



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS

TOLERANCIA DE *Astraea undosa* (MOLLUSCA:GASTEROPODA)
A LA EXPOSICION AEREA



T E S I S

Que para obtener el título de:

OCEANOLOGO

Presenta:

JOSE ANTONIO SANDOVAL PEREA

Ensenada, B.C., Junio de 1993

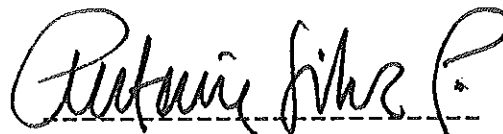
TOLERANCIA DE Astraea undosa
(MOLLUSCA: GASTEROPODA) A LA EXPOSICION AEREA.

TESIS

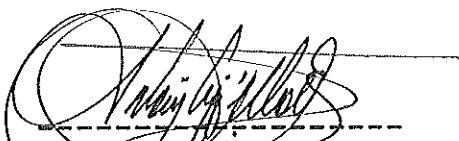
QUE PRESENTA:

JOSE ANTONIO SANDOVAL PEREA

APROBADA POR:



PRESIDENTE DEL JURADO
M.C. ANTONIO SILVA LOERA



SINODAL

M.C. ANTONIO TRUJILLO ORTIZ



SINODAL

OC. ELISEO ALMANZA HEREDIA

DEDICATORIA

A mi BiSaBuEla y a mis AbUeLoS, quienes se han vuelto para siempre mis 4 puntos cardinales...
Gracias por hacerme posible.

A DoN sAÚL, a quién le debo tanto, desde el aprender a caminar en calles de guerra y calles de paz tomando lo mejor de ello; admiro su gran capacidad para esperar que las cosas mejoren justo cuando todo parezca estar de noche, y lo más importante - por su creer y no creer en mí- sin ello quizá no estuviese escribiendo ahora ésto.

A DoÑA CoCo, habitante natural de la historia, quién ha demostrado al infinito el ser una madre y una amiga de las que ya no se fabrican, le he aprendido mucho y entre tantas cosas resalta la importancia del sentido del humor a pesar de todo... a pesar de las brujas.

Creo que no pude haber escogido mejores padres...
Para ellos toda la admiración, el respeto y amor.

G r A c I a S P o R T o D o .
G r A c I a S P o R S i E m P r E .

A sAÚL Y ClAuDiA, curiosos individuos con quienes las cosas se vuelven -por naturaleza- mucho más divertidas de lo que son... que bueno que estén alrededor.

aL QuE ViEnE...Bienvenido!!.

A mi TiA LiLa, el que te vea poco no cambia nada.

Bueno, aquí estaba reservado para AlGuIeN que al parecer no pudo llegar a tiempo, algo debió haber pasado en el camino hacia acá...Ojalá que esté bien.

A LoS ZaPaToS, por distraerme del tedio que en muchas ocasiones se convierte el estudio... creo que es lo mejor que me ha pasado en la guitarra.

AGRADECIMIENTOS

A México, por darme la oportunidad de estar aquí escribiendo algunas ideas, y de alguna forma llegar a la Facultad de Ciencias Marinas... Ambos lugares tendrán por eones algo más que mi polvo.

Para Antonio Silva, por mostrarse muy a menudo como con gran disposición para finalizar éste trabajo, además de ser un director de tesis sui generis y por demostrar que -sin romper las reglas-la informalidad es la parte más interesante de lo que llaman formal. Es bueno saberlo.

Para Antonio Trujillo, por ceder su tiempo en la región estadística que de alguna forma nunca falta en éstos requisitos escolares.

Para Eliseo Almanza, sobre todo por el buen ánimo y la rapidez -con todo lo que ello implica- destinados para realizar el presente escrito.

Para las entidades que se encuentran en el segundo piso del CECUUE, en especial para David Martínez, por estar siempre con una respuesta a los problemas naturales que comúnmente surgen al trabajar con soluciones artificiales como son las computadoras. La mejor impresión aquí la encontré.

Para Sergio Larios, del IIO por facilitarme información que para su tranquilidad no publicaré ni antes ni después que el.

Para Ramón Moreno por la tinta vertida.

Para doña Tere por sus regaños y crédito, para la señora de los siempre-bien-amados burritos, para la gente del almacén (Nacho boy y don Arturo), para Don Román, para el Quinini, para Delia Yadíra en la biblioteca...gente básica para todos los que en algún tiempo habitamos Marinas.

Para los profesores que -por orden de aparición- estuvieron a punto de bajarme de semestre: Eduardo Venegas, Josué Alvarez, Sonia Maldonado, Graciela Guerra, FJ Organista... les agradezco que no lo hayan logrado.
Ni modo, ahí' pa'l'otra.

A las personas que de alguna forma contribuyeron a lo largo de la carrera con una charla, un chisme, algún consejo, una botella o tal vez algún examen que hizo mi vida estudiantil mucho más fácil, sobre todo a mi generación XXXII.

A Evelia, Larissa, Lorena y Lídice, por sus interminables formas de ayudarme siempre.

A los amigos y amigas que no tienen nada que ver con la escuela.

A todos aquellos con constancia y avidez mostraron que en realidad no fueron, no son, y si se siguen esforzando quizá nunca serán mis amigos ... por ellos aprendí que se necesita todo tipo de gente para formar el mundo.

Para Mr. Yacouff, Pancho y la Sra. Socorro por demostrar que desde cualquier punto de vista la fé es la continuación de la razón.

A DIOS sobre todo lo anterior...

Por traerme hasta aquí y recordarme que esto sigue girando...

Por haberme permitido el ser testigo y cronista de todo el mundo que acaba de irse...

Por llevarme a ver todo ese mundo que viene, un mundo bien distinto del anterior del que no conozco nada y del que sólo se me ha dicho que empieza justo trás éstas líneas...

Por hoy, lo unico que sé es que aquí comienza el primer día del resto de una de las vidas más extrañas en las que me ha tocado estar.

RESUMEN

Se estudió la respuesta del caracol marino Astraea undosa ante la exposición aérea encontrándose que una aparente deuda de oxígeno se presenta al momento en que en el epitelio, debido a la desecación, se inhibe la difusión del oxígeno gaseoso hacia el interior del organismo. A su vez se experimentó la capacidad del caracol para soportar la variación térmica sin aclimatación. Se probaron desde la temperatura ambiental de 20°C hasta los 32°C. El valor metabólico más alto se registró a los 24.5°C y resalta que ésta temperatura normalmente no se presenta en el hábitat donde fueron colectados los organismos. Se discuten las ventajas ecológicas que le representan éstas capacidades, como la migratoria en busca de alimento, o para huir de sus depredadores sin que sea limitante la temperatura, y en dado caso para la ocupación de hábitat en la zona intermareal donde podrían colonizar.

