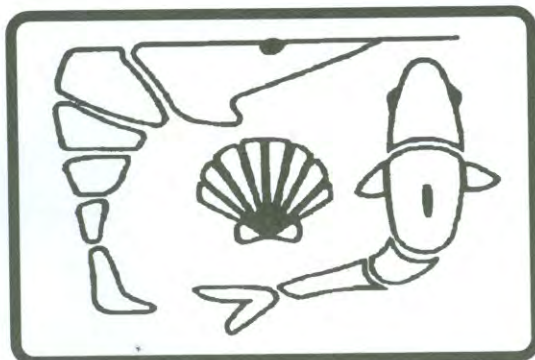




UNIVERSIDAD DE SONORA
DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD
DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS

EL SABER DE MIS HIJOS
HARÁ MI GRANDEZA

PROGRAMA DE POSGRADO EN ACUACULTURA



**EFFECTO DE LA TEMPERATURA Y LA SALINIDAD EN LA
REMOSIÓN DE MATERIA TOTAL PARTICULADA DE
Anadara grandis EN CONDICIONES DE LABORATORIO**

TESIS

que para cubrir parcialmente los requisitos necesarios para obtener el grado de
MAESTRO EN CIENCIAS, con especialidad en Cultivo de Moluscos
Presenta:

B.A. JORGE ALBERTO ULLOA MORENO

Universidad de Sonora

Repositorio Institucional UNISON



"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"



Excepto si se señala otra cosa, la licencia del ítem se describe como openAccess

CONTENIDO.

	Página
RESUMEN	i
ABSTRACT	ii
ÍNDICE DE FIGURAS	iii
ÍNDICE DE TABLAS	iv
I. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES	1
II. OBJETIVOS.	9
II.1. General.	9
II.2. Específicos.	9
III. MATERIALES Y MÉTODOS.	10
III.1. Cultivo de microalgas	10
III.2. Obtención de la materia inorgánica particulada (MIP).	12
III.3. Obtención y aclimatación de organismos.	12
III.3.1 Descripción taxonómica.	12
III.4 Descripción del sistema de monitoreo.	14
III.5 Estimación de la tasa de filtración y clarificación.	17
III.6 Determinación de la tasa de biodeposición.	18
III.7 Estimación de la eficiencia de asimilación.	19
III.8 Procesamiento y análisis de datos.	20
IV. RESULTADOS.	22
IV.1. Materia total particulada (MTP).	22
IV.1.2 Peso seco del tejido blando de <i>Anadara grandis</i> .	23
IV.2. Tasa de filtración (TF).	23
IV.3. Tasa de clarificación (TC).	27
IV.4. Tasa de biodeposición (TB).	31
IV.5 Eficiencia de asimilación (EF).	35
V. DISCUSIÓN.	38
VI. CONCLUSIÓN.	43
VII. REFERENCIAS.	44
VIII. ANEXOS.	53

RESUMEN.

En el presente estudio se evaluó el efecto de la temperatura (23, 26, 29 y 32 °C) y la salinidad (20, 30, 40, 50‰) sobre la eficiencia de asimilación (EA), las tasas de filtración (TFN), clarificación (TCN) y biodepositación (TBN) de *Anadara grandis*, en un sistema de flujo continuo (600 ml·h⁻¹) con 50 mg·L⁻¹ de materia particulada y diez repeticiones por tratamiento, 60% de materia inorgánica y 40% de orgánica proporcionada por la microalga *Chaetoceros muelleri*.

De acuerdo a los resultados obtenidos en este estudio, se observó que los valores promedio mejores de la TFN y TCN se obtuvieron en el intervalo de 26-32 °C de temperatura y 30‰ de salinidad, con valores de la TFN que fluctuaron entre 0.144-0.182 L·h⁻¹·g⁻¹, y de 13.689-14.139 mg·h⁻¹·g⁻¹, por otra parte, los mejores resultados la TBN fueron obtenidos en los tratamientos definidos por los intervalos de 29-32 °C de temperatura y 20-30‰ de salinidad, con valores que oscilaron entre 3.185 y 9.156 mg·h⁻¹·g⁻¹.

En general se observó que *A. grandis*, no se desempeña adecuadamente en ninguno de los tratamientos correspondientes a 23 °C, como tampoco en 50‰ de los diferentes niveles de temperatura. Los valores de la EA fluctuaron entre 0.125 y 0.356 correspondientes a los tratamientos de (23 °C, 20‰) y (26 °C, 20‰) respectivamente, no se observó una tendencia clara de esta variable fisiológica con respecto al aumento de la salinidad y de la temperatura.

Con base en los resultados obtenidos en este estudio, en general se puede inferir a partir de las variables fisiológicas evaluadas, que *Anadara grandis* responde adecuadamente en los intervalos de 26-29 °C de temperatura y 20-40‰ de salinidad, motivo por el cual podría ser una especie recomendable para fines de remoción de materia particulada en efluentes acuícolas, al menos en los intervalos de salinidad y temperatura experimentados en este estudio.

ABSTRACT.

In the present research we evaluated the effect of the temperature (23, 26, 29 y 32 °C) and the salinity (20, 30, 40, 50‰) with the assimilation efficiency (EA), the filtration (TFN), the clearance (TCN) and biodeposition (TBN) rates of *Anadara grandis*, in a system of continue flow (600 ml·h⁻¹) with 50 mg·L⁻¹ of particulated matter and ten repetition by treatment, 60% of inorganic matter and 40% organic was proportionate by *Chaetoceros muelleri* microalgae.

We get the highest values of the TFN y TCN in the interval of 26-32 °C of temperature and 30‰ of salinity. TFN varied between 0.144-0.182 L·h⁻¹·g⁻¹, and of 13.689-14.139 mg·h⁻¹·g⁻¹, moreover, the TBN best results was obtained in the treatment determinated by the intervals of 29-32 °C of temperature and 20-30‰ of salinity, with values that varied form 3.185 to 9.156 mg·h⁻¹·g⁻¹.

In agreement to this results, in general, are kept, that *A. grandis*, are not appropriately perform in neither of the treatment corresponding to 23 °C, as neither in 50‰ of the levels differents of temperature. The values of the EA oscillated between 0.125 and 0.356 corresponding to the treatments of (23 °C, 20‰) and (26 °C, 20‰) respectively, are not observed an clear tendency of this fisiological changeable relate to increase of the salinity and of the temperature.

With base in the obtained results in this study, in general be able deduce beginning the fisiological changeable avaluated, that *Anadara grandis* respond appropriately in the intervals of 26-29 °C of temperature and 20-40‰ of salinity, motive for that can be an specie recommendable for fine of particulated matter removes in underwater effluents, at less in the intervals attempts of salinity and temperature in this study.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	<i>Anadara (Grandiarca) grandis</i> (Broderip & Sowerby, 1829)	12
2	Diagrama experimental. R1, R2,..., R10:(respirómetros); T: respirómetro testigo; B: bomba sumergible; C: flujo control; T1: Tanque abastecedor de MTP (capacidad 100 l); T2: Recipiente abastecedor de 20 l; E: flujo de entrada al respirómetro; S: flujo de salida del respirómetro.	16
3	Descripción de las partes del respirómetro utilizado en este trabajo. Tubos de vidrio para entrada (E) y salida (S) del alimento, P: perforación de 0.5 cm. de diámetro tapón de hule cónico para desplazar el oxígeno remanente.	17
4	Superficie de respuesta (a) e isolíneas (b) de la TFN en $L \cdot h^{-1} \cdot g^{-1}$ de <i>Anadara grandis</i> en diferentes niveles de temperatura (T °C) y salinidad (S‰).	54
5	Superficie de respuesta (a) e isolíneas (b) de la TCN en $mg \cdot h^{-1} \cdot g^{-1}$ de <i>Anadara grandis</i> en diferentes niveles de temperatura (T °C) y salinidad (S‰).	55
6	Superficie de respuesta (a) e isolíneas (b) de la TBN en $mg \cdot h^{-1} \cdot g^{-1}$ de <i>Anadara grandis</i> en diferentes niveles de temperatura (T °C) y salinidad (S‰).	56
7	Superficie de respuesta (a) e isolíneas (b) de la EA de <i>Anadara grandis</i> en diferentes niveles de temperatura (T °C) y salinidad (S‰).	57

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla		Página
I	Valores promedio y desviación estándar de la materia total particulada (MTP) en $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$, suministrada a <i>Anadara grandis</i> en cada uno de los tratamientos.	22
II	Peso seco promedio y desviación estándar de la biomasa en gramos de <i>Anadara grandis</i> en cada uno de los tratamientos.	23
III	Valores promedio y desviaciones estándar de la tasa de filtración (TF) de <i>Anadara grandis</i> en $\text{L}\cdot\text{h}^{-1}$, registrados en diferentes condiciones de salinidad (S‰) y temperatura (T °C). Letras iguales o comunes indican que no hay diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0.05$).	24
IV	Valores promedio y desviaciones estándar de la tasa de filtración normalizada (TFN) de <i>Anadara grandis</i> en $\text{L}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$, registrados en diferentes condiciones de salinidad (S‰) y temperatura (T °C). Letras iguales o comunes indican que no hay diferencias significativas entre los tratamientos ($p > 0.05$).	25
V	Valores de los coeficientes del modelo de superficie de respuesta de segundo grado de la tasa de tasa de filtración (TFN en $\text{L}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$) de <i>Anadara grandis</i> , niveles de significancia (p) y del coeficiente determinación parcial y total ($R^2 = 0.42234$; $p < 0.05$), correspondiente a los efectos lineal y cuadrático de la temperatura (T, T2) y la salinidad (S, S2) e interactivo (T*S).	27
VI	Valores promedio y desviaciones estándar de la tasa de clarificación (TC) de <i>Anadara grandis</i> en $\text{mg}\cdot\text{h}^{-1}$, registrados en diferentes condiciones de salinidad (S‰) y temperatura (T °C). Letras iguales o comunes indican que no hay diferencias significativas entre los tratamientos ($p > 0.05$).	28
VII	Valores promedio y desviaciones estándar de la tasa de clarificación normalizada (TCN) de <i>Anadara grandis</i> en $\text{mg}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$, registrados en diferentes condiciones de salinidad (S‰) y temperatura (T °C). Letras iguales o comunes indican que no hay diferencias significativas entre los tratamientos ($p > 0.05$).	29

VIII	Valores de los coeficientes del modelo de superficie de respuesta de segundo grado de la tasa de clarificación (TCN en $\text{mg}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$) de <i>Anadara grandis</i> , niveles de significancia (p) y del coeficiente determinación parcial y total ($R^2=0.39812$; $p<0.05$), correspondiente a los efectos lineal y cuadrático de la temperatura (T, T^2) y la salinidad (S, S^2) e interactivo (T*S).	31
IX	Valores promedio y desviaciones estándar de la tasa de biodepositación TB en de <i>Anadara grandis</i> , registrados en diferentes condiciones de salinidad (S‰) y temperatura (T °C). Letras iguales o comunes indican que no hay diferencias significativas entre los tratamientos ($p>0.05$).	32
X	Valores promedio y desviaciones estándar de la tasa de biodepositación normalizada (TBN) de <i>Anadara grandis</i> en $\text{mg}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ de peso seco, registrados en diferentes condiciones de salinidad (S‰) y temperatura (T °C). Letras iguales o comunes indican que no hay diferencias significativas entre los tratamientos ($p>0.05$).	34
XI	Valores de los coeficientes del modelo de superficie de respuesta de segundo grado de la tasa de tasa de clarificación (TBN en $\text{mg}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$) de <i>Anadara grandis</i> , niveles de significancia (p) y del coeficiente determinación parcial y total ($R^2=0.53340$; $p<0.05$), correspondiente a los efectos lineal y cuadrático de la temperatura (T, T^2) y la salinidad (S, S^2) e interactivo (T*S).	34
XII	Valores promedio y desviaciones estándar de la eficiencia de asimilación, (EA) de <i>Anadara grandis</i> , registrados en diferentes condiciones de salinidad (S‰) y temperatura (T °C). Letras iguales o comunes indican que no hay diferencias significativas entre los tratamientos ($p>0.05$).	36

I. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES.

En los últimos períodos, la acuicultura a nivel mundial se ha desarrollado rápidamente con una tasa de crecimiento persistente, llegando a representar el 32.2% del volumen total de la producción pesquera, con 46 millones de toneladas en el 2000 (FAO, 2002). Más del 50% de la producción acuícola se origina en la zona costera (Harald, 1994), en la cual se producen principalmente crustáceos y moluscos, la cual en 1997 representó el 27.4% del total de la producción acuícola mundial (FAO, 2000).

El crecimiento de la acuicultura ha provocado dificultades de carácter social y sobre todo desequilibrios ambientales (Bardach, 1997): los primeros se refieren a conflictos por posesión de la tierra y del agua, mientras que los más importantes problemas ambientales son la tala de mangle para crear espacios para la acuicultura, la disminución de la biodiversidad de especies y la descarga de efluentes a los sistemas estuarinos y marinos (Rosenthal, 1994; Shang y Tisdell, 1997; Stewart, 1997).

Estas descargas se producen cuando se efectúan recambios de agua, que en general se llevan a cabo mediante bombeo del canal de llamada o del reservorio. Esta agua cambia su calidad a medida que pasa por la estanquería, de tal manera que a la salida las concentraciones de oxígeno disuelto y de materia total particulada bajan y aumentan respectivamente (Páez-Osuna *et al.*, 1998a y b), creando condiciones de anoxia y por consiguiente estableciendo una baja productividad por la eutroficación en los sistemas estuarinos a los que se vierten dichas descargas.

En los sistemas acuáticos naturales, la materia orgánica particulada es una fuente importante de alimento para los organismos bentónicos, especialmente los que se alimentan de detritus, pero cuando es desechada en grandes cantidades puede causar una serie de cambios químicos, físicos y biológicos que repercuten negativamente en las poblaciones acuáticas cambiando su estructura (Lenihan y Micheli, 2001), causando modificaciones en la organización de la comunidad y que pueden además favorecer la proliferación de dinoflagelados u otras microalgas nocivas, las cuales pueden causar altas mortalidades para cualquier tipo de organismo residente de la zona (Paerl *et al.*, 1998).

Los moluscos forman una proporción importante del total de la producción acuícola, y su cultivo, aparte de generar ganancias por su buen valor comercial, podría representar una ventaja adicional si estos organismos se utilizaran también con fines de biorremediación de efluentes.

Entre las especies de moluscos bivalvos que se han sugerido para esta finalidad destacan *Crassostrea gigas* y *Crassostrea virginica* (Shpiegel y Blaylock, 1991; Jakob *et al.*, 1993), la segunda de las cuales no sería apropiada para los sistemas acuícolas del Pacífico Mexicano, en vista de que es originaria de las costas atlánticas del continente americano, mientras que la primera se cultiva a lo largo de las costas del Pacífico, desde Canadá hasta el Golfo de California, aunque durante el verano la temperatura elevada de las aguas superficiales del Golfo constituye una fuente de altas mortalidades o por lo menos una disminución importante de su índice de condición ya que la energía ganada durante su alimentación estará destinada solamente a la manutención de sus procesos fisiológicos básicos como la respiración y no así a la generación de tejido blando, por lo cual su uso con el fin de biorremediación no parece conveniente en el caso de las descargas de las granjas camaronícolas del Golfo de California y del Pacífico Mexicano tropical.

Por otra parte, varios autores han señalado el grado elevado de biodiversidad que caracteriza las aguas costeras del Pacífico Mexicano y en particular Baqueiro-Cárdenas (1984), Rangel-Dávalos (1990) y Massó-Rojas *et al.* (1996) enlistan un alto número de recursos malacológicos susceptibles de explotación mediante su cultivo, varios de los cuales en efecto son objeto de sobreexplotación debido a su extracción incontrolada del medio natural.

Entre las varias especies de moluscos bivalvos nativos de esta zona destacan los arcidae *Anadara grandis* (Broderick and Sowerby 1829), la cual vive en la zona intermareal en las lagunas costeras del Océano Pacífico desde Bahía de Magdalena, México hasta el sur de Perú (Brusca, 1980) y *Anadara tuberculosa* (Sowerby, 1833) que tiene un hábitat y una distribución similar. En México ambas especies son conocidas como “pata de mula” y son explotadas comercialmente para su consumo en fresco a nivel local.

Sin embargo, existe solamente alguna información concerniente el índice de condición, la disponibilidad de semilla natural y la actividad de filtración de *Anadara tuberculosa* (Cruz,

1982; Cruz *et al.*, 1983, Borrero, 1986; Wong *et al.*, 1997) en algunos ambientes naturales del Pacífico tropical y no hay otra información de las características biológicas de una u otra especie.

Aunque actualmente es posible obtener semilla de las dos especies producida en el Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste de La Paz, Baja California Sur, México, se desconocen sus respuestas a los factores ambientales que afectarían su potencial, tanto para la acuicultura como para la biorremediación de efluentes.

