</b> | -.362        | -.299       |
| JUL_OCT | -.583        | <b>1.121</b> | -2.378       | <b>1.481</b> | <b>.777</b> |
| SEP_OCT | -.696        | -.127        | -4.409       | <b>.013</b>  | <b>.352</b> |
| SEP_NOV | -1.059       | -.510        | -5.649       | <b>.833</b>  | <b>.552</b> |
| SEP_DIC | -.338        | -.352        | <b>1.373</b> | <b>1.160</b> | <b>.168</b> |

Tabla 21. TALLAS PROMEDIO (mm) DE LA SEMILLA COLECTADA EN TODAS LAS ESTACIONES DURANTE EL EXPERIMENTO.

|            | JUL-AGO | JUL-SEP | JUL-OCT | SEP-OCT | SEP-NOV | SEP-DIC |
|------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| MOGOTE     | 2.2     | 4.7     | 4.3     | 4.7     | 4.2     | 7.0     |
| CAIMANCITO | 3.9     | 4.0     | 6.4     | 3.4     | 5.6     | 7.6     |
| P.COLORADA | 4.2     | 6.0     | 3.7     | 5.6     | 6.2     | 10.9    |
| GAVIOTA    | 5.0     | 7.3     | 8.3     | 3.3     | 7.7     | 10.5    |
| BALANDRA   | 3.7     | 5.3     | 10.0    | 1.5     | 4.1     | Perdido |
| S.GABRIEL  | 0.7     | 4.9     | 1.1     | 1.8     | 3.4     | Perdido |
| EMPACHO    | 3.9     | 4.2     | 7.6     | 3.7     | 5.5     | 8.4     |
| BALLENA    | 3.5     | 4.4     | 2.9     | 2.5     | 5.8     | 8.4     |
| CUEVITAS   | 3.0     | 3.7     | 3.8     | 4.3     | 7.4     | 10.6    |
| EMBUDO     | 2.4     | 4.5     | 4.6     | 3.8     | 4.1     | 5.5     |

Tabla 22. TASAS INSTANTANEAS DE CRECIMIENTO (mm/día) DE LA SEMILLA COLECTADA EN TODAS LAS ESTACIONES DURANTE EL EXPERIMENTO.

| ESTACIONES | Jul-Ago | Jul-Sep | Jul-Oct | Sep-Oct | Sep-Nov | Sep-Dic | Prom.<br>Estación |
|------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-------------------|
| MOGOTE     | .05     | .10     | .07     | .10     | .09     | .03     | 0.078             |
| CAIMANCITO | .10     | .09     | .12     | .07     | .09     | .06     | 0.092             |
| P.COLORADA | .10     | .10     | .05     | .12     | .09     | .18     | 0.111             |
| GAVIOTA    | .11     | .18     | .16     | .08     | .14     | .07     | 0.126             |
| BALANDRA   | .07     | .06     | .09     | .04     | .06     | 0       | 0.057             |
| S.GABRIEL  | .01     |         | .004    | .01     | .02     | 0       | 0.019             |
| EMPACHO    | .11     | .09     | .09     | .04     | .07     | .06     | 0.081             |
| BALLENA    | .13     | .08     | .02     | .05     | .05     | .08     | 0.069             |
| CUEVITAS   | .06     | .06     | .007    | .04     | .03     | .11     | 0.055             |
| EMBUDO     | .01     | .03     | 0       | .04     | .02     | .01     | 0.022             |
| Promedio   | 0.080   | 0.087   | 0.063   | 0.063   | 0.071   | 0.063   |                   |

Tabla 23. TASAS INSTANTANEAS DE CRECIMIENTO (mm/día) DE LA SEMILLA COLECTADA EN LAS DIFERENTES PROFUNDIDADES DURANTE EL EXPERIMENTO.

|          | 1 m   | 4 m   | 7 m   | Promedio |
|----------|-------|-------|-------|----------|
| JUL-AGO  | .09   | .09   | .06   | 0.085    |
| JUL-SEP  | .10   | .08   | .06   | 0.087    |
| JUL-OCT  | .07   | .08   | .02   | 0.063    |
| SEP-OCT  | .09   | .05   | .03   | 0.063    |
| SEP-NOV  | .10   | .07   | .04   | 0.072    |
| SEP-DIC  | .07   | .06   | .04   | 0.060    |
| Promedio | 0.093 | 0.076 | 0.046 |          |

Tabla 24. FACTOR DE CORRELACIÓN DE SPERMAN (Rsp) ENTRE LA TASA DE CRECIMIENTO, TASA DE FIJACIÓN Y TALLA DE LA SEMILLA RECUPERADA EN CADA UNA DE LAS ESTACIONES, SEÑALANDO EL TIPO DE RELACIÓN: DIRECTA (^), INDEPENDIENTE (\*) E INVERSA (N).

| ESTACIONES     | T.Crecimiento vs<br>T. Fijación | Talla vs T.<br>Crecimiento | Talla vs T. Fijación |
|----------------|---------------------------------|----------------------------|----------------------|
| Mogote         | .31 *                           | .02 *                      | -.54                 |
| Caimancito     | .05 *                           | -.05 *                     | -1.00                |
| Punta Colorada | .60 ^                           | .52 ^                      | -.02 *               |
| Gaviota        | .34 *                           | -.05 *                     | -.54                 |
| Balandra       | .34 *                           | .81 ^                      | .08 *                |
| San Gabriel    | .83 ^                           | .81 ^                      | .63 ^                |
| Empacho        | .52 ^                           | -.11 *                     | -.77                 |
| Ballena        | .63 ^                           | .57 ^                      | .08 *                |
| Las Cuadras    | .92 ^                           | .17 *                      | -.02 *               |
| Embudo         | .75 ^                           | .54 ^                      | -.55                 |

Tabla 25. FACTOR DE CORRELACIÓN DE SPERMAN (Rsp) DE LA TASA DE FIJACIÓN vs. LA TALLA DE LA SEMILLA RECUPERADA A CADA PROFUNDIDAD EN LAS DIFERENTES ESTACIONES, SEÑALANDO EL TIPO DE RELACIÓN: DIRECTA (^), INDEPENDIENTE (\*) E INVERSA (N).

| ESTACIONES     | 1 m    | 4 m    | 7 m    |
|----------------|--------|--------|--------|
| Mogote         | -.88   | -.82   | .88 ^  |
| Caimancito     | -.48   | -.31 * | .82 ^  |
| Punta Colorada | -.60   | .08 *  | .37 *  |
| Gaviota        | -.65   | -.54   | -.69   |
| Balandra       | .31 *  | .47 ^  | .74 ^  |
| San Gabriel    | 1.00 ^ | .88 ^  | -.02 * |
| Empacho        | -.65   | -.54   | .14 *  |
| Ballena        | .14 *  | -.82   | .60 ^  |
| Las Cuevitas   | .08 *  | -.31 * | -.08 * |
| Embudo         | .71 ^  | .25 *  | .52 ^  |

resultado