I N D I C E

	PAGINA
Resumen -----	v
Lista de Figuras -----	vii
Lista de Tablas -----	viii
1. Introducción -----	1
2. Antecedentes -----	7
2.1 Objetivo -----	9
Apoyos al proyecto -----	10
3. Materiales y Métodos -----	11
4. Resultados -----	17
5. Discusiones -----	25
6. Conclusiones -----	36
7. Literatura Citada -----	37

LISTA DE FIGURAS

PAGINA

- | | | |
|---|--|----|
| 1 | Localización del área de colecta de los organismos. | 12 |
| 2 | Valor promedio del metabolismo (ml O ₂ /g/h) de <u>Astraea undosa</u> a 22°C en función del tiempo de exposición aérea. Las barras verticales corresponden al error estándar. | 18 |
| 3 | Valor promedio del metabolismo (ml O ₂ /g/h) de <u>Astraea undosa</u> a 29°C en función del tiempo de exposición aérea. Las barras verticales corresponden al error estándar. | 18 |
| 4 | Valor promedio del metabolismo (ml O ₂ /g/h) de <u>Astraea undosa</u> en función de la temperatura. Las barras verticales corresponden al error estándar. | 23 |

LISTA DE TABLAS	PAGINA
I Análisis de Varianza de una vía de la tasa metabólica de <u>Astraea undosa</u> a 22°C a distintas horas de exposición aérea.	20
II Análisis no paramétrico (Kruskal-Wallis) de la tasa metabólica de <u>Astraea undosa</u> a 29°C a distintas horas de exposición aérea.	20
III Análisis de Varianza de una vía de la tasa metabólica de <u>Astraea undosa</u> a distintas temperaturas.	22
IV Análisis múltiple de grupos homogéneos utilizando el Método de Diferencia Mínima Significativa al 95% de confianza.	22

1. INTRODUCCION

Los moluscos comprenden uno de los Phylla más grandes y extensos del reino animal que se distribuyen en una amplia diversidad de hábitat. Se han descrito alrededor de 90 000 especies vivientes, así como un gran número de fósiles presentes desde el cámbrico (Seed, 1983).

Se reconocen 7 Clases, pero la forma corporal es tan variada que un intento al tratar de agruparlas por alguna característica común es casi imposible. Sin embargo, se puede decir que la mayoría de los moluscos están contenidos en las clases Gastrópoda, Cefalópoda y Bivalvia (Seed, 1983).

En cuanto a su morfología y tamaño son sumamente diversos, caracterizándose desde organismos casi microscópicos como almejas y caracoles (< 1 mm) hasta los calamares oceánicos gigantes de varios metros de longitud. En general, no presentan endoesqueleto; sin embargo, pese a su gran diversidad morfológica, para reconocerlos se ha seguido el criterio de asumir que son organismos de cuerpo blando dentro de una concha dura compuesta principalmente de calcio. Dicho criterio para muchos autores no es suficientemente satisfactorio, pero para fines prácticos es el más utilizado (Morton, 1960).

completamente al organismo y llega a tener una altura máxima promedio de 12.5 cm, siendo dicho valor, aproximadamente el mismo que corresponde a la medida del diámetro de la base (Morris,1966).

La concha es cónica y presenta ondulaciones en espiral bien marcadas y desarrolladas que van desde el ápice hasta la base de la misma, que por lo regular es plana, y pueden ser características de identificación. Por lo general está cubierta por un periostráco fibroso de tono café oscuro, además, epibiontes y epífitos, que en la mayor parte de las veces son organismos coralinos (Morris,1966).

El opérculo es grueso y calcáreo en forma de "gota" y normalmente presenta bordes muy duros (Morris,1966).

Este caracol se distribuye desde Santa Bárbara California, E.U.A. hasta Punta Abreojos B.C.S., México. Aunque existe poca información sobre el organismo, se sabe que habita áreas rocosas, desde la zona intermareal hasta los mantos algales (Brandon,1985); sin embargo, también se le ha encontrado en lugares con sustratos blandos, como el caso de los organismos que habitan en Punta Morro (en la Bahía Todos Santos, B.C.) y en Bahía San Quintín, B.C.

(Silva-Loera, com. pers.).

La información sobre su biología y ecología es escasa, sin embargo se ha estudiado sobre su distribución y abundancia (Becerril-Bobadilla, 1988; Chávez-Morales, 1988), fisiología (Ramade-Villanueva, 1989), dieta (Aguilar-Rosas et al., 1990), depredación (Robledo-Ramírez, 1988), taxonomía (McLean, 1970), Genética (Fernández-Apango, 1992) y alimentación (Leighton, 1966).

Ghiretti (1966) describe que la gran mayoría de los moluscos son acuáticos, y dichas formas típicamente poseen, en la cavidad del manto, organelos altamente especializados para la respiración conocidos como tenidia.

McMahon (1988) cita en lo que respecta a las condiciones que de alguna manera implican capacidad de adaptación para que un organismo sobreviva, que la mayoría de los animales que habitan la zona litoral quedan expuestos al medio ambiente aéreo por causa de los cambios en el nivel de marea principalmente. Estas capacidades están íntimamente relacionadas con la respiración la cual

M.C. Antonio Silva Loera. Fac. Ciencias Marinas. U.A.B.C.

se ve afectada por el grado de exposición aérea, que depende de varios factores como variación sinoidal regular del nivel de marea, cambios cíclicos estacionales, así como lunares en la amplitud de la marea y las variaciones encausadas atmosféricamente en el nivel de marea; dicho autor expresa que el grado de exposición al aire está relacionado de manera directa con la zonación litoral.

Como una consecuencia de estar expuestos, se ha derivado la capacidad para mantener un intercambio gaseoso que ocurre de un medio acuático al aéreo y viceversa (McMahon, 1988).

Al quedar expuestos, los moluscos tienen dos opciones básicas: el recluirse profundamente en la concha (Gastrópoda) o bien cerrar las valvas con fuerza (Bivalvia) y así efectuar procesos metabólicos anaeróbicos. Dicho evento evita que los tejidos húmedos queden expuestos y con ello pierdan agua por evaporación, además le ofrece una máxima protección contra los depredadores (McMahon, 1988). Sin embargo, la anaerobiosis resulta en una utilización deficiente de las reservas orgánicas de energía durante los períodos de emersión en los cuales la toma de alimento decrece o incluso llega a ser ausente. La segunda opción implica exponer los tejidos

branquiales así como el manto y promover el intercambio gaseoso aeróbico, el cual tiene la ventaja de conservar un poco mejor las reservas orgánicas de energía pero expone a los animales a un contacto directo con el aire y con ello ser depredados fácilmente, a la vez que pierden gran cantidad de agua en sus tejidos debido a la evaporación (McMahon,1988).

El metabolismo se manifiesta en términos de oxígeno consumido, calor producido o dióxido de carbono liberado. Se ha considerado que el consumo de oxígeno es un buen indicador del nivel metabólico de los organismos (Prosser y Brown,1968).

Entre los factores fisiológicos que afectan el consumo de oxígeno se encuentran el peso (Ghiretti,1966), la actividad (Innes y Houlihan,1985), las variaciones estacionales (Innes y Houlihan, 1985), el sexo (Prosser y Brown,1968) y el alimento (Ghiretti,1966) entre otros.

El consumo de oxígeno en el medio natural está sujeto a factores fisicoquímicos fuera del alcance de los organismos, entre los más importantes se pueden citar temperatura, salinidad y la disponibilidad de oxígeno en el medio (Gade y Ellington,1983).

2. ANTECEDENTES

Durante los últimos veinte años se ha estudiado la respuesta respiratoria de los moluscos marinos en condiciones normales de oxígeno disponible, en condiciones de hipoxia y de anoxia. La mayoría de los investigadores se han concentrado en dos situaciones bien específicas, ya sea en los cambios que ocurren en la tasa de consumo de oxígeno en condiciones de hipoxia, o bien, en las rutas bioquímicas anaeróbicas utilizadas durante la exposición a una condición anóxica (Kappler y Stickle, 1987).

