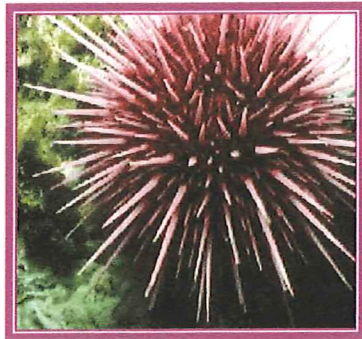


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES OCEANOLÓGICAS



“ TASA DE PASTOREO EN ESTADIOS LARVARIOS DE ERIZO ROJO
(*Strongylocentrotus franciscanus*) CON LA MICROALGA
Rhodomonas sp.”

TESIS QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
OCEANÓLOGO PRESENTA:



ANGÉLICA REYES ROSALES

ENSENADA, B. C., NOVIEMBRE DEL 2002.

"TASA DE PASTOREO EN ESTADIOS LARVARIOS DE ERIZO ROJO
(*Strongylocentrotus franciscanus*) CON LA MICROALGA *Rhodomonas* sp."

TESIS QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

OCEANÓLOGO

PRESENTA:

ANGÉLICA REYES ROSALES

APROBADA POR:

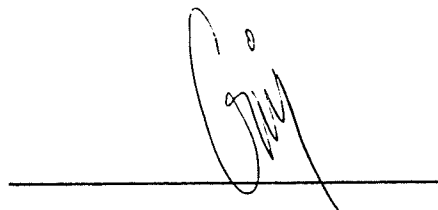


M.C. ALFREDO SALAS GARZA

Presidente del Jurado



DR. EUGENIO CARPIZO ITUARTE
Sinodal Propietario



M.C. GRISELDA PARÉS SIERRA
Sinodal Propietario

ENSENADA, B.C., NOVIEMBRE DEL 2002.

...A DIOS

Porque la fe hacia él rompe montañas.

... A MI QUERIDA MADRE

Por darme la vida,

Por quererme,

Porque sola supo darme los valores
y las herramientas para salir adelante en la vida;

Por creer siempre en mí,

Por estar siempre "ahí" cuando más la he necesitado,
a pesar de estar tan lejos,

Pero sobre todo por ser la mujer más importante
y querida en mi vida.

"TE AMO MAMI"

... A LAS MEMORIAS DE MI PADRE, MI ABUELITO Y MI CUÑADO LEO

Por ser mis ángeles celestiales y con ellos a mi lado
Créanme... Nunca estuve, ni estaré sola.

... A MI ESPOSO

Por su apoyo incondicional,

Por el proyecto de vida que tenemos juntos,

Pero sobre todo por el cariño, amor y respeto que le tengo.

...A MI HIJO

Por ser esa lucecita que ilumina mi día a día,

Por ser ese pedacito de mí,

pero sobre todo **DAVID OMAR**,

Por que al ver tu sonrisita llenas mis ganas de vivir.

...AL MAR

Porque su infinita belleza, me llevó a formar
parte de él.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco infinitamente a mi Director de Tesis **M. C. Alfredo Salas Garza**, por su apoyo incondicional, por su tiempo, por sus consejos, por sus comentarios, por las becas, por el ejemplo, pero sobre todo gracias por confiar en mi para formar parte de su equipo de trabajo y enseñarme cuan importante es saber hacer las cosas bien.

A **M. C. Griselda Parés Sierra**, por ayudarme mucho desde el laboratorio hasta el final de este trabajo, por tenerme paciencia, pero sobre todo por escucharme siempre y por los conocimientos tan valiosos que adquirí de su parte. Gris mil gracias de verdad!!

A **Dr. Eugenio Carpizo Ituarte**, por formar parte de esto, por el tiempo que le llevo revisar este trabajo. Gracias Eugenio.

A **M. C. Enrique Valenzuela Espinoza** y **Oc. Filiberto Núñez Cebrero** del Laboratorio de microalgas del I.I.O. Por proporcionarme el alimento para este trabajo. **A M. C. Cassandra Anguiano**, por sus comentarios, los cuales fueron tomados en cuenta para este trabajo. Pero muy en especial agradezco a **Tec. Agustín** por los conocimientos que me brindo durante mi estancia en el laboratorio, por su sentido del humor y por estar siempre dispuesto a enseñar lo que sabe.

A mi Familia: **mis hermanos, hermanas, suegros, sobrinos, sobrinas, cuñados y cuñadas de ambas familias, a la Familia Bante Espinosa y Fam. Santiago Rodríguez**, que a pesar de estar tan lejos siempre fueron un motivo más para que yo saliera adelante. Gracias por sus muestras de cariño siempre que vamos a México. Los quiero mucho. Quiero agradecer muy en especial a mis hermanas **Alma Delia y Martha Patricia, Leobardo Santiago y Tere Espinosa**, por supuesto a mi **madre Guadalupe Rosales** su apoyo en todos los aspectos, su hospitalidad, pero sobre todo el cariño y las consideraciones que siempre me han demostrado.

Por último quiero agradecer a mi Familia de Ensenada, que son todas las personas con las que he convivido desde mi llegada a Baja California. Gracias a mis siempre amigos y hermanos: **Vicky y Jorge, Vero y Fer, Rossy, Imelda y Joel, Oc. Alejandro Rodríguez, P. Oc. Dora Cristino, Kuan-ti, Carmen, Oc. Gaby Prior. A las generaciones: Orcas y Pinnípedos, y a mis amigos y vecinos de Pórticos del Mar. Gracias a todos por su amistad y siempre los tendré en el corazón!!!!!!**

ÍNDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. ANTECEDENTES	8
III. OBJETIVO GENERAL	11
3.1 Objetivo Particular.....	11
IV. MATERIALES Y MÉTODOS.....	12
4.1 Obtención de reproductores.....	12
4.2 Inducción al desove.....	12
4.3 Fertilización.....	13
4.4 Sistemas de cultivo de larvas.....	13
4.5 Diseño experimental.....	15
4.6 Desarrollo larvario del erizo rojo <i>S. franciscanus</i>	19
4.7 Obtención de Datos y Análisis.....	20
4.8 Análisis Estadístico.....	21
V. RESULTADOS.....	23
5.1 Desarrollo Larvario del erizo rojo <i>S. franciscanus</i>	23
5.2 Consumo de <i>Rhodomonas</i> sp. para los diferentes estadios larvales de erizo rojo <i>S. franciscanus</i>	24
5. 2. 1 Estadio larval prisma.....	24
5. 2. 2 Estadio larval Equinopluteus 4 brazos.....	26
5. 2. 3 Estadio larval Equinopluteus 6 brazos.....	28
5. 2. 4 Estadio larval Equinopluteus 8 brazos.....	30

5.3 Tasa de Pastoreo de <i>Rhodomonas</i> sp. en los diferentes estadios larvarios de erizo rojo <i>S. franciscanus</i>	32
5. 3. 1 Tasa de Pastoreo (G) para Estadio larval Prisma.....	32
5. 3. 2 Tasa de Pastoreo (G) para equinopluteus 4 brazos.....	36
5. 3. 3 Tasa de Pastoreo (G) para equinopluteus 6 brazos.....	40
5 .3. 4 Tasa de Pastoreo (G) para equinopluteus 8 brazos	44
VI. DISCUSIÓN.....	48
6.1 Desarrollo larvario del erizo rojo <i>S. franciscanus</i>	
6.2 Consumo de <i>Rhodomonas</i> sp en los diferentes estadios larvales de erizo rojo <i>S. franciscanus</i>	48
6.3 Tasa de Pastoreo de <i>Rhodomonas</i> sp. por los diferentes estadios larvarios de erizo rojo <i>S. franciscanus</i>	52
VII. CONCLUSIONES	56
VIII. LITERATURA CITADA	57
IX. ANEXO	65

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Localización geográfica del erizo rojo de mar *Strongylocentrotus franciscanus* que va desde Alaska, E. U. A hasta Isla de Cedros, México.....3
- Figura 2.** Serie histórica de la producción de erizo rojo *S. franciscanus* en peso vivo en Baja California de 1988-1998 en toneladas¹4
- Figura 3.** Sistema de cultivo para larvas de erizo rojo *S. franciscanus* en el laboratorio.....14
- Figura 4.** Diseño experimental, que ejemplifica a los recipientes cónicos con un volumen de agua de mar conocido, larvas de erizo rojo y las respectivas concentraciones de *Rhodomonas* sp., según el estadio larvario.....16
- Figura 5.** Diseño experimental de la epata I (fase larvaria: prisma) con sus respectivos tratamientos y control por triplicado. Este diseño se repitió para los estadios larvales de la larva equinopluteus 4 brazos, 6 brazos y 8 brazos.....18
- Figura 6.** Mediciones en las larvas de erizo rojo *S. franciscanus* (larva equinopluteus de ocho brazos). Longitud distal máxima de brazos post-orales (L) y abertura máxima de la larva (A).....19
- Figura 7.** Consumo de la microalga *Rhodomonas* sp en cél/ml, durante 24 horas por la larva de erizo rojo *S. franciscanus* durante el estadio larval prisma. Las líneas verticales indican el error estándar (\pm).....25
- Figura 8.** Consumo de la microalga *Rhodomonas* sp en cél/ml, durante 24 horas por la larva de erizo rojo *S. franciscanus* durante el estadio larval equinopluteus 4 brazos. Las líneas verticales indican el error estándar (\pm).....27
- Figura 9.** Consumo de la microalga *Rhodomonas* sp en cél/ml, durante 24 horas por la larva de erizo rojo *S. franciscanus* durante el estadio larval equinopluteus 6 brazos. Las líneas verticales indican el error estándar (\pm).....29
- Figura 10.** Consumo de la microalga *Rhodomonas* sp en cél/ml, durante 24 horas por la larva de erizo rojo *S. franciscanus* durante el estadio larval equinopluteus 8 brazos. Las líneas verticales indican el error estándar (\pm).....31

Figura 11. Tasa de pastoreo de la microalga *Rhodomonas* sp. en # de células consumidas por larva por hora, durante 24 horas por la larva de erizo rojo *S. franciscanus* durante el estadio larval prisma. Las líneas verticales indican el error estándar (\pm).....34

Figura 12. Tasa de pastoreo de la microalga *Rhodomonas* sp. en # de células consumidas por larva por hora, durante 24 horas por la larva de erizo rojo *S. franciscanus* durante el estadio larval equinopluteus 4 brazos. Las líneas verticales indican el error estándar (\pm).
.....38

Figura 13. Tasa de pastoreo de la microalga *Rhodomonas* sp. en # de células consumidas por larva por hora, durante 24 horas por la larva de erizo rojo *S. franciscanus* durante el estadio larval equinopluteus 6 brazos. Las líneas verticales indican el error estándar (\pm)
.....42

Figura 14. Tasa de pastoreo de la microalga *Rhodomonas* sp. en # de células consumidas por larva por hora, durante 24 horas por la larva de erizo rojo *S. franciscanus* durante el estadio larval equinopluteus 8 brazos. Las líneas verticales indican el error estándar (\pm)
.....46

LISTA DE TABLAS

TABLA I. Longitud y ancho promedio de los diferentes estadios larvales de erizo rojo <i>S. franciscanus</i> observadas antes de cada muestreo durante el experimento, comparados con los datos de Martínez-López, 1994.....	23
TABLA VI. Intensidad de asociación entre el pastoreo de <i>Rhodomonas</i> sp. (cél/ml) y el tiempo (horas) para el estadio larval prisma de erizo rojo <i>S. franciscanus</i> , de acuerdo con el coeficiente de correlación de Pearson (r); pendiente (b) y coeficiente de determinación (r^2).....	35
TABLA VII. Intensidad de asociación entre el pastoreo de <i>Rhodomonas</i> sp. (cél/ml) y el tiempo (horas) para el estadio larval equinopluteus 4 brazos de erizo rojo <i>S. franciscanus</i> , de acuerdo con el coeficiente de correlación de Pearson (r); pendiente (b) y coeficiente de determinación (r^2).....	39
TABLA VIII. Intensidad de asociación entre el pastoreo de <i>Rhodomonas</i> sp. (cél/ml) y el tiempo (horas) para el estadio larval equinopluteus 6 brazos de erizo rojo <i>S. franciscanus</i> , de acuerdo con el coeficiente de correlación de Pearson (r); pendiente (b) y coeficiente de determinación (r^2).....	43
TABLA IX. Intensidad de asociación entre el pastoreo de <i>Rhodomonas</i> sp. (cél/ml) y el tiempo (horas) para el estadio larval EQUINOPLUTEUS 8 BRAZOS de erizo rojo <i>S. franciscanus</i> , de acuerdo con el coeficiente de correlación de Pearson (r); pendiente (b) y coeficiente de determinación (r^2).....	47

**“TASA DE PASTOREO EN ESTADIOS LARVARIOS DE ERIZO ROJO
(*Strongylocentrotus franciscanus*) CON LA MICROALGA
Rhodomonas sp.”**

RESUMEN

Se realizó un experimento para determinar las tasas de pastoreo en los diferentes estadios larvarios del erizo rojo *S. franciscanus*, utilizando la microalga *Rhodomonas sp.* como alimento. El experimento se realizó para los estadios larvarios: prisma, equinopluteus 4 brazos; 6 brazos y 8 brazos, con tres concentraciones (o tratamientos) diferentes para cada uno. Para cada estadio se trabajó un testigo, con la concentración intermedia de microalgas utilizada en cada caso. Las concentraciones de microalgas utilizadas para cada estadio fueron; para la fase larvaria prisma: 2,500, 5,000 y 10,000 cél/ml; para la fase larvaria equinopluteus 4 brazos: 5,000 10,000 y 15,000 cél/ml y para las fases larvarias equinopluteus 6 y 8 brazos: 10,000, 15,000 y 20,000 cél/ml en ambos casos. En recipientes cónicos de plástico y por triplicado se colocaron 20 larvas de erizo rojo con 400 ml. de agua de mar filtrada (1μ) y pasada por luz UV, a cada uno se le agregó una concentración de microalgas diferente (de acuerdo a el estadio de desarrollo larval). Los muestreos se realizaron a las 4, 8, 16 y 24 horas, con la ayuda de una pipeta graduada y se colocaron en viales. Para determinar el número de microalgas presentes se realizaron conteos por medio de un hematocitómetro visualizadas en un microscopio. Se determinó la tasa de pastoreo para cada uno de los estadios según Schurink y Griffiths, (1992). Las tasas de pastoreo fueron estimadas en cél/larva/hora, y estas fluctuaron entre 1 y 1,725 cél/larva/hora, variando significativamente entre una y otra etapa, así como en los tratamientos utilizados. Se observó que a mayor concentración de microalgas, el pastoreo fue mayor principalmente durante las primeras 4 horas, esto fue para los diferentes estadios de desarrollo larval. Por lo tanto el consumo de microalgas estuvo en función de la densidad o concentración de microalgas presentes.

I. INTRODUCCIÓN

Los equinodermos (griego: *echinos*, espinas, y *derma*, piel) son animales marinos en los que se incluyen las estrellas de mar, las ofiuras, los lirios marinos y los erizos de mar. Todos los representantes de este filo poseen un endoesqueleto calcáreo ya sea en forma de placas o constituido por pequeños osículos dispersos. Los erizos de mar tiene un cuerpo compacto endoesquelético llamado caparazón, carecen de brazos, tienen simetría pentámera y cinco áreas ambulacrales. La mayoría de las especies actuales de erizo deben considerarse como regulares por su forma hemisférica, su simetría radial y espinas medianas o largas (Hyman, 1955).

En el proceso de fertilización del erizo, el esperma fecunda al huevo y dentro de los primeros cinco minutos de contacto aparece la membrana de fertilización. Aproximadamente 2:30 horas después de la fertilización se presenta la primera división celular, continuando su desarrollo embrionario hasta que finalmente entre 40 y 48 horas después de la fertilización se forma la blástula ciliada, gástrula ciliada y posteriormente el estadio larvario prisma. Para este estadio, la larva tiene ya un sistema digestivo completo y un sistema ciliar que ayuda a la larva a moverse para poder comer (Martínez-López 1994; Ernest, 1997).

Siguiendo con el desarrollo, la larva con cuatro días después de la fertilización posee cuatro brazos y es denominada equinopluteus de 4 brazos. A los siete días la larva desarrolla un par de brazos más, siendo ya equinopluteus de 6 brazos. Entre los 14-18 días la larva desarrolla otro par de brazos dando origen a equinopluteus de 8 brazos. Finalmente entre los 22-28 días la larva se metamorfoza con el crecimiento del saco celómico en el lado izquierdo a través de una invaginación para originar el rudimento juvenil o equinoideo, hasta iniciar la metamorfosis y dar origen a un erizo juvenil (Strathmann, 1971; Martínez-López 1994).

El erizo rojo *Strongylocentrotus franciscanus* (A. Agassiz, 1863), es un equinodermo bentónico que ha sido explotado desde los 70's y forma parte de una pesquería comercialmente importante en la costa noroccidental de Baja California (Cota-Villavicencio *et al.*, 1997). Su distribución geográfica va desde Alaska (EE.UU.) hasta Isla de Cedros (Baja California, México) (Figura 1).

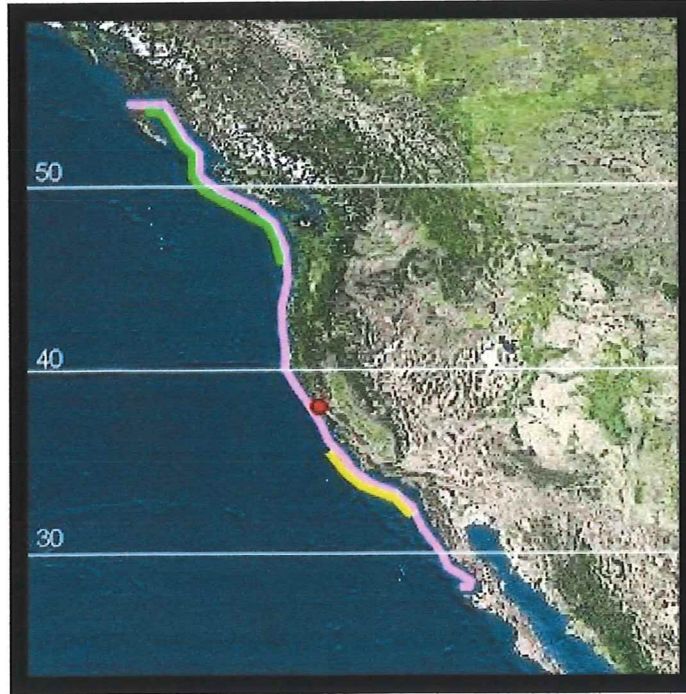


Figura 1. Localización geográfica del erizo rojo de mar *Strongylocentrotus franciscanus* que va desde Alaska , E. U. A. hasta Isla de Cedros, México.

El erizo rojo se encuentra en sustratos rocosos, a profundidades de entre los 5 y los 30 metros, con antecedentes de hallazgos de hasta 120 metros (Arredondo-Gómez, 1994).

La importancia de la pesquería del erizo rojo, es debido al delicado sabor que presentan las gónadas de estos organismos, que son comparadas con el caviar; y la demanda de éstas es muy alta en el mercado oriental, principalmente por Japón (Smith y Carlton, 1975).

