



4.1 DISCUSIÓN

4.1.1 Muestreo piloto.

4.1.1.1 Patrón espacial

El muestreo piloto se realizó principalmente para la obtención del tamaño de muestra y los ajustes necesarios a la metodología de campo, por lo que no se profundiza en la discusión de sus resultados.

El objetivo del muestreo en la presente investigación, fue ganar en lo que respecta a la calidad de la observación además de minimizar el daño a la comunidad tal y como lo recomienda Hawkins (1999).

De manera conjunta los índices V/m , Índice de Morisita (I_d) e Índice Estandarizado de Morisita (I_p), determinaron dos tipos de dispersión espacial: aleatorio y agregado. El ajuste de las frecuencias observadas a distribuciones de probabilidad Poisson y Binomial Negativa reforzó dichos resultados.

Tanto la razón V/m como el índice de Morisita (I_d), son métodos que se basan en la distribución Poisson (Cox, 2002); por otra parte, el mejor índice para muestreos por cuadrantes es el índice Estandarizado de Morisita (I_p), ya que no es afectado por la densidad de la población o el tamaño de muestra (Myers, 1978 en Krebs, 1999). Por lo anterior, dichos índices garantizan la confiabilidad de los resultados obtenidos por este trabajo, además de que los valores pueden ser comparados con otros estudios.

4.1.1.2 Tamaño de muestra.

La determinación de un tamaño óptimo de muestra, se llevó a cabo utilizando un muestreo sistemático, que tanto Scheaffer, *et al.* (1987), Perez (2000) y Badii *et al.*



(2000), mencionan que dicho diseño presenta ventajas desde el proceso de selección de la muestra, como mayor rapidez y facilidad de aplicación en campo, así como una menor varianza comparado con un muestreo aleatorio simple.

Snedecor y Cochran (1967), establecieron que es de suma importancia considerar el nivel de error deseado antes de tomar una muestra, ya que ello define la precisión del muestreo. De acuerdo a lo anterior, en esta investigación, el tamaño de muestra se calculó con distintos valores del error estándar o nivel de error deseado (5, 10, 20 y 30%), y con límites de confianza de 90 y 95%, lo que permitió obtener distintos valores. Los menores tamaños de muestra se obtuvieron al trabajar con un error estándar de 30% y nivel de confianza de 90%, y el caso inverso, cuando se trabajó con un error estándar de 5% y nivel de confianza de 95%.

Los tamaños de muestra variaron de una playa a otra, dependiendo del patrón espacial que se determinó para *Plicopurpura patula pansa* durante el muestreo piloto, de tal manera que el número de unidades muestrales fue mayor en playas donde se determinó un patrón espacial agregado, y menor para aquellas donde dicho patrón fue aleatorio. Lo anterior concuerda con Rabinovich (1980), quien mencionó que un mismo método de muestreo dará distintos resultados según el patrón espacial de la población. Por otra parte, en el caso de aquellas poblaciones del caracol de tinte que presentaron un patrón espacial agregado, los tamaños de muestra se incrementaron en función del parámetro k de Binomial Negativa, por lo que, valores pequeños de k , requirieron mayores tamaños de muestra. Éstas observaciones concuerdan con Andreawartha (1973), quien mencionó que para varios tipos de agregación, el tamaño de muestra para un nivel dado de exactitud, crece en proporción al tamaño del agregado.

Por lo tanto, debido a la gran variación en el número de unidades muestrales que fueron calculados de acuerdo al error estándar y nivel de confianza, en la presente



investigación se determinó que 20 m² fue un tamaño de muestra aceptable, dado que sobrepasaba o estaba cercano a tamaños de muestra obtenidos con error estándar del 30% y nivel de confianza de 90%.

De acuerdo a la experiencia de trabajo en la zona intermareal rocosa, un muestreo en un área más grande, con condiciones ambientales no siempre favorables al investigador (exposición al oleaje, estructura y tipo de roca, pendiente de playa, etc.), y aunado a la fatiga visual que se incrementa después de la revisión minuciosa de un gran número de unidades muestrales, podrían generarse evaluaciones poco precisas de la especie, en particular, en la búsqueda de reclutas difícilmente observables bajo ciertas condiciones. A este respecto Sutherland (1996) menciona que un método de muestreo asume que todos los animales pueden ser igualmente capturados, pero si esto no se satisface, la población podría ser seriamente infravalorada.

León (1989), recomendó un área de 10 m² para estudiar a *P. p. pansa* en una playa de Bahía de Cuastecomate, Jal., que estimó a partir de un muestreo simple aleatorio. De acuerdo a los resultados del muestreo piloto de esta investigación, el tamaño de muestra estimado para la playa "Barra de Potosí Expuesto" con nivel de error deseado del 30% y límites de confianza de 90%, fue igual al que dicha investigadora calculó en su área de estudio. Ciertas características del sustrato así como un patrón espacial aleatorio, son coincidentes en ambos trabajos, y no así el grado de exposición.

4.1.2 Muestreos formales.

4.1.2.1 Patrón espacial.

Durante la recolecta, los caracoles fueron encontrados frecuentemente al interior de grietas y oquedades, en actividades de reproducción y alimentación, siendo poco frecuente observar individuos aislados sobre la roca desnuda y expuesta (figura 84).



a)



b)



c)



d)



e)



f)

Figura 84. a) caracoles resguardándose en una oquedad; b) caracoles resguardándose en una grieta; c) pareja copulando; c) pareja copulando y "tercero en discordia"; d) caracoles consumiendo a *Nerita spp.* y e) caracoles consumiendo a *Chiton spp.*



El caracol de tinte *Plicopurpura patula pansa* presentó un patrón espacial agregado, el cual se hizo patente en todas las playas rocosas, con excepción de dos fechas de muestreo en un sitio de estudio. Andreawartha (1973), manifestó que los animales no se dispersan de modo uniforme y tienden a formar agregaciones, mientras que Krebs (1999) mencionó que las especies presentan una determinada dispersión espacial como respuesta al ambiente, siendo importante determinar los patrones biológicos en función de características físico-químicas. Los resultados de esta investigación corroboran que el caracol de tinte tiende a formar agregaciones a través del tiempo, aún cuando las características del sustrato y exposición de cada playa rocosa difieren. Las fechas en que se manifestó un patrón espacial aleatorio fueron consecutivas, además de que se trató de la misma playa rocosa. En dicho sitio, el sustrato es relativamente móvil aunque la complejidad es uniforme, y además, se trataba de una playa expuesta. Presentó el menor y mayor valor del índice Estandarizado de Morisita (I_p) a lo largo del ciclo, lo que refleja gran fluctuación de sus valores.