En la literatura se halla una gran diversidad de trabajos relacionados con la capacidad de filtración de los moluscos bivalvos, en los cuales se evalúa la remoción de material total y orgánico particulado (MTP y MOP), tanto en condiciones controladas de laboratorio (Lei *et al.*, 1996; Pilditch y Grant, 1999; Wong y Cheung, 1999; Sobral y Windows, 2000) como en condiciones no controladas o naturales (Bayne *et al.*, 1989; Pouvreau *et al.*, 2000a y b).

Los organismos acuáticos habitan ambientes caracterizados por diferentes intervalos de temperatura, dependiendo de la latitud y condiciones oceanográficas locales. La aclimatación térmica ha sido definida por Crisp y Ritz (1967) como un ajuste no genético que presenta un organismo en respuesta directa a un cambio en el ambiente y este ajuste incluye la modificación de muchas tasas fisiológicas, que a su vez influyen sobre su metabolismo general.

Widdows (1976) encontró que, después de haber experimentado un periodo de aclimatación tanto a regímenes térmicos constantes como fluctuantes, tanto la tasa de clarificación como la de respiración del bivalvo *Mytilus edulis* presenta un alto grado de independencia de la temperatura; sin embargo, cuando la temperatura superó los 20 °C se produjo un desajuste de los mecanismos fisiológicos de compensación térmica, lo cual causó un aumento de la tasa de respiración y una disminución de la capacidad de filtración.

Un diferente tipo de respuesta fue descrito por Kirby-Smith (1970), el cual encontró que la tasa de clarificación de *Argopecten irradians* permaneció independiente de la temperatura entre 10 y 26 °C pero que esta tasa se redujo en forma marcada a 5 °C y finalmente, según MacDonald y Thompson (1986), *Placopecten magellanicus* del este de Canadá mostró tasas de clarificación significativamente correlacionadas con la temperatura ambiental, tanto en aguas someras como en aguas profundas, aunque según estos mismos

autores estos resultados podrían estar también relacionados con la disponibilidad de alimento en esos ambientes, lo cual puede indicar que a mayor disponibilidad de alimento se presume una mayor tasa de clarificación, lo que conlleva a la generación de mayor energía pero también un mayor uso de la misma para metabolizar dicho alimento el cual no necesariamente finaliza en un campo de crecimiento significativo, dada las características de la composición de los órganos de filtroalimentación presentes en esta especie. Estos resultados sugieren que las diferentes especies poseen diferente capacidad de aclimatación a la temperatura, dependiendo de las condiciones ambientales que experimentan sus poblaciones en sus respectivos hábitats, y por consiguiente la composición de la materia particulada influye a la par en la capacidad de retención o selección de partículas alimenticias presentes en el medio.

Partida-Arangure (2005) trabajó con *Anadara tuberculosa* a cuatro diferentes temperaturas y menciona que, en promedio, el alimento filtrado por una almeja varió entre 37.6 y 49.5 $\mu\text{g}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{org}^{-1}$, el volumen de agua clarificado varió entre 0.75 y 0.99 ml en la misma unidad de tiempo y que los valores menores de estas tasas se dieron en los organismos mantenidos a 29 y 32 °C, tomando en cuenta que se usaron también temperaturas de 23 y 26 °C.

Por otra parte Chávez-Rodríguez (2005) dice que *Anadara grandis* mantuvo una tendencia a aumentar la tasa de filtración conforme al incremento de la MTP, con una disminución significativa entre 46.8 y 74.4 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$, mientras que la tasa de clarificación aumentó significativamente, siendo 24.2 el límite experimental mínimo y 104.4 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ el límite máximo a una temperatura de 28 °C y 35‰ para las cuatro concentraciones de MTP usadas en ese trabajo.

Los invertebrados marinos que habitan zonas estuarinas y costeras se encuentran expuestos a cambios de salinidad de corta y larga duración dependiendo si éstos tienen relación con el efecto de las mareas o con periodos prolongados de secas o de lluvia. De esta forma se puede decir que el tiempo que estos organismos están expuestos a baja o alta salinidad, representa un factor importante de “estrés”, que muchas veces resulta en una reducción de crecimiento (Bohle, 1972; Windows, 1985). En efecto, es posible que la salinidad pueda controlar la distribución de las especies afectando sus procesos fisiológicos.

A pesar de que existen numerosos estudios sobre la fisiología energética de los bivalvos, se ignora el costo energético de la osmoconformación (MacDonald y Thompson, 1985, 1986; Bricelj y Shumway, 1991; Thompson y MacDonald, 1991; Martínez *et al.*, 1995; Fariás *et al.*, 1997, Navarro *et al.*, 2000) ya que los estudios fisiológicos relacionados con el efecto de la salinidad sobre este grupo de organismos son muy escasos (Shumway, 1977; Navarro y González, 1998).

Peraza-Gómez (2005) concluye que las tasas individuales de filtración y de clarificación disminuyeron progresivamente con el incremento de la salinidad, hasta alcanzar los valores mínimos a 40‰, con la cual tanto la filtración como la clarificación resultaron significativamente menores que a 20‰. Ambas tasas aumentaron nuevamente en el caso de los organismos mantenidos a 50‰, alcanzando valores cercanos a los que se registraron al límite opuesto del intervalo experimental, aunque en este caso la diferencia no resultó significativa en comparación con los datos que se obtuvieron a 20 y a 40‰, por tanto un ejemplar adulto de *Anadara tuberculosa* puede ingerir en un día entre 79.3 y 38.9 mg de material particulado en suspensión.

La creciente demanda de productos del mar y su sobreexplotación, hace que la acuicultura año con año incremente su producción para satisfacer las necesidades del mercado. Dicho aumento acarrea dificultades tanto para los pescadores como para los acuicultores ya que éstos se dedicaban a cultivar organismos procedentes del medio silvestre, que era uno de los motivos por los cuales la acuicultura no se consideraba una actividad sustentable.

Aunque este problema se solucionó en gran parte, debido al incremento de laboratorios productores de juveniles de organismos acuáticos, existen otros problemas relacionados con daños reales o supuestos al ambiente, como por ejemplo, la tala indiscriminada de mangle, a la desaparición de biodiversidad y sobre todo a las descargas de aguas de los efluentes de las granjas acuícolas, las cuales pueden perjudicar los sistemas estuarinos y marinos.

En la actualidad existe poca información que permita determinar o normalizar las aguas de desecho de granjas camaroneras. Con respecto a la poca información concerniente al tema, Boyd y Gautier (2000) hicieron una recopilación de trabajos, en los cuales se mencionan algunas variables de la calidad del agua de los efluentes que es necesario verificar y que son o deberían estar sujetas a una reglamentación normativa. Entre éstas se consideran a los sólidos

suspendidos totales (materia particulada en suspensión) y los sólidos volátiles suspendidos (materia orgánica particulada) (Briggs y Funge-Smith, 1994; Teichert-Coddington *et al.*, 1996; Páez-Osuna *et al.*, 1998b).

En México, la descarga de contaminantes ha sido legislada; como resultado de ello en enero del 2000 entró en vigor la Norma Oficial Mexicana NOM-001-ECOL-1996, que establece los límites máximos permisibles de concentración para varios contaminantes de descargas de aguas residuales hacia aguas y bienes nacionales (Anónimo, 1997). Si bien, dichos límites máximos permisibles en la acuicultura son verificados, aunque no del todo, la manifestación por parte de los acuicultores de reducir el impacto ambiental generado por las descargas se presenta de forma lenta, al contrario del avance rápido en la deforestación de zonas de manglar utilizadas para nueva estanquería en el cultivo de camarón, lo que implica que la capacidad de carga de los estuarios se reduzca día con día.

Como ya se mencionó la materia orgánica particulada es una de las variables que definen la calidad del agua en las descargas de granjas camaroneras y se encuentra contemplada tanto en los estándares internacionales como en la NOM-001-ECOL-1996; una alternativa para disminuir su impacto puede ser el uso de organismos bivalvos, ya que estos mejoran la calidad del agua mediante el proceso de filtroalimentación. Con esto se incrementaría la sedimentación de heces y pseudoheces y por consiguiente su eliminación al ser ingeridas como alimento, lo cual puede proveer una forma eficiente y de bajo costo para eliminar la materia particulada de los efluentes de granjas acuícolas (Shpiegel y Blaylock, 1991; Shpiegel *et al.*, 1997).

En efecto, existen varios estudios sobre el crecimiento de moluscos bivalvos alimentados con descargas de granjas, tanto de peces (Shpiegel y Blaylock, 1991; Jones e Iwama, 1991; Stirling y Okimus, 1995; Shpiegel *et al.*, 1997; Lefebvre *et al.*, 2000) como de camarón (Jacob *et al.*, 1993; Lin *et al.*, 1993; Jones y Preston, 1999), los cuales sugieren que este tipo de tratamiento es potencialmente viable y que esta solución puede ser también altamente rentable.

Este tipo de estudios es de gran relevancia para los fines de remediación de efluentes, ya que la tasa de filtración indica la cantidad de materia particulada retenida por un organismo por unidad de tiempo (Yu y Culver, 1999), y su medición permite estimar la cantidad de MTP

que puede ser removida por un número determinado de organismos (Hildreth y Crisp, 1976; Winter, 1978), una vez que son conocidas las características del ambiente en el cual se desenvuelven. Aunque puede ser modificada por otros factores, la temperatura y la concentración de las partículas en suspensión se consideran las más importantes entre las diferentes variables que pueden afectar la tasa de filtración de los moluscos (Winter, 1978), y el tipo y la intensidad de la respuesta dependen principalmente de las características de adaptabilidad de cada especie y del intervalo de variabilidad de estos factores en su hábitat natural (Jorgensen, 1990).

Baqueiro (1980) encontró que las poblaciones de *A. tuberculosa* de Baja California Sur se encuentran en ambientes con salinidades de 30 a 40 g·l⁻¹ y que los valores superiores de temperatura de su hábitat natural se encuentran en un intervalo de 29.5 a 37.5 °C, aunque Squires *et al.* (1975) reportaron que las poblaciones de *A. tuberculosa* de las costas de Colombia viven en un intervalo térmico de 26 a 37.5 °C.

Respecto a los mecanismos de alimentación, los miembros de la subfamilia Anadaranidae carecen de sifones bien desarrollados. Las aberturas de los sifones inhalante y exhalante no superan el margen posterior de la concha y debido a esto muchas especies de esta familia no pueden enterrarse completamente (Broom, 1985), por lo cual los sifones se encuentran en pequeñas depresiones a nivel de la interfase entre agua y sustrato. En el hábitat típico de estas especies el fango puede resuspenderse fácilmente, pero los integrantes del género *Anadara* parecen haberse adaptado para explotar este nicho con altas concentraciones de sólidos suspendidos. Esto fue demostrado por Sullivan (1960), quien observó que en *A. trapezia* los cilios gruesos frontales en los filamentos de las branquias son particularmente extensos y tienen la finalidad de transportar las partículas de mayores dimensiones hacia los bordes de las branquias, para ser eliminados después por una corriente de exclusión cuando el agua contiene una cantidad excesiva de sedimentos.

En vista de su particular tipo de hábitat y de su origen local, se espera que *Anadara grandis* sea altamente adaptable a las condiciones de temperatura y salinidad, por lo menos dentro de los respectivos intervalos de variabilidad que caracterizan los ambientes costeros de Sonora y Sinaloa. Por lo anterior, el generar información concerniente al metabolismo general de este organismo sería la aportación de este trabajo, que pudiera servir a corto plazo para

definir su potencial para fines de cultivo. Además, la relacionada con su tasa de filtración se espera sirva en un mediano plazo para implementar sistemas que disminuyan las concentraciones de materia orgánica particulada en los efluentes de las granjas camaronícolas.

II. OBJETIVOS.

II.1 General.

Evaluar el efecto de la temperatura y la salinidad sobre la remoción de materia total particulada de *Anadara grandis* en condiciones de laboratorio, con el fin de estimar su potencial para la acuicultura en los cuerpos de agua costeros del Noreste Mexicano.

II.2 Específicos.

Evaluar el efecto combinado de la temperatura y la salinidad en el molusco bivalvo *Anadara grandis* sobre:

- a) La tasa de filtración y de clarificación.
- b) La tasa de biodepositación.
- c) La eficiencia de asimilación.

III. MATERIALES Y MÉTODOS.

III.1 Cultivo de microalgas.

La microalga que se utilizó en este trabajo es la diatomea céntrica *Chaetoceros muelleri*, su clave internacional es CCMP 1316 (CHGRA), cuya cepa se mantiene en la colección del laboratorio de microalgas UAS de la Facultad de Ciencias del Mar con la clave CH-M-1 y procede de la colección de especies de fitoplancton marino Guillard-Provasoli de los laboratorios Bigelow (West Boothday y Harbor, Maine, E.U.A.).

Los cultivos se mantuvieron utilizando la formulación del medio F (Guillard y Ryther, 1962), preparado de acuerdo a las indicaciones de Voltolina *et al.* (1989) y enriquecidos con una doble cantidad de metasilicato, debido a que esta especie de microalga al igual que la mayoría de las diatomeas presenta una alta demanda de este compuesto (Villegas Hernández, 1997).

Para la preparación del medio se utilizó agua de mar de la bahía de Mazatlán, previamente pasada a través de tres filtros de cartucho con capacidad progresiva de retención de partículas de 10, 5 y 1 μm , además de dos cartuchos adicionales con carbón activado. Una vez pasada por esta serie de filtros, el agua se esterilizó por vía química con 1 $\text{ml}\cdot\text{l}^{-1}$ de una solución al 5% de hipoclorito de sodio comercial, dejando que el cloro actuara por lo menos durante 24 horas.

Posteriormente el cloro residual se neutralizó con tiosulfato de sodio a razón de 60 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ y con aireación con fuerte burbujeo para acelerar el proceso de su eliminación, confirmando posteriormente la ausencia o presencia de cloro utilizando el indicador ortotoluidina, una vez finalizado este proceso, se adicionaron los nutrientes necesarios para la preparación del medio que se utilizó para la producción de microalgas.

Los cultivos de microalgas se realizaron de acuerdo a las salinidades experimentales de 20, 30, 40 y 50‰, por lo cual, después de filtrarla, el agua se almacenó en recipientes diferentes después de modificar la salinidad original con la cantidad apropiada de sal marina o de agua dulce, filtrada y esterilizada de la misma manera que el agua de mar.

Así mismo, se mantuvieron los cultivos en 16 garrafones de plástico (cuatro para cada salinidad) de 19 litros con volumen útil de 15 litros, utilizando la técnica tradicional de cultivo semicontinuo, bajo el supuesto que con esta técnica se mantiene aproximadamente constante la tasa de división celular, así como su calidad (López-Elías y Voltolina, 1993; Fábregas *et al.*, 1995).

Las diluciones se realizaron con frecuencia diarias, cosechando el 30% del volumen de cada recipiente de cultivo, el cual se reemplazó con medio recién preparado. Con este porcentaje de dilución los cultivos se encuentran en una fase de crecimiento lento, ya que la tasa reproductiva es equivalente a $0.51 \text{ divisiones} \cdot \text{día}^{-1}$.

La temperatura se mantuvo aproximadamente constante a $26 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$, con agitación continua por burbujeo con aire que sirvió para mantener las células en suspensión y para la eliminación del oxígeno fotosintético, el cual está normalmente presente en exceso en los recipientes de cultivo y puede representar un problema para la fotosíntesis de las microalgas, debido a que puede inhibir la función de la enzima ribulosa difosfato carboxilasa, la cual se encarga del transporte del CO_2 (South y Whittick, 1987).

El aire que se usó para el burbujeo en los cultivos fue previamente pasado por un filtro de cartucho con retención de partículas de $1 \text{ } \mu\text{m}$, que sirvió para disminuir el riesgo de contaminación, además periódicamente fue adicionado CO_2 para mantener el pH de los cultivos entre aproximadamente 8.2 y 9.5 unidades.

La iluminación fue continua con seis lámparas fluorescentes de luz blanca de día, cuya intensidad luminosa medida con un exposímetro en la pared de los recipientes más cercana a las fuentes de luz varió entre 6,000 y 6,500 lux, que son equivalentes a un flujo de fotones de $120\text{-}130 \text{ } \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$.

La rutina de mantenimiento incluyó, el cambio de los recipientes de cultivo por lo menos una vez a la semana y la iniciación de los mismos con nuevos inóculos cultivados en las salinidades experimentales propuestas en este estudio, con el fin de minimizar la posible contaminación de los cultivos. Cuando se estimó que el estado de uno o más de los cultivos no era adecuado, se iniciaron cultivos nuevos con la parte de las cosechas que no se utilizó para la alimentación de los organismos.

III.2. Obtención de la materia inorgánica particulada (MIP).

La MIP se obtuvo a partir del sedimento de uno de los estanques de la granja camaronera “Don Jorge”. El sedimento fue secado en una estufa a 100 °C, enseguida fue molido en un mortero, posteriormente fue pasado por un tamiz con luz de malla de 35 µm. Una vez tamizado, se introdujo en una mufla a 450 °C para eliminar la sustancia orgánica.