La captura del erizo rojo en Baja California, durante 1988 y hasta 1998, ha presentado grandes fluctuaciones, destacando una captura máxima de 7,996 toneladas de producto en 1989 y manteniendo una captura promedio de 2,688 toneladas durante los restantes años, lo que significa un decremento significativo de la pesquería de este recurso (Figura 2).

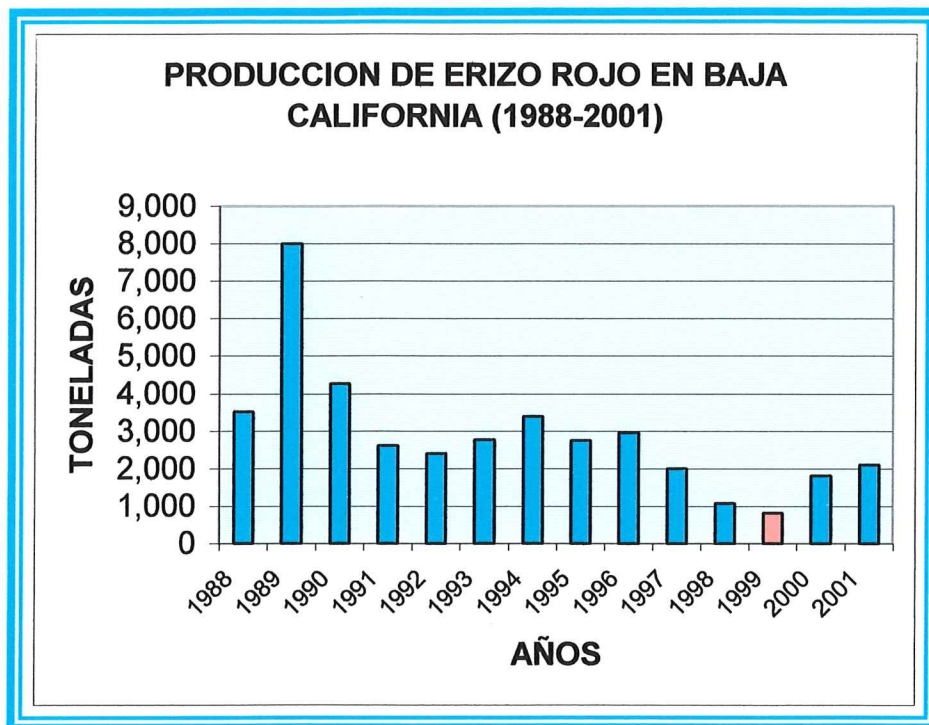


Figura 2. Serie histórica de la producción de erizo rojo *S. franciscanus* en peso vivo en Baja California de 1988-1998 en toneladas¹.

¹Tomado del Anuario de Pesca SEMARNAP, 1998 y comunicación personal con J. S. Palleiro Nayar del Centro Regional de Investigación Pesquera (CRIP). Carretera Tijuana-Ensenada Km. 97.5

Según Martínez-López (1994), el incremento descontrolado en la demanda de erizo rojo, pone en peligro de llevar el recurso a una posible extinción, por lo que a partir de 1992 la ley obliga a los permisionarios y concesionarios a realizar programas de conservación, reproducción y repoblamiento de especies explotadas, entre ellas el erizo rojo (artículos 34-V y 45-III de la ley de pesca).

Para el cultivo de cualquier organismo, como en el del erizo rojo; es necesario conocer el desarrollo embrionario y larval, así como también los aspectos físicos y biológicos que puedan afectar su desarrollo (Bardach *et. al*, 1986). Para el cultivo masivo de larvas, juveniles y/o adultos de organismos marinos de importancia comercial en laboratorios, es fundamental una producción considerable de microalgas adecuadas para su alimentación (Persoone y Claus, 1980). En caso particular, para la producción de larvas de erizo rojo *Strongylocentrotus franciscanus*, el cultivo de microalgas es un factor importante que influye tanto en los aspectos biológicos de su desarrollo y crecimiento, como en los aspectos económicos (Lafarga-De la Cruz, 1997).

La principal especie de microalga utilizada como alimento vivo para las fases larvarias de erizo y que satisface los requerimientos nutricionales relacionados con el desarrollo de las larvas equinopluteus hasta su metamorfosis

(Zúñiga-Cortés,1994) es *Rhodomonas* sp. (Hinegardner, 1969; Zúñiga-Cortés, 1994; Fonseca-Madrigal, 2001). Pertenece a la clase Cryptophyceae, es una especie flagelada, comúnmente se encuentra en el medio marino (Martínez-López, 1994; Lafarga-De la Cruz, 2000), su producción y suministro como alimento es fundamental para el cultivo de las larvas de este organismo.

Japón, Chile, E.U.A., México y Canadá son los principales países interesados en desarrollar una biotecnología eficiente, para la producción masiva de diferentes especies de erizo, de los cuales solo los dos primeros países lo han logrado de alguna forma con *S. intermedius* (Agassiz) y *Anthocidaris crassispina* (Agassiz) para Japón (Saito, *et al.*, 1985), y *Loexochinus albus* (Molina) para Chile (Bustos *et al.*, 1991 y González *et al.*, 1987). México (en Baja California) y Estados Unidos siguen haciendo esfuerzos por lograr una biotecnología efectiva que permita la producción masiva de erizo rojo (*S. franciscanus*) y morado (*S. purpuratus*), que son las dos principales especies de erizo presentes en el Pacífico y de mayor demanda en oriente.

Es de suma importancia seguir cimentando las bases para crear una biotecnología de cultivo llevando a cabo experimentos que cubran aspectos fisiológicos, biológicos y alimenticios del organismo, desde su fase larvaria hasta la edad adulta. Dichos experimentos deberán aportar información que permita lograr

con éxito el cultivo de larvas, su crecimiento y desarrollo. Este estudio forma parte de un conjunto de trabajos que buscan lograr una biotecnología eficiente, que permita la producción de juveniles a gran escala en el laboratorio.

II. ANTECEDENTES

Es de suma importancia tener control del alimento que se proporciona a las larvas cultivadas en el laboratorio desde el inicio de su desarrollo (González *et al*, 1987; Bustos *et al*, 1991), ya que el alimento vivo es muy costoso (Valenzuela-Espinoza, 1997). Por otro lado se pueden presentar serias consecuencias en el organismo, si se le proporciona una cantidad de alimento mayor a la requerida, ya que se contaminan los cultivos debido a la degradación del alimento. Por el contrario si se le proporciona una cantidad escasa de alimento a los organismos, puede repercutir gravemente en el desarrollo y llegar a producir su muerte.

Muchos autores confirman que en la producción de larvas de erizo lo más importante es dar a las larvas el alimento y ración adecuadas (González *et al*, 1987; Bustos *et al*, 1991). También es muy importante la densidad de cultivo (Hinegardner, 1969)

La ración alimenticia depende de varios factores como la especie y las condiciones de cultivo de las microalgas que se utilizarán en la dieta (Coutteau *et al.*, 1994), así como del estadio de desarrollo en que se encuentran los organismos (Webb y Chu, 1982).

Se han mantenido larvas de erizo rojo con una ración de 3,000 células/ml de *Rhodomonas lens* con una densidad de cultivo de una larva por mililitro (Strathmann 1987). Para determinar el efecto de la ración alimenticia en un cultivo de larvas de erizo rojo, Martínez- López (1994) realizó experimentos suministrando 5,000 y 10,000 cél/ml. a una densidad de 2 larvas/ml. En ambas concentraciones, sin embargo las sobrevivencias larvales fueron menores del 10%.

La tasa de pastoreo, es una unidad derivada de la tasa de alimentación para determinar el número de células algales consumidas por animal por hora o día. El uso de esta unidad está restringida al alimento fitoplanctónico consumido en algunos organismos y ha sido también usada como sinónimo de tasa de filtración o clareo (Schurink y Griffiths, 1992).

No existen antecedentes específicos acerca de la tasa de pastoreo fitoplanctónico por parte de larvas de erizo rojo, pero Lucienne *et al.* (1994) realizaron cinco pruebas con equinoplutei de *Paracentrotus lividus* (Lamarck), para comparar las formas de alimentación en el desarrollo y forma de la larva. Utilizaron como alimento a la microalga *Hymenomonas elongata*, con raciones de 1,300 hasta 4,000 cél/ml., debido a que estas células se desintegran rápidamente en el estómago de la larva. También existe información suficiente para el Filo Mollusca y sus clases Gastrópoda y Bivalvia, por ejemplo: intensidad de pastoreo en poslarvas de abulón rojo *Haliotis rufescens* (Martínez-Ponce, 1998) y determinación de las tasas de pastoreo y crecimiento de postlarvas de abulón

azul, *H. fulgens*, a distintas densidades de diatomea bentónica *Navicula incerta* (Vélez-Espino, 1999) para la clase Gastrópoda. Para la clase Bivalvia hay información acerca de la tasa de alimentación en larvas véliger de almeja *Ruditapes decussatus* (Pérez- Camacho et al, 1994) .

También se han realizado trabajos referentes a las tasas de alimentación con microalgas pero en adultos de bivalvos y gasterópodos entre ellos: estimación de la tasa de filtración de la almeja catarina *Argopecten circularis* a partir del consumo de *Isochrysis galbana* y *Tetraselmis chuli* (Avilés, et. al.1990), absorción y clareo de partículas de fitoplancton y detritus por la escalopa marina *Placopecten magellanicus* (Gmelin) (Cranford, et al.1990), y efectos del flujo de velocidad, concentración de alimento y flujo de partículas en tasas de crecimiento de escalopas juveniles *Argopecten irradians* (Cahalan, et al. 1989), por mencionar algunos.

Debido a la necesidad de generar información que permita un mejor control de la alimentación en el erizo rojo durante sus etapas larvales, en el presente trabajo se hicieron estudios del pastoreo efectuado por las larvas de erizo rojo (*S. franciscanus*) durante los diferentes estadios larvarios, con diferentes concentraciones de la microalga *Rhodomonas sp.* (Hinegardner; 1969; Zúñiga-Cortés, 1994), incrementando la cantidad de ésta conforme avanza el desarrollo de las larvas.

III. OBJETIVO GENERAL

Determinar la tasa de pastoreo en los diferentes estadios larvarios del erizo rojo *S. franciscanus*, con la microalga *Rhodomonas* sp.

3.1 Objetivo Particular

Conocer la tasa de pastoreo de *Rhodomonas* sp, en función de la concentración y del estadio larval del erizo rojo *S. franciscanus*.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Obtención de reproductores

Se colectaron 30 adultos de erizo rojo mayores a 80 mm. mediante buceo libre en Campo Kennedy, B. C. México, mismos que se transportaron en seco dentro de hieleras al Laboratorio de Embriología de Organismos Marino del Instituto de Investigaciones Oceanológicas de la Universidad Autónoma de Baja California. En el Laboratorio los erizos se alimentaron con la macroalga parda *Macrocystis pyrifera*.

4.2 Inducción al desove

Para el desove, cada organismo se colocó de forma invertida e individual sobre un vaso de precipitado de 250 ml con agua de mar filtrada (1 μm) y pasada por luz ultravioleta (UV). A los organismos se les inyectó aproximadamente 1.5 ml de una solución salina de cloruro de potasio (KCl) a una concentración de 0.55 M a través del celoma y hacia los pies ambulacrales. (Stephens, 1972; Hinegardner, 1975; Strathmann, 1987).

4.3 Fertilización

Los óvulos y espermias obtenidos se diluyeron en agua de mar a proporciones de 1:100 (1 ml de solución de esperma por 100 ml de solución de óvulos), se agitaron las mezclas dejándolas reposar de 10 a 15 minutos, tiempo en el que ocurrió la fertilización, misma que se comprobó mediante observaciones al microscopio. El porcentaje de fertilización fue usualmente del 98%.

Posteriormente se dejaron los huevos fecundados en cubetas de 18 litros con agua de mar filtrada ($1\mu\text{m}$) e irradiada con luz UV, durante aproximadamente 48 horas, tiempo que éstos tardaron en alcanzar el estadio larval "prisma".

4.4 Sistemas de cultivo de larvas

Para el cultivo de larvas se utilizaron dos tanques cónicos de fibra de vidrio con un volumen de 45 litros cada uno (Figura 3). El agua de mar se filtró a 1μ y se irradió con luz ultravioleta (UV). La densidad de cultivo fue de 2 larvas/ml. El sistema fue cerrado y con aireación constante.

Se realizaron recambios de agua del 50% cada tercer día y 100% cada semana, sifoneando con una manguera desde el fondo y utilizando tamices de

tamaño menor al de las larvas. Las larvas se alimentaron con concentraciones de *Rhodomonas* sp. de 7,500, 10,000, 15,000 y 15,000 cél/ml durante cada semana respectivamente.

No se alimentaron a las larvas del cultivo 24 horas antes de cada experimento, esto es con el fin de que se limpie el tracto digestivo y evitar sobreestimaciones en el experimento posterior (Cerón-Ortíz, 2000).

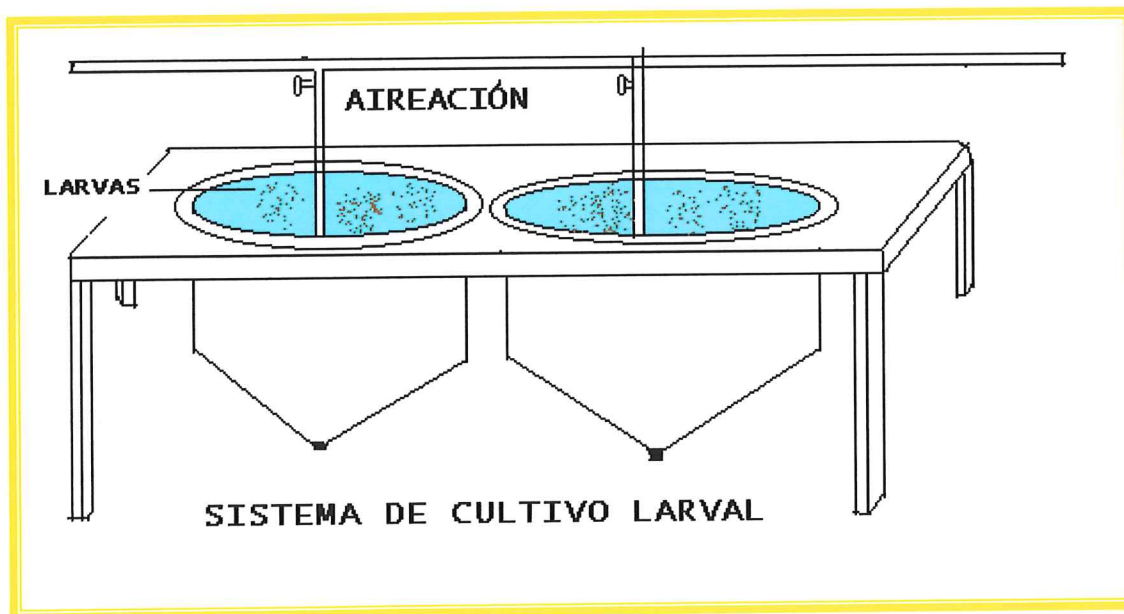


Figura 3. Sistema de cultivo para larvas de erizo rojo *S. franciscanus* en el laboratorio.

4.5 Diseño experimental

El diseño experimental comprendió cuatro etapas (fases larvarias) con cuatro tratamientos (tres concentraciones de microalgas diferentes) incluyendo un testigo. Las etapas correspondieron a los siguientes estadios de desarrollo: prisma, equinopluteus 4 brazos, 6 brazos y 8 brazos. Las concentraciones de microalgas que se utilizaron en cada etapa fueron: 2,500, 5,000 y 10,000 cél/ml para prisma; 5,000, 10,000 y 15,000 cél/ml para equinopluteus 4 brazos; y 10,000, 15,000 y 20,000 cél/ml para equinopluteus 6 y 8 brazos. Para el testigo o control de cada etapa se utilizó la concentración de microalgas intermedia, esto fue: para prisma 5,000 cél/ml, para equinopluteus 4 brazos 10,000 cél/ml, y para equinopluteus 6 y 8 brazos 15,000 cél/ml, esto con el fin de poder conocer el cambio de la concentración microalgal con respecto al tiempo sin larvas.

Para los experimentos en todas las etapas (prisma, equinopluteus 4, 6 y 8 brazos) se utilizaron recipientes cónicos de plástico con un volumen total de 600 ml cada uno. Los tratamientos (cuatro por etapa) se trabajaron por triplicado, incluyendo el control, obteniendo un total de 12 recipientes en cada etapa. La distribución de los recipientes fue al azar antes de comenzar cada experimento (Figuras 4 y 5).

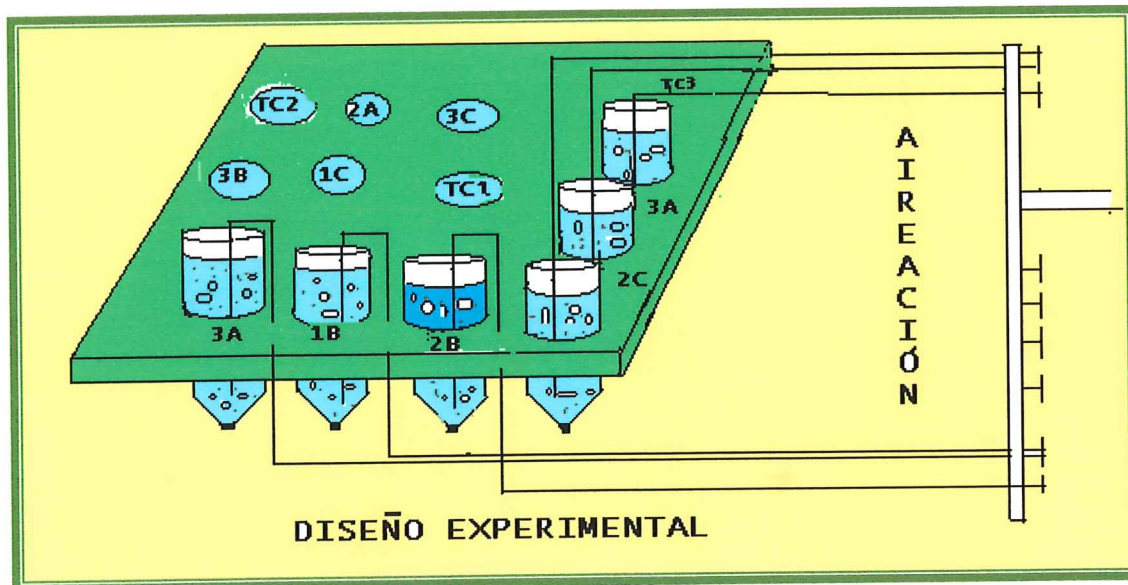


Figura 4. Diseño experimental, que ejemplifica a los recipientes cónicos con un volumen de agua de mar conocido, larvas de erizo rojo *S. franciscanus* y las respectivas concentraciones de *Rhodomonas* sp., según el estadio larvario.