Las menores fluctuaciones de valores del Índice I_p , se detectaron en cinco playas que tuvieron en común sustratos fijos y gran cantidad de grietas y oquedades. De primera intención, aunque la exposición al oleaje como la pendiente de playa, no mostraron una relación tan estrecha como la complejidad y estructura del sustrato, se observó cierta influencia jerárquica de los tres factores. Tres de éstas playas fueron protegidas y dos fueron expuestas, y en cuanto a la pendiente, dos presentaron paredes casi verticales, dos con pendiente intermedia, y una, pendiente de playa suave.

Las mayores fluctuaciones del índice I_p , fueron para cuatro playas con características del sustrato muy diferentes entre ellas, ya que dos playas presentan sustratos móviles, una sustratos fijos y la restante una combinación entre fijos y móviles. La complejidad también fue variable, desde pocas o nulas oquedades hasta gran frecuencia de grietas.



En cuanto a la pendiente de playa, una presentó paredes verticales, otra presentó pendiente intermedia, y dos sitios tuvieron pendiente de playa suave. En cuanto a la exposición se observó una relación más cercana, ya que tres playas fueron expuestas y una protegida, lo que enfatiza la influencia del oleaje.

De esta manera, el presente estudio pudo determinar que el caracol de tinte presentó un patrón espacial agregado más definido en playas con sustratos fijos, de superficies ásperas y gran cantidad de grietas y oquedades, donde la exposición al oleaje fue variable.

En cuanto al sustrato, otros estudios han descrito un comportamiento gregario de *P.p. pansa* relacionado con ciertas características del habitat, ya que registraron organismos en lugares que sirven de refugio, protección y zonas de ovipostura como grietas, oquedades y fisuras (Castillo-Rodríguez y Amezcua-Linares, 1992; Enciso *et al.* 1998; Acevedo *et al.* 1996). Trabajos como los de Spight (1976 y 1978), señalan que las hendiduras son un elemento importante del hábitat, ya que caracoles de la orilla más baja prefieren éstos lugares durante los periodos de bajamar, además de que la selección del hábitat refleja factores que afectan el éxito de una especie; Menge y Lubchenco (1981), remarcan que en la costa de Panamá, los espacios tridimensionales (hoyos y oquedades) tienen importancia como refugio para los consumidores, ya que en superficies abiertas pueden experimentar calor excesivo y desecación, además de que pueden ser removidos por el oleaje. Por lo anterior, el presente estudio hace notar la importancia de la estructura y complejidad del sustrato en el patrón espacial del caracol de tinte, aspecto que concuerda con las observaciones y resultados de los autores mencionados.

En cuanto a la exposición al oleaje, estudios como los de Hernández y Acevedo (1987), Álvarez (1989), Castillo-Rodríguez (1992), y Reyes (1993), resaltan que *P.*



patula pansa presenta adaptaciones como poca ornamentación de la concha, ángulo pequeño de la espira y gran abertura pedal, que provee al caracol de una mejor adhesión al sustrato y le permite habitar zonas expuestas al fuerte oleaje. Además, Aguilar-Cruz (2003), describe que en el epitelio del pie y manto abundan células calciformes, cuyas secreciones ayudan, entre otras múltiples funciones, a una mejor adhesión al sustrato. Por lo anterior, el caracol de tinte está adaptado para vivir en zonas de fuerte oleaje, y mientras se encuentre habitando en áreas de sustratos fijos, las variaciones del oleaje dentro de un rango promedio pueden tener un efecto menor sobre su disposición en el espacio.

Sobre el patrón espacial de *Plicopurpura patula pansa*, el único trabajo que aborda metodológicamente este aspecto, es el de León (1989), en la playa rocosa denominada "La Calechosa", en Bahía de Cuastecomate, Jalisco México. Muestreó un área de 10 m² y trabajó la razón V/m y el índice de Morisita (I_d), determinando que durante la mayor parte del ciclo, la población presentó una distribución al azar y que en agosto, septiembre, noviembre y enero de, presentó un patrón agregado. Mencionó como posibles causas de esta agregación, el efecto de factores ambientales relacionados con las mareas baja y alta, así como la reproducción, ya que observó copulación todo el año con una mayor incidencia en agosto y septiembre.

Los resultados de esta investigación, difieren de los obtenidos por León (Op. cit.), debido a que, en 96.3% de las observaciones realizadas durante seis fechas en nueve playas rocosas de la Costa del Estado de Guerrero, el caracol *P. p. pansa* presentó un patrón espacial agregado.

Tres posibles explicaciones pueden ser sugeridas: a) diferencias en el método de muestreo; b) características propias del sitio de estudio y c) diferencias en la densidad de caracoles.



En cuanto al primer inciso, aunque existen puntos en que ambos métodos de muestreo son coincidentes (zona mesolitoral superior, cuadrantes hacia uno y otro lado de la línea de transecto, espacio de dos metros entre cada par de cuadrantes y aplicación de índices V/m e I_d), se difiere en el tamaño de la unidad muestral y número de unidades muestreadas, frecuencia en la obtención de información (en el presente estudio fue cada tres meses), entre otros aspectos. En la presente investigación, el uso del índice Estandarizado de Morisita (I_p), que no es influenciado ni por la densidad relativa y/o el número de unidades muestrales (Myers, 1978 en Krebs, 1999), así como el ajuste de las frecuencias observadas a distribuciones de probabilidad Poisson y Binomial Negativa, otorga un buen soporte a los resultados obtenidos.

En cuanto al segundo inciso, además de ser un sitio que se ubica mucho más al norte, las características que describe de la playa "La Calechosa", refieren una combinación de sustratos, entre ellos, algunos que en función del oleaje pueden tener cierta movilidad. En este sentido, existiría cierta similitud de su sitio de estudio con la playa "Barra de Potosí Expuesto" del presente trabajo, en la cual, durante el muestreo piloto llegó a registrarse un patrón espacial aleatorio del caracol de tinte.