III.3 Obtención y aclimatación de organismos.

Los organismos juveniles de *Anadara grandis* fueron colectados en la bahía de Altata, Sinaloa; las tallas seleccionadas fluctuaron entre 4-6.5 cm. Estos fueron transportados al laboratorio en una hielera de poliuretano sin agua, una vez dentro del laboratorio fueron lavados cuidadosamente para eliminar adherencias y colocados en dos recipientes para su aclimatación. A estos organismos se les aumentó o disminuyó la salinidad y temperatura de acuerdo al experimento en puerta y se les alimentó solo con microalga a la salinidad con la que se experimentó en ese momento.

III.3.1 Descripción taxonómica.

El género *Anadara* consta de 20 especies que habitan las zonas costeras comprendida entre Baja California, México, hasta Perú, de manera particular, la descripción taxonómica de *Anadara grandis* (Figura 1) es como se muestra a continuación (Keen, 1971; Ortiz Arellano, 2005).

Subclase PTERIOMORPHIA.

Orden ARCOIDA.

Supefamilia ARCACEA.

Familia ARCIDAE.

Subfamilia ANADARINAE.

Género *ANADARA* Gray, 1847.

Subgénero *GRANDIARCA* Olsson, 1961:

Sinonimia: *Arca quadrilatera* Sowerby, 1833.

Nombre vulgar o común: Pata de mula



Figura 1. *Anadara (Grandiarca) grandis* (Broderip & Sowerby, 1829)

Descripción: Concha gruesa, inequilateral, subrectangular y de color blanco, con periostraco café que cubre más o menos un 70% de la superficie, extendiéndose fuertemente por todo el margen ventral. Valvas iguales (equivalvas) y redondeadas, unidas dorsalmente por un amplio ligamento externo el cual separa a los umbos que son prominentes y terminan en una punta fina doblada ligeramente hacia la parte anterior. La superficie de las conchas presenta de 27 a 28 costillas radiales con espacio profundo y bien definido entre ellas, líneas concéntricas tenues en algunos ejemplares presentan más notorias las líneas de crecimiento espiral. Borde anterior ligeramente redondeado, borde posterior diagonal (casi recto) con el extremo inferior alargado y redondeado; borde ventral semiredondeado y el borde dorsal es recto. La parte interna de las valvas, de color blanco nácar; charnela recta con un ligero ensanchamiento en los extremos, con dientes transversales en hilera, dando lugar al tipo de cierre taxodonto; impresión muscular isomiario, es decir, dos impresiones musculares iguales que se notan claramente, línea paleal bien definida, el margen ventral presenta un fuerte y ampliado crenulado.

Medidas locales: longitud máxima 76 mm; anchura 51 mm., altura 58 mm., longitud mínima 38 mm.

Hábitat: Enterrada superficialmente en suelos arenoso-fangosos entre 2 a 5 cm de profundidad; se distribuye en el área mesolitoral e infralitoral de la zona de mareas.

Observaciones y distribución geográfica: Los organismos de esta especie son consumidos localmente, ésta se encuentra distribuida en la zona costera desde Bahía

Magdalena, Baja California, a través del Golfo de California y hasta el sur de Tumbes, Perú (Keen, 1971).

III.4 Descripción del sistema de monitoreo.

En este trabajo se realizaron 16 experimentos utilizando cuatro temperaturas, cuatro salinidades y una concentración de materia total particulada.

Para estimar la tasa de filtración se utilizó un sistema de flujo continuo de alimento a una concentración constante de $50 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ en base al peso seco correspondiente a la concentración media de materia total particulada (MTP) encontrada en los efluentes de granjas de Sinaloa (De Jesús Huerta, 2005).

El porcentaje de MOP utilizada en este trabajo fue del 40%, mientras que el de MIP fue del 60%. La fracción de MOP en cada uno de los tratamientos fue aportada por la diatomea *Chaetoceros muelleri*, dicha fracción se calculó considerando el peso seco unitario de $78.66 \text{ pg}\cdot\text{cél}$, y tomando en cuenta que las fracciones de la sustancia inorgánica y orgánica son del orden de $33.97 \text{ pg}\cdot\text{cél}$ y $44.69 \text{ pg}\cdot\text{cél}$ respectivamente (Piña Valdez, 2004). Debido a que la microalga contiene tanto materia orgánica como inorgánica, se realizaron los cálculos correspondientes para obtener la cantidad necesaria a ser agregada de sedimento o MIP, para así completar la mezcla a una concentración constante de $50 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ para las cuatro salinidades, ya que la fracción de MIP y MOP en las microalgas cultivadas a las diferentes salinidades (20, 30, 40 y 50 ‰) no era la misma.

En cada uno de los experimentos planeados, se prepararon 100 litros de suspensión de MTP en un recipiente con capacidad de 100 l (Figura 2, T1), y con aireación vigorosa se mantuvo el alimento lo más homogéneo posible y así evitar la sedimentación de la MTP, en el fondo de este recipiente se colocó una bomba sumergible (Figura 2, B), cuya función fue mantener constantemente un volumen de 15 l de MTP en el recipiente abastecedor (Figura 2, T2), mediante un control de nivel que permitió sostener una presión constante en este recipiente abastecedor.

Antes de iniciar los experimentos los organismos ya aclimatados a la temperatura y salinidad respectiva al experimento a realizar, se mantuvieron en inanición durante 24 horas.

En cada experimento se utilizaron 10 respirómetros (repeticiones) con tres individuos cada uno (Figura 2, R1, R2,..., R10) distribuidos al azar, más un respirómetro testigo donde se introdujeron tres pares de valvas vacías de *Anadara grandis* con aproximadamente la misma talla que los individuos experimentales, para evaluar de manera aproximada el nivel de sedimentación de la MTP, debido al efecto de las valvas de los individuos en cada una de las unidades experimentales (Figura 2, T).

Una vez introducidos los organismos en cada uno de los recipientes con capacidad de 1 l, se procedió a llenarlos con la suspensión de la MTP previamente preparada. Una vez realizada esta operación, se procedió a cerrarlos para que funcionaran como respirómetros, manteniendo la temperatura de las unidades experimentales en baño maría, mientras que la temperatura de la MTP en los recipientes T1 y T2 se mantuvo en cada uno con calentadores termorregulados a las temperaturas experimentales (23, 26, 29 y 32 °C).

Cada respirómetro contaba con dos tubos de vidrio, por uno de ellos fue introducido el alimento regulado por la bomba peristáltica, cuyo extremo inferior estaba aproximadamente a 10 cm del fondo del respirómetro, mientras que el segundo por donde salió el alimento no consumido se colocó aproximadamente a 5 cm de la tapa, la cual tenía además una perforación de 0.5 cm de diámetro con un tapón cónico de hule, el cual era colocado una vez que se desplazaba el oxígeno remanente en los respirómetros (Figura 3).

Una vez que no se observaron burbujas en los respirómetros, se procedió a regular la velocidad del flujo en cada respirómetro desde la bomba peristáltica, enseguida se dejó funcionando el sistema durante 90 minutos, tiempo suficiente para que por cada respirómetro al menos hubieran fluido 900 ml de la mezcla, además se verificó que los organismos se encontraran lo menos disturbados posible dentro de los respirómetros. La velocidad de los flujos fue verificada cada hora, y en el caso de un aumento o disminución de la misma, esta era ajustada inmediatamente a $10 \text{ ml}\cdot\text{min}^{-1}$. Para regular los flujos que fueron de $10 \text{ ml}\cdot\text{min}^{-1}$ en cada uno de los respirómetros se utilizó una bomba peristáltica multicanal.

Para la medición de las variables fisiológicas involucradas en la estimación del balance energético; cada hora durante cinco que duraron los experimentos, se tomaron muestras en la salida de cada uno de los respirómetros incluyendo el testigo (T) y el flujo control (C) y no así en la entrada ya que se conocía el valor del flujo de entrada a las cámaras experimentales.

Todos los experimentos ejecutados en este trabajo se realizaron en condiciones de laboratorio controlando los factores externos de temperatura y luz del cuarto de trabajo, ya que se procuró que los organismos en experimentación estuvieran con el menor grado de estrés posible. A manera de precaución durante los preparativos de cada experimento, se contó con organismos de reserva para que en caso de observar que algún animal previamente seleccionado mostrara signos adversos que nos indicaran su pronta mortalidad, éstos fueran cambiados al inicio de cada bioensayo, ya que una vez cerradas las cámaras respirométricas, no era permitido ningún movimiento para evitar errores en la toma de muestras y evitar una mala interpretación en los análisis de muestras.

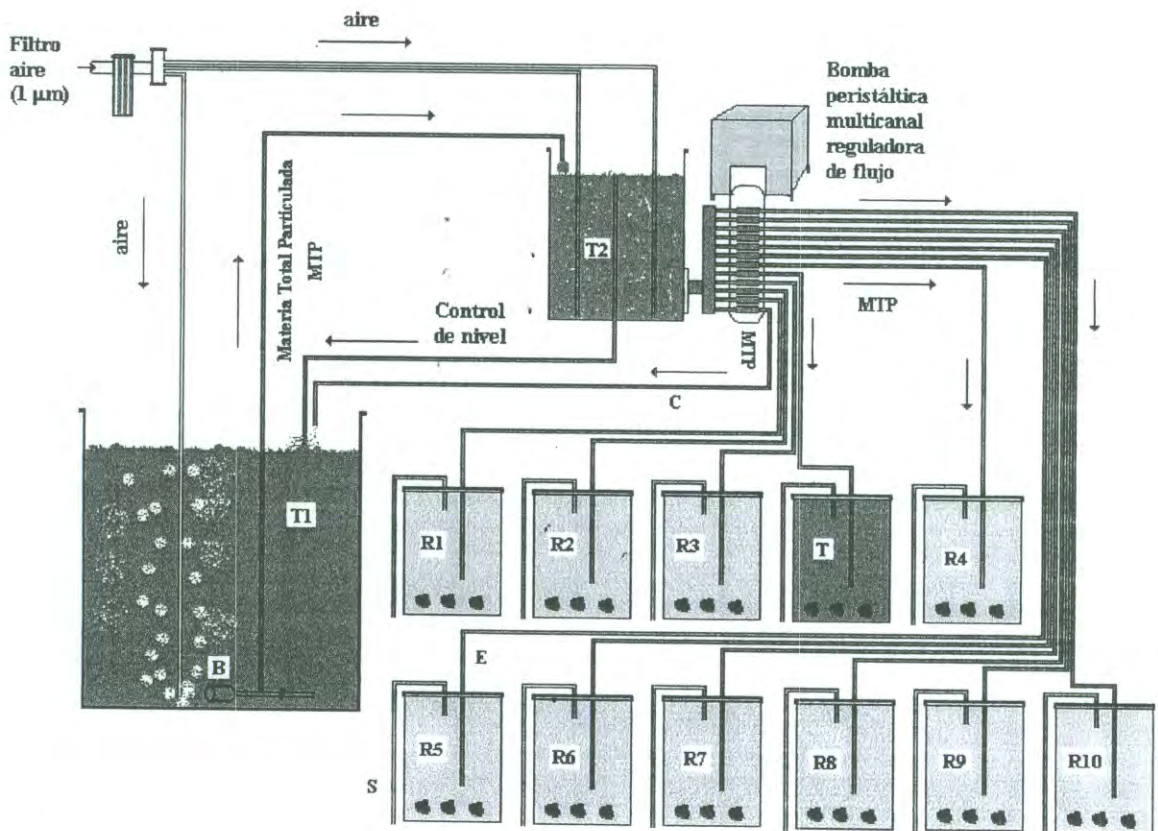


Figura 2. Diagrama experimental. R1, R2,..., R10:(respirometros); T: respirometro testigo; B: bomba sumergible; C: flujo control; T1: tanque abastecedor de MTP (capacidad 100 l); T2: recipiente abastecedor de 20 l; E: flujo de entrada al respirometro; S: flujo de salida del respirometro.

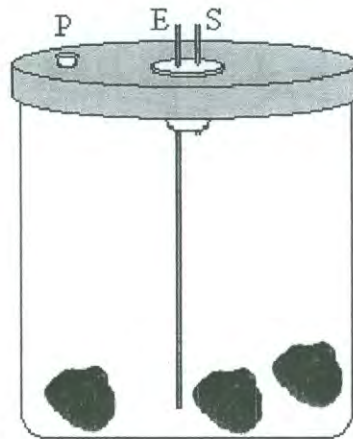


Figura 3. Descripción de las partes del respirómetro utilizado en este trabajo. Tubos de vidrio para entrada (E) y salida (S) del alimento, P: perforación de 0.5 cm de diámetro con tapón de hule cónico para desplazar el oxígeno remanente.

III.5 Estimación de la tasa de filtración y clarificación.

La tasa de filtración (TF) en los organismos filtradores, se define como el volumen de agua del cual todas las partículas suspendidas son retenidas por unidad de tiempo. Estimada a partir de la ecuación propuesta por Hildreth y Crisp (1976):

$$TF_1 = \frac{(C_1 - C_2)}{(C_1)} F$$

En donde F es la velocidad del flujo a través del respirómetro en $\text{ml} \cdot \text{min}^{-1}$ o $\text{L} \cdot \text{h}^{-1}$, C_1 es la concentración de MTP en la salida del respirómetro testigo, mismo que registra el grado de sedimentación de las partículas y C_2 es la concentración de la MTP en la salida de cada uno de los respirómetros.

Con base a la definición anterior, se obtuvieron muestras para determinar la concentración de MTP, para esto se utilizaron filtros de fibra de vidrio GFC de 47 mm de diámetro prelavados con agua destilada, los cuales fueron introducidos en una mufla a 450°C durante 5 horas para incinerar posibles trazas de sustancia orgánica. Realizada esta operación los filtros fueron pesados en una balanza analítica semimicro.

Las muestras del MTP de la salida de cada uno de los respirómetros fue de 400 ml. este volumen fue pasado a través de un filtro GFC con el uso de una bomba de vacío, y antes de retirar el filtro del sistema de filtración, la MTP retenida fue lavada con formiato de amonio isotónico al 4% para eliminar las sales del agua de mar.

Concluido cada experimento, los filtros fueron introducidos en una estufa a 70 °C, hasta lograr que el registro de su peso seco en una balanza semimicro fuera constante. Una vez determinada la evaluación del peso seco, se procedió a introducir los filtros en una mufla a 450 °C durante 12 horas. Nuevamente los filtros fueron pesados para conocer la cantidad de cenizas, que es equivalente a la materia inorgánica particulada (MIP). El contenido de materia orgánica particulada (MOP) se determinó por diferencia entre los pesos seco de la MTP y de la MIP.

La tasa de clarificación fue evaluada con base en el procedimiento propuesto por Winter (1978), ésta se calculó multiplicando la tasa de filtración por la concentración de la MTP en la salida del tratamiento testigo (T), pues excluye en su estimación de manera aproximada la MTP sedimentada, debido al efecto de las valvas de los organismos en cada uno de los respirómetros.

Las unidades de esta variable se expresan en $\text{mg}\cdot\text{h}^{-1}$, e indica la cantidad de peso seco y la fracción orgánica del alimento a la entrada de los respirómetros, a partir de muestras obtenidas del flujo control.

III.6 Determinación de la tasa de biodeposición.

Al término de cada experimento se colectaron los biodepositos para determinar su cantidad y su composición orgánica e inorgánica, las muestras se pasaron por filtros de fibra de vidrio de 47 mm de diámetro y se lavaron con formiato de amonio al 4 y 2% para la obtención de MTP, MIP y MOP.

Las cámaras con conchas vacías fueron tratadas de la misma manera y sirvieron para restar el efecto de la sedimentación natural. Los resultados se relacionaron con el PS de *Anadara grandis* y con ello se determinó la tasa de biodeposición como se describe en la siguiente ecuación.

$$TB = \frac{(D_A - D_C)}{t \cdot PS}$$

Donde TB denota la tasa de biodepositación en $\text{mg} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$, D_A representa los biodepósitos colectados en la cámara con almejas en mg, D_C son los depósitos colectados en la cámara con conchas en mg, t es el tiempo de incubación en horas y PS es el peso seco del tejido blando del organismo en g.

III.7 Estimación de la eficiencia de asimilación.

La eficiencia de asimilación (EA%) se evaluó de acuerdo al método de las razones propuesto por Conover (1966), considerando en su estimación el no requerir coleccionar la totalidad de las heces producidas durante el proceso de alimentación de los organismos, bajo el supuesto que los compuestos inorgánicos de los alimentos no son absorbidos en el proceso digestivo.

El cálculo de la EA se realizó mediante la siguiente fórmula:

$$EA\% = \frac{(F - E)}{(1 - E)F} \times 100$$

Donde F es la razón del peso orgánico y el peso seco de la MTP suministrada; E es la razón del peso orgánico de las heces y el peso seco de las heces.