En los moluscos marinos, caso contrario de la mayoría de los vertebrados, el lactato no es el producto final resultante de una anaerobiosis; dependiendo de la especie y la duración de la anoxia se acumulan una variedad de moléculas, principalmente succinato, alanina, y propionato (Kappler y Stickle, 1987).

Se ha estudiado que en bivalvos, en contraste con ciertos vertebrados, la anaerobiosis no causa un incremento marcado en la tasa de consumo de glucógeno en sus tejidos, lo cual se debe básicamente a la drástica caída en la demanda de energía que se observa en sus tejidos durante la anoxia; lo anterior en combinación con una mayor eficiencia energética causada por la acumulación

de succinato y propionato, que es la principal fuente de energía durante la anoxia, lo cual les permite soportar largos periodos de exposición aérea (Michaelidis y Beiss, 1990).

Por otra parte, es muy poco el conocimiento del metabolismo energético en los gasterópodos marinos así como los mecanismos que controlan la acumulación de productos terminales debidos a la anaerobiosis. Dicha acumulación varía según la especie y aparentemente es dependiente del patrón de zonación intermareal (Michaelidis y Beiss, 1990).

Los mecanismos anteriores se deben en gran parte a que los bivalvos y los moluscos gasterópodos son incapaces de evitar condiciones de hipoxia debido a su restringida capacidad de locomoción.

Mildward-de-Andrade (1981), realizó estudios generales con el propósito de conocer la resistencia de algunos moluscos, en particular de Pomacea haustorium a la exposición aérea, encontrando que dicha especie fue capaz de sobrevivir 6 meses continuos en condiciones totales de exposición aérea y aproximadamente 14 meses en desecación periódica interrumpida por lapsos de 24 a 488 horas en que se volvía a colocar en agua al organismo.

De acuerdo a lo mencionado anteriormente y con el propósito de conocer un poco más en la fisiología del caracol Astraea undosa, el presente trabajo se orienta a proporcionar información sobre el metabolismo del organismo ante condiciones variables de temperatura y exposición aérea.

2.1 OBJETIVO

Valorar la tolerancia del caracol marino Astraea undosa a la exposición aérea en función del gasto metabólico, así mismo evaluar la alteración del metabolismo al variar la temperatura en condición acuática.

Este trabajo de tesis forma parte del proyecto de investigación "Evaluación Integral de los Recursos con Potencial Económico de la Costa Oeste de Baja California del caracol Astraea undosa (Mollusca:Gasterópoda)", correspondiente a la etapa de fisiología que se desarrolló en la Facultad de Ciencias Marinas con el apoyo de la Universidad Autónoma de Baja California y la Secretaría de Educación Pública convenios número C87-0136 y 88-01-0077.

3. MATERIALES Y METODOS

Durante los meses de Julio y Agosto de 1990 se colectaron 90 organismos del caracol Astraea undosa en Punta Banda, B.C. (Figura 1), mediante buceo autónomo. Se transportaron al laboratorio de Acuicultura de la Facultad de Ciencias Marinas en recipientes aislados térmicamente (hieleras).

Se resalta el hecho que la temperatura encontrada en el estrato donde fueron colectados, mismo donde se observó una mayor abundancia del caracol (3 a 6 m de profundidad), fue de 17°C y la superficial fluctuó de los 20 a los 23°C.

Una vez en el laboratorio se colocaron en tanques de fibra de vidrio de 600 l de capacidad con flujo abierto y temperatura semejante al ambiente de colecta (17°C). Se alimentaron con Macrocystis sp., diariamente se retiró el alimento no consumido y las heces fecales. Bajo éstas condiciones se mantuvieron en el laboratorio por una semana antes de comenzar el experimento.

3.1 Experimento I

Para valorar el efecto de la exposición aérea se colocaron 4 caracoles de tamaño semejante (7 a 8 cm) por

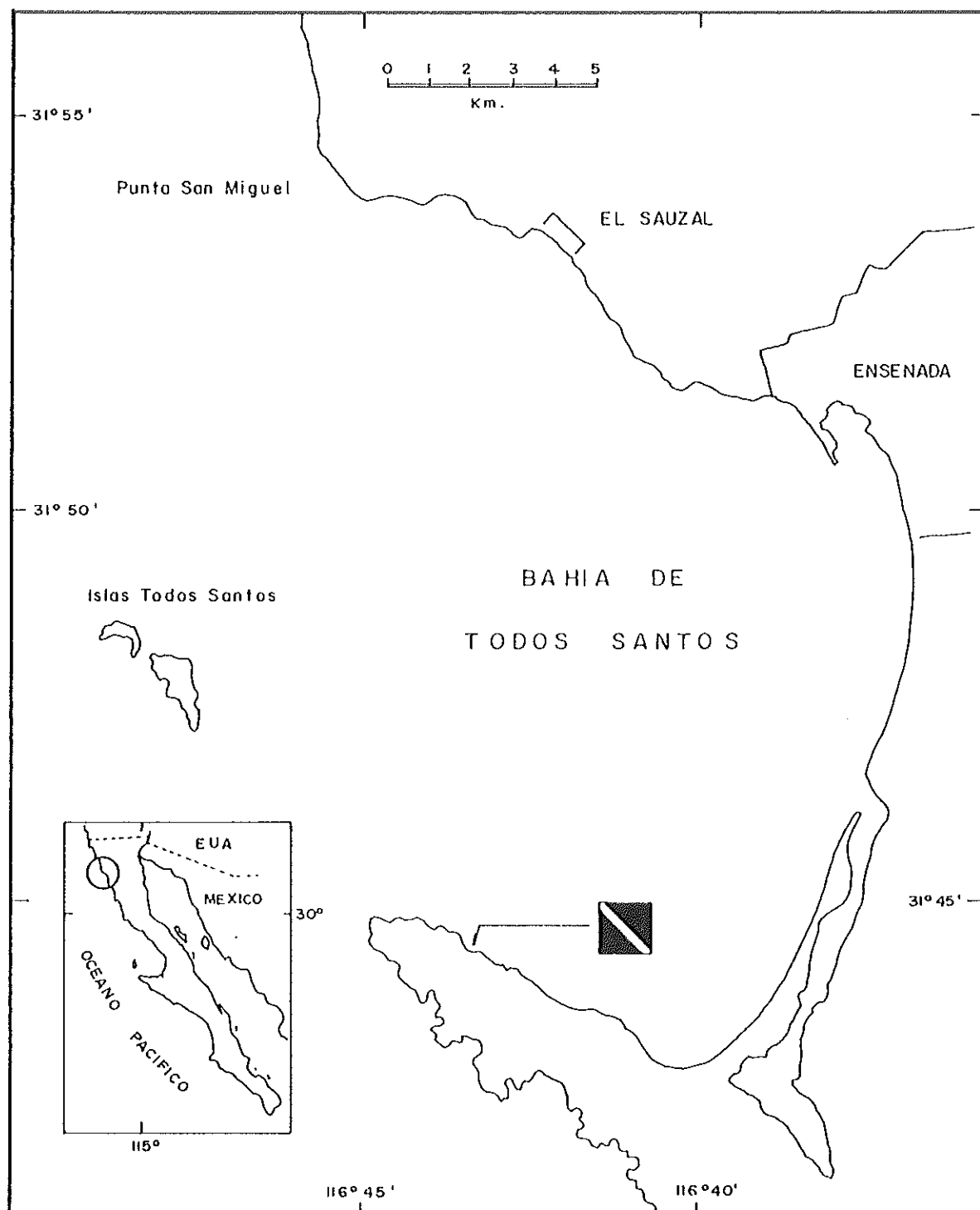


FIGURA 1 - LOCALIZACION DEL AREA DE COLECTA DE LOS ORGANISMOS.

cada tiempo de exposición aérea que fueron de 3, 6, 12, 24, 36, 48, 60, y 72 horas respectivamente. Posteriormente se les midió el consumo de oxígeno a los mismos organismos en 22°C durante 60 minutos, después se incremento la temperatura a 29°C y se realizó la misma medición por un tiempo igual; el tiempo que transcurrió para el cambio de temperaturas fue de 30 a 45 minutos para todos los caracoles. La temperatura de 22°C es el máximo ambiental durante el verano (Becerril-Bobadilla, 1988), la segunda (29°C) es el máximo cercano al límite letal superior para dichos organismos (Silva-Loera, com. pers.).