Por lo tanto, es posible observar la importancia del sustrato en lo que respecta al patrón espacial de *Plicopurpura patula pansa*.

En cuanto a la densidad de organismos, León (1989), encontró periodos de mayor y menor densidad, registrando la más baja en octubre (0.2 caracoles/m²) y la más alta en enero (2.7 caracoles/m²). Taylor (1971 y 1984), menciona que a muy bajas densidades y en conjuntos de muestras en las que se presenta un solo individuo, se pueden detectar dispersiones al azar. En el presente trabajo, en la playa "Barra de Potosí Protegido, se presentaron densidades entre 0.35 y 1.65 caracoles/m², y se observó una disminución del I_p en dos fechas de muestreo y, en las mismas ocasiones, el índice de



Morisita (*I_d*) denotó un patrón espacial aleatorio, por lo que la sensibilidad o robustez de los índices, puede ser otro factor.

Otros estudios sobre gasterópodos carnívoros del intermareal rocoso, describen un patrón espacial agregado en función de relaciones intraespecíficas y como respuesta al estrés ambiental ejercido por otros factores. De esta forma, Stickle y Mrozek (1973), mencionan que *Fusitriton oregonensis* y *Thais lamellosa* forman agregaciones en periodos relativamente cortos, determinados principalmente por comportamientos reproductivos y prevención de la predación de cápsulas ovígeras; Menge (1973), determinó que durante la marea baja *Thais emarginata* se encuentra agregado, y menciona que la desecación juega un papel importante en su dispersión; Santés-Álvarez y Hernández (1983), encontraron que *Acanthina brevidentata* se agrega principalmente porque busca protección de la exposición solar directa. Trabajos como los de Marchetti y Geller (1987), Peckol y Guarnagia (1989) y Esqueda *et al.* (2000), advierten que la agregación es un método eficaz para protegerse de altas temperaturas y reducir el estrés por desecamiento, debido a la pérdida de agua por evaporación, además de que el uso de hoyos y hendeduras coadyuva a reducir la mortalidad por dichos factores.

En esta investigación se observó que durante la marea baja, en una mayor proporción el caracol se encontraba agregado en las grietas, fisuras y oquedades. En una menor proporción se le localizó expuesto, principalmente en actividades de alimentación y reproducción, siendo poco frecuente encontrarlo sólo y expuesto. El gregarismo por alimentación ha sido comentado por Álvarez (1989) y en cuanto a reproducción por Hernández y García (1987); Holguin (1993) y Michel *et al.* (2000).

Rabinovich (1980) destaca que cuando la proximidad entre individuos responde a factores de tipo físico del ambiente, las consecuencias tienen un valor ecológico, y



cuando la proximidad responde a un comportamiento en respuesta a fenómenos de interacción a nivel poblacional, los efectos tienen un carácter tanto evolutivo como ecológico.

Puede afirmarse que el patrón espacial agregado de *P. p pansa* es una característica de la población en las playas rocosas estudiadas, que se refleja en su gran éxito como especie dominante de dichos lugares. Lo anterior revela importancia ecológica, y a raíz de profundizar más en el tema, podría sugerirse también una importancia evolutiva.

4.1.2.2 Ajuste a distribuciones de probabilidad.

Las distribuciones Binomial Negativa y Poisson, ajustaron el 90.74% de los conjuntos de datos registrados durante seis fechas en nueve playas rocosas, por lo que ambas distribuciones pudieron describir el patrón espacial de *Plicopurpura patula pansa*. A este respecto, Rabinovich (1980) menciona que ambos modelos matemáticos fueron generados por hipótesis compatibles con procesos biológicos y/o ecológicos, por lo que proveen una adecuada descripción de los arreglos espaciales. En ningún caso, la distribución uniforme ajustó las frecuencias observadas del caracol de tinte.

El 72.22% de los datos fueron ajustados por la distribución Binomial Negativa (lo que coincide con los resultados de los índices V/m , I_d e I_p). De acuerdo a (Cox, 2002), dicho modelo puede ajustar datos muestrales derivados de patrones agregados. Krebs (1999), menciona que Binomial Negativa es unimodal y su forma cambia conforme la media se incrementa y su parámetro k permanece constante, además de que la varianza siempre es más grande que la media, y ésta situación es una marca de calidad en la agregación de los datos de campo.

Cabe destacar que en el ajuste de los datos del presente trabajo, tres situaciones se hicieron presentes:



- 1) Conjuntos de datos que no fueron ajustados por Binomial Negativa aún cuando los índices de dispersión V/m , I_d e I_p denotaron un patrón espacial agregado.
- 2) Conjuntos de datos que no fueron ajustados por ninguna de las tres distribuciones de probabilidad.
- 3) Conjuntos de datos que correspondieron al 100% con los resultados de los índices de dispersión.

Krebs (1999), menciona que hay patrones agregados que no pueden ser descritos por Binomial Negativa, ya que después de dejar el mundo de los patrones aleatorios, se encuentra un infinita variedad de posibilidades, por lo que es diferente mencionar "evidencia de agregación en los datos" y "adecuada descripción de una cierta distribución". De esta manera, en cuanto al primer inciso, se esperaría que otro modelo pudiera ajustar y describir la agregación. La misma explicación sería para el segundo inciso, aunado a que todos los casos que tuvieron esta, característica presentaron un patrón espacial agregado de acuerdo a los índices de dispersión. En cuanto al tercer inciso, existió una correspondencia de los índices de dispersión espacial con un buen ajuste a Binomial Negativa.

Por otra parte, pudo observarse una relación de los conjuntos de datos ajustados a las dos distribuciones con la estructura y complejidad del sustrato, pendiente de playa y la exposición al oleaje. Este hecho se apreció más definidamente en el caso de una playa protegida, con sustratos móviles, superficies lisas y pendiente promedio baja, donde 66.7% de sus conjuntos de datos fueron ajustados a la distribución Poisson, mientras que, en el caso de dos playas expuestas, con sustratos fijos con gran cantidad de grietas y pendiente promedio alta, el 100% de sus conjuntos de datos fueron ajustados por el modelo Binomial Negativa.