Las heces se colectaron al término de cada experimento. Después de haber colocado a los organismos experimentales en recipientes con agua limpia por un periodo de 30 minutos, con una pipeta pasteur las heces fueron extraídas del recipiente para después ser filtradas, utilizando para ello, filtros de fibra de vidrio Whatman GF/C de 47 mm de diámetro, que previamente fueron incinerados a 450 °C en una mufla y calibrados en una balanza analítica semimicro.

Para la determinación del peso seco y la fracción orgánica del alimento suministrado se tomó una muestra del recipiente testigo con volumen conocido para posteriormente proceder a la filtración. Las muestras filtradas se lavaron con formiato de amonio al 4% para eliminar las sales. Después las muestras se colocaron en una estufa a 60 °C y se pesaron hasta obtener peso seco constante en una balanza analítica semimicro, posteriormente los filtros fueron incinerados a 450 °C en una mufla durante 6 horas y por diferencia del peso seco y el peso ceniza se determinó el peso orgánico.

III.8 Procesamiento y análisis de datos.

Los datos correspondientes a cada una de las tasas fisiológicas, fueron procesados mediante la técnica de análisis de varianza de dos factores, previamente fueron sometidos a las pruebas de normalidad de Lilliefors (Conover, 1966) y homoscedasticidad de Bartlett (Zar, 1999; Sokal y Rholf, 2000).. Cuando cumplieron con estas condiciones, se procedió a aplicar un procedimiento paramétrico, enseguida si el estadístico de prueba resultó significativo ($p < 0.05$), entonces se aplicó la prueba de comparaciones múltiples de Tukey (Zar, 1999). De manera contraria, cuando los datos correspondientes a cualquiera de los tratamientos de una variable fisiológica particular, no cumplieron con las condiciones teóricas de normalidad y homoscedasticidad, alternativamente se aplicó un método no paramétrico de análisis de varianza de dos factores de Kruskal-Wallis (Zar, 1984), enseguida si el estadístico de prueba resultó significativo ($p < 0.05$), se aplicó la prueba de comparaciones múltiples no paramétrica de Tukey (Zar, 1999).

Por otra parte los datos de cada una de las variables fisiológicas fueron ajustados a un polinomio de segundo grado definido de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$Z = A + BT + CT^2 + DS + ES^2 + FT * S$$

En este polinomio Z es cualquiera de las variables fisiológicas, T es la temperatura, S la salinidad, T^2 y S^2 representan el efecto cuadrático de la temperatura y la salinidad, y $T*S$ es el efecto interactivo de ambos factores.

IV. RESULTADOS.

IV.1. Materia total particulada (MTP).

Dentro de este trabajo durante el lapso de tiempo que duró cada experimento, la concentración de materia total particulada (MTP) en el agua suministrada a los recipientes, presentó un intervalo de variación de entre 64.545 y 134.91 mg·l⁻¹ (Tabla 1), presentándose este efecto debido a la composición orgánica e inorgánica presente en cada una de las mezclas de alimento empleadas dentro de los experimentos, y cabe señalar que dichas mezclas estaban compuestas por una fracción tanto de MOP como de MIP aportada por la microalga *Chaetoceros muelleri*, además de sedimento, simulando los componentes que se encuentran de forma natural en los efluentes de granjas camaronícolas, en donde existen además de los mencionados, otra serie de sustancias orgánicas como inorgánicas, de los cuales no se hicieron partícipes para la estimación de las variables fisiológicas estudiadas en este trabajo.

Tabla 1. Valores promedio y desviación estándar de la materia total particulada (MTP) en mg·l⁻¹, suministrada a *Anadara tuberculosa* en cada uno de los tratamientos.

		T °C			
		23	26	29	32
S‰	20	84.060 ±2.225	77.377 ±2.500	75.009 ±6.658	64.545 ±10.526
	30	106.063 ±2.866	75.443 ±1.843	94.626 ±3.602	80.188 ±5.254
	40	109.800 ±1.860	73.578 ±11.579	101.245 ±7.048	84.978 ±7.971
	50	134.913 ±2.186	128.535 ±4.543	106.167 ±2.288	71.718 ±11.851

En el caso de las diferentes salinidades, la composición en cuanto al peso seco de las microalgas fue diferente ya que las microalgas cultivadas a menor salinidad presentan un menor peso seco que las cultivadas a mayor salinidad. De acuerdo a los datos promediados

presentados en la tabla 1, fue como se procedió a realizar los cálculos para la determinación de las variables fisiológicas mostradas más adelante.

IV.1.2. Peso seco del tejido blando de *Anadara grandis*.

Los pesos secos del tejido blando de los tres organismos confinados en cada respirómetro, fueron reportados en biomasa total para fines prácticos. A pesar de que se pretendió utilizar en todos los experimentos organismos de aproximadamente la misma talla y peso, no fue posible evitar variaciones marcadas entre los organismos experimentales, motivo por el cual todos los resultados se estandarizaron a un gramo de peso seco del tejido blando de los organismos (Tabla 2).

Tabla 2. Peso seco promedio y desviación estándar de la biomasa en gramos de *Anadara grandis* en cada uno de los tratamientos.

		T °C			
		23	26	29	32
S‰	20	3.888 ±0.356	3.790 ±0.352	3.826 ±0.349	2.991 ±0.252
	30	3.834 ±0.415	3.850 ±0.585	3.911 ±0.477	3.152 ±0.308
	40	4.180 ±0.367	4.466 ±0.553	4.201 ±0.492	3.513 ±0.295
	50	3.941 ±0.404	3.947 ±0.413	4.408 ±0.340	3.369 ±0.326

IV.2. Tasa de filtración (TF).

En este estudio el menor valor registrado de la TF se obtuvo en la salinidad de 40‰ y 23 °C obteniéndose un valor de 0.027 L·h⁻¹, mientras que el más alto se obtuvo en 40‰ y 26 °C con 0.785 L·h⁻¹ (Tabla 3).

Tabla 3. Valores promedio y desviaciones estándar de la tasa de filtración (TF) de *Anadara grandis* en $L \cdot h^{-1}$, registrados en diferentes condiciones de salinidad (S‰) y temperatura (T °C). Letras iguales o comunes indican que no hay diferencias significativas entre los tratamientos ($p > 0.05$).

		T °C				$\bar{X} \pm S$
		23	26	29	32	
S‰	20	0.077 ^a ±0.0245	0.123 ^a ±0.038	0.566 ^{de} ±0.341	0.445 ^{bcd} ±0.239	0.303^b ±0.291
	30	0.063 ^a ±0.018	0.707 ^{de} ±0.453	0.561 ^{cde} ±0.173	0.579 ^{de} ±0.316	0.478^c ±0.373
	40	0.027 ^a ±0.007	0.785 ^e ±0.123	0.228 ^{ab} ±0.112	0.260 ^{abc} ±0.175	0.325^b ±0.309
	50	0.048 ^a ±0.019	0.109 ^a ±0.040	0.152 ^{ab} ±0.021	0.189 ^{ab} ±0.074	0.124^a ±0.070
$\bar{X} \pm S$		0.054^a ±0.026	0.431^b ±0.393	0.377^b ±0.274	0.368^b ±0.262	

Analizando en esta tabla los promedios marginales de la TF, se observa que en la salinidad de 30‰ se registró un valor máximo de $0.478 L \cdot h^{-1}$, el cual es significativamente superior a los obtenidos en las tres salinidades restantes. Por otra parte considerando el factor temperatura, la TF aumentó notablemente en las temperaturas de 26 a 32 °C.

De acuerdo a los valores promedio de la TF presentados en la tabla 3, el cálculo puede hacerse de acuerdo al número de individuos presentes en las unidades experimentales (en este estudio, tres organismos en cada respirómetro), la cual puede expresarse por individuo o en términos de un gramo de peso seco del tejido blando de los organismos, la cual se denomina tasa de filtración normalizada (TFN) y es independiente del tamaño del organismo (Nieves, 1988). Con base en lo anterior, y en el marco de los resultados obtenidos para la tasa de filtración promedio normalizada, globalmente presentó algunos traslapes en la mayoría de las condiciones experimentales (Tabla 4), a partir de ésta se observa que estos mismos valores fluctuaron de manera apreciable, donde el valor mínimo promedio correspondió a una salinidad de 40 ‰ y 23 °C ($0.007 L \cdot h^{-1} \cdot g^{-1}$) y el máximo valor correspondió a la salinidad de 30 ‰ y 32 °C de temperatura ($0.182 L \cdot h^{-1} \cdot g^{-1}$). El análisis de varianza de dos vías aplicado a la

TFN, resultó altamente significativo con ambos factores y su interacción ($p < 0.001$), en la tabla 4 se encuentran los valores promedio de la TFN con su respectiva desviación estándar, se observa que esta variable tiende a incrementarse, aunque de manera fluctuante y no siempre de manera significativa, conforme aumenta la temperatura. Los valores mejores se obtuvieron en la salinidad de 30‰ y las temperaturas de 26 y 32 °C, con valores promedio de 0.181 y 0.182 $L \cdot h^{-1} \cdot g^{-1}$ respectivamente. En esta misma tabla se observa que la TFN siempre se mantuvo en aumento aunque no de manera significativa, conforme se incrementó la temperatura cuando la salinidad fue de 50‰, con valores promedio comprendidos entre 0.013 y 0.057 $L \cdot h^{-1} \cdot g^{-1}$.

Tabla 4. Valores promedio y desviaciones estándar de la tasa de filtración normalizada (TFN) de *Anadara grandis* en $L \cdot h^{-1} \cdot g^{-1}$, registrados en diferentes condiciones de salinidad (S‰) y temperatura (T °C). Letras iguales o comunes indican que no hay diferencias significativas entre los tratamientos ($p > 0.05$).

		T °C				$\bar{X} \pm S$
		23	26	29	32	
S‰	20	0.020 ^a ±0.006	0.032 ^a ±0.009	0.146 ^{bc} ±0.086	0.145 ^{bc} ±0.071	0.086^b ±0.081
	30	0.017 ^a ±0.005	0.181 ^c ±0.115	0.144 ^{bc} ±0.042	0.182 ^c ±0.086	0.131^c ±0.099
	40	0.007 ^a ±0.002	0.180 ^c ±0.045	0.055 ^a ±0.031	0.074 ^{ab} ±0.051	0.079^b ±0.074
	50	0.013 ^a ±0.006	0.027 ^a ±0.010	0.035 ^a ±0.004	0.057 ^a ±0.024	0.033^a ±0.021
$\bar{X} \pm S$		0.014^a ±0.007	0.105^b ±0.097	0.095^b ±0.071	0.114^b ±0.079	

De acuerdo al factor salinidad, la TFN en la mayoría de los casos, los valores promedio no registran una tendencia clara de dominancia para un valor particular de temperatura, es evidente que los valores más bajos que se obtuvieron fueron en la temperatura de 23 °C, y sin diferencias significativas entre las diferentes salinidades experimentales, mientras que los más altos se obtuvieron cuando la temperatura fue de 32 °C, aquí la TFN aumentó aunque no significativamente, de 0.145 $L \cdot h^{-1} \cdot g^{-1}$ en el nivel 20‰ de salinidad, a 0.182 $L \cdot h^{-1} \cdot g^{-1}$ en 30‰, enseguida, en 40 y 50‰ la TFN decayó de manera significativa, una situación análoga se

presenta en 26 °C, en este nivel de temperatura los valores más sobresalientes máximos registrados corresponden a las salinidades de 30 y 40‰, mientras que los más bajos se obtuvieron en las salinidades de 20 y 50‰.

Con la finalidad de cuantificar el efecto de la temperatura y de la salinidad de manera independiente, sobre la tasa de filtración de *Anadara grandis*, se determinaron los promedios marginales de la TFN. En la tabla 4 se observa que la TFN aumenta significativamente hasta un valor promedio de 0.086 L·h⁻¹·g⁻¹ en 20‰ hasta el máximo de 0.131 L·h⁻¹·g⁻¹ cuando el nivel de la salinidad fue de 30‰, y decae significativamente hasta 0.079 y 0.033 L·h⁻¹·g⁻¹ cuando los niveles de salinidad se incrementaron 40 y 50‰, esta tendencia es semejante a la observada con la TF.

En cuanto a los valores marginales promedio registrados en los diferentes niveles de temperatura, estos fluctuaron de manera apreciable, donde el máximo valor registrado de la TFN corresponde a la temperatura de 32 °C (0.114 L·h⁻¹·g⁻¹), mientras que el más bajo se registró a la temperatura de 23 °C (0.014 L·h⁻¹·g⁻¹). La TFN marginal fue mayor a las temperaturas entre 26 y 32 °C. De acuerdo a estos resultados la tendencia de la TFN coincide con los de la TF.

El análisis de los datos de las variables fisiológicas mediante el procedimiento de superficies de respuesta (Tabla 5), consideradas en este estudio, permite escudriñar otros efectos de los factores que el análisis de varianza de dos vías no toma en cuenta, particularmente los efectos cuadráticos de la temperatura y de la salinidad, desde esta perspectiva los datos de la TFN fueron ajustados al polinomio de segundo grado el cual explica 42.2% de la variabilidad (p<0.05) de acuerdo a la siguiente ecuación.

$$TFN = -2.36546 + 0.14024T - 0.00207T^2 + 0.02705S - 0.00023S^2 - 0.00047T*S$$

Destacan en este polinomio los coeficientes de determinación parcial correspondiente a los efectos lineal y cuadrático de la salinidad, pues ambos les corresponde el 35.9 % de la variabilidad explicada por el modelo.

Tabla 5. Valores de los coeficientes del modelo de superficie de respuesta de segundo grado de la tasa de tasa de filtración (TFN en $L \cdot h^{-1} \cdot g^{-1}$) de *Anadara grandis*, niveles de significancia (p) y del coeficiente determinación parcial y total ($R^2=0.42234$; $p<0.05$), correspondiente a los efectos lineal y cuadrático de la temperatura (T, T^2) y la salinidad (S, S^2) e interactivo (T*S).

Factor	Coefficiente	p	R ²
Intercepto	-2.36546	0.0000026	
T	0.14024	0.0000588	0.03031
T ²	-0.00207	0.0008270	0.02751
S	0.02705	0.0000045	0.24611
S ²	-0.00023	0.0000351	0.11397
TxS	-0.00047	0.0022007	0.00444
		Total	0.42234

En la figura 4 localizada en los anexos de este trabajo, se describe gráficamente la relación de TFN con la tempera y la salinidad con base en el polinomio ajustado (Figura 4 a,b), en esta superficie de forma cóncava, se muestra que la formación de elipsoides concéntricos y demarcados por isolíneas (Figura 4b), aunque estas no están cerradas, se puede apreciar que las mejores condiciones en las cuales *Anadara grandis*, se encuentran en los intervalos de 20-40‰ y 26-32 °C.

IV.3. Tasa de clarificación (TC).

Los resultados obtenidos en este trabajo concernientes a la tasa de clarificación, nos indican que la tendencia fue similar más no coincidente al de la TF, el valor promedio más bajo obtenido de la TC fue de $2.997 \text{ mg} \cdot \text{h}^{-1}$ en 40‰ y 23 °C, mientras que el más alto registró en la misma salinidad y 26 °C de temperatura, con un promedio de $57.280 \text{ mg} \cdot \text{h}^{-1}$ (Tabla 6). En general se observa que los mejores valores promedio se ubican en los intervalos de 26-32 °C de temperatura y de 20-40‰ de salinidad.

El efecto de la temperatura en el nivel de 40‰ de salinidad sobre la TCN, registró un incremento significativo en 26 °C con un valor promedio de 13.131 mg·h⁻¹·g⁻¹, luego disminuyó notablemente pero sin cambios apreciables entre los niveles de temperatura de 29 y 32 °C, finalmente a 50‰ la TCN se mantuvo sin cambios significativos a todas las temperaturas experimentadas.

Tabla 7. Valores promedio y desviaciones estándar de la tasa de clarificación normalizada (TCN) de *Anadara grandis* en mg·h⁻¹·g⁻¹, registrados en diferentes condiciones de salinidad (S‰) y temperatura (T °C). Letras iguales o comunes indican que no hay diferencias significativas entre los tratamientos (p>0.05).