Durante la exposición aérea los caracoles se colocaron en un lugar sombreado y húmedo donde la temperatura ambiental varió del día a la noche de 22 a 16°C respectivamente. Se les retiró el agua acumulada en la región del pie y se colocaron con el ápice hacia abajo. Lo anterior con el propósito de evitar reptación o deshidratación en el organismo ya que al quedar con el ápice hacia arriba el pie queda expuesto (colgando) y se deshidrata el epitelio del pie y la región branquial.

Con los datos obtenidos se efectuó para la primera parte del experimento un Análisis de Varianza (ANOVA) de una vía para comparar el efecto de la

exposición aérea y la temperatura sobre el consumo de oxígeno a 22°C y para la segunda parte se realizó un análisis no paramétrico de Kruskal-Wallis para relacionar los mismos factores a una temperatura de 29°C .

Se graficó el consumo de oxígeno a diferentes horas de exposición en ambas temperaturas.

3.2 Experimento II

Para estimar el efecto de la temperatura sobre el metabolismo (consumo de oxígeno) se modificó a partir de la temperatura ambiental del estanque de 17°C. Con el propósito de conocer las temperaturas que más influyen sobre el consumo de oxígeno, se determinó en diferentes organismos a 20, 22, 24, 26, 28 y 30°C. Los aumentos de temperatura fueron de 2°C por minuto, procurando inducir una respuesta inmediata, pues no existió un acondicionamiento previo a la nueva temperatura experimentada.

Debido a la falta de recursos logísticos no fue posible estimar el metabolismo a temperaturas menores de 17°C por lo cual se procedió a experimentar con las temperaturas ya mencionadas.

Se tomaron por cada temperatura 4 caracoles distintos que en promedio presentaron una talla entre 7 y 8 cm desde la base hasta el ápice. El consumo de oxígeno se evaluó utilizando un sistema similar al descrito por Ramade-Villanueva (1989), el cual constaba de un intercambiador gaseoso y de calor, cámara respiratoria sellada, y un sensor polarográfico conectado a un oxigenómetro (YSI mod.51B) con el cual se midió el oxígeno disuelto. Dicho sistema permite cambios de agua y de temperatura sin tener que molestar al organismo, simplemente se abrían las llaves conectadas al intercambiador y dren de la cámara respiratoria.

Se iniciaron las lecturas en oxígeno disuelto a los 15 minutos después de haber alcanzado la temperatura deseada y 60 minutos después se tomó una segunda lectura, por diferencia entre ambas se obtuvo el oxígeno consumido por el caracol en condiciones de temperatura establecida.

Los valores leídos (ppM) se transformaron a $\text{ml O}_2 / \text{g} / \text{h}$ (unidades utilizadas normalmente en trabajos de fisiología). En el caso que las lecturas fuesen distintas a 60 minutos se ajustaron a 1 hora.

Del valor medido de consumo de oxígeno de cada 4

caracoles se obtuvo un promedio así como su desviación estándar y gráficamente se analizó el efecto de la temperatura sobre el consumo de oxígeno.

Después se realizó una prueba de Análisis de Varianza (ANOVA) de una vía entre las temperaturas previa comprobación de la normalidad y homocedasticidad de las varianzas se determinó mediante pruebas por parejas la similitud o diferencias entre sí.

4. RESULTADOS

En base a los datos obtenidos se observó que el metabolismo varió en función de la duración de los períodos de exposición a los que fueron sometidos los caracoles así como de la temperatura del agua.

En el experimento I, donde el metabolismo estuvo en función de las horas de exposición aérea (Figuras 2 y 3), se experimentó en dos temperaturas, una de 22°C considerada como la prevaleciente en el verano y otra de 29°C considerada como cercana al límite letal superior de éstos organismos.

En general para ambas temperaturas el patrón en el consumo de oxígeno es similar en función de las horas de exposición aérea, pues después de 72 horas es muy bajo en ambas. Se observó también que de las 24 a las 36 horas de exposición se presentó el mayor consumo del mismo a 22 y a 29°C respectivamente. A partir de las 48 horas el consumo tendió a disminuir hasta llegar a su punto más bajo que fue de .178 ml O₂/g/h en 22°C y de .173 ml O₂/g/h a 29°C. Si bien para ambos casos se observó una tendencia general de disminución en el consumo de oxígeno al aumentar el tiempo de exposición, cabe señalar que los valores mínimos observados coincidieron en ambos