Por lo anterior, los tres factores están ejerciendo de manera individual y/o en conjunto, una presión ambiental, que está influyendo en el patrón espacial del caracol de tinte. A este respecto Lewis (1964), manifestó que la exposición es probablemente el factor que determina las poblaciones costeras e influencia su distribución; Spight (1976), menciona que la distribución de las especies varía con la exposición al oleaje, el sustrato o ambos; Jones y Reynolds (en Sutherland, 1996), comentan que la pendiente tiene un efecto drástico sobre plantas y animales, y causa un efecto notable en la zona intermareal. En este trabajo resalta el hecho de que en tres playas expuestas con sustratos fijos, superficies ásperas, gran cantidad de grietas, y pendientes grandes, el modelo que ajustó al 100% sus conjuntos de datos y describió el patrón espacial de *P.p. pansa* fue Binomial Negativa. Una playa protegida con sustratos móviles, superficies lisas con poca frecuencia de oquedades y pendientes suaves, el modelo que ajustó el 66.7% de sus conjuntos de datos y describió el patrón espacial de la misma especie, fue Poisson.

Los resultados evidencian la participación de la exposición, la pendiente de playa promedio y el sustrato, aunque el presente trabajo sugiere una especial atención para éste último, ya que los contrastes realizados mostraron que variando la exposición y la pendiente promedio pero manteniendo similar el sustrato, la tendencia es que el modelo probabilístico Binomial Negativa, ajustará la mayor cantidad de datos. Spight (1978), menciona que los patrones distribucionales, pueden ser el reflejo de la selección del habitat, mientras que Pielou (1977), indica que distintos arreglos espaciales pueden estar definidos en función de espacios habitables discretos, continuos, así como espacios habitables continuos con organismos no delimitados claramente. Por lo tanto, cabe destacar que la mayoría de las playas presentaron sustratos fijos y fueron altamente complejas (gran cantidad de grietas y oquedades),



por lo que el sustrato parece ser uno de los principales factores que está modelando el patrón espacial de la especie, en las nueve playas rocosas estudiadas.

En un sustrato más homogéneo y con características muy particulares como el de "Barra de Potosí Protegido", aunque los datos no pudieron ser ajustados a la distribución Binomial Negativa, los índices de agregación V/m , I_d e I_p determinaron que la población de caracol en ese lugar es agregada. Andreawartha (1973), menciona que cualquier habitat, aunque sea de una uniformidad aparente, revelará un grado mayor o menor de heterogeneidad lo que se reflejará a su vez en la "irregularidad" de la distribución de los animales en el área. De esta manera el problema es el modelo que ajusta y describe los datos, y no la agregación evidente de la población.

Por lo todo lo anterior, las distribuciones Binomial Negativa como Poisson pudieron describir el arreglo espacial del caracol, pero no llegar a explicar las causas de dicho patrón. Pielou (1977), menciona que para establecer conclusiones válidas acerca de los mecanismos que pueden explicar el patrón espacial, tendrían que ser probados de manera independiente algunos de los supuestos sobre distribuciones generalizadas o compuestas.

4.1.2.3 Parámetro k de Binomial Negativa.

Los valores de k obtenidos por esta investigación, indican que *Plicopurpura patula pansa* es una especie altamente agregada, ya que 70% de los conjuntos de frecuencias ajustadas a Binomial Negativa, presentaron valores entre 0.85 y 3.84. A este respecto, Cox (2002) menciona que en un buen ajuste a la distribución Binomial Negativa, los valores de k se encuentran entre 0.5 y 3.0. (Pielou, 1977) manifiesta que una propiedad del parámetro k es que permanece inalterado cuando una población



disminuye en tamaño debido a mortandad aleatoria, por lo puede considerarse un índice de agregación.

El valor más grande lo obtuvo la playa "Punta Maldonado", y los datos también fueron ajustados por la distribución Poisson. Rabinovich (1980) indica que valores muy grandes de éste parámetro, hacen tender hacia una distribución Poisson, aspecto que fue posible corroborar.

La menor y mayor variabilidad del parámetro k de Binomial Negativa, estuvo relacionada estrechamente con el sustrato, la pendiente de playa promedio y la exposición al oleaje de cada playa. De esta forma, en playas con sustratos fijos con gran cantidad de grietas, superficies ásperas y pendientes promedio grandes ($>50^\circ$), los caracoles presentaron la menor fluctuación en el grado de agregación. Por otro lado, en playas que llegaron a presentar sustratos móviles, que son expuestas y con pendiente promedio intermedia ($30.09 - 32.7^\circ$), presentaron la mayor variabilidad de k .

En junio, diciembre 2001 y ambas fechas de septiembre, la mayor cantidad de valores pequeños del parámetro k , por lo que en estas fechas, el caracol de tinte mostró el mayor grado de agregación. En particular, septiembre y junio 2001 fueron dos fechas de muestreo en donde la cantidad de lluvia (mm) registrada superó a cualquier otra fecha, lo que pudo haber influido en que el caracol presentara una mayor agregación.

Por fechas de muestreo, la correlación entre el parámetro k y la densidad del caracol de tinte de las playas rocosas, destacó solamente una tendencia de asociación de ambos parámetros, a través del ciclo de estudio. De esta manera, a partir de la fecha de marzo 2001, el grado de agregación fue aumentando conforme lo hizo la densidad relativa, y ambos alcanzaron el punto clímax en el mes de septiembre 2001, pudiendo apreciar a partir de esa fecha una tendencia de descenso. La fecha clímax del presente



estudio, coincide con el trabajo de León (1989), que aunque no trabajó índices de agregación, menciona que de acuerdo a los valores de la razón V/m y el índice de Morisita, sólo en los meses de agosto, septiembre y noviembre, detectó un patrón espacial agregado de los organismos, lo que para la presente investigación, septiembre 2001 sería el mes de mayor agregación y mayores densidades de la especie.

Observando el comportamiento de la agregación del organismo por playas rocosas, solamente en "Palmitas", existió una asociación significativa entre densidad y grado de agregación.