		T °C				$\bar{X} \pm S$
		23	26	29	32	
S‰	20	1.664 ^{ab} ±0.482	2.499 ^a ±0.670	10.921 ^{cd} ±6.449	9.419 ^{bcd} ±4.585	6.126^b ±5.636
	30	1.765 ^a ±0.547	13.689 ^d ±8.623	13.884 ^d ±4.042	14.139 ^d ±6.695	10.869^c ±7.727
	40	0.718 ^a ±0.181	13.131 ^d ±3.410	5.352 ^{abc} ±3.009	5.953 ^{abc} ±3.919	6.288^b ±5.388
	50	1.711 ^a ±0.852	3.396 ^{ab} ±1.186	3.598 ^{abc} ±0.407	4.000 ^{abc} ±1.726	3.176^a ±1.446
$\bar{X} \pm S$		1.464^a ±0.700	8.179^b ±6.963	8.439^b ±5.826	8.378^b ±5.885	

En relación al factor salinidad, se observa que los valores promedio de la TCN se mantuvieron bajos e independientes del aumento de la salinidad cuando la temperatura fue de 23 °C (Tabla 7), mientras que cuando la temperatura se incrementó a 26 °C, la TCN se aumentó de manera importante de 2.499 mg·h⁻¹·g⁻¹ en 20 ‰ hasta un valor máximo de 13.689 mg·h⁻¹·g⁻¹ en 30‰, para luego disminuir ligeramente en la salinidad de 40‰ que no representa significancia, y cuando ésta se incrementó a 50‰, la TCN registró un descenso significativo hasta 3.396 mg·h⁻¹·g⁻¹.

El efecto del aumento de la salinidad sobre la TCN de *Anadara grandis*, en la temperatura de 29 °C fue relativamente diferente con respecto al nivel anterior, debido a que los mejores valores promedio registrados fueron en las salinidades de 20 y 30‰ con 10.921 y 13.884 mg·h⁻¹·g⁻¹ respectivamente, sin embargo, debido al alto grado de variabilidad de a TCN a 20‰ esta no es estadísticamente superior a las obtenidas en 40 y 50‰ (5.352 y 3.598 mg·h⁻¹·g⁻¹). En la temperatura de 32 °C sucede algo semejante a lo anterior, el valor máximo nuevamente se obtiene con la salinidad 30‰ (14.139 mg·h⁻¹·g⁻¹), después de este nivel de salinidad la TCN decae significativamente hasta valores de promedio de 5.953 y 4.000 mg·h⁻¹·g⁻¹ cuando los organismos estuvieron expuestos a la salinidad de 40 y 50‰.

Con la intención de confirmar lo antes expuesto, en la tabla 7, se aprecia en los promedios marginales, que independientemente de la temperatura la TCN de *Anadara grandis*, registra un máximo de 10.869 mg·h⁻¹·g⁻¹ en la salinidad de 30‰, y con base al valor promedio más bajo (3.176 mg·h⁻¹·g⁻¹) en 50‰ podría afirmarse que esta especie tiene un mejor desempeño en salinidades entre 30 y 40‰, pues aunque los valores promedio de 6.126 y 6.288 mg·h⁻¹·g⁻¹ son estadísticamente menores que el máximo, superan de manera notable a la TCN más baja.

Considerando únicamente el factor temperatura, el valor promedio de la TCN más bajo registrado corresponde a la temperatura de 23 °C (1.464 mg·h⁻¹·g⁻¹) y el más alto en la temperatura de 29 °C (8.439 mg·h⁻¹·g⁻¹), en este caso la tasa de clarificación normalizada aumenta únicamente de manera significativa a partir de los 26 °C.

La ecuación siguiente describe la relación de la tasa de clarificación normalizada en función de la temperatura y la salinidad, este polinomio explica únicamente el 39.8% de la variabilidad total (Tabla 8), y a diferencia de la TFN, es el efecto lineal de la salinidad y la temperatura con el 18.7% y 12.1% respectivamente, los que de manera parcial explican la mayor parte de la variabilidad total del modelo (30.8%), nuevamente sigue siendo el factor salinidad el más relevante.

$$TCN = -210.22184 + 12.75628T - 0.19742T^2 + 2.22199S - 0.02017S^2 - 0.03418T*S$$

Tabla 8. Valores de los coeficientes del modelo de superficie de respuesta de segundo grado de la tasa de clarificación (TCN en $\text{mg}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$) de *Anadara grandis*, niveles de significancia (p) y del coeficiente determinación parcial y total ($R^2=0.39812$; $p<0.05$), correspondiente a los efectos lineal y cuadrático de la temperatura (T, T^2) y la salinidad (S, S^2) e interactivo (T*S).

Factor	Coefficiente	p	R ²
Intercepto	-210.22184	0.00000003	
T	12.75628	0.00000128	0.12095
T ²	-0.19742	0.00002543	0.04101
S	2.22199	0.00000032	0.18754
S ²	-0.02017	0.00000211	0.04580
TxS	-0.03418	0.00191781	0.00282
	Total		0.39812

La superficie de respuesta y las isóneas que describen gráficamente el efecto de la temperatura y salinidad sobre la TCN se presenta en la figura 5a y b. Nuevamente se observa una superficie cóncava debido a los coeficientes negativos de los efectos cuadráticos de la salinidad y la temperatura (Figura 5a) ($p<0.01$), mientras que el coeficiente negativo de la interacción orienta los elipsoides de manera diagonal e inversa a la variación de la salinidad con respecto a la temperatura (Figura 5b).

De acuerdo a esta figura, se puede inferir al igual que con la TFN, las mejores respuestas de *Anadara grandis* a las diferentes combinaciones de salinidad y temperatura experimentadas se ubican en los intervalos de 20-40‰ y 26-32 °C, debido a que en estos intervalos se ubican las isóneas de mayor valor promedio con 7.748 a 11.333 $\text{mg}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$.

IV.4. Tasa de biodepositación (TB).

En cuanto a la TB, mantuvo una tendencia a aumentar conforme a la temperatura en los niveles de 20 y 30‰ de salinidad, mientras que en 40‰ la TB se incrementa de manera significativa de 3.195 $\text{mg}\cdot\text{h}^{-1}$ en 23 °C a 12.761 en 26 °C, y a partir de este nivel de temperatura se mantiene independiente, por otra parte en el nivel de 50‰, la TB presenta

fluctuaciones apreciables, de acuerdo a los resultados de las comparaciones múltiples es independiente de la temperatura (Tabla 9).

Tabla 9. Valores promedio y desviaciones estándar de la tasa de biodepositación TB en de *Anadara grandis*, registrados en diferentes condiciones de salinidad (S‰) y temperatura (T °C). Letras iguales o comunes indican que no hay diferencias significativas entre los tratamientos ($p>0.05$).

		T °C				$\bar{X} \pm S$
		23	26	29	32	
S‰	20	5.821 ^{abc} ±3.922	9.927 ^{bcd} ±2.069	13.339 ^{de} ±5.484	17.182 ^{ef} ±6.873	11.567 ^a ±6.358
	30	4.312 ^{ab} ±1.800	11.680 ^{cde} ±2.596	20.218 ^f ±4.682	29.683 ^g ±4.596	16.473 ^b ±10.217
	40	3.195 ^a ±1.470	12.761 ^{de} ±3.658	16.964 ^{ef} ±6.238	11.259 ^{cde} ±5.803	11.045 ^a ±6.717
	50	7.506 ^{abcd} ±1.641	12.735 ^{de} ±4.123	8.138 ^{abcd} ±2.076	9.898 ^{bcd} ±4.738	9.569 ^a ±3.921
$\bar{X} \pm S$		5.208 ^a ±2.848	11.776 ^b ±3.304	14.664 ^c ±6.514	17.005 ^d ±9.559	

Con respecto a la salinidad la TB de *Anadara grandis*, registra los valores más bajos en 23 °C, y se muestra independiente de los niveles de salinidad experimentados en este estudio, por otra parte, cuando la temperatura se incrementó a 26 °C, nuevamente la TB resultó independiente del aumento de la salinidad pues no hubo diferencias significativas entre ninguno de los valores promedio, enseguida, cuando se experimento con la temperatura de 29 °C, el efecto del aumento de la TB en relación con la salinidad se manifiesta de inmediato, al aumentar de manera significativa de 13.339 mg·h⁻¹ en 20‰ a 20.218 mg·h⁻¹ en 30‰ y aunque TB disminuye en la salinidad de 40‰, ésta no fue significativa. Finalmente en la temperatura de 32 °C, la TB presenta un valor promedio máximo de 29.683 mg·h⁻¹ en 30‰, el resto de los valores presentan numerosos traslapes lo cual indica nula diferencia estadística entre ellos.

Atendiendo ahora los valores promedio marginales (Tabla 9), es evidente que hay un efecto positivo del aumento de la TB conforme a la temperatura, con valores promedio que

van desde 5.208 mg·h⁻¹ en 23 °C hasta 17.005 mg·h⁻¹ en 32 °C, por otro lado, de acuerdo a la salinidad, se observa que la TB de *Anadara grandis* presenta un máximo de 16.473 mg·h⁻¹ en la salinidad de 30‰, en el resto no se observan diferencias significativas entre ellos.

En la tabla 10 se encuentran resumidos los valores promedio de la tasa de biodepositación normalizada (TBN), nuevamente solo en las salinidades de 20‰ y 30‰, la TBN tiende a aumentar conforme a la temperatura, aunque no siempre de manera significativa, mientras que en 40‰ y 50‰, se mantiene la misma tendencia que la observada con la TB.

Analizando ahora el efecto de la salinidad en cada nivel de temperatura, este es similar a lo observado en la TB, con excepción de los resultados en el nivel de temperatura de 26 °C, donde el valor promedio máximo se obtuvo en la salinidad de 30‰ (3.850 mg·h⁻¹·g⁻¹), aunque no es significativamente diferente a los demás valores encontrados

Enfocando el análisis ahora hacia los promedios marginales, se confirma nuevamente un efecto de aumento significativo de la TBN de acuerdo a la temperatura; con respecto a la salinidad las tasas más altas se encuentran en la salinidad de 20‰ y 30‰ (3.287 y 4.935 mg·h⁻¹·g⁻¹ respectivamente), que son significativamente mayores a los registrados en 40‰ (2.724 mg·h⁻¹·g⁻¹) y 50‰ (2.471 mg·h⁻¹·g⁻¹).

Con base en lo descrito anteriormente se puede inferir que las mejores respuestas de la TBN de *Anadara grandis* se encuentran ubicadas en los tratamientos definidos por los intervalos de 26-32 °C de temperatura y 20-30‰ de salinidad.

El polinomio siguiente describe el efecto de la temperatura y la salinidad sobre la TBN de *Anadara grandis*, el cual explica el 53.3% de la variabilidad total.

$$TBN = -32.34248 + 1.30484T - 0.00493T^2 + 0.77074S - 0.00475S^2 - 0.01762T*S$$

Nuevamente los coeficientes negativos del efecto cuadrático de la temperatura y de la salinidad (Tabla 11) indican una superficie de respuesta cóncava (Figura 6a), y en el caso de la interacción se trata de un aumento de la TBN con respecto a la temperatura y de su disminución con respecto al incremento de la salinidad (Figura 6b).

Tabla 10. Valores promedio y desviaciones estándar de la tasa de biodepositación normalizada (TBN) de *Anadara grandis* en $\text{mg}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ de peso seco, registrados en diferentes condiciones de salinidad (S‰) y temperatura (T °C). Letras iguales o comunes indican que no hay diferencias significativas entre los tratamientos ($p>0.05$).

		T °C				
		23	26	29	32	$\bar{X}\pm S$
S‰	20	1.473 ^{abc} ±0.955	2.607 ^{abcde} ±0.421	3.436 ^{de} ±1.250	5.632 ^g ±1.998	3.287^b ±1.978
	30	1.132 ^{ab} ±0.441	3.850 ^{ef} ±0.585	5.242 ^{fg} ±1.292	9.516 ^h ±1.961	4.935^b ±3.288
	40	0.764 ^a ±0.349	2.881 ^{bcde} ±0.776	4.065 ^{ef} ±1.515	3.185 ^{cde} ±1.555	2.724^a ±1.651
	50	1.945 ^{abcd} ±0.542	3.187 ^{cde} ±0.777	1.862 ^{abcd} ±0.522	2.888 ^{bcde} ±1.143	2.471^a ±0.964
$\bar{X}\pm S$		1.328^a ±0.736	3.131^b ±0.786	3.651^c ±1.690	5.305^d ±3.145	

Tabla 11. Valores de los coeficientes del modelo de superficie de respuesta de segundo grado de la tasa de clarificación (TBN en $\text{mg}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$) de *Anadara grandis*, niveles de significancia (p) y del coeficiente determinación parcial y total ($R^2=0.53340$; $p<0.05$), correspondiente a los efectos lineal y cuadrático de la temperatura (T, T^2) y la salinidad (S, S^2) e interactivo ($T*S$).

Factor	Coefficiente	p	R^2
Intercepto	-32.34248		
T	1.30484	0.10609026	0.00267
T^2	-0.00493	0.73312956	0.00176
S	0.77074	0.00000003	0.41649
S^2	-0.00475	0.00035109	0.00367
TxS	-0.01762	0.00000112	0.10881
Total			0.53340

Es necesario hacer notar que el 52.5% es explicado por el efecto lineal de la salinidad y la interacción, además de que el efecto lineal y cuadrático de la temperatura no son significativos ($p > 0.05$).

IV.5 Eficiencia de asimilación (EF).

La eficiencia de asimilación es un índice fisiológico que es utilizado como factor para determinar la cantidad de energía que es asimilada por el organismo, es adimensional, y se expresa ya sea en porcentajes o como un valor definido entre cero y la unidad.

A lo largo de todos los experimentos, esta tasa fisiológica globalmente registró el valor más bajo de 0.125 a una salinidad de 20‰ y 23°C (0.125), mientras que el promedio máximo fue de 0.356 en la salinidad de 20‰ y 26 °C (Tabla 12).

También se observa que la eficiencia de asimilación (EA) de *Anadara grandis* presentó frecuentes fluctuaciones en los intervalos de temperatura y de salinidad considerados en este estudio, así como abundantes traslapes, los cuales impiden observar tendencias definidas debidas al efecto combinado de ambos factores.

Atendiendo ahora los promedios marginales de la EA, los cuales representan de manera independiente los valores promedio tratados por salinidad y con las cuatro temperaturas, se observa que la eficiencia de asimilación disminuye significativamente conforme aumenta la salinidad de 0.278 en 20‰ hasta 0.205 en 40‰, y aunque vuelve aumentar en 50‰, no presenta diferencias significativas entre estas dos condiciones experimentales de salinidad.

Con respecto al factor temperatura se observa que la eficiencia de asimilación se incrementó significativamente de 0.188 en 23 °C hasta 0.253 en 26 °C, enseguida la EA descende ligeramente a 0.236 en 29 °C, pero cuando la temperatura se incrementó a 32 °C la EA registra un valor máximo de 0.288, el cual es estadísticamente superior al registrado en 29 °C, pero no diferente del obtenido en 26 °C, no obstante se puede inferir que los tres niveles mayores de temperatura (26, 29 y 32 °C) tienen un efecto positivo sobre la EA, mientras que con respecto a la salinidad los mejores resultados se presentaron en 20 y 30‰, por lo tanto

Anadara grandis tiene una mejor eficiencia de asimilación en los tratamientos conformados por los intervalos de temperatura y salinidad antes mencionados.

Tabla 12. Valores promedio y desviaciones estándar de la eficiencia de asimilación (EA) de *Anadara grandis*, registrados en diferentes condiciones de salinidad (S‰) y temperatura (T °C). Letras iguales o comunes indican que no hay diferencias significativas entre los tratamientos ($p>0.05$).

		T °C				$\bar{X} \pm S$
		23	26	29	32	
S‰	20	0.125 ^a ±0.023	0.356 ^d ±0.042	0.305 ^{bcd} ±0.128	0.327 ^{cd} ±0.107	0.278^c ±0.120
	30	0.258 ^{abcd} ±0.090	0.209 ^{abc} ±0.079	0.285 ^{bcd} ±0.078	0.284 ^{bcd} ±0.080	0.259^{bc} ±0.083
	40	0.166 ^{ab} ±0.059	0.199 ^{abc} ±0.046	0.191 ^{ab} ±0.093	0.265 ^{abcd} ±0.108	0.205^a ±0.087
	50	0.205 ^{abc} ±0.070	0.246 ^{abcd} ±0.073	0.163 ^{ab} ±0.042	0.277 ^{abcd} ±0.029	0.223^{ab} ±0.067
$\bar{X} \pm S$		0.188^a ±0.074	0.253^{bc} ±0.089	0.236^b ±0.108	0.288^c ±0.088	

El siguiente polinomio representa la relación funcional de la temperatura y la salinidad con respecto a la eficiencia de asimilación.

$$EA = -1.017948 + 0.088629T - 0.001216T^2 - 0.003865S + 0.000157S^2 - 0.000332TxS$$

Aunque el valor del coeficiente de determinación R^2 resultó significativo, es necesario tomarlo en cuenta pero con reserva debido a su bajo valor. En la tabla 13 se observa que el efecto cuadrático de la salinidad es el más importante ya que explica el 16.5% de la variabilidad.

Tabla 13. Valores de los coeficientes del modelo de superficie de respuesta de segundo grado de la eficiencia de asimilación (EA) de *Anadara grandis*, niveles de significancia (p) y del coeficiente determinación parcial y total ($R^2=0.22343$; $p<0.05$), correspondiente a los efectos lineal y cuadrático de la temperatura (T, T^2) y la salinidad (S, S^2) e interactivo (T*S).