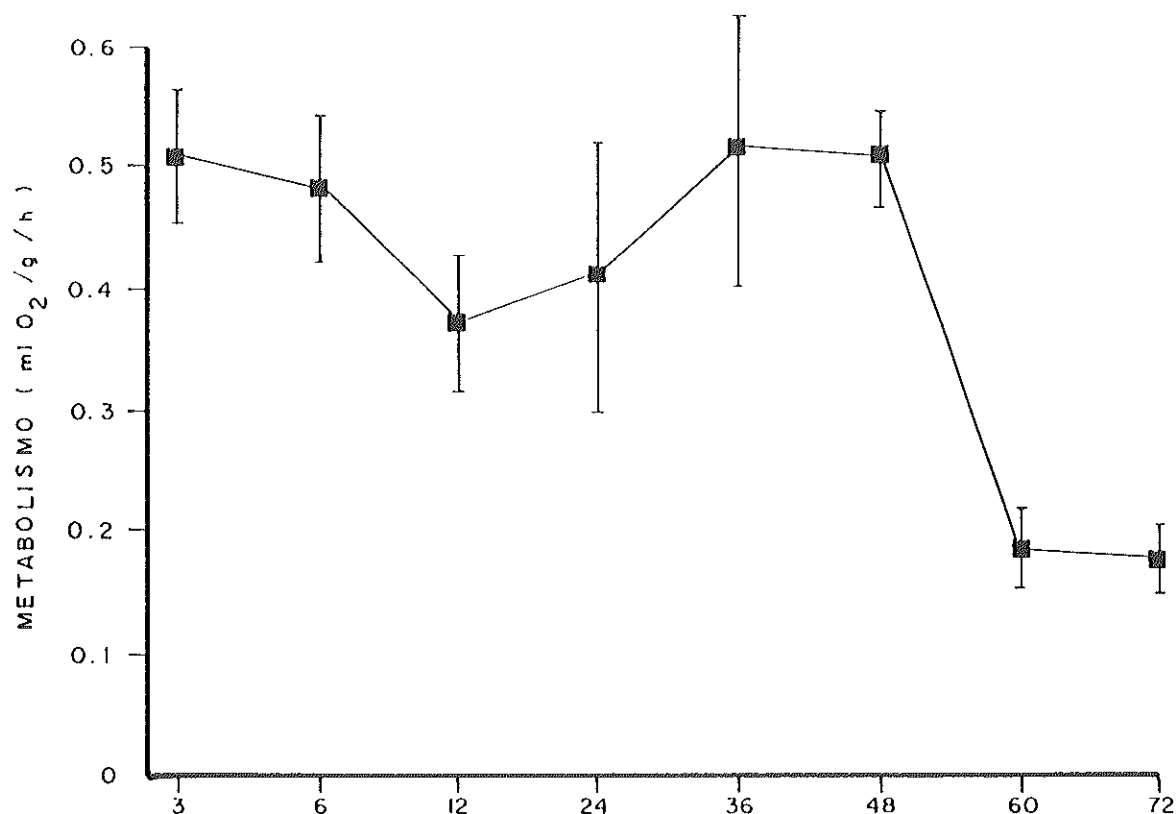


FIGURA 2 - VALOR PROMEDIO DEL METABOLISMO (ml O₂/g/h) DE *Astraea undosa* A 22°C EN FUNCION DEL TIEMPO DE EXPOSICION AEREA. LAS BARRAS VERTICALES CORRESPONDEN AL ERROR ESTANDAR.

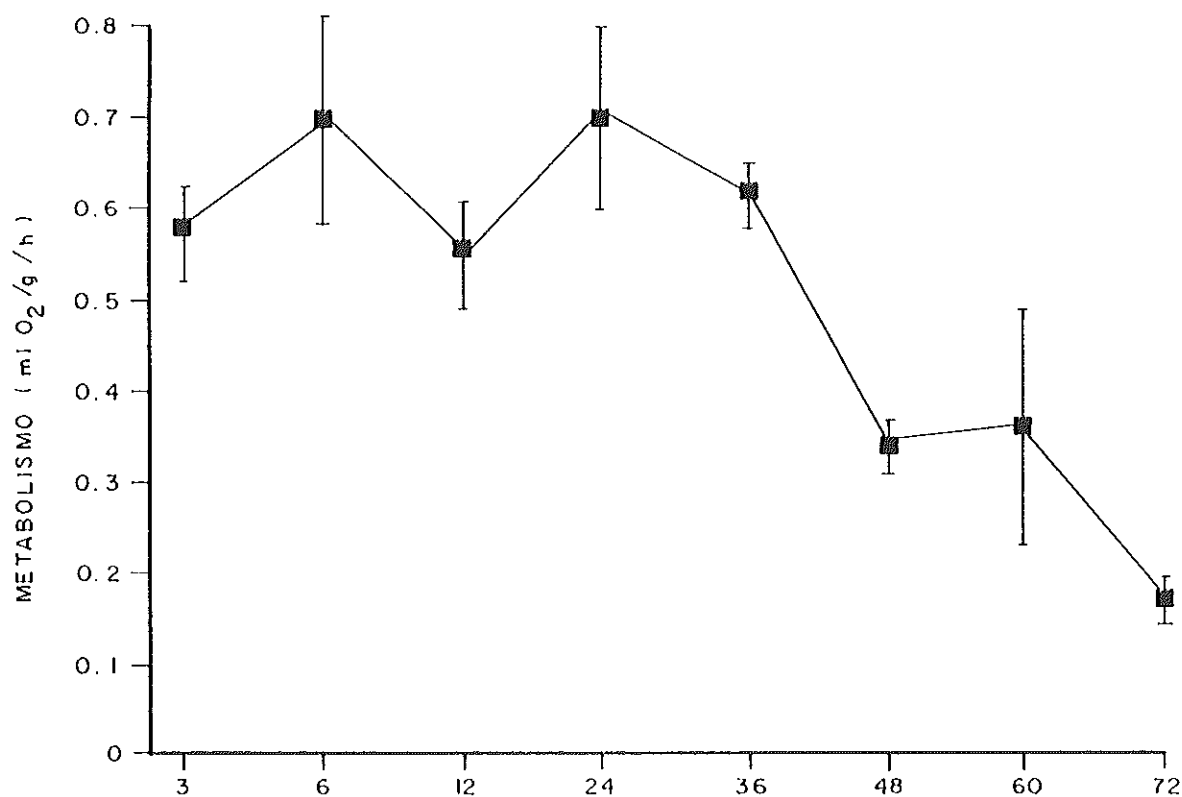


FIGURA 3 - VALOR PROMEDIO DEL METABOLISMO (ml O₂/g/h) DE *Astraea undosa* A 29°C EN FUNCION DEL TIEMPO DE EXPOSICION AEREA. LAS BARRAS VERTICALES CORRESPONDEN AL ERROR ESTANDAR.

experimentos a condiciones extremas; sin embargo, a 22°C se presentan valores menores que los encontrados a 29°C.

Estadísticamente, para el experimento donde se trabajo con una temperatura de 22°C se efectuó un Análisis de Varianza de una vía, donde una vez comprobando la homogeneidad de varianza de los datos (Prueba de Cochran) así como la normalidad de los mismos (Prueba de Kolmogorov-Smirnov), se encontró una diferencia significativa debida al efecto de la temperatura y las horas de exposición sobre el consumo de oxígeno observado ($p < 0.05$) (Tabla I).

Para el experimento en que se trabajó con una temperatura de 29°C no se encontró homogeneidad de varianza por lo cual se aplicó la Prueba de Kruskal-Wallis, encontrándose tambien diferencia significativa debida al efecto de la temperatura y las horas de exposición sobre el consumo de oxígeno ($p < 0.05$) (Tabla II).

En el experimento II donde el metabolismo estuvo en función de cambios en la temperatura (Figura 4), se observó que a partir de la temperatura inicial de 20°C y un valor inicial metabólico de .299 ml O₂/g/h , empezó un incremento del metabolismo en los organismos el cual

TABLA I = ANALISIS DE VARIANZA DE UNA VIA DE LA
TASA METABOLICA DE Astraea undosa A 22°C
A DISTINTAS HORAS DE EXPOSICION AEREA.

FUENTE DE VARIACION	SUMA DE CUADRADOS	GL	CUADRADOS MEDIOS	F	NIVEL DE SIGNIF.
ENTRE GRUPOS	.5689749	7	.0814107	8.97	$P < 0.05$
DENTRO GRUPOS	.2178498	24	.0090771		
TOTAL	.7877247	31			

TABLA II = ANALISIS NO PARAMETRICO (KRUSKAL-WALLIS)
DE LA TASA METABOLICA DE Astraea undosa
A 29°C A DISTINTAS HORAS DE EXPOSICION AEREA.

NIVEL	TAMAÑO DE MUESTRA	RANGO PROMEDIO
3	4	20.50
6	4	24.75
12	4	19.25
24	4	22.25
36	4	23.00
48	4	9.75
60	4	10.00
72	4	2.50

$$\chi^2 = 20.4886 \quad (p < 0.05)$$

continuó hasta llegar a los 24.5°C, valor donde se registró un valor máximo de .551 ml O₂/g/h de aquí en adelante empezó una disminución del mismo, a partir de los 28°C el consumo fue de .362 ml O₂/g/h , sin embargo a los 30°C el consumo de oxígeno fue de .373 ml O₂/g/h. El último valor metabólico muestreado fue a 32°C con .246 ml O₂/g/h, nivel más bajo para todos los organismos del experimento.