A cada recipiente se le vertieron 400 ml de agua de mar filtrada ($1\mu\text{m}$) e irradiada con luz UV, la densidad fue de 2 larvas/ml y se mantuvieron con aireación constante por la parte inferior de cada recipiente.

Todo el experimento se realizó en la oscuridad para que las condiciones no fuesen adecuadas para la reproducción de las microalgas y no alterar los resultados de los conteos.

Etapa I : (Primer semana)

Se utilizaron larvas prisma (48 horas después de la fertilización). que se alimentaron con *Rhodomonas* sp. a concentraciones de 2,500, 5,000 y 10,000 cél/ml respectivamente. El control tuvo una concentración de 5 000 cél/ml.

Etapa II: (Segunda semana)

Seis días después de la fertilización se utilizaron larvas equinopluteus 4 brazos. Se alimentaron con *Rhodomonas* sp. a concentraciones de 5,000, 10,000 y 15,000 cél/ml respectivamente. El control tuvo una concentración de 10,000 cél/ml.

Etapa III: (Tercer semana)

Doce días después de la fertilización se utilizaron larvas equinopluteus 6 brazos. Se alimentaron con *Rhodomonas* sp. a concentraciones de 10,000, 15,000 y 20,000 cél/ml respectivamente. El control tuvo una concentración de 15 000 cél/ml.

Etapa IV: (Cuarta semana)

Dieciocho días después de la fertilización se utilizaron larvas equinopluteus 8 brazos. Se alimentaron con *Rhodomonas* sp. a concentraciones de 10,000, 15,000 y 20,000 cél/ml respectivamente. El control tuvo una concentración de 15,000 cél/ml.

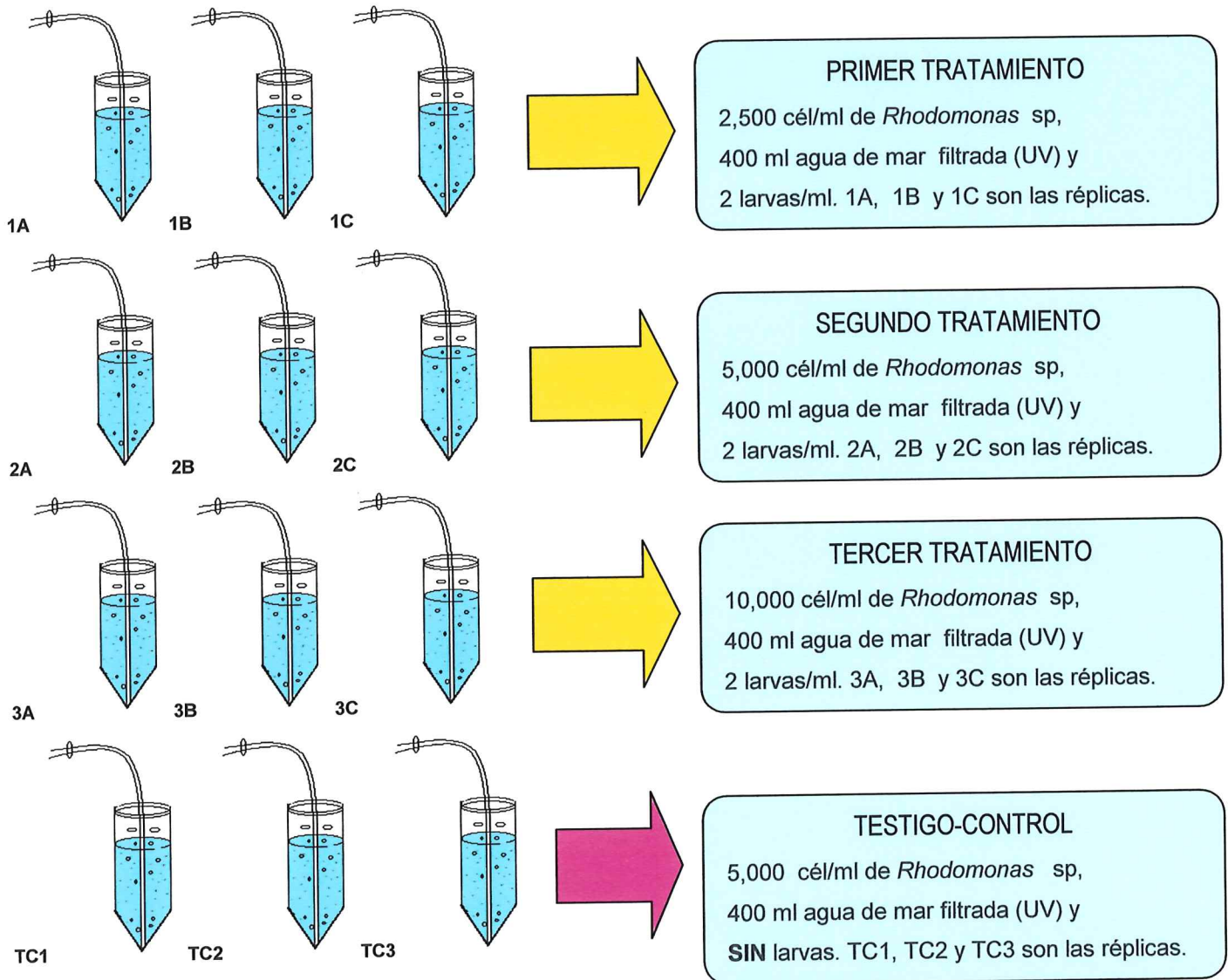
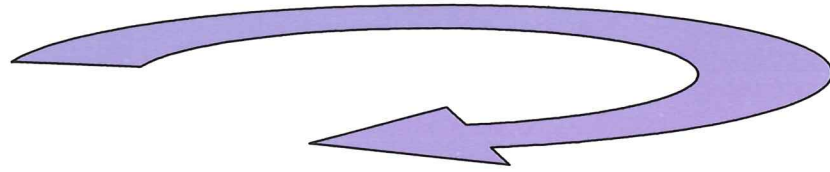
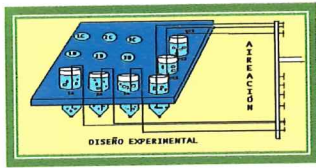


Figura 5. Diseño experimental de la etapa I (fase larvaria: prisma) con sus respectivos tratamientos y control por triplicado. Este diseño se repitió para los estadios larvales de larva equinopluteus 4 brazos, 6 brazos y 8 brazos.

4.6 Desarrollo larvario del erizo rojo *S. franciscanus*.

Antes de comenzar cada uno de los tratamientos, en cada estadio se tomaron al azar 20 larvas y se midieron tomando como parámetros la longitud distal máxima de los brazos post-orales y la abertura máxima de la larva (Figura 4), para lo cual se utilizó un microscopio compuesto con reglilla calibrada. También se tomaron fotografías para evaluar el desarrollo de las larvas.

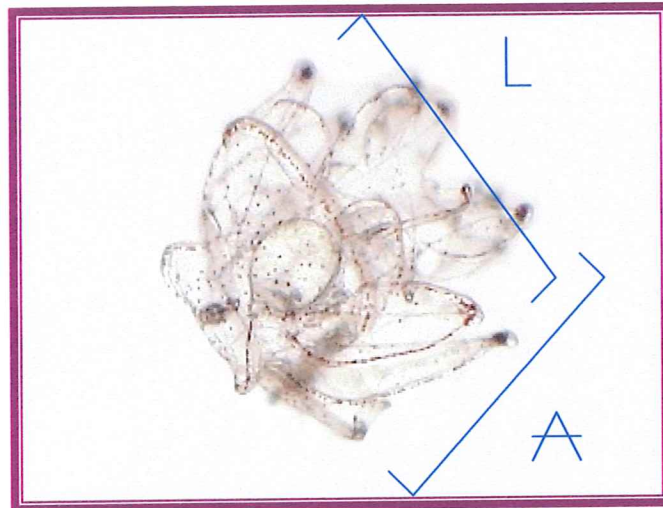


Figura 4.- Mediciones en las larvas de erizo rojo *S. franciscanus* (larva equinopluteus en 8 brazos). Longitud distal máxima de brazos post-orales (L) y abertura máxima de la larva (A).

4.7 Obtención de Datos y Análisis.

Los muestreos se realizaron a las 4, 8, 16 y 24 horas después de que se les adicionó la ración de alimento correspondiente durante cada etapa o estadio larvario.

Con una pipeta graduada y una malla de 50 μm (para evitar el paso de las larvas) se tomaron tres alícuotas de 10 ml para cada tratamiento (incluyendo a los controles). Las muestras se centrifugaron durante 10 minutos, posteriormente el concentrado de microalgas *Rhodomonas* sp. obtenido para cada tratamiento, se colocó en viales marcados para ser aforados a 1ml con agua de mar filtrada. Finalmente a las muestras se les adicionó unas gotas de lugol con el fin de que se fijaran para posteriormente ser contadas.

Para el conteo de microalgas se tomaron muestras de los viales y por medio de un hematocitómetro (Hausser Scientific, Hemacytometer Brightline 0.100 mm deep) se visualizarón en un microscopio para llevar a cabo el conteo de microalgas presentes.

Para conocer la tasa de pastoreo del erizo rojo, al número de células cuantificadas durante las 4, 8, 16 y 24 horas, se les aplicó la fórmula descrita por Schurink y Grriffiths, (1992):

$$T. P. = \frac{V \times (C_o - C_{tf})}{N * t} \quad \text{cuando } k = 0$$

Donde:

C_o = Concentración inicial de microalgas.

C_{tf} = Concentración final de microalgas en el recipiente después de t horas.

V = Volumen de agua en el recipiente experimental.

N = Número de organismos en el recipiente.

t = Tiempo en horas.

Para $k = 0$ (no hay crecimiento microalgal o $C_o = C_{tf}$).

Los datos obtenidos en cada conteo fueron manejados como series de tiempo (concentración de *Rhodomonas* sp. consumida en cél/ml vs. horas) y Tasa de Pastoreo (# de células consumidas/larva/hora vs. horas), obteniendo una serie de tiempo para cada tratamiento de las diferentes fases larvarias. Se aplicó una comparación de medias entre los tratamientos a un mismo tiempo de consumo y mediante un ajuste de regresiones lineales se compararon las pendientes con el fin de evaluar los cambios en las tasas de pastoreo (Steel y Torrie, 1980).

4.7 Análisis Estadístico

Debido a que sólo el 69% de los datos presentaron una distribución normal y las varianzas no fueron homogéneas a un nivel de significancia de $\alpha=0.05$, se utilizó la prueba estadística no-paramétrica de Kruskal-Wallis a un nivel de significancia de $\alpha=0.05$.

Cuando hubo diferencias estadísticas ($\alpha=0.05$) entre las concentraciones, se aplicaron pruebas *a posteriori* de contraste múltiple de Tukey para determinar que concentraciones de *Rhodomonas* sp. fueron significativamente diferentes a la misma hora de un determinado estadio larvario.

La relación entre la tasa de pastoreo y el tiempo, fueron evaluadas con la prueba de comparación entre más de dos pendientes (Zar, 1984). Se encontraron diferencias entre los tratamientos por lo que se utilizó la prueba de comparación múltiple de Tukey entre pendientes a un nivel de significancia de 0.05.

Para evaluar la intensidad de asociación entre la tasa de pastoreo y el tiempo, se calcularon los coeficientes de correlación de Pearson de los tratamientos correspondientes a cada etapa, a un nivel de significancia de $\alpha=0.05$ (Zar, 1984).

Cuando no se encontraron diferencias a un nivel de significancia de $\alpha=0.05$, entre los coeficientes de correlación y las pendientes de las tres concentraciones utilizadas en cada estadio de desarrollo larval, se determinó una *r* o una *b* promedio para las tres concentraciones.

Para evaluar la intensidad de relación en porcentaje, entre la tasa de pastoreo y el tiempo, se calcularon los coeficientes de determinación de los tratamientos correspondientes a cada etapa (Zar, 1984).

V. RESULTADOS

5.1 Desarrollo larvario del erizo rojo *S. franciscanus*.

La larva de erizo rojo durante el experimento tuvo un tamaño longitudinal de 200 μm para prisma y hasta 675 μm para equinopluteus 8 brazos (Tabla I).

TABLA I. Longitud y ancho promedio de los diferentes estadios larvales de erizo rojo *S. franciscanus* antes de cada muestreo durante el experimento, comparados con los datos de Martínez-López, 1994

Estadio larval	Longitud distal máxima de brazos post-orales (L)		Abertura máxima de la larva (A)
	Este trabajo (16-20 °C) 2001	Martínez-López, (16-19 °C) 1994	Este trabajo (16-20 °C) 2001
Prisma	200 μm	230 μm	192 μm
Equinopluteus 4 brazos	432 μm	416 μm	265 μm
Equinopluteus 6 brazos	470 μm	545 μm	429 μm
Equinopluteus 8 brazos	675 μm	609 μm	690 μm

5.2 Consumo de *Rhodomonas* sp. en los diferentes estadios larvales de erizo rojo *S. franciscanus*.

5.2.1 Estadio larval prisma.

La larva prisma consumió una mayor cantidad de alimento principalmente durante las primeras 8 horas, en las tres concentraciones de *Rhodomonas* sp utilizadas (2,500, 5,000 y 10, 000 cél/ml) disminuyendo el consumo uniformemente a partir de las 16 horas.

El consumo de microalgas *Rhodomonas* sp. (cél/ml) en las concentraciones 2,500, 5,000 y 10,000 cél/ml en el estadio prisma, fue diferente ($P < 0.05$) a las 4, 8 y 24 horas (Figura 7). En las pruebas *a posteriori* de Tukey, se encontró que a las 4 horas hubo diferencias significativas ($P < 0.001$) entre las tres concentraciones utilizadas. Para las 8 horas se encontraron diferencias ($0.01 < P < 0.05$) únicamente entre las concentraciones de 2,500 y 5,000 –10,000 cél/ml. Sin embargo para las 24 horas las diferencias se presentaron entre las concentraciones de 2,500- 5,000 y 10,000 cél/ml; ($0.01 < p < 0.05$) y ($0.001 < P > 0.01$) respectivamente (Anexo: Tabla A).

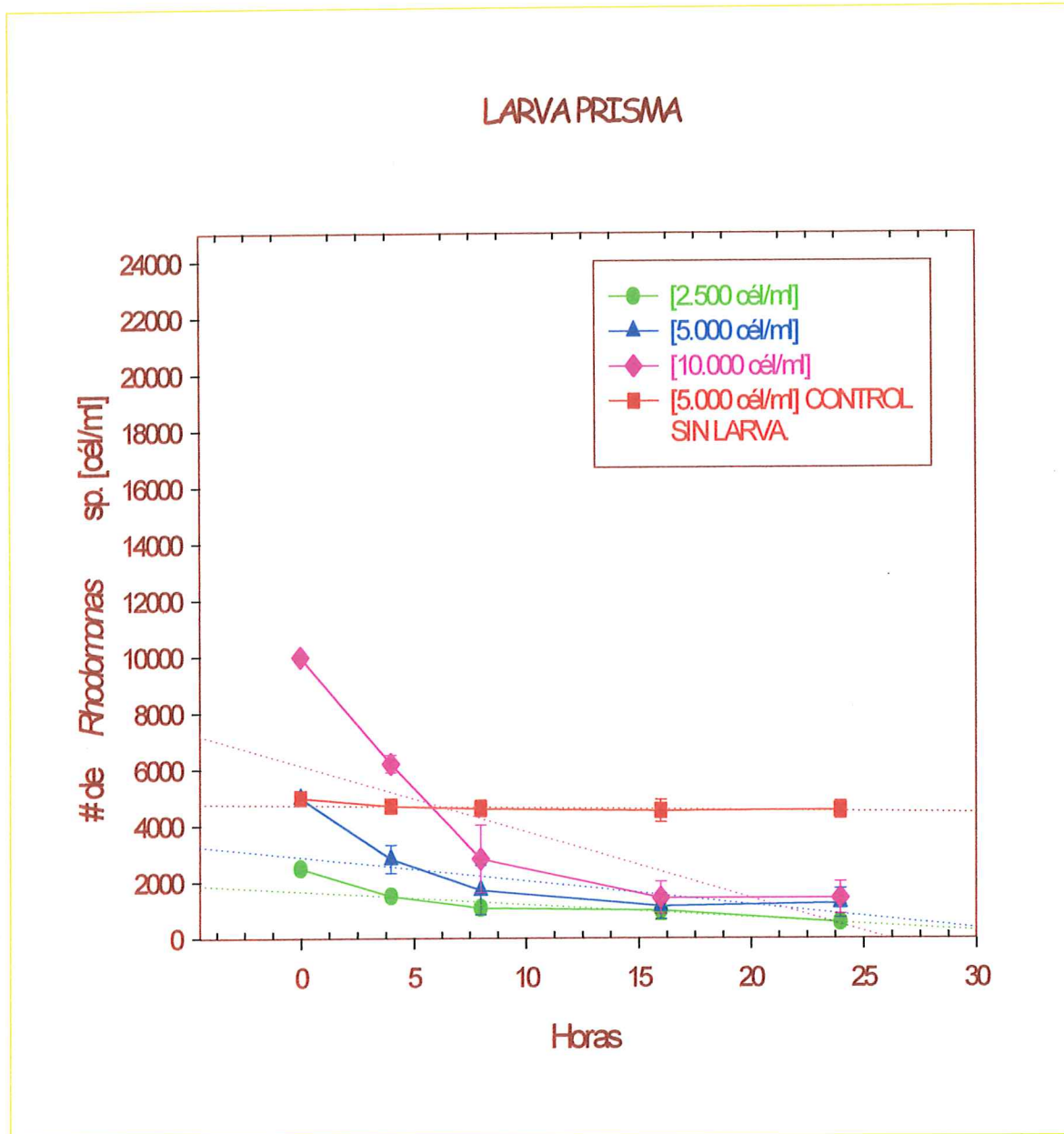


Figura 7. Consumo de la microalga *Rhodomonas* sp. en cél/ml, durante 24 horas por larvas de erizo rojo *S. franciscanus* durante su estadio larval prisma. Las líneas verticales indican el error estándar (\pm).

5. 2. 2 Estadio larval equinopluteus 4 brazos.

La larva equinopluteus 4 brazos consumió una mayor cantidad de alimento principalmente durante las primeras 8 horas, en las tres concentraciones de *Rhodomonas* sp utilizadas (5,000, 10,000 y 15, 000 cél/ml) disminuyendo el consumo uniformemente a partir de las 16 horas.

El consumo de la microalgas de *Rhodomonas* sp. (cél/ml) en las concentraciones 5,000, 10,000 y 15,000 cél/ml en el estadio equinopluteus 4 brazos, presentó diferencias ($P < 0.05$) únicamente a las 4 y 8 horas (Figura 8). En las pruebas *a posteriori* de Tukey para la relación *Rhodomona* sp. consumida (cél/ml) y tiempo (horas), se encontró que a las 4 horas hubo diferencias significativas ($P < 0.001$) entre las tres concentraciones (5,000, 10,000 y 15,000 cél/ml). Para las 8 horas se encontraron diferencias ($P < 0.01$) únicamente entre las concentraciones de 5,000–15,000 cél/ml (Anexo :Tabla B).