Factor	Coefficiente	p	R²
Intercepto	-1.017948		
T	0.088629	0.096653	0.04096
T ²	-0.001216	0.200732	0.01313
S	-0.003865	0.661388	0.00055
S ²	0.000157	0.067405	0.16455
TxS	-0.000332	0.160492	0.00424
		Total	0.22343

En la figura 7a,b se describe gráficamente el efecto de la temperatura y la salinidad sobre la EA, dista mucho de encontrarse un óptimo de acuerdo a lo que se observa en la superficie de respuesta (Figura 7a), sin embargo la proyección de las isolíneas (Figura 7b) confirman los resultados de la tabla 12, es decir, los mejores tratamientos se ubican en los intervalos de 26-32 °C de temperatura 20-30% de salinidad.

V. DISCUSIÓN.

Dentro de la acuicultura uno de los aspectos más importantes es el de realizar trabajos que arrojen conocimientos acerca de las especies que pueden ser cultivadas en condiciones de cautiverio y que además nos permitan establecer biotecnologías a futuro para su total domesticación. Actualmente se está buscando la manera de reducir el impacto que causan los efluentes de granjas camarónicas a los ecosistemas, lo cual nos crea ideas de que tipo de control o remedios utilizar para este importante problema, dentro de los cuales está la de usar organismos filtroalimentadores como lo son los moluscos bivalvos, a los cuales pertenece la especie *Anadara grandis*.

Actualmente para determinar algo tan complejo como lo es el balance energético de los organismos filtroalimentadores, se inicia con la variable fisiológica llamada tasa de filtración, la cual casi siempre es confundida con la tasa de clarificación. Sin embargo se define a la tasa de filtración en términos de la cantidad de agua filtrada en $L \cdot h^{-1}$, mientras que la tasa de clarificación es equivalente a la cantidad de seston que el organismo remueva del agua y se expresa generalmente $mg \cdot h^{-1}$ (Hildreth y Crisp, 1976; Bayne *et al.*, 1977; Bayne 1985). Más aún, se presta a una mayor controversia las diferentes técnicas comúnmente empleadas para evaluar el balance energético, las críticas y comentarios acerca de la imprecisión con la que es evaluada, es tema de discusión mayor (Widdows, 2001; Riisgård, 2001), lo que hace que la comparación con otros trabajos de la misma índole sea complicada, no obstante, en gran parte de los casos y para las diferentes especies de bivalvos estudiados, casi siempre las tendencias de las variables fisiológicas que agrupan la ecuación de balance energético son semejantes.

Todas las especies de moluscos bivalvos se enfrentan al reto de los diferentes factores medioambientales, aún cuando las condiciones del medio son las más apropiadas, pero cuando se encuentran adversidades con respecto a las condiciones del ambiente sus respuestas a los procesos fisiológicos como lo son la alimentación, el incremento en peso y la reproducción se ven afectados.

Existen casos en los que hay factores que impactan fuertemente los ambientes estuarinos, un ejemplo de ello son las altas concentraciones de materia total particulada debido a las descargas de las granjas de camarón, lo que hace menos favorable la proliferación de vida

dentro de los mismos por efecto de la hipertroficación que causa una baja en la concentración de oxígeno disuelto y en la dificultad para la alimentación de algunos organismos, entre otros. Otros factores importantes dentro de la fisiología de las especies marinas son la salinidad y la temperatura, ya que específicamente en el caso de *Anadara grandis* el principal factor que afecta su fisiología parece ser la salinidad. Conocer las tasas de filtración, clarificación y biodepositación de los moluscos bivalvos propios de este tipo de sistemas ha resultado de gran interés por ser una forma de determinar la capacidad de carga de los ecosistemas costeros, ya que en varios casos se ha comprobado que la acumulación elevada de estos organismos puede afectar de manera importante la dinámica de la materia particulada en los sistemas marinos costeros (Pillay, 1992; García Esquivel *et al.*, 2004).

De acuerdo a Wong *et al* (1997), la tasa de clarificación de *Anadara tuberculosa* varió entre 1.14 y 2.62 L·h⁻¹·g⁻¹ (reportada para organismos de entre 4 y 4.5 cm de diámetro). Otro estudio en laboratorio con semilla de *Anadara grandis* (largo de 9.5 mm) indicó que un gramo de peso seco de tejido (equivalente a 546 individuos) tuvo una tasa de filtración de 131 a 234 mg·h⁻¹·g⁻¹ y una tasa de clarificación de 9.82 a 14.19 L·h⁻¹·g⁻¹ (Miranda Baeza *et al.*, 2006), en ambos casos con diferencias significativas debido a la temperatura del agua y a la concentración de material particulado.

De acuerdo a Chávez Rodríguez (2005), *Anadara grandis* mantuvo una tendencia a incrementar significativamente su tasa de filtración con el aumento de la MTP suministrada, con excepción de la TF registrada en 74.4 mg·L⁻¹ de MTP. Existe información sobre estudios *in situ* de *Crassostrea edulis*, *C. gigas* y *Mytilus edulis*, con concentraciones de material particulado de 0 a 100 mg·l⁻¹ y se observó que la tasa de filtración aumentó en forma casi lineal y que además, con una concentración de 90 mg·l⁻¹ de material particulado, la TF fue cercana a 320 mg·h⁻¹·g PS⁻¹ en las tres especies (Hawkins *et al.*, 1998).

En otro estudio García Esquivel *et al* (2004), estimaron una TF de 4.77 a 7.11 mg·h⁻¹·g⁻¹ para *C. gigas* con concentraciones de material particulado de 2.5 a 14.3 mg·l⁻¹. En este trabajo la tasa de filtración y la tasa de filtración normalizada, presentaron la misma tendencia. La mejor tasa de filtración normalizada, se presentó en la salinidad de 30 ‰ y 32 °C de temperatura, con un valor de 0.182 L·h⁻¹·g⁻¹ (equivalente a una TCN= 14.139 mg·h⁻¹·g⁻¹) de acuerdo a los resultados de la TCN, se puede afirmar que *Anadara grandis* se desempeña muy

bien en una salinidad de 20‰ a temperaturas altas (29 y 32 °C), a 30‰ en un rango de temperatura más amplio (26-32 °C) y a 40‰ a una temperatura relativamente baja (26 °C). Definitivamente esta especie no presenta una buena capacidad de filtración en 23 °C.

Anadara grandis registra un efecto de mayor sensibilidad a la salinidad que a la temperatura, aunque todos los coeficientes resultaron significativos ($p < 0.05$), es el efecto lineal y cuadrático de la salinidad los que mayormente explican la variabilidad con valores del coeficiente de determinación del 24.6% y 11.4%, ambos efectos explican el 36% en comparación con el 42.2% del total explicado por el modelo.

Los coeficientes negativos del polinomio de segundo grado correspondiente a la TFN, indican que en el caso de los efectos cuadráticos hay una tendencia hacia niveles de salinidad o temperatura óptimas, mientras que en el caso de la interacción T*S confirma que efectivamente en general la TFN aumenta conforme a la temperatura y disminuye conforme a la salinidad.

Chávez Rodríguez (2005) menciona que la tasa de clarificación de *Anadara grandis*, tuvo una tendencia a aumentar de acuerdo al incremento de la MTP, aunque no en la misma proporción entre los tratamientos de 46.8 y 74.4 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ de MTP. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Nieves (1988), cuando alimentó a *Atrina tuberculosa* con diferentes concentraciones de *Isochrysis galbana* a una temperatura de 28 °C.

La tasa de clarificación tendió a ser mayor aunque no siempre significativamente en todas las salinidades a las temperaturas de 26 a 32 °C en comparación con la temperatura de 23 °C., similar a lo encontrado para la tasa de filtración. Al comparar todos los tratamientos se encontró que los valores de la TC y TF fueron menores a la salinidad de 50 ‰. La mayor tasa de clarificación normalizada fue de 14.139 $\text{mg}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ para la salinidad de 30 ‰ a 32 °C. Finalmente, con base en los resultados parciales obtenidos en esta etapa de investigación, y considerando que la TCN es determinante en el cálculo de la energía consumida por un organismo filtrador, se puede inferir en general que *Anadara grandis*, tiene un buen desempeño en los intervalos de temperatura de 26-32 °C y de salinidad de 20-40‰, los cuales pudieran estrecharse aún más en relación a la salinidad y que pudiera ser de 30 a 40‰.

Miranda Baeza (2005), describe que *Anadara tuberculosa* presenta un grado de relación entre las variables físicas con respecto a las fisiológicas encontrando que la filtración

mostró coeficientes de correlación de entre $r = 0.28$ (con la temperatura) y $r = -0.59$ (con la salinidad) y en el caso de la clarificación, los coeficientes fueron menores (entre $r = -0.21$ con la salinidad y $r = 0.06$ con la temperatura) aunque no fueron significativos, se semejan a los resultados encontrados para *Anadara grandis* en esta investigación.

Hawkins *et al.*, (1998) encontraron que la biodepositación está directamente relacionada con la TF y representa aproximadamente el 93% del material filtrado del mismo modo García Esquivel *et al.*, (2004), reportaron para *C. gigas* que la TB varió de 4.31 a 6.91 $\text{mg}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ y representó entre 90.4 y 97.1 % del material retenido. Por otra parte, la producción de heces en este trabajo fluctuaron entre 0.764 a 9.516 $\text{mg}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$, valores que no distan demasiado de los reportados por García Esquivel *et al.*, (2004), cabe mencionar que debido al proceso de sedimentación ocurrido dentro de las cámaras experimentales cerradas, no fue posible separar las heces de las pseudoheces.

Algunos tratamientos mostraron desde el inicio del experimento una concentración considerable de biodepósitos, lo cuál nos sugiere que estos organismos no habían expulsado del todo su contenido fecal antes de los experimentos, ya que estos se mantenían en inanición durante 24 horas, lo que nos hace pensar que estos moluscos en condiciones de estrés y de poca o nula cantidad de alimento, retienen todo el contenido estomacal, ya sea alimento y heces por igual para mantener sus funciones metabólicas necesarias hasta que existan condiciones más favorables en el medio que los rodea.

Varios trabajos coinciden en que existen diferencias y semejanzas relacionadas con la eficiencia de asimilación y de absorción de la MTP entre especies que habitan en la superficie e inmersas en el sustrato de la zona intermareal (Hawkins *et al.*, 1996; Wong y Cheung, 1999; Velasco y Navarro, 2003), estos autores señalan que la tasa de absorción aumenta conforme al incremento en la concentración de MTP y la variación de la fracción de la sustancia orgánica, resultado inverso en el caso de la eficiencia de asimilación fue el obtenido por Chávez-Rodríguez (2005), en el cual la EF decrece con el incremento de la concentración de alimento para *Anadara grandis*. de tal manera que para esta especie solamente con valores superiores a 24.2 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ de MTP proporcionan la suficiente energía para que tenga un balance energético positivo, aunque Velasco y Navarro (2003) advierten que concentraciones menores de 5 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$

no fueron suficientes para proporcionar un campo de crecimiento positivo para las especies *Mulinia edulis* y *Mytilus chilensis*.

Tomando en cuenta el efecto de la temperatura sobre la EA, se observa que los mejores resultados de esta variable corresponden a la salinidad de 20‰, y las temperaturas de 26, 29 y 32 °C, luego a 30‰, el efecto de la temperatura sobre la EA es independiente, y lo mismo sucede con las salinidades de 40 y 50‰. En relación al factor salinidad, la EA promedio tampoco registra ninguna tendencia, con excepción de los valores correspondientes a 29°C, donde la EA promedio disminuyó sistemáticamente pero no de manera significativa, aunque el polinomio de segundo grado al que se ajustaron los datos de la EA indica que el efecto cuadrático de la salinidad es relevante pero no significativo ($p=0.067$), dicho ajuste debería considerarse de manera reservada debido al bajo nivel del coeficiente de determinación total estimado ($R^2=0.22343$, $p<0.05$), esto se debe a la gran variabilidad que presenta la evaluación de la EA del método de Conover (1966), además se le adiciona el problema de separar las heces de las pseudoheces, lo cual trae como consecuencia una subestimación de esta variable debido a que hay una posible sobreestimación de la fracción orgánica.

VI. CONCLUSIONES.

En general la tasa de filtración de *Anadara grandis* es independiente en el intervalo de 26 – 32°C de temperatura en los diferentes niveles de salinidad.

Las tasas de filtración en la temperatura de 23°C fueron las más bajas en todos los niveles de salinidad, la cual se considera no favorable para esta especie.

La tasa de clarificación es independiente a partir de los 26 °C hasta los 32 °C en todos los niveles de salinidad.

Los valores promedio más altos de la tasa de clarificación normalizada en los diferentes niveles de temperatura se obtuvieron en la salinidad de 30 ‰, lo cual indica que esta especie tiene en estos tratamientos un mejor desempeño fisiológico.

Anadara grandis mantiene la actividad de clarificación de manera adecuada en los intervalos de 26-32 °C de temperatura y 20-40 ‰ de salinidad, de acuerdo a los valores promedio de la tasa de clarificación normalizada.

La tasa de biodepositación generalmente aumentó conforme se incrementó la temperatura, mientras que con respecto a la salinidad los mejores valores se registraron en la salinidad de 30 ‰ en el intervalo de 29-32 °C.

La eficiencia de asimilación aumentó conforme al incremento de la temperatura, de acuerdo a los promedios marginales, mientras que con respecto a la salinidad, esta variable tendió a disminuir en ambos casos de manera significativa.

En general puede inferirse a partir de las variables fisiológicas evaluadas, que *Anadara grandis* responde adecuadamente en los intervalos de 26-29 °C de temperatura y 20-40 ‰ de salinidad, y sobre todo que puede ser una especie recomendable para fines de remoción de materia particulada en efluentes, al menos en los intervalos de salinidad y temperatura experimentados en este estudio

VII. REFERENCIAS.

- Anónimo. 1997. Norma Oficial Mexicana NOM-001-ECOL-1996. Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. Diario Oficial de la Federación. Tomo DXX. 68-83 p.
- Baquiero, E. 1980. Population structure of the mangrove cockle *Anadara tuberculosa* (Sowerby, 1833) from eight mangroves swamps in Magdalena and Almejas Bays, Baja California Sur, Mexico. Proc. Nat. Shellfish. Assoc. 70:201-206 p.
- Bardach, J.H. 1997. Aquaculture, Pollution and Biodiversity pp. 87-100. En: J. Bardach (ed.). Sustainable aquaculture. John Wiley and Sons.
- Bayne, B.L. 1985. Ecological consequences of stress. En: Bayne, B.L. (ed.). The effects of stress and pollution on marine animals. Praeger Scientific Studies, New York. 141-135 pp.
- Bayne, B.L., J. Hawkins, E. Navarro y P. Iglesias. 1989. Effects of seston concentration on feeding, digestion and growth in the mussel *Mytilus edulis*?. Marine Ecology Progress Series. Ecol. Prog. Ser. 55: 47-54.
- Bayne, B.L., Widdows, J. y Newell, R.I.É. 1977. Physiological measurements on estuarine bivalve molluscs in the field. En: Keegan, B.K., O'Ceidigh, P. y Boaden, P.J.S. (eds.). Pergamon, New York. 57-68 pp.
- Bricelj, V.M. y S. Shumway. 1991. Physiology: Energy Acquisition and Utilization. pp. 347-376. En: S.E. Shumway (ed.). Scallops: Biology, Ecology and Aquaculture. Elsevier, Amsterdam.
- Briggs, M.R. y S.J. Funge-Smith. 1994. A nutrient budget of intensive marine shrimp ponds in Thailand. Aquaculture. and Fishery. Management. 25: 789-811 p.
- Broom, J. 1985. The biology and culture of marine bivalve molluscs of the genus *Anadara*. ICLARM. Manila, Phillipines. 37 pp.
- Broderip, W.J. y G.B. Sowerby. 1829. Observations on new or interesting Mollusca contained, for the most part, in the Museum of the Zoological Society. Zool. Jour., London, vol. 4, pp. 79-359, pl. 9

- Brusca, R.C. 1980. Common Intertidal Invertebrates of the Gulf of California. University of Arizona. USA. Press 638 pp.
- Bohle, B. 1972. Effects of adaptation to reduced salinity on filtration activity and growth of mussels (*Mytilus edulis*). J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 10: 41-49. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology.
- Borrero, J.F. 1986. The collection of early juveniles of *Anadara* spp. as a potential source of seed for culturing mangrove cockles on the Pacific coast of Colombia. Aquaculture. 59:61-69.
- Boyd, E.C. y D. Gautier. 2000. Effluent composition and water quality standards. Global Aquaculture Advocate. 5: 61-66.
- Chávez Rodríguez, C. 2005. Balance energético de *Anadara grandis* con diferentes concentraciones de materia total particulada. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias del Mar. Mazatlán, Sin. 46 pp.
- Conover, R. J. 1966. Assimilation of organic matter by zooplankton. Limnology and Oceanography. 11, 338-354.
- Cranford, P.J. y J. Grant. 1990. Particle clearance and absorption of phytoplankton and detritus by the sea scallop *Placopecten magellanicus* (Gmelin). Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 137: 105-121.
- Crisp, D.J. & D.A. Ritz. 1967. Temperature acclimation in barnacles. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 1: 236-256.
- Cruz, R.A. 1982. Variación mensual del índice de Condición del molusco *Anadara tuberculosa* (Pelecypoda: Arcidae) en Punta Morales, Puntarenas, Costa Rica. Revista de Biología Tropical. 30: 1-4.
- Cruz, R.A. y J.A. Palacios. 1983. Biometría del molusco *Anadara tuberculosa* (Pelecypoda: Arcidae) en Punta Morales, Puntarenas, Costa Rica. Revista de Biología Tropical. 30: 175-179.
- De Jesús-Huerta, M. 2005. Características de calidad del agua en los efluentes de granjas camaroneras del noroeste de México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias del Mar. Universidad Autónoma de Sinaloa, Mazatlán, México. 44 pp.