"Piedra de Tlacoyunque" y "Playa Ventura", que son sitios con sustratos fijos y pendientes de playa superiores a 49° , así como de oleaje intenso o expuestas, presentaron en común, que el caracol de tinte en ambas fechas de diciembre, presentó su mayor grado de agregación, así como en junio y septiembre, respectivamente, el menor grado. Ciclos de máxima agregación se hicieron presentes en las dos playas mencionadas.

Playas como "Palmitas", "Troncones", "Zoológico" y "Punta Maldonado", que presentaron pendientes promedio de playa entre 30 y 36° , que tres tienen sustratos fijos y una sustratos móviles, y que dos son protegidas y dos son expuestas, tuvieron en común que el caracol presentó su máxima agregación en fechas de septiembre y junio, donde en las playas expuestas, se llegaron a proyectar ciclos anuales de máxima agregación. Con excepción de "Palmitas", las playas presentaron sus valores de menor agregación en fechas como diciembre 2001.



En el caso de “Barra de Potosí Expuesto” mantuvo mucha semejanza en cuanto al comportamiento de las poblaciones de caracol en playas con con pendientes promedio grandes, sin embargo, la tendencia del grado de agregación fue siempre ascendente.

De esta manera pudo observarse que en sustratos fijos el grado de agregación fue menos variable que en sustratos móviles. Playas con pendiente promedio alta mantuvieron un patrón temporal más definido. En playas expuestas se pudieron definir ciclos anuales en cuanto a los valores máximos de agregación.

4.1.2.4 k_c común (k_c).

Los valores de k_c estimados, enfatizan que en las playas rocosas que se estudiaron, el caracol de tinte presenta una alta agregación, la cual se manifestó durante todo el ciclo de estudio. En playas que presentaron sustratos fijos, con gran cantidad de componentes estructurales como las fisuras, grietas y oquedades, el caracol de tinte presentó valores de k_c muy pequeños.

Lo anterior tiene implicaciones biológicas y prácticas, ya que se pone de manifiesto que en las playas con valores de k_c entre 1.284 y 1.931, el caracol de tinte *Plicopurpura patula pansa*, presenta el mayor grado de agregación, donde de primera intención, resalta la importancia de las características de las playas rocosas; por otro lado, al contar previamente con una estimación de un k_c , es posible obtener una mayor precisión al momento de realizar un nuevo cálculo de un tamaño óptimo de muestra, para el caracol de tinte en las playas mencionadas.

La estimación del grado de agregación común para el caracol de tinte, en playas con características que varían en exposición, pendiente de playa y estructura y complejidad del sustrato, es de invaluable valor, para su contraste con estudios futuros.



4.1.2.4 Comparación de la proporción de organismos entre los niveles I y II de la zona mesolitoral.

4.1.2.4.1 No diferenciando sexos.

De manera general, a partir de las diferencias estadísticas de las proporciones entre los niveles I y II, pudo establecerse que la mayor cantidad de caracoles se ubicó en la parte baja de la franja mesolitoral o nivel I. A este respecto se difiere de García (1999), quien encontró que sin discriminar sexos, las proporciones de organismos en ambos niveles del intermareal son iguales. Las discrepancias de resultados entre ambos trabajos, pueden ser atribuidas en primer lugar, a que los métodos para analizar la información, fueron diferentes. García (Op. cit.) agrupo toda la información de sus fechas de estudio, y realizó una sola prueba de diferencias de proporciones, por lo que diferencias atribuibles a la temporalidad, podrían haberse ocultado.

Temporalmente se apreció que en la fechas de diciembre 2000 y 2001, los organismos se encontraron mayormente en la parte baja, situación que fue más marcada en la última fecha. En contraparte, en septiembre 2001 se ubicaron en la parte alta de la zona mesolitoral. Marzo 2001 se consideró como una fecha "intermedia", dado que siete de ocho playas no tuvieron diferencias en las proporciones, además de que posterior a esta fecha, se observó una tendencia creciente en el número de diferencias significativas, situación que alcanzó su clímax en diciembre 2001. Flores (1995), menciona desplazamientos verticales del caracol hacia la zona supralitoral en función del oleaje intenso, principalmente en agosto, septiembre y octubre. En febrero, marzo y abril, observó oleaje débil y mencionó que los organismos se desplazaban hacia la zona infralitoral. Los resultados de la presente investigación coinciden con el citado autor, en el sentido de encontrar una mayor cantidad de organismos en fechas de



septiembre hacia el nivel superior de la zona mesolitoral. En la fecha mencionada se registraron los picos más altos de precipitación, así como también fuertes oleajes. Por otra parte, no debe descartarse el reclutamiento, lo que traería consigo una importante variación entre las proporciones de caracoles de ambos niveles. Las zonas de oviposición fundamentalmente fueron encontradas en el nivel II, por lo cual los reclutas podrían aparecer en dicho nivel.

Otros autores como Castillo-Rodríguez y Amezcua-Linares (1992) y Acevedo *et al.* (1996), destacan también que el caracol de tinte presenta movimientos verticales de acuerdo a los cambios de marea.

Por otra parte, en playas con pendientes promedio grandes, sustratos fijos con superficies ásperas y gran cantidad de grietas, las poblaciones de caracol tuvieron una preferencia más definida por alguno de los niveles del mesolitoral. De esta manera, se observó un patrón temporal a lo largo del ciclo de estudio, donde en fechas de septiembre, la mayor cantidad de organismos se encontró en el nivel II, y en fechas de diciembre en el nivel I. La importancia de la pendiente así como el tipo de sustrato y complejidad del mismo se hizo evidente en éstas playas.

En playas con pendiente suave, de sustrato fijo y con gran cantidad de grietas, la ubicación de los organismos se definió más por razones de exposición al oleaje y amplitud de la franja intermareal. Tal fue el caso de "Zoológico" y "Palmitas", playas expuesta y protegida respectivamente. En la primera la población de caracoles se ubicó la mayor parte del ciclo de estudio en el nivel II, mientras que en la segunda estuvieron en el nivel I.