LARVA EQUINOPLUTEUS 4 BRAZOS

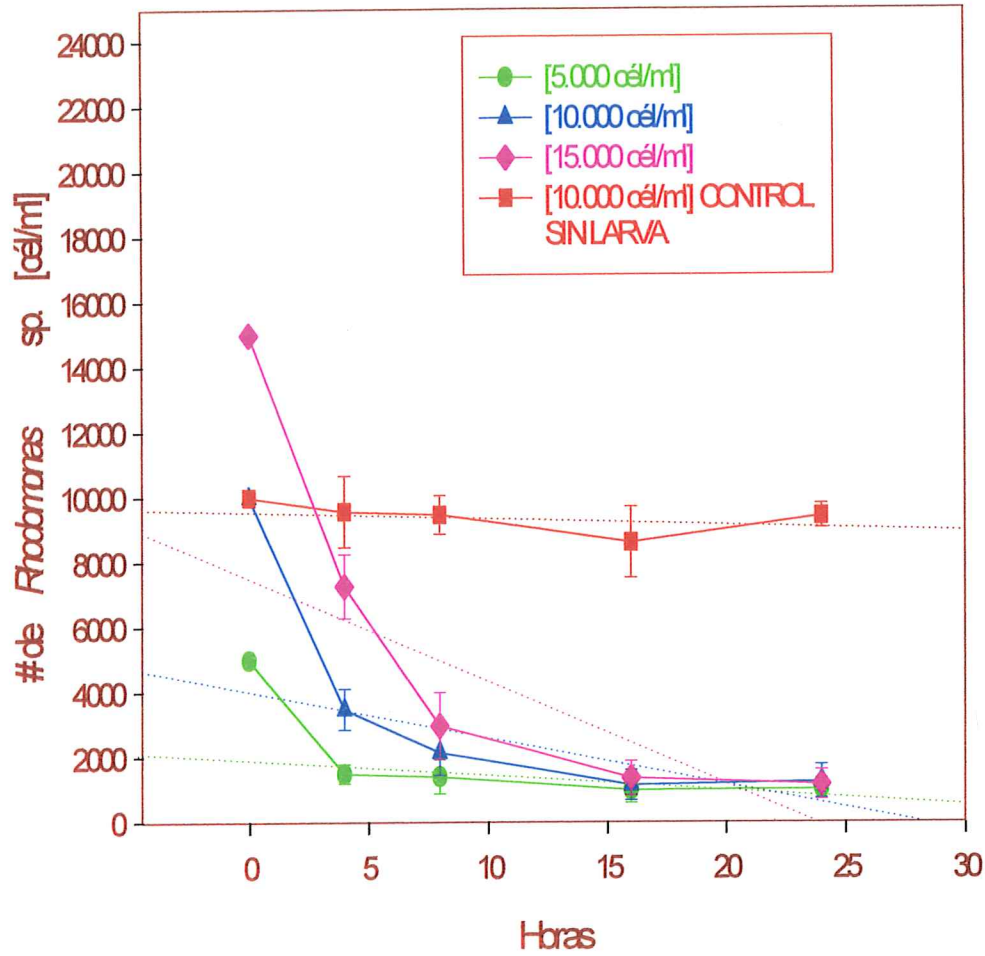


Figura 8. Consumo de la microalga *Rhodomonas* sp. en cél/ml, durante 24 horas por la larva de erizo rojo *S. franciscanus* durante su estadio larval equinopluteus 4 brazos. Las líneas verticales indican el error estándar (\pm).

5. 2. 3 Estadio larval equinopluteus 6 brazos.

La larva equinopluteus 6 brazos consumió una mayor cantidad de alimento principalmente durante las primeras 8 horas, en las tres concentraciones de *Rhodomonas* sp utilizadas (10,000, 15,000 y 20,000 cél/ml) disminuyendo el consumo uniformemente a partir de las 16 horas.

El consumo de la microalgas *Rhodomonas* sp (cél/ml) en las concentraciones 10,000, 15,000 y 20,000 cél/ml en el estadio equinopluteus 6 brazos se encontró que únicamente a las 4 y 8 horas hubo diferencias significativas ($P < 0.05$) (Figura 9). En las pruebas *a posteriori* de Tukey, se encontró que a las 4 horas hubo diferencias significativas ($P < 0.001$) entre las tres concentraciones utilizadas. Para las 8 horas de este mismo estadio se encontraron diferencias ($0.01 < P < 0.005$) únicamente entre las concentraciones de 15,000 –20,000 cél/ml (Anexo :Tabla C).

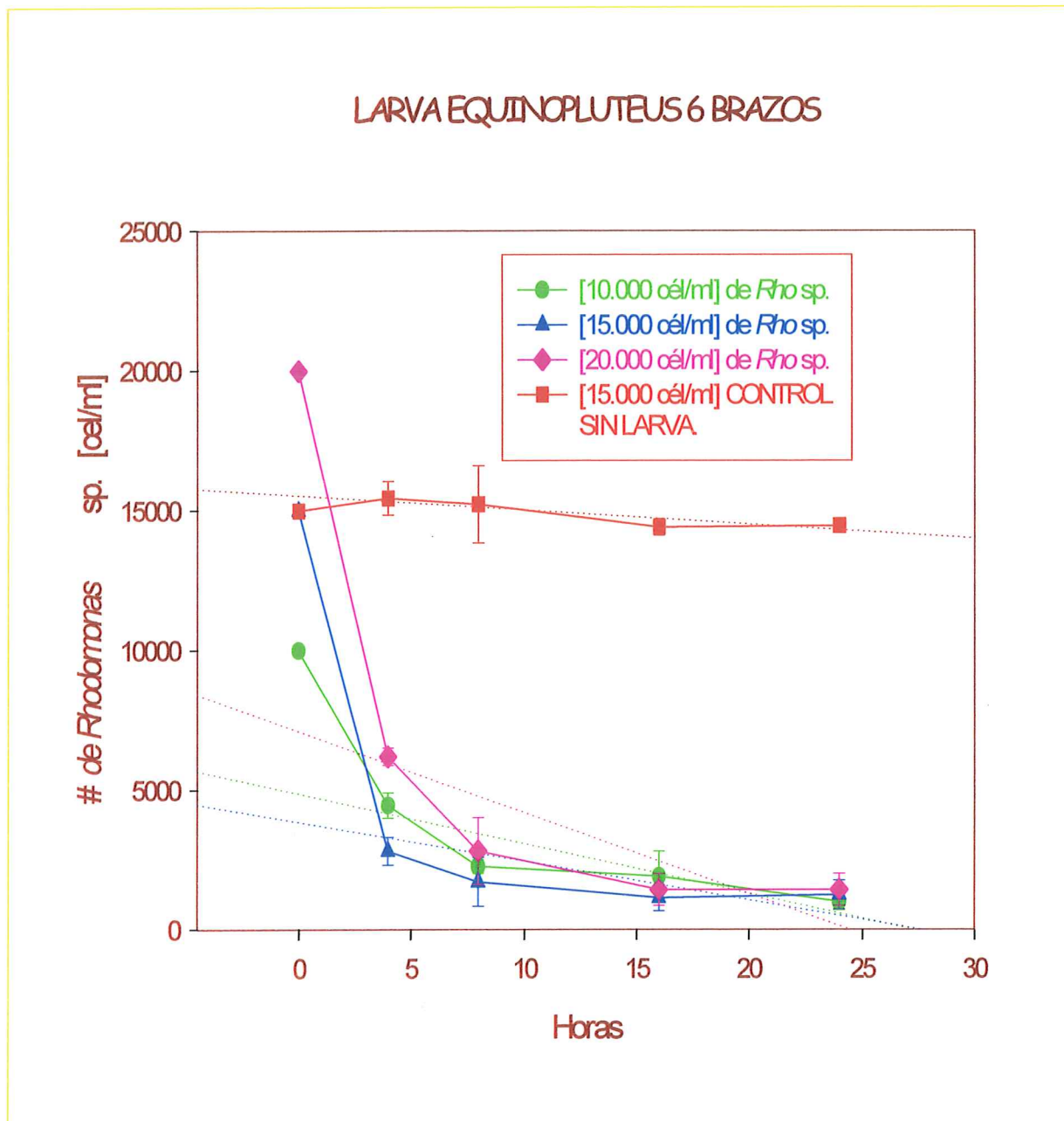


Figura 9. Consumo de la microalga *Rhodomonas* sp en cél/ml, durante 24 horas por larvas de erizo rojo *S. franciscanus* durante el estadio larval equinopluteus 6 brazos. Las líneas verticales indican el error estándar (\pm).

5. 2. 4 Estadio larval equinopluteus 8 brazos.

La larva equinopluteus 8 brazos consumió una mayor cantidad de alimento principalmente durante las primeras 8 horas, en las tres concentraciones de *Rhodomonas* sp utilizadas (10,000, 15,000 y 20,000 cél/ml) disminuyendo el consumo uniformemente a partir de las 16 horas.

El consumo de la microalgas *Rhodomonas* sp (cél/ml) en las concentraciones 10,000, 15,000 y 20,000 cél/ml en el estadio equinopluteus 8 brazos presentó diferencias significativas ($P < 0.05$) durante las 24 horas (Figura 10). En las pruebas *a posteriori* de Tukey, se encontró que a las 4 horas hubo diferencias significativas entre las concentraciones de 10,000 – 15,000 cél/ml ($p < 0.001$). Durante las 8 horas las diferencias que se presentaron fueron entre las concentraciones 15,000-20,000 cél/ml ($0.01 < p < 0.05$). A las 16 horas las diferencias fueron entre las concentraciones 10,000-20,000 cél/ml ($0.01 < p < 0.05$) y finalmente, durante las 24 horas las diferencias fueron entre las concentraciones 10,000 y 15,000 - 20.000 cél/ml ($p < 0.001$) y ($p < 0.001$) respectivamente (Anexo :Tabla D).

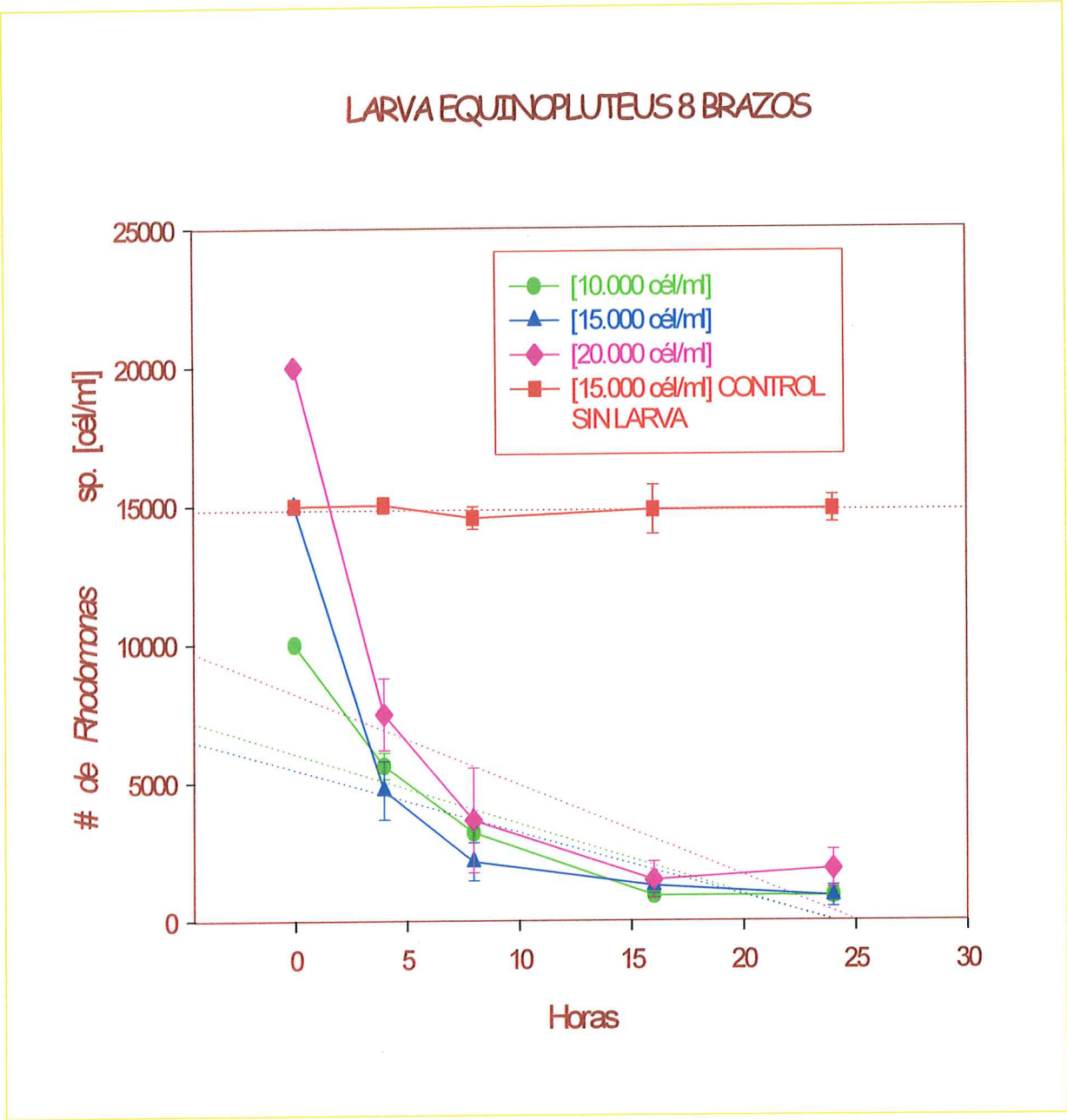


Figura 10. Consumo de la microalga *Rhodomonas* sp en cél/ml, durante 24 horas por larvas de erizo rojo *S. franciscanus* durante el estadio larval equinopluteus 8 brazos. Las líneas verticales indican el error estándar (\pm).

5.3 Tasa de Pastoreo de *Rhodomonas* sp. en los diferentes estadios larvarios de erizo rojo *S. franciscanus*.

5. 3. 1 Tasa de Pastoreo (G) en el estadio larval

Prisma.

El pastoreo de las microalgas *Rhodomonas* sp (cél/larva/hora) a concentraciones de 2,500, 5,000 y 10,000 cél/ml en el estadio prisma, presentó diferencias significativas ($p < 0.05$) a las 4, 8 y 24 horas (Figura 11). En las pruebas *a posteriori* de Tukey las diferencias para las 4 horas fueron entre las tres concentraciones utilizadas ($p < 0.001$). Durante las 8 horas las diferencias fueron entre las concentraciones 2,500 y 5,000 – 10,000 ($p < 0.001$). Finalmente, a las 24 horas las diferencias fueron entre las concentraciones 2,500 y 5,000 – 10,000 cél/ml ($0.01 < p < 0.05$) (Anexo :Tabla E).

El análisis de comparación de más de dos pendientes entre el pastoreo de microalgas (cél/ml) y el tiempo (horas) para prisma, presentó diferencias significativas ($P < 0.05$). En las pruebas *a posteriori*, se encontraron diferencias significativas ($P < 0.0005$) entre las pendientes de las tres concentraciones (2,500, 5,000 y 10,000 cél/ml), donde la pendiente de la concentración de 10,000 cél/ml fue de $b = -25.9$ superior a las restantes concentraciones con valores de $b = -4.9$ para 2,500 cél/ml y $b = -12.9$ para 5,000 cél/ml (Tabla VII).

La asociación entre el pastoreo de microalgas (cél/larva/hora) y el tiempo (horas), durante cada etapa se determinó mediante el cálculo del coeficiente de correlación de Pearson. El mayor coeficiente de correlación en prisma fue para la concentración de 10,000 células/ml con un valor de $r = -0.89$. No hubo diferencias ($0.50 < P < 0.75$) con respecto a las restantes concentraciones, cuyos valores fueron de $r = -0.76$ para la concentración de 2,500 células/ml y $r = -0.84$ para la concentración de 5,000 células/ml. La asociación promedio para las tres concentraciones fue de $r = -0.83$ (Tabla VII).

Para estudiar el porcentaje de asociación entre el pastoreo de microalgas (cél/larva/hora) y el tiempo (horas), se calculó el coeficiente de determinación para cada etapa. El mayor coeficiente de determinación para prisma, correspondió a la concentración de 10,000 células/ml con un valor de $r^2 = 0.80$. Las restantes concentraciones presentaron valores de $r^2 = 0.58$ para 2,500 células/ml y $r^2 = 0.71$ para la concentración de 5,000 células/ml. (Tabla VII).

Las mayores tasas de pastoreo por la larva prisma se llevaron a cabo durante la 4 primeras horas en cada concentración, con 124 células/larva/hora para la concentración de 2.500 células/ml, 272 células/larva/hora para la concentración de 5.000 células/ml y 475 células/larva/hora para la concentración de 10.000 células/ml (Figura 11 y Anexo :Tabla Ñ).

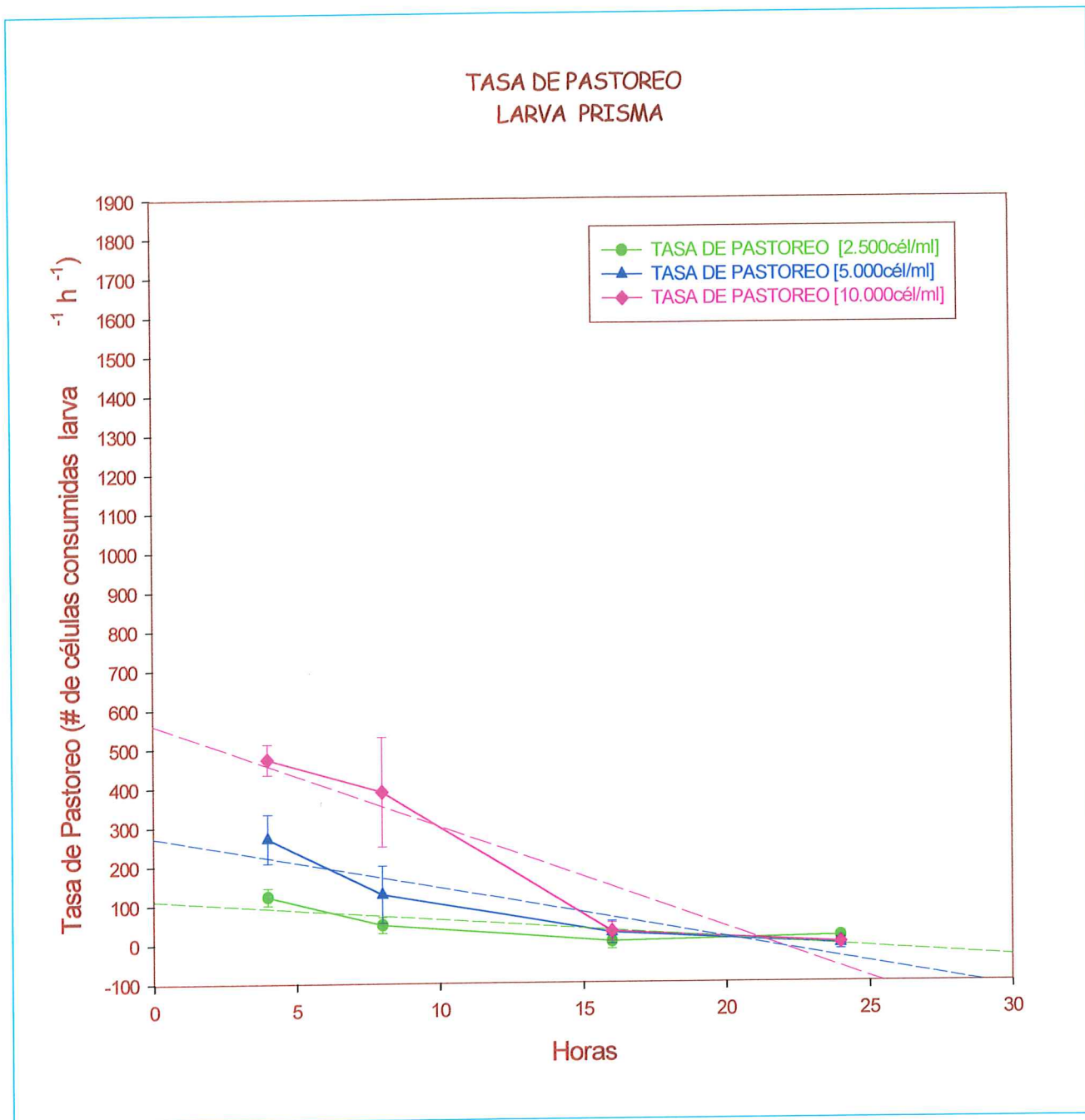


Figura 11. Tasa de pastoreo de la microalga *Rhodomonas* sp. en # de células consumidas por larva por hora, durante 24 horas por la larva de erizo rojo *S. franciscanus* durante el estadio larval prisma. Las líneas verticales indican el error estándar (\pm).

