



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

Evaluación del proceso de descomposición aeróbica  
de la macrófita Egeria densa presente en el hábitat de  
Cambarellus montezumae y su potencial  
como alimento para esta especie.

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

**B I O L O G A**

**P R E S E N T A :**

**YAMEL NACIF OSORIO**



FACULTAD DE CIENCIAS  
UNAM

DIRECTOR DE TESIS: M. en C. JOSE ROMAN LATOURNERIE CERVERA

MEXICO, D. F.



2004



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

ESTA TESIS NO SALE  
DE LA BIBLIOTECA



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo recepcional.

NOMBRE: YAMEL NACIF OSORIO  
 FECHA: 29 - MARZO - 2004  
 FIRMA:

**ACT. MAURICIO AGUILAR GONZÁLEZ**  
**Jefe de la División de Estudios Profesionales de la**  
**Facultad de Ciencias**  
**Presente**

Comunicamos a usted que hemos revisado el trabajo escrito:

"Evaluación del proceso de descomposición aeróbica de la macrofitas Egeria densa presente en el hábitat de Cambarellus montezumae y su potencial como alimento para esta especie."

realizado por

Nacif Osorio Yamel

con número de cuenta 9521113 - 6 , quien cubrió los créditos de la carrera de:

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Atentamente

Director de Tesis

Propietario M. en C. José Roman Latournerié Cervera

Propietario M. en C Jorge Romero Jarero

Propietario Dr. René Cardenas Vázquez

Suplente Dra. Nora Galindo Miranda

Suplente Dr. Samuel Gómez Aguirre

Consejo Departamental de Biología

M. en C. Juan Manuel Rodríguez Chávez



## AGRADECIMIENTOS

Quiero Agradecer al M. en C. José Latournerié C. por todo el apoyo brindado para la realización de esta tesis, así como por abrirme las puertas de su laboratorio.

Al Dr. René Cárdenas V., y al M. en C. Jorge Romero J. quienes me permitieron trabajar con ellos y siempre estuvieron para ayudarme. Al Dr. Samuel Gómez A. y la Dra. Nora Galindo por su confianza.

A la gran familia que me tocó tener, a mis padres, Marcelino y Olvia, mis padrinos Esther y Rene, mis hermanos Oscar, Zaid, Tey y Renata.

A mis amigos y compañeros de carrera, Nubia, Carlitos, Ana, Sybyl, Jaime, y todos los que me acompañaron siempre, en las buenas y en las malas.

A los de siempre, Tina, Lorena, Humberto, Víctor, Saúl, Lidia, Hugo, Rocío, Rodrigo.

A FOMIX – CONACYT, Gobierno Tlaxcala, clave de registro TLAX - 2002-CO1-4214 "Evaluación del estado actual de los recursos Naturales y su potencial de manejo del sistema: Presa Atlangatepec; en el Estado de Tlaxcala, donde me permitieron ser partícipe.

Al físico Andrés Porta, y al programa de Becas de PROBETEL.

A la Universidad de mis amores!

¡GOOYA! ¡GOOYA! CACHUN CACHUN RA RA, CACHUN CACHUN RA RA ¡GOOYA!

¡¡UNIVERSIDAD!!!

"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"

*Dedico esta tesis a mis padres Marcelino y Olvia y a mi hermano Oscar, como un testimonio de gratitud y eterno reconocimiento; por el apoyo que siempre me han brindado y con el cual he logrado terminar mi carrera profesional, siendo para mí, la mejor de las herencias. Con admiración y respeto.*

## INDICE

Resumen	
Introducción	1
Antecedentes	3
Objetivos	6
Metodología	7
A. Estudio de Campo	7
1. Colecta y caracterización de Hábitat	7
a) Localidades de muestreo	7
b) Análisis físico - químico	8
c) Análisis biótico	8
B. Estudio de laboratorio	9
1. Análisis microbiológico	9
2. Degradación del vegetal	10
a) Diseño experimental	10
b) Análisis físico – químico	11
c) Análisis de tejido	11
d) Análisis bioquímico	11
3. Estudio de crecimiento	12
a) Manejo de Reproductores y obtención de crías	12
b) Crecimiento de crías	13
Diseño experimental	13
4. Análisis estadístico	14
Resultados	16