En el Análisis de Varianza de una vía previa comprobación de la homogeneidad de varianza de los datos (Prueba de Cochran) así como su normalidad (Prueba de Kolmogorov-Smirnov) para cada temperatura (Tabla III), se encontró una diferencia significativa debido al efecto de los tratamientos sobre el metabolismo ($p < 0.05$).

Para identificar la homogeneidad o diferencia entre los valores obtenidos para cada temperatura se realizó un análisis múltiple de rangos utilizando el Método de Diferencia Mínima Significativa al 95% de confianza encontrándose que al menos la temperatura de 32°C es distinta de los valores obtenidos en la de 24.5°C, de 26°C y en la de 22.5°C (Tabla IV).

Todo procedimiento estadístico utilizado para

TABLA III - ANALISIS DE VARIANZA DE UNA VIA DE LA TASA METABOLICA DE Astraea undosa A DISTINTAS TEMPERATURAS .

FUENTE DE VARIACION	SUMA DE CUADRADOS	GL	CUADRADOS MEDIOS	F	NIVEL DE SIGNIF.
ENTRE GRUPOS	.3258040	6	.0543007	3.62	$P < 0.05$
DENTRO GRUPOS	.3148108	21	.0149910		
T O T A L	.6406148	27			

TABLA IV - ANALISIS MULTIPLE DE GRUPOS HOMOGENEOS UTILIZANDO EL METODO DE DIFERENCIA MINIMA SIGNIFICATIVA AL 95 % .

TEMPERATURA	TAMAÑO DE MUESTRA	PROMEDIO	GRUPOS HOMOGENEOS
3 2	4	.2466500	*
2 0	4	.2995500	* *
2 8	4	.3622750	* * *
3 0	4	.3735250	* * * *
2 2.5	4	.4782000	* * *
2 6	4	.5298000	* *
2 4.5	4	.5516750	*

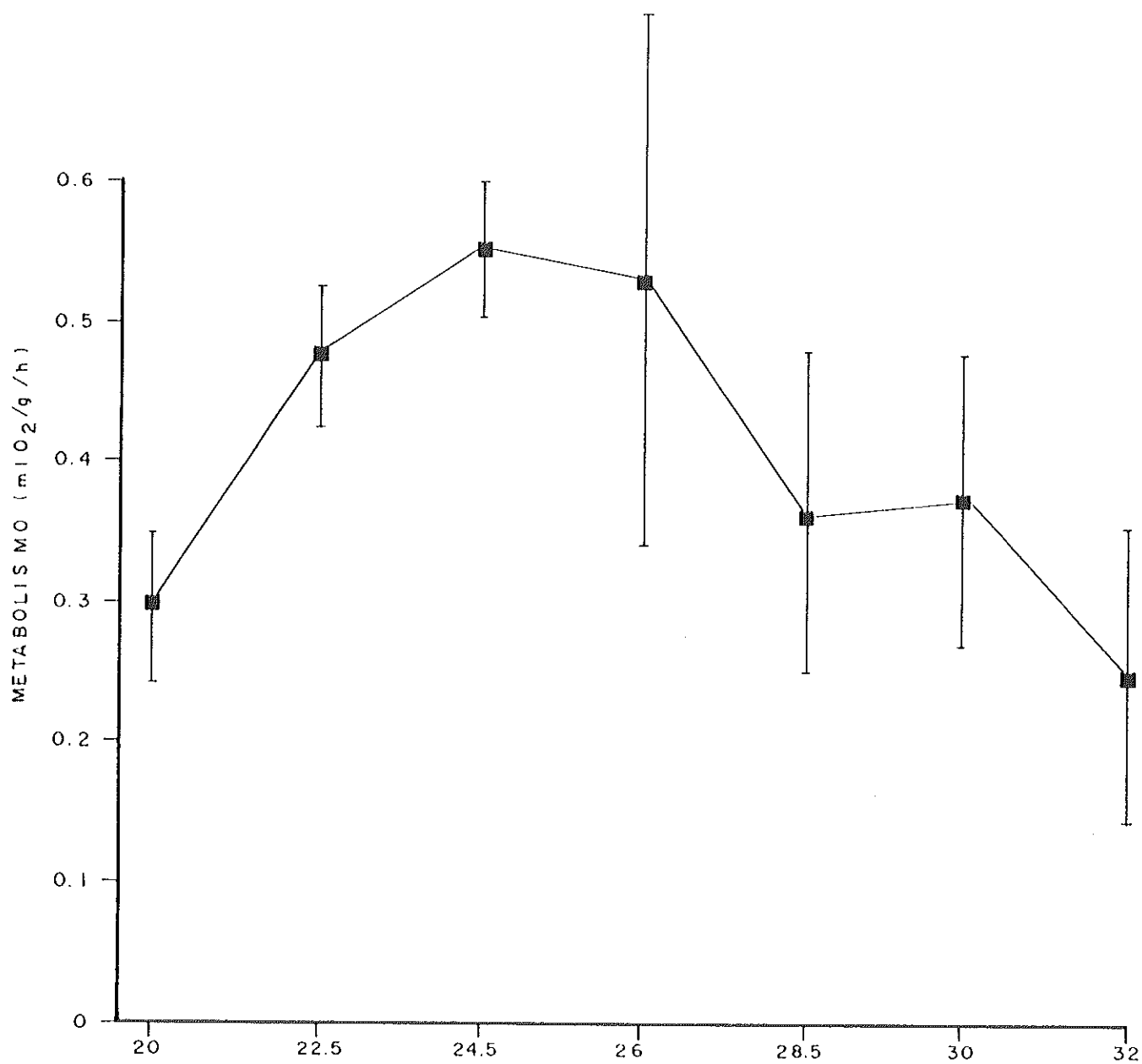


FIGURA 4 = VALOR PROMEDIO DEL METABOLISMO (ml O₂/g/h) DE *Astraea undosa* EN FUNCION DE LA TEMPERATURA. LAS BARRAS VERTICALES REPRESENTAN AL ERROR ESTANDAR.

apoyar la interpretación de los resultados se realizó en microcomputadora mediante el paquete estadístico Statgraphics versión 4.0.

4. DISCUSIONES

En el experimento I relacionado con la variación metabólica en 22° y 29°C en función de las horas de exposición aérea (Figuras 2 y 3), se encontró que en ambas temperaturas no se apreció un comportamiento claramente definido del pago de una "deuda de oxígeno", y estadísticamente no existió diferencia significativa ($p > 0.05$) entre los valores del metabolismo debidos al tiempo de exposición; sin embargo, a las 24 horas de exposición aérea los datos al parecer indican entre 22 y 24°C una respuesta de pago en la "deuda de oxígeno". Lo anterior se puede relacionar con lo siguiente: En las primeras 24 horas, mientras se mantiene el epitelio lo suficientemente húmedo el intercambio gaseoso se lleva a cabo, resultando un metabolismo aeróbico; posteriormente sucede un metabolismo anaeróbico al no existir la difusión a través del epitelio por falta de humedad en el mismo y como resultado de lo anterior se tiene que los valores del metabolismo son muy semejantes a las condiciones iniciales del experimento.

Se sabe que generalmente, el caracol Astraea undosa habita en la zona infralitoral y sería de esperar que su capacidad para soportar la exposición aérea fuese

restringida; sin embargo, el hecho que algunas poblaciones habiten la zona intermareal como en Punta Morro B.C., posiblemente explique dicha capacidad discutida.