En playas que presentaron sustratos móviles, la complejidad del sustrato parece ser el factor que puede determinar diferencias en las proporciones de organismos. De esta



manera, "Punta Maldonado", una playa expuesta, con sustratos móviles, superficies ásperas y gran cantidad de oquedades, presentó dos fechas donde en ambos casos la mayor cantidad de caracoles se ubicó en el nivel I. Por otro lado, en dos playas como "Barra de Potosí Expuesto" y "Barra de Potosí Protegido", compuestas parcial o totalmente por cantos rodados, superficies lisas y poca frecuencia de oquedades, los caracoles no presentaron en ningún caso, preferencia por uno u otro nivel a través del tiempo.

4.1.2.4.2 Diferenciando sexos.

En general, para hembras y machos no se observó una preferencia por alguno de los niveles de la zona mesolitoral, dado que el número de pruebas significativas que se obtuvieron, fue equiparable para ambos niveles. García (1999), menciona que en base a la distribución vertical, los machos no muestran una preferencia por algún nivel de la zona mesolitoral, situación con la cual los resultados del presente estudio concuerdan; sin embargo, menciona que las hembras se ubican preferentemente en el nivel superior, situación en la que el presente trabajo difiere con dicho autor. Nuevamente se resalta la manera de realizar los análisis de los datos, ya que en este caso también fueron trabajados de manera conjunta. La presente investigación, hace la respectiva diferenciación temporal.

A través del tiempo fue posible observar una preferencia espacial en el caso de los machos, dado que en septiembre 2001 los organismos se ubicaron en el nivel II o superior, mientras que en diciembre 2001 en el nivel I. La información disponible no permite establecer las causas que originan dicho comportamiento.

Las características de cada playa también contribuyeron en la definición de las preferencias espaciales.



En playas con pendientes promedio grandes, sustratos fijos, superficies ásperas y gran cantidad de grietas, pero que variaron en la exposición al oleaje, se ubicó una tendencia de que, tanto las hembras como los machos, en fechas de diciembre se ubicaron preferentemente en el nivel I, y en fechas de septiembre en el nivel II. Por lo tanto, el sustrato adquiere importancia sin discriminar sexos, como al momento de discriminarlos, de tal forma que, playas con las características mencionadas, presentaron diferencias de las proporciones de organismos, en la distribución vertical.

En playas con pendiente promedio de playa regular o intermedia, sustratos fijos con superficies ásperas y gran cantidad de grietas, pero que variaron en la exposición, la preferencia de hembras y machos estuvo en función de la amplitud de franja intermareal. De esta manera, en la playa expuesta hembras y machos se ubicaron en el nivel II, y en la protegida solo los machos manifestaron tendencia más marcada por el nivel I.

En playas que tuvieron en común la presencia parcial o total sustratos móviles, no existió preferencia de machos y hembras, por ubicarse en alguno de los dos niveles de la zona mesolitoral.

4.1.2.5 Comparación de la longitud y peso promedio de los organismos entre los niveles I y II de la zona mesolitoral.

4.1.2.5.1 No diferenciando sexos.

De manera general, a partir de las diferencias estadísticas de los promedios de la longitud y peso de los caracoles, entre los niveles I y II de la zona mesolitoral, pudo establecerse que los caracoles de mayor longitud y peso de la especie *P. p. pansa* tienen una marcada preferencia por la parte baja de la franja mesolitoral o nivel I. Álvarez (1989), observó una preferencia de los caracoles pequeños a ocupar la zona



supralitoral por evitar el golpeteo de las olas. En base a los resultados de esta investigación, se coincidiría con dicho autor en que los organismos más pequeños se encuentran fundamentalmente en la parte alta de la zona mesolitoral.

Temporalmente, la preferencia de los organismos más grandes por el nivel I, se marcó en ambas fechas de diciembre. En septiembre 2001, los organismos mostraron una ligera tendencia por el nivel II, situación que fue más marcada al hacer la prueba de manera conjunta para todas las playas. En las fechas restantes, los organismos no mostraron una tendencia definida, y las diferencias que se detectaron pueden ser explicadas principalmente, por las características particulares de cada playa rocosa.

Por lo anterior, en "Playa Ventura" y "Piedra de Tlacoyunque", que son sitios expuestos con pendiente promedio grande, sustrato fijo, áspero y con gran cantidad de grietas, los organismos de mayor longitud y peso mantuvieron una tendencia por ubicarse en el nivel II, lo cual fue significativo principalmente en marzo. En "Las Peñitas", que es una playa protegida pero que mantiene características similares en el sustrato con las playas anteriormente citadas, los organismos de mayor longitud y peso se ubicaron en el nivel I en diciembre 2000, y en el nivel II en septiembre 2001.

En playas con pendientes promedio iguales o menores a 36.4° , como "Palmitas", "Zoológico", "Barra de Potosí Expuesto" y "Barra de Potosí Protegido", aún cuando difirieron en características de estructura y complejidad del sustrato, los caracoles de mayor longitud y peso promedio tuvieron una marcada preferencia por el nivel I. En "Punta Maldonado" no pudo definirse una preferencia por algún nivel.

En playas como "Zoológico", "Palmitas", "Piedra de Tlacoyunque" y "Barra de Potosí Expuesto", los caracoles presentaron un ciclo anual con respecto a las fechas de diciembre, donde los organismos de mayor longitud y peso se ubicaron en el nivel I.



4.1.2.5.2 Diferenciando sexos.

Pudo observarse una ligera tendencia de que las hembras de mayor longitud y peso se ubicaron en el nivel II, o parte superior de la zona mesolitoral.

Temporalmente dicha tendencia fue más evidente, pudiendo apreciar que en las fechas de marzo, junio y septiembre, las hembras de mayor longitud y peso se ubicaron principalmente en el nivel II, mientras que ambas fechas de diciembre lo hicieron en el nivel I. El número de pruebas significativas para las variables longitud y peso, fue el mismo, pero en el caso de la variable longitud las pruebas favorecieron más al nivel II, mientras que para peso, favorecieron al nivel I. Sin embargo, la tendencia en cuanto a las fechas se mantuvo para ambas variables.

Lo anterior puede explicarse en términos de la naturaleza de las mismas variables, ya que las hembras incrementan su peso debido al proceso reproductivo, y después de éstas fechas se esperaría un decremento del mismo, lo que no sucedería en el caso de la longitud de la concha.

En los machos de mayor longitud y peso fue posible apreciar una preferencia por ubicarse en el nivel I o parte baja de la zona mesolitoral.