A. Estudio de Campo	
1. Colecta y caracterización de Hábitat	16
a) Localidades de muestreo.	16
b) Análisis físico - químico	16
B. Estudio de laboratorio	16
1. Análisis microbiológico	16
2. Degradación del vegetal	17
a) Diseño experimental	17
b) Análisis físico – químico	17
c) Análisis de tejido	19
d) Análisis bioquímico	19
3. Estudio de crecimiento	20
a) Manejo de Reproductores y obtención de crías	20
b) Crecimiento de crías	20
c) Índices fisiológicos	21
Discusión	23
Conclusiones	29
Bibliografía	30
Tablas	I
Figuras	XVII

## RESUMEN

Las plantas acuáticas son ampliamente conocidas como fuentes de alimentación. En el caso de los organismos detritívoros, el nivel de descomposición que presentan los vegetales al ser ingeridos determina su contenido nutritivo. En este trabajo se evaluó el proceso de descomposición aeróbica de la macrófita *Egeria densa*, los cambios que ocurrieron en la composición de su tejido, así como los principales agentes bióticos y abióticos que incidieron en el proceso. A partir de esta evaluación, se obtuvieron sustratos alimenticios, bajo los cuales se evaluó la respuesta de *Cambarellus montezumae* en su crecimiento bajo un enfoque bioenergético. La colecta de las plantas y los acociles se realizaron en el Lago de Xochimilco, en un cuerpo de agua ubicado en San Miguel Almaya, Edo. de Méx. y en la Presa de Atlangatepec, Tlax.; donde se llevaron a cabo la caracterización del hábitat. Para evaluar el proceso de descomposición de la planta se aplicó un diseño factorial 2\*2, (temperatura ambiente y 25 ° C y tamaño de la partícula por degradar, macrófita completa y triturada en partículas) acondicionado con un inóculo bacteriano proveniente del sedimento del sitio de colecta, al cual se le practicaron estudios microbiológicos iniciales y su modificación semanal sobre la cantidad y tipo de bacterias. Para analizar los cambios ocurridos en la composición del tejido vegetal se analizaron muestras semanales en su contenido proteico, de glucosa, lípidos, materia orgánica y contenido energético, esto durante cinco tiempos definidos. A partir de estos resultados, se determinó un tiempo óptimo para obtener un ensilado cuyo contenido nutritivo y energético fue probado como alimento en crías de *Cambarellus montezumae*, a través de índices fisiológicos tales como crecimiento (P), tasa metabólica (R), tasa de excreción nitrogenada (U), e indicadores de sustrato energético (O/N), asimilación (P + R), y raciones de manutención.

## INTRODUCCIÓN

Gran parte de las sustancias orgánicas producidas por plantas y animales en lagos y ríos son descompuestas y mineralizadas a través del metabolismo de varios organismos acuáticos. Entre estos microorganismos pueden estar las bacterias, levaduras y hongos, los cuales son conocidos por desempeñar un importante papel en los procesos de la descomposición y mineralización de materia orgánica en ambientes acuáticos. Las actividades de estos microorganismos tienen influencia tanto directa como indirecta sobre la productividad de diversos organismos acuáticos en distintos niveles tróficos. El proceso de descomposición se realiza a un nivel químico, e involucra la mineralización de las moléculas orgánicas en los ambientes acuáticos los cuales son convertidos en componentes inorgánicos que son empleados como nutrientes por las plantas (Sorokin, 1972).

El detritus representa el potencial más alto de energía disponible, este término incluye a todos los tipos de material biogénico en diversos estados de descomposición microbiana, los cuáles representan una fuente potencial de energía para las especies consumidoras, incluyéndose organismos muertos, secreciones, regurgitaciones y excreciones de organismos vivos (Delgadillo, 1986).

La degradación y mineralización de materia orgánica particulada son procesos esenciales en la dinámica de los cuerpos de agua, considerándose parte fundamental de las cadenas alimentarias debido al consumo de detritus, además de que los productos finales reciclan nutrientes para los productores primarios así, es posible que cada partícula detrital pase a través de varios organismos antes de que toda su energía disponible sea utilizada. La evaluación de la materia orgánica particulada ofrece información relativa a la productividad de ambientes acuáticos, conjuntamente con los parámetros físico – químicos (Delgadillo, 1986).