TABLA VII. Intensidad de asociación entre el pastoreo de *Rhodomonas* sp. (cél/ml) y el tiempo (horas) para el estadio larval prisma de erizo rojo *S. franciscanus*, de acuerdo con el coeficiente de correlación de Pearson (r); pendiente (b) y coeficiente de determinación (r²).

Concentración de <i>Rhodomonas</i> sp.	[2,500] cél/ml	[5,000]cél/ml	[10,000]cél/ml
Coef. de correlación (r)	-0.76	-0.84	-0.89
Coef. de determinación (r²)	0.58	0.71	0.80
Pendiente (b)	-4.9	-12.9	-25.9

5. 3. 2 Tasa de Pastoreo (G) de la larva equinopluteus 4 brazos.

El pastoreo en la microalga *Rhodomonas* sp (cél/larva/hora) a concentraciones de 5,000, 10,000 y 15,000 cél/ml en el estadio equinopluteus 4 brazos, presentó diferencias significativas ($p < 0.05$) durante las 4, 8 y 16 horas (Figura 12). En las pruebas *a posteriori* de Tukey las diferencias ($p < 0.001$) que se presentaron durante las 4 horas fueron entre las tres concentraciones utilizadas, a las 8 horas las diferencias fueron entre las concentraciones de 5,000 y 10,000 – 15,000 cél/ml y finalmente a las 16 horas las diferencias se presentaron entre las concentraciones 5,000 - 15,000 cél/ml. (Anexo :Tabla F).

El análisis de comparación de más de dos pendientes entre el pastoreo de microalgas (cél/ml) y el tiempo (horas) para equinopluteus 4 brazos, presentó diferencias significativas ($P < 0.05$). En la prueba *a posteriori* durante este estadio, se encontraron diferencias significativas ($P < 0.005$) entre las pendientes de las concentraciones de 5,000 – 10,000 y 15,000 cél/ml, donde la pendiente de la concentración de 15,000 cél/ml fue de $b = -46$ superior a las restantes concentraciones con valores de $b = -16.7$ para la concentración de 5,000 cél/ml y $b = -33.9$ para la concentración de 10,000 cél/ml (Tabla IX).

La mayor asociación entre el pastoreo de microalgas (cél/larva/hora) y el tiempo (horas), durante la etapa equinopluteus 4 brazos fue para la concentración de 15,000 células/ml con un valor de $r = -0.88$. No hubo diferencias ($0.10 > P < 0.25$) con respecto a las restantes concentraciones donde sus valores fueron de $r = -0.67$ para la concentración de 5,000 células/ml y $r = -0.78$ para la concentración de 10,000 células/ml. La asociación promedio para las tres concentraciones fue de $r = -0.77$ (Tabla IX).

El mayor coeficiente de determinación entre el pastoreo de microalgas (cél/larva/hora) y el tiempo (horas) durante este estadio, correspondió a la concentración de 15,000 células/ml con un valor de $r^2 = 0.79$. Las restantes concentraciones presentaron valores de $r^2 = 0.45$ para la concentración de 5,000 células/ml y $r^2 = 0.60$ para la concentración de 10,000 células/ml. (Tabla IX).

Las mayores tasas de pastoreo por la larva equinopluteus 4 brazos se llevaron a cabo durante la 4 primeras horas en cada concentración o tratamiento, siendo de 438 células/larva/hora para la concentración de 5.000 células/ml, 814 células/larva/hora para la concentración de 10.000 células/ml y 966 células/larva/hora para la concentración de 15.000 células/ml (Figura 12 y Anexo: Tabla O).

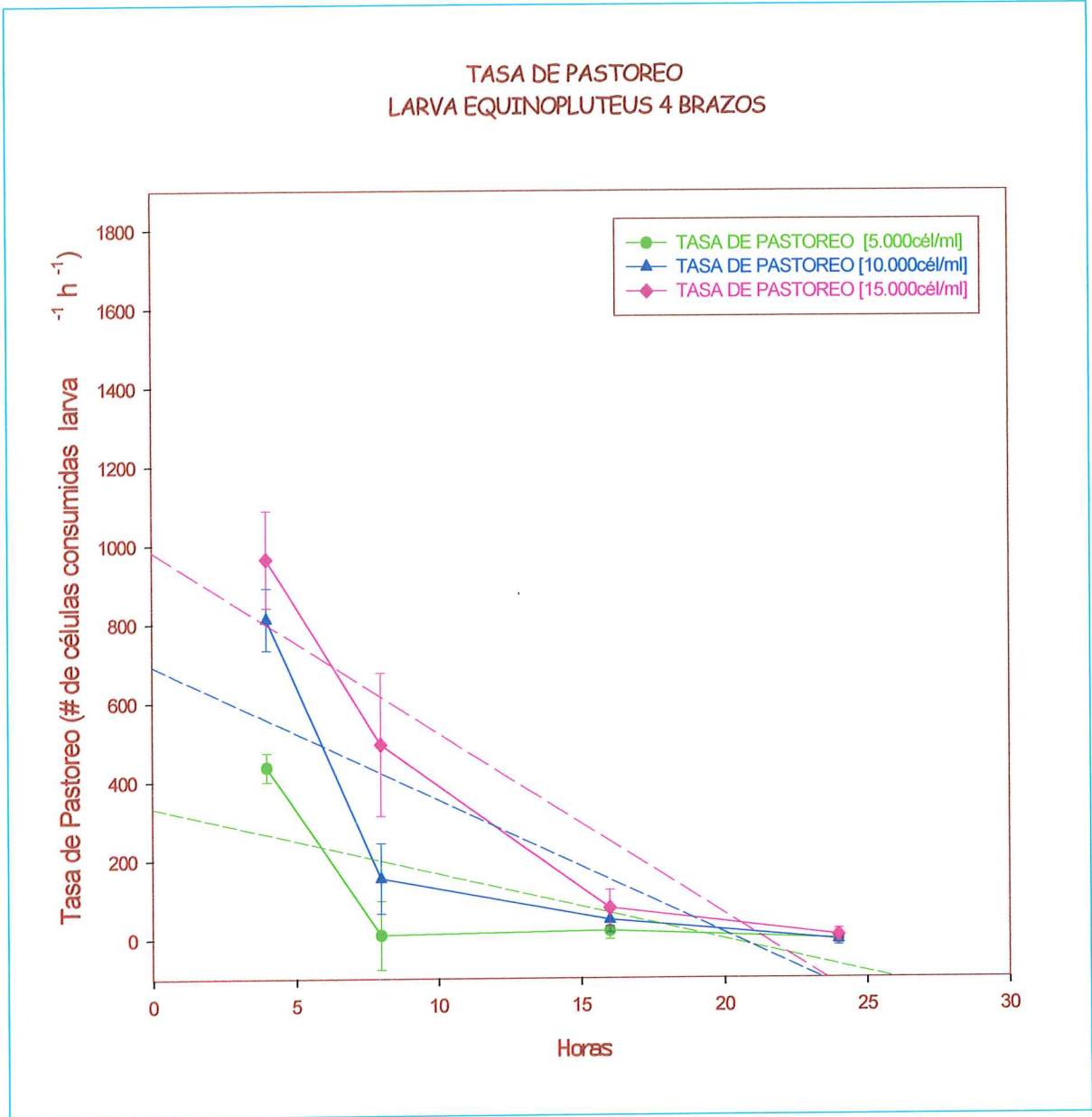


Figura 12. Tasa de pastoreo de la microalga *Rhodomonas* sp. en # de células consumidas por larva por hora, durante 24 horas, por la larva de erizo rojo *S. franciscanus* durante el estadio larval equinopluteus 4 brazos. Las líneas verticales indican el error estándar (\pm).

TABLA IX. Intensidad de asociación del pastoreo de *Rhodomonas* sp. (cél/ml) y el tiempo (horas) para el estadio larval equinopluteus 4 brazos de erizo rojo *S. franciscanus*, de acuerdo con el coeficiente de correlación de Pearson (r); pendiente (b) y coeficiente de determinación (r²).

Concentración de <i>Rhodomonas</i> sp.	[5,000] célula/ml	[10,000] célula/ml	[15,000] célula/ml
Coef. de correlación (r)	-0.67	-0.78	-0.88
Coef. de determinación (r²)	0.45	0.60	0.79
Pendiente (b)	-16.7	-33.9	-46

5. 3. 3 Tasa de Pastoreo (G) para equinopluteus 6 brazos.

El pastoreo de la microalga *Rhodomonas* sp. (cél/larva/hora) a concentraciones de 10,000, 15,000 y 20,000 cél/ml en el estadio equinopluteus 6 brazos, presentó diferencias significativas ($p < 0.05$) durante las 4, 8 y 24 horas (Figura 13). En las pruebas *a posteriori* de Tukey, las diferencias ($0.001 < p < 0.01$) que se presentaron durante las 4 y 8 horas fueron entre las tres concentraciones utilizadas. A las 24 horas las diferencias ($p < 0.001$) fueron entre las concentraciones 15,000-20,000 cél/ml. (Anexo :Tabla F).

El análisis de comparación de más de dos pendientes entre el pastoreo de microalgas (cél/ml) y el tiempo (horas) para equinopluteus 6 brazos, presentó diferencias significativas ($P < 0.05$). En la prueba *a posteriori* se encontraron diferencias significativas ($P < 0.0005$) entre las pendientes de las tres concentraciones, donde la pendiente de la concentración de 20,000 cél/ml fue de $b = -73.1$ superior a las restantes concentraciones con valores de $b = -29.9$ para la concentración de 10,000 cél/ml y $b = -60.6$ para la concentración de 15,000 cél/ml (Tabla XI).

La intensidad de asociación entre el pastoreo de microalgas (cél/larva/hora) y el tiempo (horas), durante la etapa equinopluteus 6 brazos fue para la concentración de 10,000 células/ml con un valor de $r = -0.83$, no hubo diferencias ($0.50 < P < 0.75$) con respecto a las restantes concentraciones donde sus valores fueron de $r = -0.72$ para la concentración de 15,000 células/ml y $r = -0.80$ para la concentración de 20,000 células/ml. La asociación común para las tres concentraciones fue de $r = -0.78$ (Tabla XI).

El mayor coeficiente de determinación entre el pastoreo de microalgas (cél/larva/hora) y el tiempo (horas) durante este estadio, correspondió a la concentración de 10,000 células/ml con un valor de $r^2 = 0.69$. Las restantes concentraciones presentaron valores de $r^2 = 0.52$ para 15,000 células/ml y $r^2 = 0.64$ para la concentración de 20,000 células/ml. (Tabla XI).

Los mayores pastoreos de la larva equinopluteus 6 brazos se llevaron a cabo durante la 4 primeras horas en cada concentración o tratamiento, siendo de 693 células/larva/hora para la concentración de 10,000 células/ml, 1,522 células/larva/hora para la concentración de 15,000 células/ml y 1,725 células/larva/hora para la concentración de 20,000 células/ml (Figura 13 y Anexo: Tabla P).

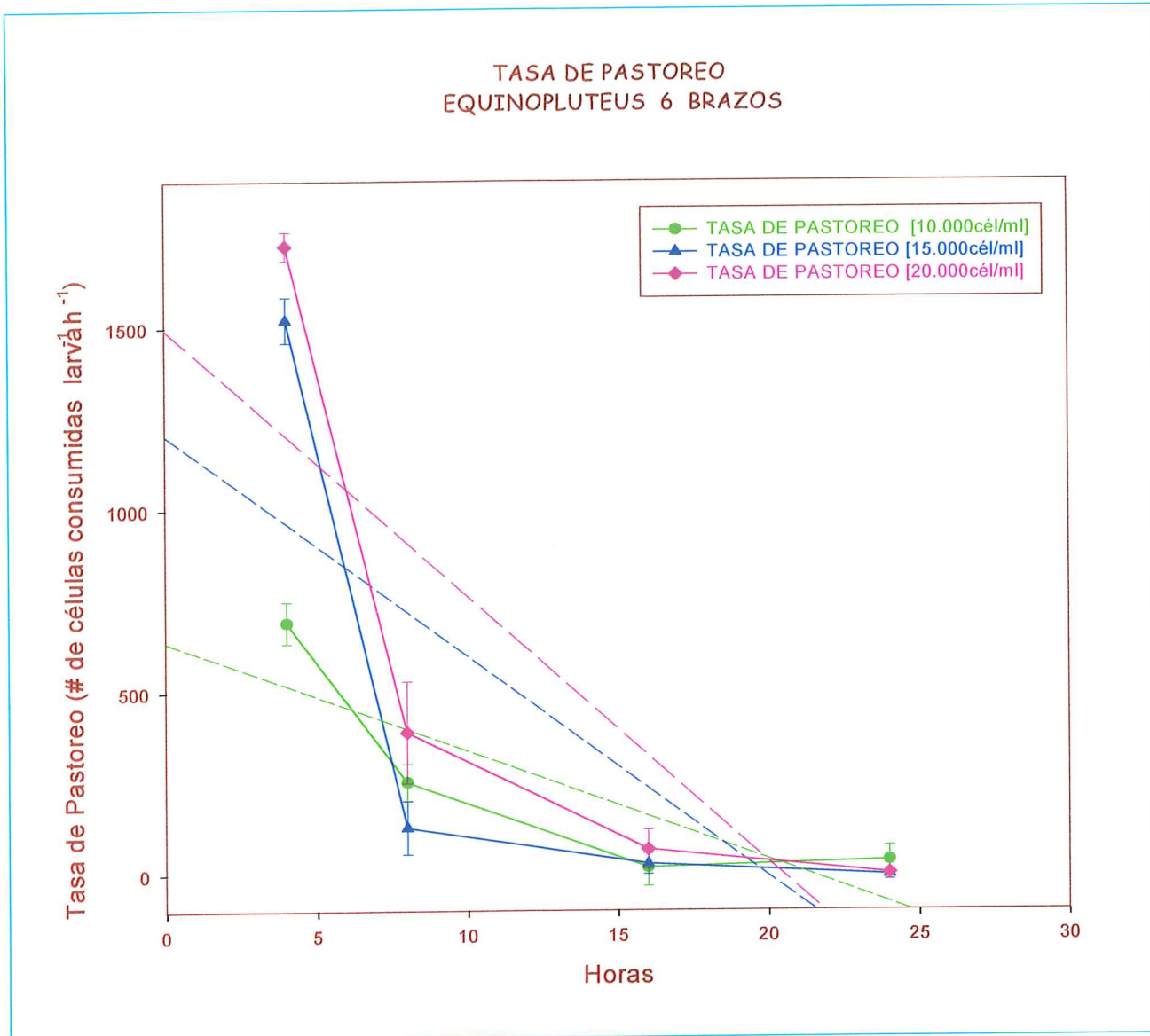


Figura 13. Tasa de pastoreo de la microalga *Rhodomonas* sp en # de células consumidas por larva por hora, durante 24 horas por la larva de erizo rojo *S. franciscanus* durante el estadio larval equinopluteus 6 brazos Las líneas verticales indican el error estándar (\pm).

TABLA XI. Intensidad de asociación entre el pastoreo de *Rhodomonas* sp. (cél/ml) y el tiempo (horas) para el estadio larval equinopluteus 6 brazos de erizo rojo *S. franciscanus*, de acuerdo con el coeficiente de correlación de Pearson (r); pendiente (b) y coeficiente de determinación (r^2).

Concentración de <i>Rhodomonas</i> sp.	[10,000] célula/ml	[15,000] célula/ml	[20,000] célula/ml
Coef. de Correlación (r)	-0.83	-0.72	-0.80
Coef. de determinación (r^2)	0.69	0.52	0.64
Pendiente (b)	-29.9	-60.6	-73.1

5.3. 4 Tasa de Pastoreo (G) para equinopluteus 8 brazos.

El pastoreo de la microalga *Rhodomonas* sp (cél/larva/hora) en las concentraciones 10,000, 15,000 y 20,000 cél/ml en el estadio equinopluteus 8 brazos, presentó diferencias significativas ($p < 0.05$) durante las 4, 16 y 24 horas (Figura 14).

En las pruebas *a posteriori* de Tukey, las diferencias ($p < 0.001$) que se presentaron durante las 4 horas fueron entre las tres concentraciones utilizadas, sin embargo a las 16 horas las diferencias ($0.01 < p < 0.05$), se encontraron entre las concentraciones de 10,000 y 20,000 – 15,000 cél/ml y a las 24 horas las diferencias ($0.01 < p < 0.05$), se encontraron en las concentraciones 15,000-20,000 cél/ml. (Anexo :Tabla G).

El análisis de comparación de más de dos pendientes entre el pastoreo de microalgas (cél/ml) y el tiempo (horas) para equinopluteus 8 brazos, presentó diferencias significativas ($P < 0.05$). En la prueba *a posteriori* para la relación entre el pastoreo de microalgas (cél/larva/hora) y el tiempo (horas) durante este estadio, se encontraron diferencias significativas ($P < 0.0005$) entre las pendientes de las tres concentraciones, donde la pendiente de la concentración de 20,000 cél/ml fue superior ($b = -68.4$) a las restantes concentraciones con valores de $b = -25.3$ para la concentración de 10,000 cél/ml y $b = -54$ para la concentración de 15,000 cél/ml (Tabla XIII).

La mayor asociación entre el pastoreo de microalgas (cél/larva/hora) y el tiempo (horas), durante la etapa equinopluteus 8 brazos fue para la concentración de 10,000 células/ml con un valor de $r = -0.93$, con respecto a las restantes concentraciones donde sus valores fueron de $r = -0.79$ para la concentración de 15 000 células/ml y $r = -0.82$ para la concentración de 20,000 células/ml. En la prueba *a posteriori* de Tukey se presentaron diferencias ($P < 0.001$) entre las tres correlaciones (Tabla XIII).