Prosser y Brown (1968) señalan respecto a la tolerancia de organismos aerobios a condiciones de hipoxia o anoxia, que un período de anaerobiosis representa un aumento en el consumo de oxígeno en relación al déficit acumulado, unos pagan parte de la deuda y otros excretan la totalidad de ácidos formados anaeróbicamente.

Collip (1921), mostró que la almeja Mya arenaria incrementó su consumo de oxígeno durante su reubicación en medio acuático tras un período de anaerobiosis, a la vez, pudo observar en experimentos de Crassostrea gigas que la deuda de oxígeno adquirida a concentraciones de oxígeno bajas fue pagada rápidamente con agua conteniendo una concentración mayor del mismo.

Goddard (1966) encontró en experimentos con cefalópodos mantenidos en condiciones anóxicas por 48 horas y luego regresados a concentraciones normales de oxígeno una tasa metabólica sin cambios que se pudieran considerar significativos.

En éste estudio se encontró que el caracol aún después de estar expuesto al aire hasta por un período de

72 horas y colocarse de nuevo en agua (22 y 29°C), mostró capacidad de recuperación completa. No obstante, dicho evento alteró su metabolismo pues en general tendió a decrecer conforme la duración de la exposición aérea lo cual pudiera ser atribuido a la falta de alimento, tal como sucede en Mytilus edulis, aunque en tiempo mayor de ayuno (Bayne, 1973).

Los animales con suficiente reserva de glucógeno y lípidos mantienen su metabolismo estándar a un nivel sumamente constante durante ayuno prolongado; sin embargo en aquellos que no se encuentran las reservas suficientes el metabolismo depende principalmente de la ingestión de alimentos (Prosser y Brown, 1968).

Ramade-Villanueva (1989), observó que a un incremento en la temperatura se produce un incremento en el metabolismo, y pese a que trabajó con temperaturas menores a las de éste experimento, podemos señalar una similitud en el comportamiento de los organismos con los que él trabajó y lo observado en los caracoles que se colocaron en 29°C, los cuales incrementaron su tasa metabólica.

La respuesta de Astraea undosa a partir de las 36 a las 48 horas de exposición aérea se considera que

representa ventajas como son el no disminuir su pH y el no formar productos terminales de anaerobiosis (McMahon, 1988).

Ahora bien, si se considera la posibilidad de que Astraea undosa haya utilizado rutas metabólicas anaeróbicas, debemos señalar que si éstos organismos permanecen expuestos al aire por un período de tiempo mucho mayor al esperado cuando retorne la marea, una de las desventajas de dicha ruta de respiración radica en el hecho de consumir en forma importante las reservas orgánicas de energía, sin embargo, cuando se exponen en períodos relativamente cortos ésta ruta es la más adecuada pues además de evitarles una deshidratación en los tejidos debida a la evaporación también les evita depredación, factores presentes en los organismos que efectúan un intercambio respiratorio con el medio (McMahon, 1988).

En el experimento II el intervalo térmico que pudiera ser considerado como de máxima actividad metabólica se alcanzó entre los 22 y 26°C con un valor de .551 ml O₂/ g/ h , puntos en los que estadísticamente no existió diferencia significativa entre los valores obtenidos ($p > 0.05$). Sin embargo, ésta respuesta sugiere

la capacidad que posee el caracol para resistir y para adaptarse a temperaturas mayores que las encontradas en su medio ambiente natural. Esto puede representar un suficiente alimento para mantener su tasa metabólica elevada, lo cual significa un mayor crecimiento en tamaño o una mayor reproducción. En condiciones más limitadas de alimento la estrategia de vida posiblemente sea el habitar en temperaturas más frías, manteniendo un gasto metabólico de acuerdo a la cantidad de alimento disponible.

El decremento del metabolismo observado en temperaturas superiores a 24.5°C se puede considerar causado por el hecho de aproximarse al límite letal superior, pues en un experimento preliminar se encontró que a los 31°C se suspendió la actividad ciliar en células del epitelio branquial, debido al estrés termal.

El valor metabólico obtenido a los 30°C , aunque parece estar fuera de lo esperado, se considera variación normal pues según Prosser y Brown (1968) la respuesta metabólica en organismos situados cerca del límite letal superior tiende a ser baja.

La temperatura corporal más alta que puede ser tolerada por un organismo varía, pero se ha encontrado que en general los organismos acuáticos tienen una tolerancia

que va de los 30 a los 35°C (Schmidt-Nielsen, 1964).

Partiendo del hecho que en la zona de colecta las temperaturas en el habitat natural de Astraea undosa varían desde los 15°C en condiciones normales hasta los 18°C cuando se rompe la estratificación vertical de la masa de agua (Becerril-Bobadilla, 1988) y analizando los valores metabólicos obtenidos a temperaturas diferentes de las encontradas normalmente en el hábitat de éstos gastrópodos, pudiera sugerirse que poseen un potencial metabólico muy alto que los capacita no solo para habitar a temperaturas como las encontradas en el lugar donde fueron colectados, sino que bien podrían soportar temperaturas alrededor de los 28°C.

Lo anterior se apoya en observaciones de Becerril-Bobadilla (1988) en un estudio de la distribución y abundancia de Astraea undosa, tomando en cuenta las temperaturas de fondo y superficiales donde se muestreó el gastrópodo, no encontró correlación alguna con la abundancia de los organismos en diferentes estratos de cada zona muestreada, observando que los movimientos del caracol no se ven afectados por la temperatura, registrando densidades de población muy similares de los 0 a los 3 m de profundidad así como de los 3 a los 6 m de

profundidad.

En la presente investigación la respuesta metabólica de Astraea undosa en relación a diferentes temperaturas fue semejante a la encontrada por Hoffmann (1983) en experimentos con Littorina littorea donde observó que en animales activos colocados a una temperatura dada, el metabolismo aumenta conforme la misma hasta llegar a un punto máximo tras el cual empieza un decremento conforme se acerca al límite letal superior, mientras que los animales en reposo sujetos a condiciones diferentes de temperaturas mantienen una tasa metabólica generalmente baja.

Hoffmann (1983) encontró que los dos factores principales que pueden llegar a influenciar el nivel metabólico y su dependencia en relación a la temperatura son la actividad y el estado nutricional en que se encuentre el organismo.

Sin embargo, Wieser (1970) en experimentos con el gastrópodo Arianta arbustorum encontró que el metabolismo no mostró cambios significativos en condiciones de escaso alimento, comportamiento similar al mostrado por el bivalvo Donax vitalus.

Se considera que el caracol Astraea undosa

tiene capacidad de soportar exposiciones al medio aéreo que pueden durar más de un ciclo de mareas sin que su metabolismo se vea alterado notablemente, y se observa que el momento crítico ocurre alrededor de las 48 horas, en donde al parecer se refleja, por el valor en la tasa metabólica correspondiente, la utilización de rutas metabólicas anaeróbicas. Sin embargo, no se considera el tiempo ni la exposición aérea como factores que activan el metabolismo anaeróbico sino a la desecación como la promotora principal de la aparente "deuda de oxígeno", pues se debió inhibir el intercambio gaseoso a través del epitelio y manto, condición necesaria para la activación de los mecanismos metabólicos anaeróbicos.