El acocil es un pequeño crustáceo decápodo de aproximadamente 33 mm de longitud, vive en aguas lénticas templadas y tropicales, es omnívoro y ovíparo, con dimorfismo sexual. Se conocen alrededor de 500 especies divididas en tres familias: Astacidae, Cambaridae y Parastacidae (Holdich & Lowery, 1988). Los acociles han sido cultivados en Europa y E. U. A., en donde son apreciados por su importancia económica, los géneros *Procambarus*, *Orconectes* y *Cambarus*, se ubican entre los más importantes. Los cambarinos habitan en arroyos y depósitos lacustres de Guatemala, México, Cuba y E. U. A. Se localizan en pequeños estanques y sitios que presenten vegetación dominante tal como es *Egeria* (Hobbs, 1972). En México se encuentra la especie endémica *Cambarellus montezumae*, la cual se puede localizar en toda la cuenca del Valle de México, ocupando residuos lacustres. Esta especie presenta una distribución restringida a pequeños sistemas acuáticos como la presa Guadalupe Victoria en el Estado de México, Rio Lerma, Timilpa y Atequiaca, Laguna de Xico, Lago de Guadalupe y remanentes de los antiguos lagos de Texcoco, Xochimilco, Chapultepec (Comejo, 1991). Este organismo no es de gran importancia a nivel comercial, pero en nuestro país representa una fuente de alimento en las comunidades rurales, siendo una especie subexplotada y poco estudiada (Aguilar, 1991).

Estos crustáceos llegan a ser los organismos más conspicuos dentro de las comunidades dulceacuícolas en las que coexisten dominando la producción anual del macrobentos, por lo que pueden considerarse especies idóneas como fuentes potenciales de explotación comercial (Comejo, 1991).

En las prácticas acuícolas, la alimentación constituye uno de los principales rubros en el cuadro de costos de una explotación comercial y teniendo en cuenta los problemas planteados por el alimento y los requerimientos nutricionales, el desarrollo de una dieta efectiva y económica es un requisito esencial para el éxito del cultivo.

## ANTECEDENTES

Un esquema general de la descomposición biológica de los detritus orgánicos es el que considera la división dada en cuanto al tamaño de la partícula, la materia orgánica, en este caso, equivale a la producción primaria y secundaria total de la comunidad, exclusiva del material que es unido temporalmente a las especies productoras, consumidoras y descomponedoras, además del material que ha sido oxidado al estado de baja energía a través de la respiración (Delgadillo, 1986).

Las investigaciones sobre requerimientos nutricionales de crustáceos son relativamente recientes y en la actualidad, aún falta mucho por hacer en cuanto a resolución de los problemas que se plantean en la explotación comercial. Se debe tomar en cuenta también que existe una gran diversidad taxonómica dentro de las especies a considerar, por lo que se pueden esperar grandes diferencias en cuanto a sus necesidades nutricionales. Sin embargo se observa que en el caso de las especies de crustáceos de interés comercial, muchas de ellas son omnívoras, por lo que incluyen una amplia variedad de alimentos en su dieta natural, tales como fito y zooplancton, vegetales y animales de mayor tamaño así como detritus de diversos orígenes (Aguilar, 1991).

Los factores ambientales prevalecientes en el sistema de cultivo, así como las diversas fases del ciclo vital de las especies son elementos medulares a considerar en un ciclo de producción. El aspecto nutricional y bioenergético en un cultivo es fundamental si se conocen los requerimientos nutricionales del organismo, así como las demandas específicas de energía para manutención y crecimiento, dado que mediante este enfoque se puede formular un alimento que maximice la eficiencia de crecimiento y producción del sistema de cultivo.

Las dietas comerciales para crustáceos tienen como base principal diversos productos vegetales como aporte energético, pero solo algunos de estos se han tomado en cuenta como auténticas

fuentes de proteína, dado que, la mayoría de las veces, solo son consideradas como fuentes alternas. En el caso de los acociles, una gran variedad de plantas acuáticas son un componente muy importante de su alimentación, por tanto se ha propuesto que plantas vasculares acuáticas se utilicen como forraje para alimentación en cultivo de diversas especies, además diversos estudios realizados en fitoplancton, algas y plantas sumergidas, han concluido que la vegetación acuática representa una fuente potencial de proteínas (Aguilar, 1991).

Avault (1985) menciona que, los acociles han sido descritos como omnívoros oportunistas, sin embargo, la mayor parte de su dieta consiste en detritus enriquecido microbiológicamente. La materia animal (incluyendo gusanos, larvas de insectos, moluscos y zooplancton) es de gran importancia como fuente de nutrientes, principalmente para los acociles inmaduros. Así, el sistema del detritus es importante en el cultivo del acocil, debido a que la descomposición aeróbica produce más proteínas que la descomposición anaeróbica. Por otro lado, las plantas vasculares, epífitas y algas pueden constituir, según las circunstancias, una considerable proporción de la dieta.