El mayor Coeficiente de determinación para el pastoreo de microalgas (cél/larva/hora), correspondió a la concentración de 10,000 células/ml con un valor de $r^2 = 0.86$. Las restantes concentraciones presentaron valores de $r^2 = 0.62$ para 15,000 células/ml y $r^2 = 0.67$ para la concentración de 20,000 células/ml (Tabla XIII).

Los mayores pastoreos por la larva equinopluteus 8 brazos se llevaron a cabo durante la 4 primeras horas en cada concentración, siendo de 248 células/larva/hora para la concentración de 10,000 células/ml, 1,283 células/larva/hora para la concentración de 15,000 células/ml y 1,564 células/larva/hora para la concentración de 20,000 células/ml. (Figura 14 y Anexo: Tabla Q).

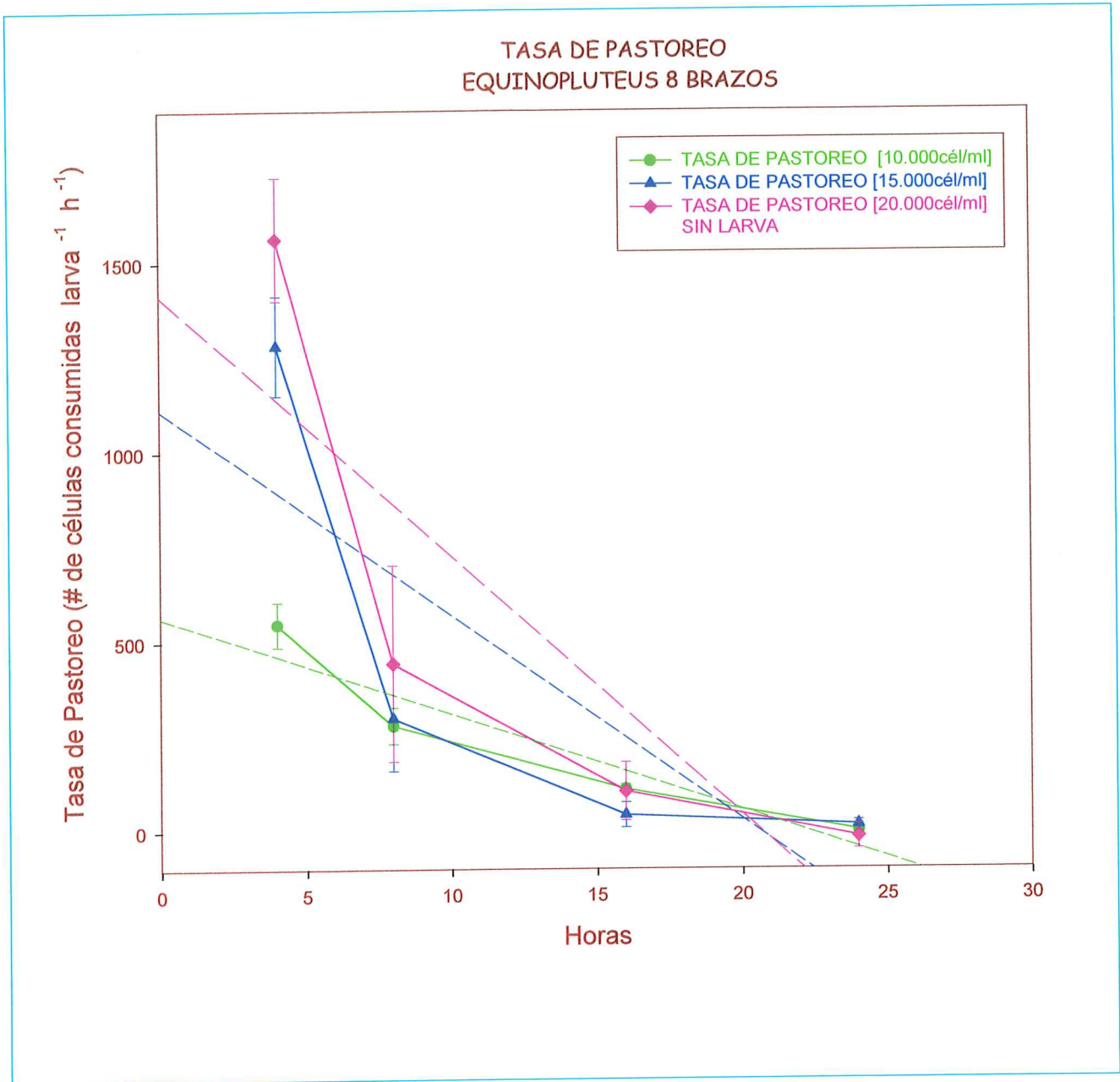


Figura 14. Tasa de pastoreo de la microalga *Rhodomonas* sp. en # de células consumidas por larva por hora, durante 24 horas por la larva de erizo rojo *S. franciscanus* durante el estadio larval equinopluteus 8 brazos. Las líneas verticales indican el error estándar (\pm).

TABLA XIII. Intensidad de asociación entre el pastoreo de *Rhodomonas* sp. (cél/ml) y el tiempo (horas) para el estadio larval equinopluteus 8 brazos de erizo rojo *S. franciscanus*, de acuerdo con el coeficiente de correlación de Pearson, pendiente (b) y coeficiente de determinación (r^2).

Concentración de <i>Rhodomonas</i> sp	[10,000] cél/ml	[15,000]cél/ml	[20,000]cél/ml
Coef. de correlación (r)	-0.93	-0.79	-0.82
Coef. de determinación (r^2)	0.86	0.62	0.67
Pendiente (b)	-25.3	-54	-68.4

VI. DISCUSIÓN

6.1 Desarrollo larvario del erizo rojo *S. franciscanus*.

La larva de erizo rojo tuvo una longitud de $\pm 200 \mu\text{m}$ en el estadio prisma y de $\pm 675 \mu\text{m}$ para la larva equinopluteus 8 brazos, que comparadas con lo observado por Martínez-López en 1994, donde evaluó el efecto de la densidad a 2 y 4 larvas/ml en la sobrevivencia larvaria con dos raciones alimenticias de *Rhodomonas* sp. (5,000 y 10,000 cél/ml) el tamaño final de la larva fue mayor en este trabajo (Tabla I). No se hizo un análisis estadístico del crecimiento de las larvas durante el experimento debido a que se usaron larvas de un cultivo general, del cual se utilizaron únicamente el número de larvas con la edad requerida para cada experimento. Sin embargo es importante mencionar los tamaños de la larva antes de cada experimento, para tener una referencia del tamaño de las larvas.

6.2 Consumo de *Rhodomonas* sp. en los diferentes estadios larvales de erizo rojo *S. franciscanus*.

El consumo de microalgas por las larvas de erizo se incrementó cuando aumentó la concentración de microalgas. Esta relación de mayor consumo con la mayor densidad de microalgas fue consistente durante el experimento y para los diferentes estadios de desarrollo.

Este resultado coincide con otros autores que señalan que el consumo de microalgas en larvas de invertebrados está directamente relacionada con la cantidad de alimento proporcionada a los organismos (Pérez-Camacho, *et al.*, 1994). En cada uno de los estadios larvales se pudo observar que durante las 4 primeras horas después de suministrar las microalgas (entre 35 y 75%), el mayor consumo siempre correspondió a la mayor concentración de microalgas. Esto es debido a que solo una vez se suministró alimento y a partir de ese momento se realizaron los conteos, inclusive puede observarse como esto se repite entre las 4 y las 8 horas. Otro factor importante que puede justificar estos resultados, es el mecanismo de alimentación de la larva ya que a partir de prisma ésta ya posee un sistema ciliar que cubre todos los bordes del organismo que le ayuda tanto a moverse como a alimentarse, por lo tanto la larva nadadora absorbe a las microalgas disponibles con ayuda de los cilios hacia la boca, dependiendo el consumo de la disponibilidad de alimento. Los resultados siempre conservan este patrón desde que la larva inicia su alimentación en el estadio prisma y los demás estadios larvales; equinopluteus 4 brazos; equinopluteus 6 brazos y equinopluteus 8 brazos.

A partir del estadio prisma, la densidad de 10,000 cél/ml bajó su concentración hasta 3,000 cél/ml durante las 4 primeras horas, esto significa que se consumió un 70% del total de microalgas, quedando el 30% restante para las siguientes horas. Después de las 8 horas el consumo de microalgas fue casi homogéneo, presentándose el mismo patrón para las concentraciones de 2,500 y 5,000 cél/ml de este estadio larval. (Figura 7).

Un panorama similar al obtenido para las larvas en estadio prisma, ocurrió para los otros estadios de desarrollo, equinopluteus 4, 6 y 8 brazos. El consumo disminuyó en función de la concentración, por lo tanto las mayores concentraciones presentaron un mayor consumo. (Figuras 8, 9 y 10).

Estudios realizados por Avilés, *et al.* 1990, donde estimaron los consumos de las microalgas *Isochrysis galbana* y *Tetraselmis chuli* a diferentes concentraciones iniciales, con adultos de almeja catarina *Argopecten circularis*; muestran resultados con comportamientos similares donde todas las concentraciones tienden a cero y los mayores consumos de microalgas se presentaron en la primer hora con las concentraciones más altas, registrándose también en este caso diferencias en el consumo de alimento en función de la especie de microalga y su concentración inicial.

Sin embargo algunos autores (Miller *et al.*, 1999; González *et al.*, 1987; Saito *et al.*, 1989; Salas-Filginger, 1997; Bustos, *et al.*, 1991) no recomiendan suministrar altas concentraciones de alimento ya que los organismos mantienen el consumo aun después de saciar su hambre, repercutiendo esto en una pérdida económica. No obstante, para que las larvas de invertebrados tengan la posibilidad de llegar al estadio de desarrollo juvenil o adulto, se considera que es muy importante una adecuada ración de alimento para un buen desarrollo de larvas y juveniles (Miller, *et al.*, 1999; González *et al.*, 1987; Saito *et al.*, 1989; Martínez-López, 1994; Thompson, 1982; Hart, 1991 y 1996; Minor, *et al.*, 1997; George *et al.*, 1991; Balwin, 1995 y Aldana- Aranda *et al.*, 1998).

Se ha recomendado utilizar una ración inicial de 7,000 cél/ml y aumentar ésta para cada estadio siguiente a equinopluteus 4 brazos hasta equinopluteus 8 brazos, debido a que conforme la larva avanza en su desarrollo va requiriendo una mayor cantidad de alimento (Salas-Filsinger, 1997).

El presente trabajo, recomienda utilizar las mayores concentraciones de los diferentes tratamientos aquí probados para cada estadio de desarrollo larvario, ya que no se consideran excesivas para satisfacer las necesidades de consumo de la larva. El consumo estará sujeto a la disponibilidad de alimento presente. Sin embargo, si se le proporciona a las larvas concentraciones menores a las recomendadas, se podría ocasionar que las larvas no sobrevivan o alcancen su estadio juvenil.

6.3 Tasa de Pastoreo de *Rhodomonas* sp. por los diferentes estadios larvarios de erizo rojo *S. franciscanus*.

La tasas de pastoreo en los diferentes estadios larvarios de erizo rojo a diferentes concentraciones iniciales de la microalga *Rhodomonas* sp. mostraron ser siempre mayores con las mayores concentraciones utilizadas para cada estadio de desarrollo y durante las primeras 4 horas consumo. La disponibilidad del alimento, el mecanismo de alimentación de la larva y el no rellenar las concentraciones iniciales de microalgas cada cuatro horas, fueron las causas principales del comportamiento de las larvas.

En otros experimentos, con postlarvas de abulón rojo *Haliotis rufescens* y abulón azul *H. fulgens* con metodología diferente a la de este trabajo; se observó también que al incrementar la densidad de diatomeas bentónicas se incrementaban la tasas de pastoreo, éstas fueron significativamente diferentes entre ensayos y las tasas de pastoreo incrementaron en función de la edad postlarval (Martínez-Ponce, 1998 y Vélez-Espino, 1999).

Trabajos donde se evaluaron otros mecanismos de alimentación en larvas de equinodermos como: tasa de máximo clareo (Hart,1996), y el método de alimentación por suspensión (Hart,1991); demuestran que altas tasas de clareo son típicas cuando el alimento se encuentra en suspensión.

Por el contrario, en un estudio realizado por Pérez-Camacho, *et al.* (1994), evaluaron los efectos de la concentración y tamaño del cuerpo de microalgas, en las tasas de ingestión de la larva veliger de la almeja *Ruditapes decussatus* con la microalga *Isochrysis galbana*; se demostró que la tasa de clareo decreció cuando la concentración de alimento se incrementó dentro del rango experimental de todas las etapas de desarrollo evaluadas.

Para la larva prisma el mayor pastoreo fue con la concentración de 10,000 cél/ml (475 cél/larva/hora), el cual disminuyó considerablemente a través del tiempo, reduciéndose el pastoreo en función de la disponibilidad de *Rhodomonas sp.* después de las primeras 4 horas. Para cada concentración utilizada durante este estadio larvario se presentó el mismo patrón. Sin embargo, Thompson en 1994, trabajó con larvas de almeja *Crassostrea gigas* alimentándolas con tres microalgas diferentes para determinar el pastoreo por medio microesferas fluorescentes; determinó que el promedio de microesferas consumidas incrementó con el tiempo (cada 20 minutos, durante 2 horas).

Las diferencias ($p < 0.05$) encontradas entre las tres concentraciones utilizadas en prisma, sirvieron para definir que concentración fue la más adecuada, los datos obtenidos se sometieron a estudios estadísticos antes mencionados, donde se determinó que la concentración con mayor asociación entre las variables (tasa de pastoreo vs tiempo), así como pendiente y coeficiente de determinación entre las mismas variables, será la concentración recomendable. Para el caso de prisma la concentración de 10,000 cél/ml fue la adecuada.

Las tasas de pastoreo para las larvas equinopluteus 4, 6 y 8 brazos fueron similares a los obtenidos para la larva prisma, ya que las mayores concentraciones para cada caso tuvieron una asociación superior entre variables. Por lo tanto las concentraciones recomendables a utilizar para cada estadio larval son: para equinopluteus 4 brazos, la concentración de 15,000 cél/ml; mientras que para equinopluteus 6 y 8 brazos la concentración de 20,000 cél/ml.

Al comparar las tasas de pastoreo entre las larvas equinopluteus 6 y 8 brazos, donde se utilizaron las mismas concentraciones de microalgas, se observó que el pastoreo fue similar durante las 24 horas entre uno y otro estadio de desarrollo, y fueron independientes de los tamaños de las larvas de 8 y 6 brazos.

Los resultados obtenidos en este estudio, no son posibles de comparar con otros trabajos, ya que hasta el momento no se han reportado experimentos similares en cuanto a metodología y estadio de desarrollo del erizo rojo, pero existen otros estudios como tasas de pastoreo con postlarvas de abulón rojo y abulón azul, pastoreos por parte del erizo de mar *S. nudus* mediante los efectos del flujo oscilatorio, comparación de tasas de alimento en el desarrollo y formas de la larva equinoplutei de *Paracentrotus lividus* (Lamarck), tasa de alimentación en larvas veliger de almeja *Ruditapes decussatus* y límite de alimentación en el crecimiento de larvas equinoplutei comparados con el desarrollo y formas de la larva en aguas costeras, que

nos permiten tener información acerca de esta medida de alimentación por parte de otras especies de organismos y otros estadios de desarrollo que pueden ayudar para ampliar nuestros conocimientos (Martínez-Ponce, 1998; Vélez-Espino, 1999; Kawamata, 1998; Lucienne *et al.*, 1994; Pérez- Camacho *et al.*, 1994; Lucienne, *et al.*, 1994).

Se recomienda que se hagan experimentos en los estadios larvarios de erizo rojo donde se resustituya la cantidad de alimento cada determinado tiempo a diferentes concentraciones de *Rhodomonas sp*, para generar información sobre el consumo de microalgas en condiciones de alta disponibilidad de alimento en forma permanente. De esta manera podremos evaluar si hay algún momento en que las larvas se saturen de alimento, así el consumo se da de manera mecánica debido al movimiento ciliar natural durante su nado y locomoción. Tomando como referencias las concentraciones de alimento evaluadas en el presente trabajo.

VII . CONCLUSIONES



Ocurrió un mayor consumo de microalgas por las larvas de erizo durante las primeras 4 horas con una disminución gradual a las 8 y 16 horas .



El consumo de microalgas por las larvas de erizo está en función de la densidad o concentración de microalgas presentes. A mayor concentración de alimento mayor consumo y a menor concentración, menor consumo en las concentraciones probadas.



La tasa de pastoreo varió significativamente de acuerdo a la etapa larval y principalmente a la concentración suministrada. A mayor concentración de alimento, la tasa de pastoreo fue mayor.



Las concentraciones fueron satisfactorias para un desarrollo normal de la larva.

VIII.LITERATURA CITADA

- Aldana, A. D., Lucas, A., Brule, T., Salguero, E., Rendón, F.** 1989. Effect of Temperature, Algal Food, Feeding Rate and Density on the Larval Growth of the Milk Conch (*Strombus costatus*) in Mexico. *Aquaculture.*, 76:361-371.
- Arredondo, G. F.** 1994. La Microempresa pesquera en Baja California. Paradigmas. Año 2. No.5. 30-45.
- Avilés, Q. M. A., Muciño, D., M. O. y Mazón, S. J. M.** 1990. "Estimación de la tasa de filtración de la almeja catarina *Argopecten circularis* a partir del consumo de *Isochrysis galbana* y *Tetraselmis chuli*." IV Congreso Nacional de Acuicultura AMAC '90, Hermosillo, Sonora; México.
- Balwin, S.B. y Newell, I. E.** 1991. Omnivorous feeding by planktotrophic larvae of the eastern oyster *Crassostrea virginica*. *Marine Ecology Progress Series.*, 78:285-301.
- Balwin, S.B.** 1995. Feeding rate responses of oyster larvae (*Crassostrea virginica*) to seston quality and composition. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 189:77-91.
- Bardach, J.E., Ryther, J.H., y McLarney, W.O.** 1986. "Acuicultura: crianza y cultivo de organismos marinos y de agua dulce". 1ra. Ed. México. 741 pp.
- Bustos, R. E., Godoy, C., Olave, S. y Troncoso.** 1991. "Desarrollo de Técnicas de Producción de Semillas y Repoblación de recursos bentónicos. Parte

- I. Investigaciones en el erizo chileno *Loxechinus albus* (Molina, 1972)". Instituto de Fomento Pesquero, Santiago de Chile, PNUD. Impresos XIMPAUSER. pp 1-60.
- Cahalan, J.A., Siddall, S. E. y Luckenbach, M.W.** 1989. "Effects of flow velocity, food concentration and particle flux on growth rates of juvenile bay scallops *Argopecten irradians*". J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 129:45-60.
- Cerón-Ortíz, A .N.** 2000. "Evaluación de tres mezclas de microalgas sobre el crecimiento de la almeja mano de león *Lyropecten (Nodipecten) subnodosus*". Tesis de maestría. CICESE. Ensenada, B. C. MÉXICO. 87pp.
- Cota, V. A., Aguilar, M. D., Romero, M. M., Solana, S. R. y Uribe O. F.** 1997. "Análisis de la Pesquería del Erizo Rojo *Strongylocentrotus franciscanus* y morado *S. purpuratus*, en la Costa Noroccidental de Baja California. Ciencia Pesquera. No. 12. 68-75.
- Coutteau, P., K. Curé y P. Sorgeloos.** 1994. "Effect of algal ration on feeding and growth of juvenile manila clam *Tapes philippinarum* . (Adams and Reeve) Journal of Shellfish Research". 13(1):47-55.
- Cranford, P.J. y Grant J.** 1990. "Particle clearance and absorption of phytoplankton and detritus by the sea scallop *Placopecten magellanicus* (Gmelin)". J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 137:105-121.
- Diario Oficial de la Federación del día 21 de julio de 1992.** Artículos 34-V y 45-III de la ley de pesca.