- Díaz, M.A. y G. Martínez. 1992. Efecto de diferentes dietas sobre el balance energético en juveniles de *Argopecten purpuratus* L. Revista de Biología Marina Valparaíso 27(2): 163-173.
- Fábregas, J., Patiño, M., Arredondo-Vega B.O., Tobar J.L. y A. Otero. 1995. Renewal rate and nutriente concentration as tool to modif. Productivity and biochemical composition of the marine microalga *Dunaliella tertiolecta*. Appl. Microbiol. Biotechnol. 44: 257-292.
- FAO. 2000. El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2000. FAO. Roma. 200 pp.
- FAO. 2002 FAO Fishtat PC. Fishery Information, data and statistics unit. FAO, Rome.
- Databases: [Ftp.fao.org/fi/stat/windows/fishplus/aquaq.zip](ftp://ftp.fao.org/fi/stat/windows/fishplus/aquaq.zip);
- [Ftp.fao.org/fi/stat/windows/fishplus/aquav.zip](ftp://ftp.fao.org/fi/stat/windows/fishplus/aquav.zip)
- Farías, A., Uriarte I. y P. Varas. 1997. Estudio de los requerimientos nutricionales del ostión del Norte *Argopecten purpuratus* (Lamarck, 1819) durante el acondicionamiento reproductivo. Revista de Biología Marina y Oceanografía. 32 (2): 1276-136.
- García-Esquivel, Z., M.A. González-Gómez, F. Ley-Luo y A. Mejía-Trejo. 2004. potencial ostrícola del brazo oeste de Bahía San Quintín: biomasa actual y estimación preliminar de la capacidad de carga. Ciencias Marinas. 30(1ª):71-84 p.
- Guillard, R.R.L. y J.H Ryther. 1962. Studies of marine planktonic diatoms: I. *Cyclotella nana* Hustedt and *Detonula confervacea* (Cleve) Gran. Canadian Journal of Microbiology. 8: 229-239.
- Harald, R. 1994. Aquaculture and the environment. World Aquaculture. 25(2): 4-17.
- Hawkins, A.J., B.L. Bayne, S. Bougrier, M. Héral, J.I.P. Iglesias, E. Navarro, R.F.M. Smith y M.B. Urrutia. 1998. Some general relationships in comparing the feeding physiology of suspension-feeding bivalves molluscs. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology. 219: 87-103.
- Hildreth, D.I. y Crisp, D.J. 1976. A corrected formula for calculation of filtration rate of bivalve mollusks in an experimental flowing system. J. Mar. Biol. Ass. U.K. 56: 111-120 p.
- Jakob, S.G., D. Pruder y W. Jaw-Kai. 1993. Growth trial with the American oyster *Crassostrea virginica* using shrimp pond water as feed. Journal of the World Aquaculture Society. 3: 344-351.

- Polyculture of pacific oyster, *Crassostrea gigas* (Thunberg), with chinook salmon, *Oncorhynchus tshawytscha*. Aquaculture. 92: 313-322 p.
- Jorgensen, B.C. 1990. Bivalve filter feeding: Hydrodynamics, bioenergetics, physiology and ecology. Primera edición. Olsen and Olsen. Denmark. 141 pp.
- Jones, A.B. y Preston, N.P. 1999. Sydney rock oyster, *Saccostrea commercialis* (Iredale & Roughley), filtration of Shrimp farm effluent: the effects on water quality. Aquaculture research. 30: 51-57 p.
- Keen, M.A. 1971. Sea shell of tropical West America. Second ed. Standford University Press. Palo Alto CA., 1064 pp.
- Kirby-Smith, W.W. 1970. Growth of the scallops, *Argopecten irradians concentricus* (Say) and *Argopecten gibbus* (Linne), as influenced by food and temperatures. Ph.D. Thesis, Duke University, Durham, North of Carolina, 126 pp.
- Lei, J.S., B. Payne y Y.S. Wang. 1996. Filtration dynamics of zebra mussel, *Dreissena polymorpha*. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science. 53: 29-37.
- Lefebvre, S., Barrillé, L. y Clerck, M. 2000. Pacific Oyster (*Crassostrea gigas*) feeding responses to a fish-farm effluent. Aquaculture. 187:185-198 p.
- Lenihan, S.H. y F. Micheli 2001. "Soft-Sediment Communities pp 253-285. En: M.D. Bertness, S.D. Gaines y M.E. Hay (eds.). Marine Ecological Processes. Sinauer Ass. Inc. Sunderland, M.A. USA.
- Lin, C.K., P. Ruamthavcesub y P. Wanuchsoonthorn. 1993. Integrated culture of the green mussel (*Perna viridis*) in wastewater from an intensive shrimp pond: concept and practice. World Aquaculture. 24(2): 68-73 p.
- López-Elías, J.A. y D. Voltolina. 1993. Cultivos semicontinuos de cuatro especies de microalgas con un medio no tradicional. Ciencias Marina, México. 19: 169-180.
- MacDonald, B.A. y R.J. Thompson. 1985. Influence of temperature and food availability on the ecological energetics of the giant scallop *Placopecten magellanicus*. I. Growth rates of shell and somatic tissue. Marine Ecological Progress Series. 25: 279-294.
- MacDonald, B.A. y R.J. Thompson. 1986. Influence of temperature and food availability on the ecological energetics of the giant scallop *Placopecten magellanicus*. III.

- Physiological ecology, the gametogenic cycle and scope for growth. *Marine Biology* 93: 37-48.
- Massó-Rojas, J.A., J.A. Vélez-Barajas, M.C. Fajardo-León y J. Singh-Cabanillas. 1996. Principales Recursos Malacológicos de Baja California Sur. pp. 241-247. En *Pesquerías Relevantes de México*. Instituto Nacional de Pesca. México, D.F.
- Martínez, G., L.A. Cáceres, E. Uribe y M.A. Díaz. 1995. Effects of different feedings regimens on larval growth and the energy budget of juvenile Chilean scallops, *Argopecten purpuratus* Lamarck. *Aquaculture*. 132: 313-323.
- Miranda Baeza, A., D. Voltolina y B. Cordero Esquivel. 2006. Filtration and clearance rates of *Anadara grandis* juveniles (Pelecypoda, Arcidae) with different temperatures and suspended matter concentrations. *Biol. Trop* 787-792.
- Navarro, E., J.I.P. Iglesias, M.M. Ortega y X. Larretxea. 1994. The basis for a functional responses to variable food quantity and quality in cockles *Cerastoderma edule* (Bivalvia: Cardiidae). *Physiological Zoology*. 67: 468-496.
- Navarro, J.M. y C.M. González. 1998. Physiological responses of the Chilean scallop *Argopecten purpuratus* to decreasing salinities. *Aquaculture*. 167: 315-327.
- Navarro, J.M., G.E. Leiva, G. Martínez y C. Aguilera. 2000. Interactive effects of diet and temperatura on the scope for growth of the scallop *Argopecten purpuratus* during reproductive conditioning. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 247: 67-83.
- Nieves, S. M. 1988. Efecto de la temperatura y la alimentación en algunos procesos fisiológicos de *Atrina tuberculosa* Sowerby, 1835 (Molusco, Bivalvia) bajo condiciones de laboratorio. Tesis de Maestría en Ciencias. CICESE, México. 95 pp.
- Ortiz Arellano, M.A. 2005. Sistemática y ecología de la malacofauna de la zona intermareal de las islas de la bahía de Navachiste, Sinaloa, México. Tesis de Maestría en Recursos Naturales y Medio Ambiente. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional. Instituto Politécnico Nacional. Guasave, Sinaloa, México. 174 pp.

- Páez-Osuna, F., S.R. Guerrero Galván y A.C. Ruíz. 1998a. Discharge of nutrients from shrimp farming to coast waters of the Gulf of California. *Marine Pollution Bulletin*. 38: 585-592.
- Páez-Osuna, F., S.R. Guerrero Galván y A.C. Ruíz. 1998b. The enviromental impact of shrimp aquaculture and the coastal pollution in Mexico. *Marine Pollution Bulletin*. 36: 65-72 p.
- Partida Arangure, B. O. 2005. Balance energético de la almeja pata de mula *Anadara tuberculosa* (Sowerby, 1833) a diferentes temperaturas. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias del Mar. Mazatlán, Sin. 35 pp.
- Pearl, H.W., J.L. Pinckney, J.M. Fear y B.L. Pierls. 1998. Ecosystems responses to internal and watershed organic matter loading: consecuencias for hypoxia in the eutrophying Neuse River Estuary, North Carolina, USA. *Marine Ecological. Progress Series*. 166: 17-25.
- Peraza Gómez, V. 2005. Balance energético de la almeja pata de mula *Anadara tuberculosa* (Sowerby, 1833) a diferentes salinidades. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias del Mar. Mazatlán, Sin. 39 pp.
- Pilditch, C.A. y J. Grant. 1999. Effect of variations in flow velocity and phytoplankton concentration on sea scallop (*Placopecten magellanicus*) grazing rates. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 240: 111-136.
- Pillay, T.V.R. 1992. *Aquaculture and the environment*. John Wiley & Sons, New York. 689 pp.
- Piña Valdez, P. 2004. Balance energético de los estadios larvarios de camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*, Boone) con la dieta tradicional y con otra no tradicional. Tesis de Doctorado. Postgrado Interinstitucional en Ciencias Pecuarias. Universidad Autónoma de Nayarit. Tepic, Nay. 113 pp.
- Pouvreau, S., A. Bodoy y D. Buestel. 2000a. In situ suspension feeding behaviour of the pearl oyster, *Pinctada margaritifera*: combined effects of body size and weather-related seston composition. *Aquacultura* 181: 91-113

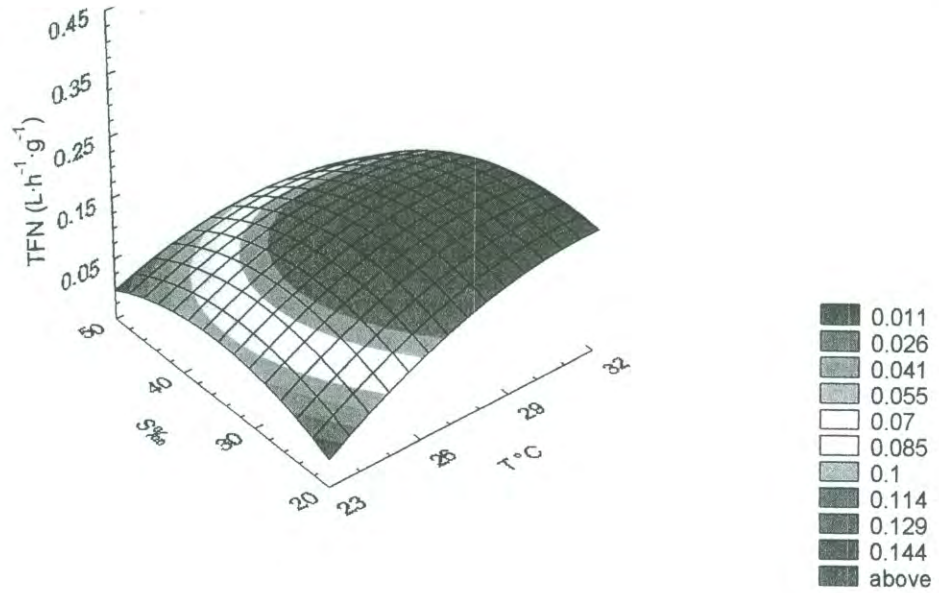
- Pouvreau, S., C. Bacher y M. Heral. 2000b. Ecophysiological model of growth and reproduction of the black pearl oyster, *Pinctada margaritifera*: potential applications for pearl farming in French Polynesia. *Aquaculture*. 186: 117-144.
- Rangel-Dávalos, C. 1990. El Cultivo de Moluscos Marinos en México. pp: 107-138. En: De la Lanza-Espino, G. y J.L. Arredondo-Figueroa. (Eds.). *La Acuicultura en México: de los Conceptos a la Producción*. UNAM, Instituto de la Biología. México D.F.
- Riisgård, H.U. 2001. Inaccurate bivalve clearance rate measurements: a reply. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 221: 307-309 p
- Rosenthal, H. 1994. Aquaculture and the environment. *World Aquaculture*. 25(2): 4-17.
- Shang, C. y A. Tisdell. 1997. "Economic Decision Making in Sustainable Aquacultural Development 127-148 p. En: J. Bardach (ed.). *Sustainable Aquaculture*. John Wiley & Sons. U.S.A.
- Shpiegel, M. y R.A. Blaylock. 1991. "The Pacific oyster, *Crassostrea gigas*, as a biological filter for a marine fish aquaculture pond. *Aquaculture*. 92: 187-197.
- Shpiegel, M., A. Gasita y E. Kimmel. 1997. A biomechanical filter for treating fish-pond effluents. *Aquaculture*. 152: 103-117.
- Shumway, S. 1977. The effects of fluctuating salinity on the tissue water content of eight species of bivalve molluscs. *Journal of Comparative Physiology*. 116: 269-285.
- Sobral, P. y J. Windows. 2000. Effects of increasing current velocity, turbidity and particle size selection on the feeding activity and scope for growth of *Ruditapes decussatus* from Ria Formosa, Southern Portugal. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 245: 111-125.
- Sokal, R.R. y F.J. Rohlf. 2000. *Biometry. The principles and practice of statistics in biological research*. 3d (ed). 887 pp.
- South, G.R. y A. Whittick. 1987. *Introduction to Phycology*. Blackwell Scientific Publications, Oxford. 343 pp.
- Squires, H.J., Estevez, M., Varona O. Y O. Mora. 1975. Magrote cockles, *Anadara* spp. (Mollusca Bivalvia) of the Pacific COSAT of Colombia. *Veliger*. 18: 57-68.
- Stewart, J. 1997. Environmental impact of aquaculture. *World Aquaculture*. 28(1): 47-52.

- Stirling, H.P. y I., Okimus. 1995. Growth and reproduction of mussels (*Mytilus edulis*) suspended at salmon cages and shellfish farms in two scottish sea lochs. *Aquaculture*. 134: 193-210 p.
- Sullivan, G.E. 1960. Functional morphology, micro.anatomy and histology of the Sydney cockle, *Anadara trapezia* (Deshayes) (Lamellibranchiata: Arcidae). *Aust. Zool.* 9:219:257 p.
- Thompson, R.J y B.A. MacDonald. 1991. Physiological Integrations and Energy Partitioning. pp. 347-376. En: S.E. Shumway (ed.). *Scallops: Biology, Ecology and Aquaculture*. Elsevier, Amsterdam.
- Teichert-Coddington, D., D. Martínez y E. Ramírez. 1996. Characterization of shrimp farm effluents in Honduras and chemical budget of selected nutrients. PD/A CRSP Thirteenth annual report. U.S.A., 14 pp.
- Velasco, L.A. y J.M. Navarro. 2003. Energetic balance of infaunal (*Mulinia edulis* King, 1831) and epifaunal (*Mytilus chilensis* Hupé, 1854) bivalves in response to wide variation in concentration and quality of seston. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 296: 79-92.
- Villegas-Hernández, F. 1997. Crecimiento y producción de *Artemia* sp. en laboratorio, bajo diferentes condiciones de iluminación. Tesis de Maestría en Ciencias. Facultad de Ciencias del Mar. Universidad Autónoma de Sinaloa. Mazatlán, México. 50 pp.
- Voltolina, D. Bucle-Ramírez, L.F. y E.L. Morales-Guerrero. 1989. Manual de metodologías y alternativas para el cultivo de microalgas (2ª Ed.) Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, B.C., México. Informe especial OC-89-01, 67 pp.
- Widdows, J. 1976. Physiological adaptations of *Mytilus edulis* to cyclic temperatures. *Journal of Comparative Physiology*. 105: 115-128.
- Widdows, J. 1985. Effects of Fluctuating and Abrupt Changes in Salinity on the Performance of *Mytilus edulis*. pp. 555-566. En: J.S. Gray & M.E. Christiansen (eds.). *Marine Biology of Polar Regions and Effects of Stress on Marine Organisms*. Wiley-Interscience New York.
- Widdows, J. 2001. Bivalve clearance rates: inaccurate measurements or inaccurate reviews and misrepresentation. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 201: 303-305.