Temporalmente se observó que dicha preferencia se acentuó en las fechas de diciembre, marzo y junio, mientras que en septiembre 2001 se ubicaron en el nivel II. Dicha comportamiento se determinó tanto en longitud como en peso, lo que significó un comportamiento más similar de ambas variables, en el caso de los machos.

De esta manera puede pensarse que en las hembras la preferencia por el nivel II en fechas como marzo, junio y septiembre, está relacionado con la ovipostura, mientras que en el caso de los machos podrían al igual que las hembras, responder a procesos reproductivos y también como una respuesta al ambiente, dado que se les encontró en



el nivel superior solo en fechas de mayor precipitación. Diversos autores han mencionado que la mayor copulación se lleva a cabo en la parte inferior de la zona mesolitoral. En este sentido Castillo-Rodríguez y Amescua-Linares (1992), mencionan que la copulación se lleva a cabo en la franja baja de la zona mesolitoral.

García (1999), Establece que en base a merística, los machos no presentan una preferencia por encontrarse en alguno de los niveles del mesolitoral, mientras que por otra parte, las hembras de mayor tamaño y peso se encuentran en el nivel inferior. En lo general, los resultados de este trabajo podrían diferir con el citado autor, dado que al analizar de manera conjunta todos los datos, muchas características sobresalientes a través del tiempo, pueden ocultarse por el mismo proceso.

Por otra parte, puede hacerse notar que las hembras de mayor longitud y peso, presentan afinidad por el nivel II tanto en las épocas de oviposición (marzo a junio), como en aquellas épocas donde la precipitación mayor se hace patente.

Por lo tanto, puede apreciarse una dispersión y gradiente vertical diferenciada por el sexo, merística y temporalidad. Los efectos de este comportamiento podrían influir en los resultados del muestreo en ciertas épocas, dado que las probabilidades de selección de los individuos podrían cambiar de acuerdo al tiempo, tamaño y sexo de los caracoles.

Por otra parte, en playas con sustratos fijos y gran cantidad de grietas y oquedades, la preferencia por alguno de los niveles I y II, estuvo relacionada con la pendiente promedio del lugar y la exposición. De esta manera en sitios como "Playa Ventura" y "Piedra de Tlacoyunque", tanto las hembras como los machos de mayor longitud y peso llegaron a tener preferencia por el nivel II, lo que fue más evidente en marzo. En playas como "Las Peñitas", "Zoológico" y "Palmitas", hembras y machos de mayor



longitud coincidieron en que en fechas como diciembre, se presentaron en el nivel I, y en fechas como septiembre en el nivel II, manteniendo la misma tendencia en cuanto al peso.

En playas compuestas parcialmente por sustratos móviles, el gradiente vertical resulta ser más variable. En “Barra de Potosí Expuesto” y “Barra de Potosí Protegido”, en cuanto a la longitud y peso, las hembras no mostraron ningún patrón, mientras que los machos (principalmente los de “Barra de Potosí Expuesto”), se ubicaron principalmente en el nivel I. En “Punta Maldonado”, que es una playa expuesta, con sustratos móviles, superficies ásperas, y pendiente promedio intermedia, las hembras de mayor longitud se ubicaron en el nivel II tanto en junio como en septiembre 2001, coincidiendo en ésta última fecha con los machos.

4.1.2.6 Zonas de oviposición.

Hernández y Acevedo (1987), observaron copulación y oviposición desde marzo, con mayor incidencia en mayo y ocasionalmente en julio, aduciendo que dichos meses fueron los más cálidos; Álvarez (1989), determinó que la cópula se realiza en enero, febrero y marzo coincidiendo con aguas frías, y que la puesta de huevecillos es en marzo y abril; Acevedo *et al.* (1996), observaron que de diciembre a septiembre las hembras ovipositan en varias puestas, resaltando la importancia de la temperatura en dicho proceso; Enciso *et al.* (1998), encontraron una gran cantidad de cápsulas a finales de diciembre, y mencionaron que un factor desencadenante del desove fue la disminución de temperatura, dado que la época de puesta coincidió con las temperaturas más bajas. Michel-Morfin *et al.* (2000), observaron que la estación reproductiva ocurrió entre enero y mayo, y se caracterizó por la cópula y puesta de cápsulas en las fisuras de las rocas. Flores (1995), registró copulación de febrero a



julio y encontró áreas de desove particularmente en ésta última fecha y en agosto. En un estudio histológico, García-Domínguez y Naegel (2003), observaron que el desove presentó dos picos bien marcados: el primero de febrero a marzo, mes en el que el 100% de los organismos se encontraban desovando, y el segundo de julio a agosto, en el que la mayor frecuencia de desove fue en agosto (58%).

Los resultados de este trabajo coinciden con los estudios anteriores, dado que las épocas de desove estuvieron relacionadas con cambios en la temperatura, y además con las épocas de lluvia. Fechas como marzo que registró la menor temperatura y mínima cantidad de precipitación, y junio que fue un repunte en la temperatura ambiente y primer pico de la época de lluvias marcaron dicho proceso.

Los estudios de Acevedo *et al.* (1987), Hernández y Acevedo (1987), Álvarez (1989) Flores (1995) y Enciso *et al.* (1998), coinciden en que el caracol de tinte oviposita principalmente en grietas no expuestas directamente a la luz solar, registrando además la presencia de organismos adultos. Tanto Álvarez (Op. cit.) como Flores (Op.cit.) mencionan la presencia de *H. hansí* en dichas zonas.

El presente estudio corrobora dichas observaciones, ya que las zonas de ovipostura siempre fueron encontradas en grietas o fisuras húmedas que variaron en profundidad y longitud, ubicadas predominantemente en el nivel superior de la zona mesolitoral, donde la luz del sol no incidía directamente y son bañadas constantemente por el rocío o spray de las olas. Las cápsulas no estaban una encima de otra o sobrepuestas, y se encontraban distribuidas de forma agregada. También se detectó la presencia de organismos adultos, los cuales no fueron sexados o medidos para no causar alteración. En la fecha de junio 2001, era frecuente detectar a *H. hansí* en las zonas de ovipostura. Fue posible apreciar los cambios de tonalidades en las cápsulas, pasando



del color blanco hasta aquellas que presentaban coloraciones moradas, pero en ningún momento fue posible determinar si había cápsulas bañadas con el tinte del caracol.