- Fonseca-Madrigal, J.** 2001. Efecto de seis dietas microalgales en el desarrollo larvario, metamorfosis y obtención de juveniles del erizo morado *Strongylocentrotus purpuratus* (STIMPSON) . Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Baja California. 101 pp.
- Emlét, R. B., McEduard, L.R.; Strathmann, R. R.** 1987. "Echinoderm larval ecology Viewed from the egg", en : "Echinoderms studies". Vol. II (M. Jangoux y J. M. Lawrence, eds.) A. A. Balkena, Rotterdam. pp. 55-136.
- Ernest, G. S.** 1997. A century of sea urchin development. Amer. Zool. 37:250-259.
- George, S. B., Laurence, J. M. y Fenaux, L.** 1991. The effect of food ration on the quality of eggs of *Luidia clathrata* (Say) (Echinodermata: Asteroidea). *Invertebrate Reproduction and Development*, 20(3):237-242.
- González, L.P.; J.C. Castilla y Ch. Guisado.** 1987. "Effect on the larval diet and rearing Temperature on metamorphosis and juvenile survival of the edible sea urchin *Loxechinus albus* (Molina, 1972) (Echinoidea: Echinodae)". J. Shellfish Research. 6(2):109-115.
- Hart, W. M.** 1991. Particle Captures and the Method of Suspension Feeding by Echinoderm Larvae. *Biol. Bull.*, 180:12-27.
- Hart, W. M.** 1996. Variation In suspension feeding rates among larvae of some temperate, eastern Pacific echinoderms. *Invertebrate Biology*, 115(1):30-45.
- Hinegardner, R.T.** 1969. "Growth and development of the laboratory cultures sea Urchin". *Biol. Bull.* 137:465-475.

- Hinegardner, R.T.** 1975. "Morphology and genetics of sea urchin development". *Amer. Zool.* 15:679-689.
- Haney, J. F.** 1973. An *in situ* examination of the grazing activities of natural zooplankton communities. *Arch. Hydrobiol.*, 72:87-132.
- Hyman, L.H.** 1955. *The invertebrates: Echinodermata.* Mc Graw Hill Book Co. New York, USA. 763 pp.
- Kato, S., y C. Schroeter.** 1985. "Biology of the sea urchin *Strongylocentrotus franciscanus* and its fishery in California". *Mar. Fish. Rev.* 47(3):1-20.
- Kawamata, S.** 1998. Efect of wave-induced oscillatory flow on grazing by a subtidal sea urchin *Strongylocentrotus nudus* (A. Agassiz). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 224:31-48.
- Lafarga-De la Cruz, F.** 1997. "Relación entre el consumo de nutrientes y los cambios en la composición bioquímica de *Rhodomonas* sp. cultivada con medio f/2 y fertilizantes agrícolas". Tesis de Licenciatura. F.C.M., U.A.B.C. Ensenada, B.C.. 50 pp.
- Lafarga-De la Cruz, F.** 2000. "Interacción entre luz, consumo de nutrientes, composición celular y producción de *Rhodomonas* sp. en cultivos estáticos". Tesis de Maestría. F.C.M., U.A.B.C. I.I.O. Ensenada, B. C. 132 pp.
- Lucienne, F., Strathmann, M. F. y Strathmann, R. R.** 1994. "Five tests of food-limited growth of larvae in coastal waters by comparisons of rates of development and from of echunoplutei" *Limnol.Oceanogr.*,39(1). 84-98.

- Martínez- López, R. E.** 1994. "Descripción del desarrollo larvario en el erizo rojo *Strongylocentrotus franciscanus* (Echinoidea: Echinodermata), y efectos de la densidad, ración alimenticia y cambios de agua". Tesis de Licenciatura F. C. M., U.A.B.C. Enseada, B.C.. 50 pp.
- Martínez-Ponce, D. R.** 1998."Intensidad del Pastoreo de Poslarvas de abulón rojo *Haliotis rufences* (Mollusca: Gatrópoda) en condiciones de cultivo". Tesis de Licenciatura. U.A.B.C. F.C.M. Eda.Baja California, México. 57 pp.
- Miller, R.M.** 1989. "Commercial culture of the giant red sea urchin *Strongylocentritus franciscanus* In Hawaii". Abstract, 1989. Annual Meeting; National Shellfishes Association. Seattle. Washington. 414 pp.
- Minor, A. M.** 1997. Effects of food ration and feeding regime on growth and reproduction of the sea urchin *Stongylocentrotus droebachiensis*. *Marine Biology*, 129:159-167.
- Monroy, A.** 1986. "A centenal debt of development biology to the sea urchin" *Biol. Bull.*171:509-519.
- Pérez-Camacho, A., Beiras. R. y Albentosa, M.** 1989. "Effects of algal food concentration and body size on the ingestion rates of *Ruditapes decussates* (Bivalvia) veliger larvae". *Mar. Ecol. Prog. Ser.* Vol. 115:87-97.
- Persoone, G. y C. Claus.** 1980. "Mass culture of algae: A bottleneck in nursery culturing of mollusks. En: Shelef, G. Y C.J. Soeder (Eds.) *Algae Biomass*". Elsevier/ Noorth Holland Biomedical Press., Amsterdam.
- Reyes- Castañeda, P.**1980. *Bioestadística Aplicada*. Editorial Trillas. México. 217pp.

- Saito , K., Yamashita, K., Tajima , K. And Kamamura, K.** 1989. "Manual of artificial seed production of sea urchin *Strongylocentrotus intermedius*". Hokkaido Institute of Mariculture. Hokkaido , Japan.
- Salas- Filsinger, A.** 1997. Efectos de la densidad, perioricidad en el suministro de alimento y ración alimenticia en un cultivo piloto comercial de larvas de erizo rojo *Strongylocentrotus franciscanus*. Tesis de Oceanología. Universidad Autónoma de Baja California.38 pp.
- Secretaría de Pesca. Anuario Estadístico de Pesca.** 1998. SEMARNAP .Dirección General de Información y Registro Pesquero. Ed . México. México,D.F. 241 pp.
- Schurink , C.V.E. y C.L. Griffiths.** 1992. "Physiological energetics of four south African mussel species in relation to body size, ration and temperature". Comp. Biochem.Physiol. 101A(4):779-789.
- Smith, R.I. y J.T. Carlton, 1975.**"Lihgts Manual Intertidial Invertebrates of the Central California Coasts". 3a. ed. University of California Press. 710 pp.
- Sokal, R. R. y Rohlf, J. R.** 1979. Principios y Métodos Estadísticos en la Investigación Biológica.. Madrid, España. 823 pp.
- Steel, R.G.D. &Torrie, J.H.** 1980. "Principles and procedures of statistics. A biometrics approach". McGraw-Hills Book Co., New York, NY 633pp.
- Stephens, R.E.** 1972. "Studies on the development of sea unchin *Strongylocentrotus droebachiensis* I. Ecology and Normal Development. Biol." Bull. 142: 132-144.

- Strathmann, R. R.** 1971. "The feeding behavior of planktotrophic echinoderm larvae: mechanisms, regulation, and rates of suspension-feeding". *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 6:109-160.
- Strathmann, R.R.** 1978. "Larval settlement in echinoderms", en "Settlement and Metamorphosis of Marine Invertebrates Larvae". (F.S. Chia y M. Rice, eds.). Elsevier/North Holland; Amsterdam. Pp. 235-246.
- Strathmann, M.F.** 1987. "Phylum Echinodermata, class Echinoidea, en: Reproduction and Development of Marine Invertebrates of the Northern Pacific Coast". University of Washington Press. Seattle, Washington. 670 pp.
- Thompson, A. P., Montagnes, D.J.S., Shaw, A.B. y Harrison, P.J.** 1994. The influence of three algal filtrates on the grazing rate of larval oysters (*Crassostrea gigas*), determined by fluorescent microspheres. *Aquaculture*, 119:237-247.
- Thompson, R. J.** 1982. The relationship Between Food Ration and Reproductive Effort in the Green Sea Urchin, *Stongylocentrotus droebachiesnsis*. *Oecología*.56:50-57
- Valenzuela-Espinoza, E.** 1997. "Uso de un medio alterno al f/2 para cultivo de *Isochrysis aff. Galbana* (Clone T-iso)". Tesis de Maestría, F.C.M., I.I.O., U.A.B.C. Ensenada, B.C. 51 pp.
- Vélez-Espino, L. A.** 1999. "Determinación de tasas de pastoreo y de crecimiento de postlarvas de abulón azul, *H. fulgens*, en distintas densidades de la diatomea bentónica *Navicula incerta*." Tesis de Maestría, F. C. M., I. I. O., U. A. B. C. Ensenada, B. C. 79 pp.

- Webb, K.L. y Chu, F.L.** 1982. "Phytoplankton as a food source for bivalve larvae". In G.D. Pruder, C. Langdon y D. Conklin (Eds.), Biochemical and physiological Approaches to Shellfish Nutrition. Wld. Mari. Soc. Spec. Publ. 2, Baton Rouse, Lousiana. 272-291.
- Zar, J. H.** 1984. Biostatistical análisis 2 ed. Englewood Cliffs; N. J. Prentice –Hall, 718 pp.
- Zúñiga-Cortés.** 1994. "Desove, fertilización y desarrollo larval del erizo rojo *S. franciacanus*". Memorias del Servicio Social. Tesis de Licenciatura para Oceanólogo. Ensenada, B. C. México. pp.

ANEXO

TABLA A. Prueba *a posteriori* de Tukey para el consumo de microalga *Rhodomonas* sp. por la larva prisma, a través del tiempo. (NS= No significativo ($\alpha > 0.05$), *=significativo ($0.01 < \alpha < 0.05$), **= muy significativo ($0.001 < \alpha < 0.01$) y ***= altamente significativo ($\alpha < 0.001$)).

4 HORAS:

CONCENTRACIONES	[2,500 cél/ml]	[5,000 cél/ml]	[10,000 cél/ml]
[2,500 cél/ml]	-----	***	***
[5,000 cél/ml]	***	-----	***
[10,000 cél/ml]	***	***	-----

8 HORAS:

CONCENTRACIONES	[2,500 cél/ml]	[5,000 cél/ml]	[10,000 cél/ml]
[2,500 cél/ml]	-----	NS	***
[5,000 cél/ml]	NS	-----	*
[10,000 cél/ml]	***	*	-----

24 HORAS:

CONCENTRACIONES	[2,500 cél/ml]	[5,000 cél/ml]	[10,000 cél/ml]
[2,500 cél/ml]	-----	*	**
[5,000 cél/ml]	*	-----	NS
[10,000 cél/ml]	**	NS	-----

TABLA B. Prueba *a posteriori* de Tukey para el consumo de microalga *Rhodomonas* sp. por la larva equinopluteus 4 brazos, a través del tiempo . (NS= No significativo ($\alpha > 0.05$), *=significativo ($0.01 < \alpha < 0.05$), **= muy significativo ($0.001 < \alpha < 0.01$) y ***= altamente significativo ($\alpha < 0.001$)).

4 HORAS:

CONCENTRACIONES	[5,000 cél/ml]	[10,000 cél/ml]	[15,000 cél/ml]
[5,000 cél/ml]	-----	***	***
[10,000 cél/ml]	***	-----	***
[15,000 cél/ml]	***	***	-----

8 HORAS:

CONCENTRACIONES	[5,000 cél/ml]	[10,000 cél/ml]	[15,000 cél/ml]
[5,000 cél/ml]	-----	NS	***
[10,000 cél/ml]	NS	-----	NS
[15,000 cél/ml]	***	NS	-----

TABLA C. Prueba *a posteriori* de Tukey para el consumo de microalga *Rhodomonas* sp. por la larva equinopluteus 6 brazos, a través del tiempo. (NS= No significativo ($\alpha > 0.05$), *=significativo ($0.01 < \alpha < 0.05$), **= muy significativo ($0.001 < \alpha < 0.01$) y ***= altamente significativo ($\alpha < 0.001$)).

4 HORAS:

CONCENTRACIONES	[10,000 cél/ml]	[15,000 cél/ml]	[20,000 cél/ml]
[10,000 cél/ml]	-----	***	***
[15,000 cél/ml]	***	-----	***
[20,000 cél/ml]	***	***	-----

8 HORAS:

CONCENTRACIONES	[10,000 cél/ml]	[15,000 cél/ml]	[20,000 cél/ml]
[10,000 cél/ml]	-----	NS	NS
[15,000 cél/ml]	NS	-----	*
[20,000 cél/ml]	NS	*	-----

TABLA D. Prueba *a posteriori* de Tukey para el consumo de microalga *Rhodomonas* sp. por la larva equinopluteus 8 brazos, a través del tiempo . (NS= No significativo ($\alpha > 0.05$), *=significativo ($0.01 < \alpha < 0.05$), **= muy significativo ($0.001 < \alpha < 0.01$) y ***= altamente significativo ($\alpha < 0.001$)).

4 HORAS:

CONCENTRACIONES	[10,000 cél/ml]	[15,000 cél/ml]	[20,000 cél/ml]
[10,000 cél/ml]	-----	*	NS
[15,000 cél/ml]	*	-----	NS
[20,000 cél/ml]	NS	NS	-----

8 HORAS:

CONCENTRACIONES	[10,000 cél/ml]	[15,000 cél/ml]	[20,000 cél/ml]
[10,000 cél/ml]	-----	NS	NS
[15,000 cél/ml]	NS	-----	*
[20,000 cél/ml]	NS	*	-----

16 HORAS:

CONCENTRACIONES	[10,000 cél/ml]	[15,000 cél/ml]	[20,000 cél/ml]
[10,000 cél/ml]	-----	NS	*
[15,000 cél/ml]	NS	-----	NS
[20,000 cél/ml]	*	NS	-----

24 HORAS:

CONCENTRACIONES	[10,000 cél/ml]	[15,000 cél/ml]	[20,000 cél/ml]
[10,000 cél/ml]	-----	NS	***
[15,000 cél/ml]	NS	-----	***
[20,000 cél/ml]	***	***	-----

TABLA E. Prueba *a posteriori* de Tukey para la tasa de pastoreo de microalga *Rhodomonas* sp. por la larva prisma, a través del tiempo . (NS= No significativo ($\alpha > 0.05$), *=significativo ($0.01 < \alpha < 0.05$), **= muy significativo ($0.001 < \alpha < 0.01$) y ***= altamente significativo ($\alpha < 0.001$)).

4 HORAS:

CONCENTRACIONES	[2,500 cél/ml]	[5,000 cél/ml]	[10,000 cél/ml]
[2,500 cél/ml]	-----	***	***
[5,000 cél/ml]	***	-----	***
[10,000 cél/ml]	***	***	-----

8 HORAS:

CONCENTRACIONES	[2,500 cél/ml]	[5,000 cél/ml]	[10,000 cél/ml]
[2,500 cél/ml]	-----	NS	***
[5,000 cél/ml]	NS	-----	***
[10,000 cél/ml]	***	***	-----

24 HORAS:

CONCENTRACIONES	[2,500 cél/ml]	[5,000 cél/ml]	[10,000 cél/ml]
[2,500 cél/ml]	-----	**	**
[5,000 cél/ml]	**	-----	NS
[10,000 cél/ml]	**	NS	-----

TABLA F. Prueba *a posteriori* de Tukey para la tasa de pastoreo de microalga *Rhodomonas* sp. por la larva equinopluteus 4 brazos, a través del tiempo. (NS= No significativo ($\alpha > 0.05$), *=significativo ($0.01 < \alpha < 0.05$), **= muy significativo ($0.001 < \alpha < 0.01$) y ***= altamente significativo ($\alpha < 0.001$)).

4 HORAS:

CONCENTRACIONES	[5,000 cél/ml]	[10,000 cél/ml]	[15,000 cél/ml]
[5,000 cél/ml]	-----	***	***
[10,000 cél/ml]	***	-----	***
[15,000 cél/ml]	***	***	-----

8 HORAS:

CONCENTRACIONES	[5,000 cél/ml]	[10,000 cél/ml]	[15,000 cél/ml]
[5,000 cél/ml]	-----	***	***
[10,000 cél/ml]	***	-----	NS
[15,000 cél/ml]	***	NS	-----

16 HORAS:

CONCENTRACIONES	[5,000 cél/ml]	[10,000 cél/ml]	[15,000 cél/ml]
[5,000 cél/ml]	-----	NS	***
[10,000 cél/ml]	NS	-----	NS
[15,000 cél/ml]	***	NS	-----

TABLA G. Prueba *a posteriori* de Tukey para la tasa de pastoreo de microalga *Rhodomonas* sp. por la larva equinopluteus 6 brazos, a través del tiempo. (NS= No significativo ($\alpha > 0.05$), *=significativo ($0.01 < \alpha < 0.05$), **= muy significativo ($0.001 < \alpha < 0.01$) y ***= altamente significativo ($\alpha < 0.001$)).