- Winter, J.E. 1978. Fundamental Knowledge of suspension-feeding in lamellibranchiate bivalves, with special reference to artificial aquaculture systems. *Aquaculture*. 13:1-13 p.
- Wong, E., M.I. Gonzáles, F. Antillón y E. Glenn. 1997. Efecto de varios agentes, a diferentes niveles de pH, sobre la tasa de filtración de la piangua, *Anadara tuberculosa* (Prionodontida: Arcidae). *Revista de Biología Tropical*. 45: 1-8.
- Wong, W.H. y S.G. Cheung. 1999. Feeding behaviour of the green mussel, *Perna viridis* (L): Responses to variation in seston quantity and quality. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 236: 191-207.
- Yu, N. y D.A. Culver. 1999. Estimating the effective clearance rate and refiltration by zebra mussels, *Dreissena polymorpha*, in a stratified reservoir. *Freshw. Biol.* 41:481-492 p.
- Zar, J.H. 1984. *Biostatistical analysis*. 2th (ed.). Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N. J. 718 pp.
- Zar, J.H. 1999. *Biostatistical analysis* 4th (ed.) Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J. 929 pp.

ANEXO

(a)



(b)

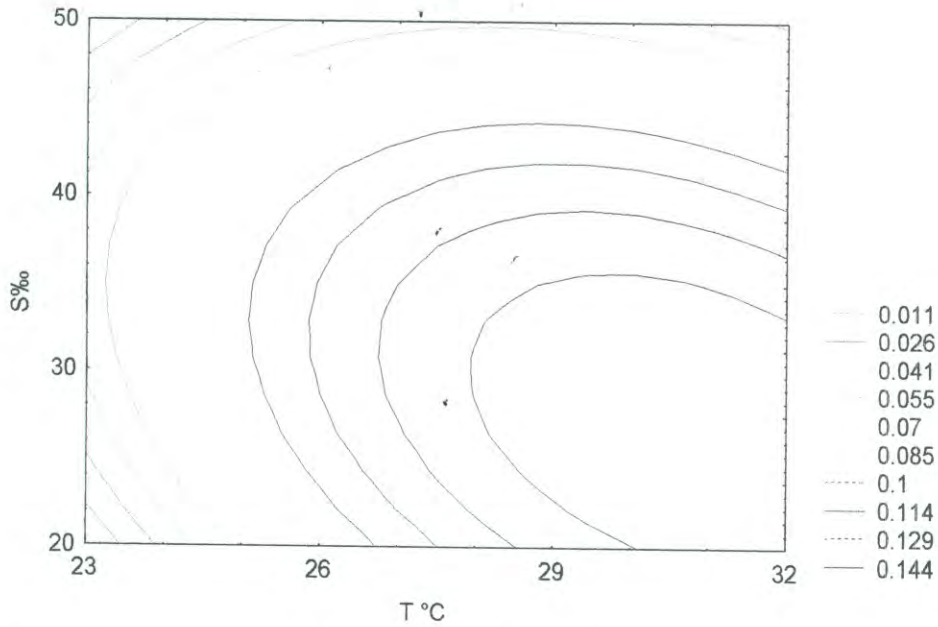


Figura 4. Superficie de respuesta (a) e isolíneas (b) de la TFN en L·h⁻¹·g⁻¹ de *Anadara grandis* en diferentes niveles de temperatura (T °C) y salinidad (S‰).

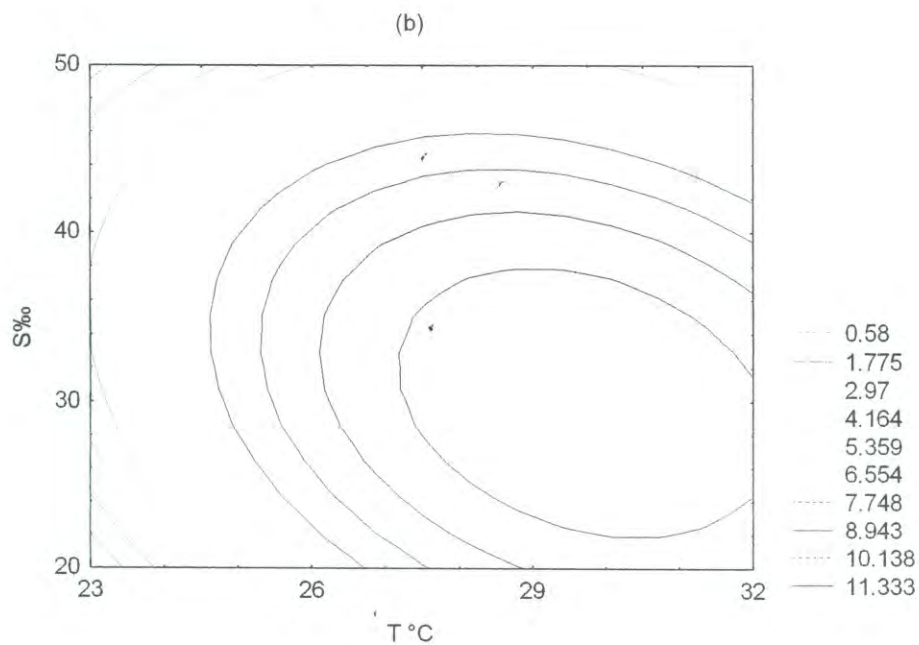
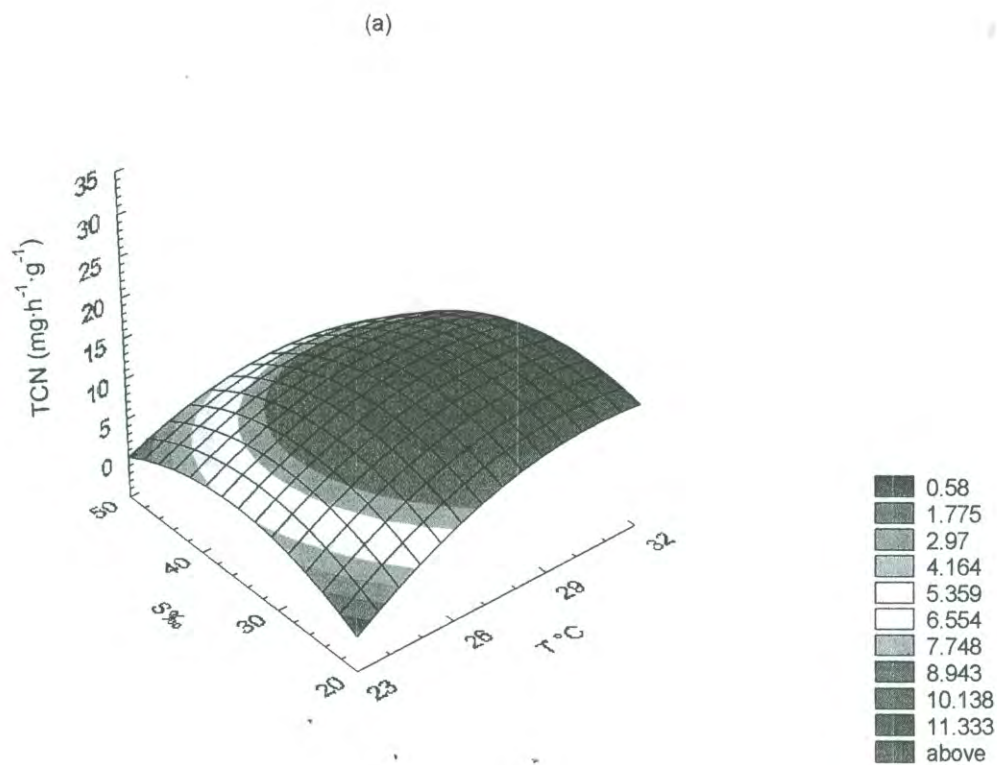


Figura 5. Superficie de respuesta (a) e isolíneas (b) de la TCN en $\text{mg}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ de *Anadara grandis* en diferentes niveles de temperatura ($T^{\circ}\text{C}$) y salinidad ($S_{\text{‰}}$).

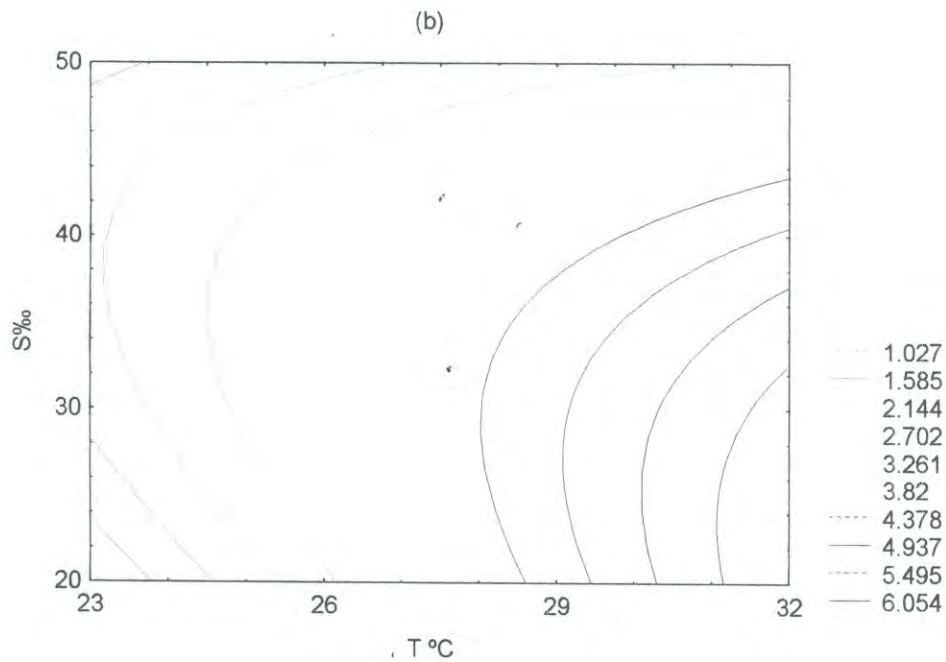
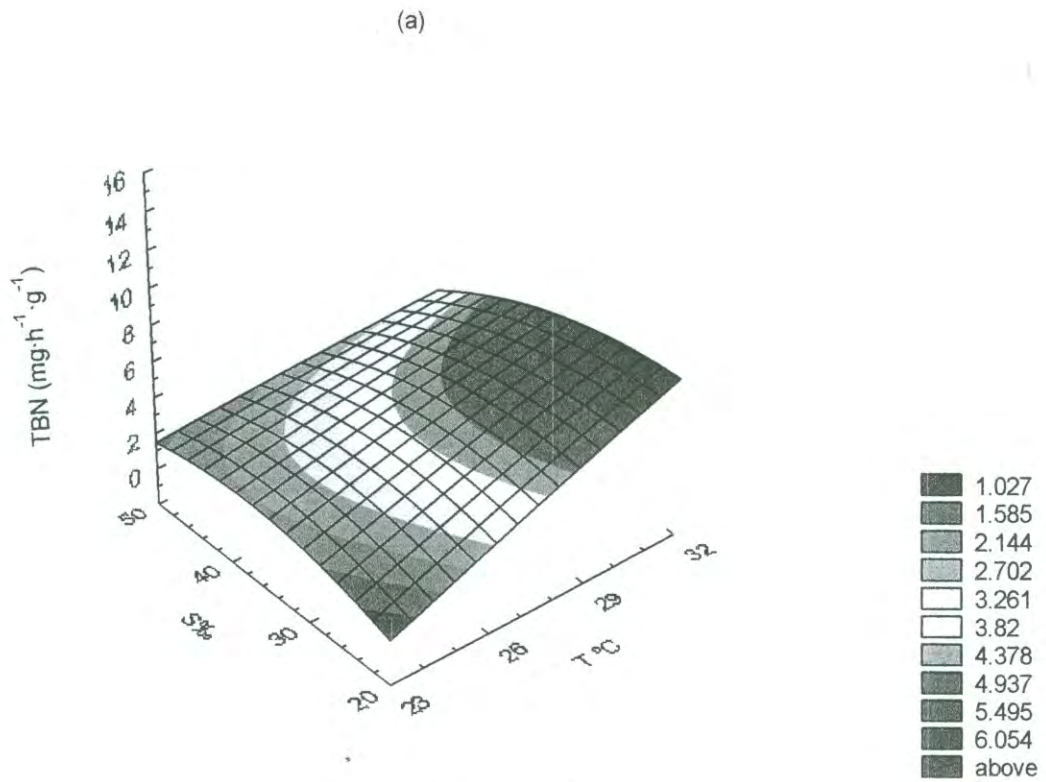
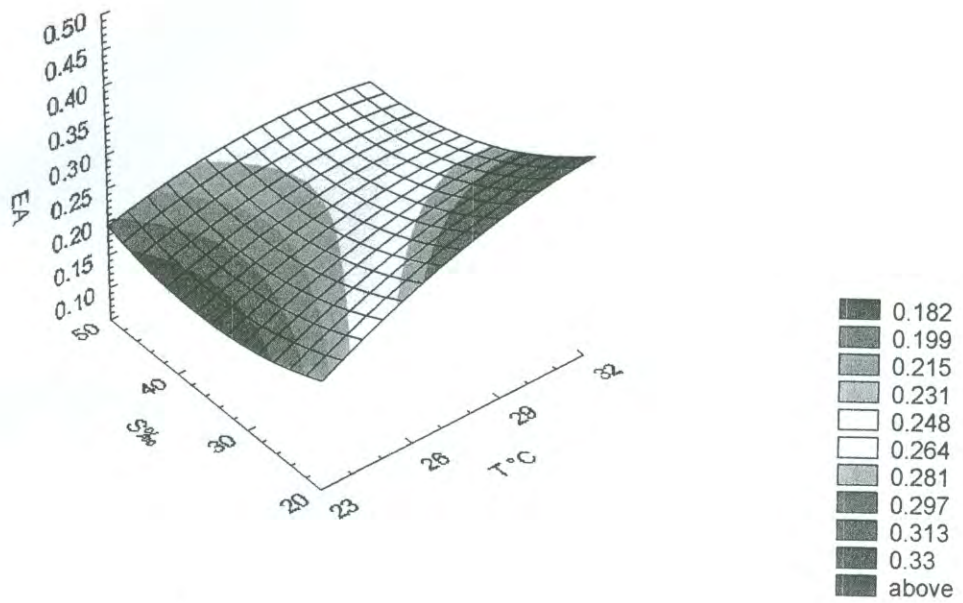


Figura 6 Superficie de respuesta (a) e isóneas (b) de la TBN en $\text{mg}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ de *Anadara grandis* en diferentes niveles de temperatura (T $^{\circ}\text{C}$) y salinidad (S ‰).

(a)



(b)

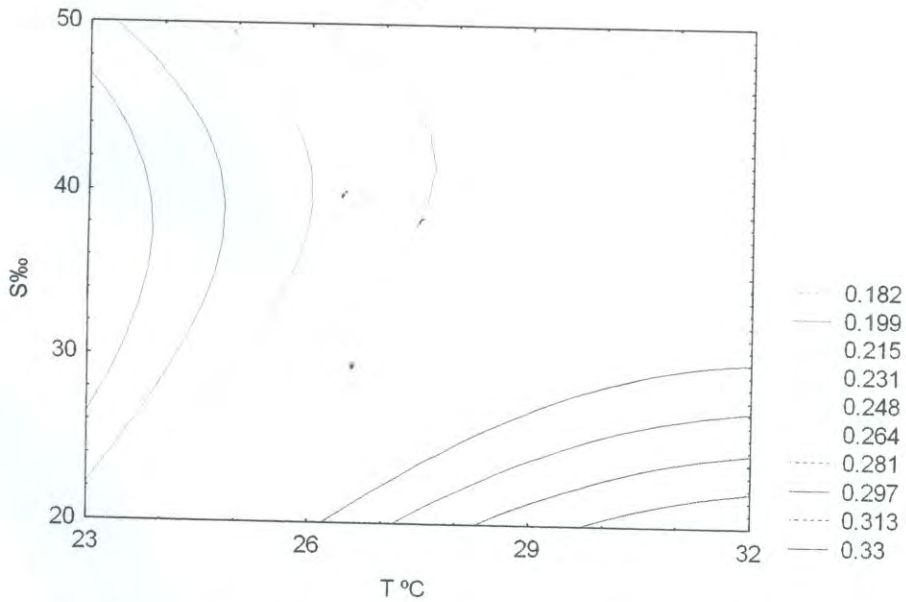


Figura 7. Superficie de respuesta (a) e isoclinas (b) de la EA de *Anadara grandis* en diferentes niveles de temperatura (T °C) y salinidad (S‰).