Playas de sustrato fijo, poroso y agrietado fue el común denominador para la presencia de zonas de oviposición, mientras que en aquellas donde se presentaron sustratos lisos y/o móviles, no fue posible encontrar alguna zona de ovipostura.

Los resultados permiten remarcar la importancia del sustrato (fijo, textura porosa y complejo) en la frecuencia de ocurrencia de las áreas de ovipostura, además de la respectiva relación con la temperatura y precipitación.



5.1 CONCLUSIÓN

En Las playas rocosas estudiadas, un tamaño de muestra de 20m² permitió obtener información de calidad de la especie *P. p. pansa*, ya que fue un punto de equilibrio entre el nivel de error deseado y la calidad de la observación, además de que se minimizó el daño a la comunidad y al habitat del intermareal rocoso.

En nueve localidades que presentaron características del sustrato y exposición al oleaje diferentes, el caracol de tinte presentó un patrón espacial agregado, y dicho arreglo se mantuvo a través del tiempo.

En sustratos fijos, de superficies ásperas y gran cantidad de grietas, los índices de dispersión presentaron las menores fluctuaciones de sus valores a través del tiempo. Por lo tanto el sustrato es un factor determinante en el patrón espacial de *P. p. pansa*, y contribuye en el éxito de dicha especie en la zona intermareal.

Las distribuciones de probabilidad Binomial Negativa y Poisson, son modelos que pueden ajustar las frecuencias observadas del caracol de tinte, y describir su patrón espacial.

Conjuntos de datos que correspondieron a poblaciones del caracol que habitan playas de oleaje intenso, con sustratos fijos, gran cantidad de grietas y oquedades así como pendientes promedio superiores a 40°, fueron ajustadas y descritas exclusivamente por el modelo probabilístico, Binomial Negativa. Los conjuntos de datos provenientes de poblaciones de caracol que habitan sustratos móviles, con superficies lisas y poca frecuencia de oquedades, fueron mejor descritas por la distribución Poisson.



Plicopurpura patula pansa, es un organismo que manifiesta una alta agregación, la cual puede ser considerada como una característica de la especie.

En playas con sustratos fijos y pendiente promedio superior a 40° , el caracol de tinte presentó un mayor grado de agregación con una menor fluctuación o rango, mientras que en playas con sustratos móviles y pendiente promedio menor, el grado de agregación presentó mayores fluctuaciones, las cuales estuvieron relacionadas con la exposición al oleaje.

El mayor grado de agregación se registró en fechas de septiembre y diciembre, lo cual está relacionado con la mayor cantidad de precipitación que se registra en el ciclo anual, y con el incremento de la densidad de la especie.

En playas con pendiente promedio superior a 40° , los mayores grados de agregación se presentan en fechas de diciembre y el menor grado en junio y septiembre. En playas con pendiente promedio igual o menor a 36.4° , la máxima agregación se presentó en junio y septiembre, y la menor en diciembre.

En playas con sustrato fijo y expuestas al oleaje, se presentan ciclos anuales en cuanto a los valores de máxima agregación.

El caracol de tinte presenta una tendencia de ubicarse principalmente en la parte baja de la zona mesolitoral. Dicha tendencia se acentúa en las fechas de diciembre, mientras que en septiembre los organismos se ubican preferentemente, en la parte superior de dicha zona. En marzo la distribución vertical es indistinta.

La pendiente promedio marca patrones temporales más definidos, ya que en zonas con pendiente superior a 40° los organismos prefirieron alguno de los dos niveles de la zona mesolitoral. En playas con pendiente suave la preferencia por alguno de los niveles está más en función de la exposición al oleaje y la amplitud de la franja



intermareal. En playas con sustratos móviles la complejidad es un elemento más importante, ya que en lugares con superficies lisas con pocas oquedades no hubieron preferencias definidas.

Por lo que respecta a los sexos, de manera general no existe una preferencia por alguno de los niveles de la zona mesolitoral a través del tiempo. Características de la playa como sustrato y pendiente contribuyeron en la distribución vertical de la especie. En playas con sustratos fijos y pendientes promedio grandes, tanto machos como hembras muestran un gradiente vertical en fechas como septiembre y diciembre. En playas con pendiente promedio suave la preferencia está más definida por la amplitud de la franja intermareal. En sustratos móviles no hay preferencias marcadas.

Sin considerar el sexo de los caracoles, se observó que los organismos de mayor longitud y peso, mantienen una marcada preferencia por la parte baja de la franja mesolitoral. Al discriminar sexos, dicha situación sufre modificaciones.

Temporalmente, los organismos de mayor longitud en la fecha de septiembre se ubican en la parte alta del mesolitoral, mientras que en diciembre lo hacen en la parte baja.

Con respecto al sustrato y pendiente promedio, en playas expuestas con sustrato fijo y pendiente superior a 40° , los organismos de mayor longitud en marzo, se ubicaron en la parte alta de la zona mesolitoral. En playas con pendiente promedio igual o inferior a 36° , los organismos se ubicaron en la parte baja.

Las hembras de mayor longitud y peso mantuvieron una tendencia a ubicarse en el nivel superior, principalmente en fechas como marzo, junio y septiembre, mientras que en diciembre se encontraron en la parte baja. De manera general los machos de mayor longitud y peso se ubican en la parte baja.



Existe un gradiente vertical diferenciado por sexo y merística del caracol de tinte a través del tiempo, donde el sustrato, la pendiente promedio y la exposición al oleaje, contribuyen notablemente en la definición o preferencia por algún nivel.

Las zonas de oviposición se encontraron predominantemente en la parte superior de la zona mesolitoral, en grietas o fisuras donde la luz no incide de manera directa y constantemente son bañadas por el rocío o salpicadura de las olas. En dichos lugares siempre hubo presencia de organismos adultos, y en junio, fue muy frecuente encontrar a *H. hansii* compartiendo el espacio.

Las playas de sustratos fijos, ásperos y agrietados presentaron la mayor cantidad de zonas de ovipostura. En playas de sustratos lisos y/o móviles no se encontró ninguna zona.