4 HORAS:

CONCENTRACIONES	[10,000 cél/ml]	[15,000 cél/ml]	[20,000 cél/ml]
[10,000 cél/ml]	-----	**	**
[15,000 cél/ml]	**	-----	NS
[20,000 cél/ml]	**	NS	-----

8 HORAS:

CONCENTRACIONES	[10,000 cél/ml]	[15,000 cél/ml]	[20,000 cél/ml]
[10,000 cél/ml]	-----	**	**
[15,000 cél/ml]	**	-----	NS
[20,000 cél/ml]	**	NS	-----

24 HORAS:

CONCENTRACIONES	[10,000 cél/ml]	[15,000 cél/ml]	[20,000 cél/ml]
[10,000 cél/ml]	-----	NS	NS
[15,000 cél/ml]	NS	-----	***
[20,000 cél/ml]	NS	***	-----

TABLA H. Prueba *a posteriori* de Tukey para la tasa de pastoreo de microalga *Rhodomonas* sp. por la larva equinopluteus 8 brazos, a través del tiempo . (NS= No significativo ($\alpha > 0.05$), *=significativo ($0.01 < \alpha < 0.05$), **= muy significativo ($0.001 < \alpha < 0.01$) y ***= altamente significativo ($\alpha < 0.001$))

4 HORAS:

CONCENTRACIONES	[10,000 cél/ml]	[15,000 cél/ml]	[20,000 cél/ml]
[10,000 cél/ml]	-----	***	***
[15,000 cél/ml]	***	-----	***
[20,000 cél/ml]	***	***	-----

16 HORAS:

CONCENTRACIONES	[10,000 cél/ml]	[15,000 cél/ml]	[20,000 cél/ml]
[10,000 cél/ml]	-----	*	NS
[15,000 cél/ml]	*	-----	*
[20,000 cél/ml]	NS	*	-----

24 HORAS:

CONCENTRACIONES	[10,000 cél/ml]	[15,000 cél/ml]	[20,000 cél/ml]
[10,000 cél/ml]	-----	NS	NS
[15,000 cél/ml]	NS	-----	*
[20,000 cél/ml]	NS	*	-----

TABLA I. Consumo de la microalga *Rhodomonas* sp. para prisma con la concentración de 2,500 cél/ml.

n	X	y	x ²	y ²	x*y	(x-prom x)	(y-prom y)	(x-prom x)*(y-prom y)	(x-prom x) ²	(y-prom y) ²	s ² x*y
1	4	1250	16	1562500	5000	-9	212.166667	-1909.5	81	45014.6944	75857.1429
2	4	1528	16	2334784	6112	-9	490.166667	-4411.5	81	240263.361	92727.7714
3	4	1389	16	1929321	5556	-9	351.166667	-3160.5	81	123318.028	84292.4571
4	4	1389	16	1929321	5556	-9	351.166667	-3160.5	81	123318.028	84292.4571
5	4	1528	16	2334784	6112	-9	490.166667	-4411.5	81	240263.361	92727.7714
6	4	1806	16	3261636	7224	-9	768.166667	-6913.5	81	590080.028	109598.4
7	4	1667	16	2778889	6668	-9	629.166667	-5662.5	81	395850.694	101163.086
8	4	1389	16	1929321	5556	-9	351.166667	-3160.5	81	123318.028	84292.4571
9	4	1667	16	2778889	6668	-9	629.166667	-5662.5	81	395850.694	101163.086
10	8	972	64	944784	7776	-5	-65.8333333	329.166667	25	4334.02778	58986.5143
11	8	833	64	693889	6664	-5	-204.833333	1024.16667	25	41956.6944	50551.2
12	8	972	64	944784	7776	-5	-65.8333333	329.166667	25	4334.02778	58986.5143
13	8	833	64	693889	6664	-5	-204.833333	1024.16667	25	41956.6944	50551.2
14	8	1111	64	1234321	8888	-5	73.1666667	-365.83333	25	5353.36111	67421.8286
15	8	1250	64	1562500	10000	-5	212.166667	-1060.8333	25	45014.6944	75857.1429
16	8	1389	64	1929321	11112	-5	351.166667	-1755.8333	25	123318.028	84292.4571
17	8	1250	64	1562500	10000	-5	212.166667	-1060.8333	25	45014.6944	75857.1429
18	8	1111	64	1234321	8888	-5	73.1666667	-365.83333	25	5353.36111	67421.8286
19	16	833	256	693889	13328	3	-204.833333	-614.5	9	41956.6944	50551.2
20	16	972	256	944784	15552	3	-65.8333333	-197.5	9	4334.02778	58986.5143
21	16	972	256	944784	15552	3	-65.8333333	-197.5	9	4334.02778	58986.5143
22	16	1250	256	1562500	20000	3	212.166667	636.5	9	45014.6944	75857.1429
23	16	1250	256	1562500	20000	3	212.166667	636.5	9	45014.6944	75857.1429
24	16	1250	256	1562500	20000	3	212.166667	636.5	9	45014.6944	75857.1429
25	16	1389	256	1929321	22224	3	351.166667	1053.5	9	123318.028	84292.4571
26	16	694	256	481636	11104	3	-343.833333	-1031.5	9	118221.361	42115.8857
27	16	278	256	77284	4448	3	-759.833333	-2279.5	9	577346.694	16870.6286
28	24	694	576	481636	16656	11	-343.833333	-3782.1667	121	118221.361	42115.8857
29	24	417	576	173889	10008	11	-620.833333	-6829.1667	121	385434.028	25305.9429
30	24	556	576	309136	13344	11	-481.833333	-5300.1667	121	232163.361	33741.2571
31	24	833	576	693889	19992	11	-204.833333	-2253.1667	121	41956.6944	50551.2
32	24	556	576	309136	13344	11	-481.833333	-5300.1667	121	232163.361	33741.2571
33	24	556	576	309136	13344	11	-481.833333	-5300.1667	121	232163.361	33741.2571
34	24	694	576	481636	16656	11	-343.833333	-3782.1667	121	118221.361	42115.8857
35	24	417	576	173889	10008	11	-620.833333	-6829.1667	121	385434.028	25305.9429
36	24	417	576	173889	10008	11	-620.833333	-6829.1667	121	385434.028	25305.9429
	468	37362	8208	44505188	397788	0	8.1855E-12	-87918	2124	5729659	2267339.66
(varianza de y) S ₂ y=				163704.5				S _{xy}	S _{Cx}	S _{cy}	(s ² x*y) _p

TABLA J. Consumo de la microalga *Rhodomonas* sp. para prisma con la concentración de 5,000 cél/ml.

n	X	y	x ²	y ²	x*y	(x-prom x)	(y-prom y)	(x- prom x)*(y-prom y)	(x-prom x) ²	(y-prom y) ²	s2x*y
1	4	2361	16	5574321	9444	-9	1323.16667	-11908.5	81	395221.778	143278.971
2	4	2778	16	7717284	11112	-9	1740.16667	-15661.5	81	1093418.78	168584.914
3	4	2639	16	6964321	10556	-9	1601.16667	-14410.5	81	822044.444	160149.6
4	4	3056	16	9339136	12224	-9	2018.16667	-18163.5	81	1752093.44	185455.543
5	4	2639	16	6964321	10556	-9	1601.16667	-14410.5	81	822044.444	160149.6
6	4	2639	16	6964321	10556	-9	1601.16667	-14410.5	81	822044.444	160149.6
7	4	2222	16	4937284	8888	-9	1184.16667	-10657.5	81	239773.444	134843.657
8	4	3194	16	10201636	12776	-9	2156.16667	-19405.5	81	2136469.44	193830.171
9	4	3889	16	15124321	15556	-9	2851.16667	-25660.5	81	4651211.11	236006.743
10	8	694	64	481636	5552	-5	-343.833333	1719.16667	25	1078136.11	42115.8857
11	8	1806	64	3261636	14448	-5	768.166667	-3840.8333	25	5426.77778	109598.4
12	8	278	64	77284	2224	-5	-759.833333	3799.16667	25	2115085.44	16870.6286
13	8	1528	64	2334784	12224	-5	490.166667	-2450.8333	25	41752.1111	92727.7714
14	8	2222	64	4937284	17776	-5	1184.16667	-5920.8333	25	239773.444	134843.657
15	8	1806	64	3261636	14448	-5	768.166667	-3840.8333	25	5426.77778	109598.4
16	8	1389	64	1929321	11112	-5	351.166667	-1755.8333	25	117877.778	84292.4571
17	8	2778	64	7717284	22224	-5	1740.16667	-8700.8333	25	1093418.78	168584.914
18	8	2917	64	8508889	23336	-5	1879.16667	-9395.8333	25	1403435.11	177020.229
19	16	556	256	309136	8896	3	-481.833333	-1445.5	9	1383760.11	33741.2571
20	16	1528	256	2334784	24448	3	490.166667	1470.5	9	41752.1111	92727.7714
21	16	278	256	77284	4448	3	-759.833333	-2279.5	9	2115085.44	16870.6286
22	16	1111	256	1234321	17776	3	73.1666667	219.5	9	386055.111	67421.8286
23	16	1667	256	2778889	26672	3	629.166667	1887.5	9	4268.44444	101163.086
24	16	1111	256	1234321	17776	3	73.1666667	219.5	9	386055.111	67421.8286
25	16	1389	256	1929321	22224	3	351.166667	1053.5	9	117877.778	84292.4571
26	16	1111	256	1234321	17776	3	73.1666667	219.5	9	386055.111	67421.8286
27	16	1528	256	2334784	24448	3	490.166667	1470.5	9	41752.1111	92727.7714
28	24	694	576	481636	16656	11	-343.833333	-3782.1667	121	1078136.11	42115.8857
29	24	1667	576	2778889	40008	11	629.166667	6920.83333	121	4268.44444	101163.086
30	24	278	576	77284	6672	11	-759.833333	-8358.1667	121	2115085.44	16870.6286
31	24	1389	576	1929321	33336	11	351.166667	3862.83333	121	117877.778	84292.4571
32	24	1111	576	1234321	26664	11	73.1666667	804.833333	121	386055.111	67421.8286
33	24	1111	576	1234321	26664	11	73.1666667	804.833333	121	386055.111	67421.8286
34	24	1389	576	1929321	33336	11	351.166667	3862.83333	121	117877.778	84292.4571
35	24	1944	576	3779136	46656	11	906.166667	9967.83333	121	44802.7778	117973.029
36	24	1667	576	2778889	40008	11	629.166667	6920.83333	121	4268.44444	101163.086
	468	62364	8208	1.36E+08	659476	0	25002	-151256	2124	27951742	3784603.89
Prom x=		13						Sxy	SCx	Scy	(s2x*y)p

TABLA K. Consumo de la microalga *Rhodomonas* sp. para prisma con la concentración de 10,000 cél/ml.

n	X	y	x ²	y ²	x*y	(x-prom x)	(y-prom y)	(x- prom x)*(y-prom y)	(x-prom x) ²	(y-prom y) ²	s ² x*y
1	4	6389	16	40819321	25556	-9	5351.16667	-48160.5	81	11658620.6	387721.029
2	4	6250	16	39062500	25000	-9	5212.16667	-46909.5	81	10728718.3	379285.714
3	4	6250	16	39062500	25000	-9	5212.16667	-46909.5	81	10728718.3	379285.714
4	4	6111	16	37344321	24444	-9	5073.16667	-45658.5	81	9837458	370850.4
5	4	5972	16	35664784	23888	-9	4934.16667	-44407.5	81	8984839.72	362415.086
6	4	5556	16	30869136	22224	-9	4518.16667	-40663.5	81	6663998.83	337169.829
7	4	6667	16	44448889	26668	-9	5629.16667	-50662.5	81	13634351.1	404591.657
8	4	6250	16	39062500	25000	-9	5212.16667	-46909.5	81	10728718.3	379285.714
9	4	6389	16	40819321	25556	-9	5351.16667	-48160.5	81	11658620.6	387721.029
10	8	2083	64	4338889	16664	-5	1045.16667	-5225.8333	25	794821.779	126408.343
11	8	833	64	693889	6664	-5	-204.833333	1024.16667	25	4586141.22	50551.2
12	8	1806	64	3261636	14448	-5	768.166667	-3840.8333	25	1365457.17	109598.4
13	8	3056	64	9339136	24448	-5	2018.16667	-10090.833	25	6637.72299	185455.543
14	8	2917	64	8508889	23336	-5	1879.16667	-9395.8333	25	3309.44522	177020.229
15	8	2917	64	8508889	23336	-5	1879.16667	-9395.8333	25	3309.44522	177020.229
16	8	3333	64	11108889	26664	-5	2295.16667	-11475.833	25	128502.334	202265.486
17	8	3333	64	11108889	26664	-5	2295.16667	-11475.833	25	128502.334	202265.486
18	8	5139	64	26409321	41112	-5	4101.16667	-20505.833	25	4684940	311863.886
19	16	972	256	944784	15552	3	-65.8333333	-197.5	9	4010117.5	58986.5143
20	16	694	256	481636	11104	3	-343.833333	-1031.5	9	5200806.95	42115.8857
21	16	1389	256	1929321	22224	3	351.166667	1053.5	9	2513898.33	84292.4571
22	16	1528	256	2334784	24448	3	490.166667	1470.5	9	2092442.61	92727.7714
23	16	2222	256	4937284	35552	3	1184.16667	3552.5	9	566298.056	134843.657
24	16	1667	256	2778889	26672	3	629.166667	1887.5	9	1709628.89	101163.086
25	16	2222	256	4937284	35552	3	1184.16667	3552.5	9	566298.056	134843.657
26	16	694	256	481636	11104	3	-343.833333	-1031.5	9	5200806.95	42115.8857
27	16	1528	256	2334784	24448	3	490.166667	1470.5	9	2092442.61	92727.7714
28	24	972	576	944784	23328	11	-65.8333333	-724.16667	121	4010117.5	58986.5143
29	24	694	576	481636	16656	11	-343.833333	-3782.1667	121	5200806.95	42115.8857
30	24	1389	576	1929321	33336	11	351.166667	3862.83333	121	2513898.33	84292.4571
31	24	1528	576	2334784	36672	11	490.166667	5391.83333	121	2092442.61	92727.7714
32	24	2222	576	4937284	53328	11	1184.16667	13025.8333	121	566298.056	134843.657
33	24	1667	576	2778889	40008	11	629.166667	6920.83333	121	1709628.89	101163.086
34	24	2222	576	4937284	53328	11	1184.16667	13025.8333	121	566298.056	134843.657
35	24	694	576	481636	16656	11	-343.833333	-3782.1667	121	5200806.95	42115.8857
36	24	1528	576	2334784	36672	11	490.166667	5391.83333	121	2092442.61	92727.7714
	468	107083	8208	4.73E+08	943312	0	69721	-448767	2124	154231145	6498408.34
prom x=		13						Sxy	SCx	Scy	(s ² x*y) _p

TABLA L. Comparación entre más de dos pendientes del consumo de la microalga *Rhodomonas* sp. para prisma con las tres concentraciones utilizadas.

	N	SCx	Scxy	Scy	Scres	gl res	b
	n1	A1	B1	C1			
REG1	36	2124	-87918	5729659	2090499.53	34	-41.3926554
REG2	36	2124	-151256	27951742	17180377.8	34	-71.212806
REG3	36	2124	-448767	154231145	59413903.8	34	-211.283898
	108	6372	-687941	187912546	78684781.1	98	-107.96312
		Ac	Bc	Cc	SCp	g.l.comun	bc

TABLA M. Prueba *a posteriori* de la comparación entre más de dos pendientes del consumo de la microalga *Rhodomonas* sp. para prisma con las tres concentraciones utilizadas.

TUKEY					
	1	2	3		
	-41.3926554	-71.212806	-211.283898		
	DIFERENCIA SE	q	q cri=0.05(3)102	conclusion	
3__- 2	-140.071092	19.05	-7.35281324	3.356	se rechaza Ho por lo tanto son diferentes b3 y b2
3__- 1	-169.891243	19.05	-8.91817548	3.356	se rechaza Ho por lo tanto son diferentes b3 y b1
2__- 1	-29.8201507	19.05	-1.56536224	3.356	se acepta Ho por lo tanto son iguales b2 y b1

TABLA N. Comparación de más de dos coeficientes de correlación para el consumo de la microalga *Rhodomonas* sp. en el estadio prisma .

Prisma								
I	ri	zi	zi ²	ni	ni-3	(ni-3)*zi	(ni-3)*(zi) ²	
1	0.82	1.1568	1.33822665	36	33	38.1749763	44.1614793	
2	0.67	0.8107	0.65730442	36	33	26.7545231	21.6910457	
3	0.84	1.2212	1.49126476	36	33	40.2987261	49.2117371	
					99	105.228226	115.064262	

$z = 0.5 * (\ln(1+r)/(1-r)) =$

$X^2_0 = 3.21598$

$x^2_{crit} = x^2_{0.05, 2} = 5.99$

si $x^2_0 > x^2_{crit}$ se rechaza la H_0 y se hace aposterioro de TUKEY.

Si $x^2_0 < x^2_{crit}$ se acepta la H_0 y se hace una r comun o ponderada. Z_w

$Z_w = 1.06291$ por lo tanto las tres r's son igules para prisma

TABLA Ñ. Tasa de Pastoreo promedio de la larva de erizo *S. franciscanus* en el estadio prisma con sus respectivos tratamientos durante 24 horas (\pm error estándar).

TRATAMIENTO	Tiempo (Horas)	Tasa de Pastoreo (cél/larva/hora)
TRATAMIENTO I [2.500 cél/ml].	4	124 (± 7.3)
	8	50 (± 6.9)
	16	5 (± 6.1)
	24	16 (± 3.7)
TRATAMIENTO II [5.000 cél/ml]	4	272(± 20.8)
	8	128(± 24.3)
	16	28(± 9.6)
	24	-4(± 4.6)
TRATAMIENTO III [10.000 cél/ml]	4	475(± 12.9)
	8	391 (± 46.5)
	16	30(± 7.8)
	24	0 (0)

TABLA O. Tasa de Pastoreo promedio de la larva de erizo *S. franciscanus* en el estadio equinopluteus 4 brazos con sus respectivos tratamientos durante 24 horas (\pm error estándar).

	Tiempo (Horas)	Tasa de Pastoreo (cél/larva/hora)
TRATAMIENTO I [5.000 cél/ml]	4	438(\pm 12.2)
	8	11(\pm 29.1)
	16	20(\pm 7)
	24	-1(\pm 2.5)
TRATAMIENTO II [10.000 cél/ml]	4	814(\pm 26.2)
	8	155(\pm 30)
	16	49(\pm 10.9)
	24	-4(\pm 4.6)
TRATAMIENTO III [15.000 cél/ml]	4	966(\pm 41.1)
	8	496(\pm 60.5)
	16	78(\pm 15.4)
	24	8(\pm 5.4)

TABLA P. Tasa de Pastoreo promedio de la larva de erizo *S. franciscanus* en el estadio equinopluteus 6 brazos con sus respectivos tratamientos durante 24 horas (\pm error estándar).

	Tiempo (Horas)	Tasa de Pastoreo (cél/larva/hora)
TRATAMIENTO I [10,000 cél/ml]	4	693 (\pm 19)
	8	253(\pm 17)
	16	17(\pm 17) 3
	24	6(\pm 13.2)
TRATAMIENTO II [15,000 cél/ml]	4	1522(\pm 21)
	8	128(\pm 24.3)
	16	28(\pm 9.6)
	24	-4(\pm 4.6)
TRATAMIENTO III [20,000 cél/ml]	4	725(\pm 13) 3
	8	91(\pm 46.5)
	16	67(\pm 18)
	24	0 (0)

TABLA Q. Tasa de Pastoreo promedio de la larva de erizo *S. franciscanus* en el estadio equinopluteus 8 brazos con sus respectivos tratamientos durante 24 horas (\pm error estándar).

TRATAMIENTO	Tiempo (Horas)	Tasa de Pastoreo (cél/larva/hora)
TRATAMIENTO I [10.000 cél/ml]	4	248(\pm 20)
	8	280(\pm 16)
	16	111(\pm 4.2)
	24	1(\pm 2.4)
TRATAMIENTO II [10.000 cél/ml]	4	1283(\pm 44)
	8	300(\pm 46.2)
	16	43(\pm 11)
	24	15(\pm 4)
TRATAMIENTO III [20.000 cél/ml]	4	1564(\pm 54.1)
	8	444(\pm 86.2)
	16	105(\pm 25.4)
	24	-16(\pm 11)