Lo anterior refleja la capacidad de éste caracol, cuyo habitat es la zona infralitoral (Becerril-Bobadilla, 1988) para soportar una exposición aérea lo cual le da ventajas de tipo ecológico como el tener capacidad migratoria en caso de buscar alimento sin que sea limitante la temperatura, así como para evitar depredadores, o bien, para ocupar habitat en la zona intermareal donde incluso pudiesen colonizar, como es el caso de la población que ocupa la costa de Punta Morro,

B.C., al Norte de la ciudad de Ensenada, B.C., aunque ello lo convierta en fácil presa de extracción para el humano.

6. CONCLUSIONES

- 1- El metabolismo de Astraea undosa afectado por la temperatura alcanzó un valor máximo entre los 24 y los 26°C.
- 2- El metabolismo después de los 26°C tiende a disminuir por encontrarse cercano a las temperaturas letales superiores en éste organismo.
- 3- El caracol expuesto al aire mantiene su metabolismo aeróbico mientras conserve su epitelio húmedo.
- 4- La resistencia a la exposición aérea y capacidad de soportar temperaturas de 24 a 26°C ubican a Astraea undosa como un organismo de gran potencial para habitar e incluso colonizar hábitat distintos al suyo.
- 5- Valores metabólicos menores de 0.2 ml O₂ / g /h se consideran indicadores de estrés ambiental.

7. LITERATURA CITADA

Aguilar-Rosas, R; G. Torres-Moye y A. Almanza-Heredia(1990) Análisis cualitativo de la dieta macroalgal del caracol *Astraea undosa* (Wood 1828) en Punta Banda, BC, México. Ciencias Marinas 16(4):111-120.

Baqueiro-Cárdenas, E., J.A. Masso y H. Guajardo (1982) Distribución y abundancia de moluscos de importancia comercial en Baja California Sur. Serie de divulgación No. 11, Instituto Politécnico Nacional, México DF, México.

Bayne, B.L (1973) Physiological changes in *Mytilus edulis* induced by temperature and nutritive stress. Journal Mar. Biol. Ass. UK, 53:39-58.

Becerril-Bobadilla, F. (1988) Distribución y abundancia del caracol *Astraea undosa*, Wood, 1828. Tesis profesional. Facultad de Ciencias Marinas. UABC. México.

Bonaventura, C. and Bonaventura, J. (1983) Respiratory pigments: Structure and function. The Mollusca, Environ. Bioch. and Phys., 2: 1-50

Brandon, J. (1985) Life between the tides. American SW Publishers Co. San Diego, Cal. USA. 110 pp.

Bullock, T.H. (1954) Compensation for temperature in the metabolism and activity of poikilotherms. Biol. Rev. Vol. 30:311-342.

Collip, J.B. (1921), A further study of the respiratory processes in *Mya arenaria* and other marine molluscs, Journal Biol. Chem. 45:23-49.

Chávez-Morales, D. (1988) Estudio de distribución y abundancia del caracol *Astraea undosa* (Wood, 1828) en la Bahía de Todos Santos. Tesis profesional. Facultad de Ciencias Marinas, UABC. México.

Fernández-Apango, J.A. (1992) **Caracterización genética del caracol Astraea undosa (Mollusca:Gasterópoda) en la costa oeste de la Península de Baja California, México.** Tesis de Maestría en Ciencias, Facultad de Ciencias Marinas, UABC, Ensenada, BC, México.

Gade, G. y Ellington, R. (1983) **The anaerobic molluscan heart: Adaptation to environmental anoxia. Comparison with energy metabolism in vertebrate hearts.** Comp. Biochem. Physiol. Vol. 76A; 3:615-620.

Ghiretti, F. (1966) **Respiration.** en Physiology of Mollusca, Academic Press, Vol. II, 5:175-203

Goddard, C. (1966) **Carbohydrate metabolism.** en Physiology of Mollusca, Academic Press, Vol II: 9:257-308.

Hoffmann, K.H., (1983) **The Mollusca.** Vol.II: 3:219-250.

Hymann, L. (1967) **The invertebrates:Mollusca I.** Vol.I. McGraw-Hill. U.S.A. 573 pp.

Hunter, R. y Brown, S. (1964) **Phylum mollusca: A key to marine invertebrates of the Woods-Hole region.** Mass., USA, 208 pp

Hymann, L. (1966) **The invertebrates:Mollusca I** Vol I. McGraw-Hill, USA, 792 pp

Innes, A. y Houlihan, D. (1985) **Aerobic capacity and cost of locomotion of a cool temperate gastropod: a comparison with some mediterranean species.** Comp. Biochem. Physiol. Vol.80A, 4:487-493.

Kappler, M. y Stickle, W. (1987) Metabolic responses of the estuarine gastropod Thais haemastoma to hypoxia. *Physiol. Zool.* 60(1):159-173

Leighton, J. (1966) Studies of preference in algivorous invertebrates of Southern California kelp beds *Pacific Science*, 20:104-113.

McLean, J. (1970) *Marine shells of Southern California*. Stanford University Press, USA, 690 pp.

McMahon, R. (1988) Respiratory response to periodic emergence in intertidal molluscs. *Amer. Zool.*, 28:97-114.

Michaelidis, B. y Beis, I. (1990) Studies on the anaerobic energy metabolism in the foot of marine gastropod Patella caerulea. *Comp. Biochem. Physiol.* Vol. 95B, 3:493-500.

Mildward-de-Andrade, R. (1981) Resistencia a dessecação de Pomacea haustum capturadas no lago da Pampulha, Belo Horizonte, MG (Brasil). *Rev. Brasil. Biol.* 41(1): 215-221.

Meglitsch, P. (1972) *Zoología de invertebrados*. Hermann Blume Ed., Madrid España, pp 890.

Morales-Zuñiga, J (1977) Variaciones estacionales de la temperatura en Bahía de Todos Santos, BC. *Ciencias Marinas*, 4(1):23-33.

Morris, R. (1966) *A field guide to Pacific coast shells*. 2nd ed., Houghton-Mufflyn; Boston Mass, 295 pp.

Morton, J. (1960) *Molluscs*. Harper Torchbook, London, England. 232 pp.

Newell, G. (1964) *Physiological aspects of the ecology of intertidal molluscs*. *Physiology of Mollusca*, 2:59-75, Academic Press, New York, NY, USA.

Odum, EP (1972) *Ecología*. Nueva editorial Interamericana, 3ra. edición, México, 639 pp.

Prosser, C. y Brown, F. (1968) *Fisiología comparada*. 2da. edición, Ed. Interamericana, México, DF. 163-204 pp.

Ramade-Villanueva, M. (1989) *Efecto del tamaño corporal, temperatura y sexo sobre la tasa metabólica de Astraea undosa en condiciones de invierno*. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias marinas, UABC, México.

Robledo-Ramírez, D. (1988) *Aspectos sobre la depredación del caracol Astraea undosa (Wood, 1828)*. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias Marinas, UABC, México.

Seed, R. (1983), *Structural organization, adaptive radiation and classification of molluscs*. *The Mollusca*. Vol 1:1-52.

Schmidt-Nielsen, K (1964) *Animal Physiology*. Second ed. Prentice-Hall. NJ, USA. 118 pp.

Smith, R. and Carlton, T. (1975) *Light's manual: Intertidal invertebrates of the central California Coast*. Univ. of California Press, LA Calif. USA. 716 pp.

Wieser, W. (1970), *Jahreszeitliche steuerung der atmung von Arianta arbustorum (Gastropoda)*. Z. Vgl. Physiol. 70: 62-79.