Se han realizado estudios con dietas comerciales y alimentos suplementarios (principalmente la planta acuática *Egeria densa*, en estado de descomposición) habiéndose encontrado que la combinación de ambos produce mejores rendimientos. Además de estudios basados en respuestas fisiológicas, requerimientos nutricionales, crecimiento, sobrevivencia y producción; los que han permitido concluir que la comprensión y estudio de los requerimientos nutricionales y energéticos de los organismos es una base necesaria para la formulación de un régimen dietario equilibrado y adecuado a un determinado ambiente físico (Aguilar, 1991).

Por otro lado, se ha reportado el crecimiento y sobrevivencia de crías de *P. clarkii* sometidas a diferentes temperaturas y dietas isocalóricas, estableciendo el rango más aceptable de temperatura entre 18 y 20 ° C, y obteniendo la mejor sobrevivencia con la dieta animal. También

se estableció la eficiencia de asimilación para esta misma especie de acocil utilizando *Egeria* en diferentes grados de descomposición y clases de talla, reportándose que los mejores resultados se obtuvieron para tallas chicas y alimento de 33 días de descomposición (García, 1991).

Gutiérrez - Yurita (1990) ha reportado que mediante algunas técnicas se puede optimizar las biotecnias acuaculturales, con respecto al aspecto nutricional propone establecer fuentes "no convencionales" como el caso de los ensilados y el uso del alimento natural suministrado en fresco. Tomando esto como principio se tiene a la *Egeria* y a la *Spirulina*, las cuales son fuentes naturales de alimento para el cultivo del acocil (Gutiérrez - Yurita, 1990).

En México la práctica del cultivo comercial de este crustáceo no existe; sin embargo, se han realizado trabajos en cuanto a la fisiología y al conocimiento de la biología y ecología de *Procambarus bouvieri* (Latournerié, et. al. 1998), *P. digueti* (Gutiérrez – Yurita & Latournerié, 1996), *C. chapalanus* (Amaya & Latournerié, 1996) y del acocil *Cambarellus montezumae* (Latournerié & Estrada, 2002), los que visualizados de forma integral, sientan las bases para el manejo en cautiverio de estas especies.

## OBJETIVO GENERAL

- Evaluar el proceso de descomposición aeróbica de la macrófita *Egeria densa* presente en el hábitat de *Cambarellus montezumae*.

## OBJETIVOS PARTICULARES

- Caracterizar el hábitat de *Cambarellus montezumae* y las especies de plantas acuáticas que ahí se localizan.
- Analizar los cambios que ocurren en la composición del tejido de la especie macrófita *Egeria densa* por acción del inóculo del sedimento.
- Caracterizar al inóculo en relación a contenido, densidad y especies (bacterias, protozoarios).
- Definir los tiempos óptimos de degradación del vegetal relacionados con los cambios en la composición del tejido del mismo.
- Delimitar los principales agentes bióticos y abióticos que inciden en el proceso de descomposición.
- Evaluar las bondades del ensilado vegetal producido durante la degradación en el crecimiento de *Cambarellus montezumae*.

## METODOLOGÍA

### A. Estudio de Campo

#### 1. Colecta y caracterización de Hábitat

##### a) Localidades de muestreo

Esta parte del estudio fue hecha en tres etapas, definidas por lugar donde se realizó el estudio, y el tipo de colecta que se efectuó en cada uno.

1ª. Etapa. Esta se realizó en el Lago de Xochimilco, localizado en la Delegación Xochimilco, del Distrito Federal. Las coordenadas geográficas son al norte 19°36', al sur 19°03' de latitud norte; al este 98°57', al oeste 99°22' de longitud oeste. En esta zona lacustre predominan sedimentos de tipo arcilloso intercalados con arenas de grano fino. El clima es templado, con un régimen pluviométrico mensual oscilante de los 57 milímetros, acumulando 680 milímetros en promedio al año (INEGI, 1999), aquí se llevo a cabo un análisis físico – químico y colecta de vegetación y sedimento.

2ª. Etapa. Esta se hizo en San Miguel Almaya, localidad que se ubica en el centro de la entidad mexiquense, dentro de la región I Toluca, ubicado a los 19° 12' de latitud norte y a los 99° 28' de longitud oeste del meridiano de Greenwich; observando una altitud promedio de 2,800 msnm. La ubicación geográfica del municipio se caracteriza por un predominio de zonas semiplanas, asentadas en laderas de la zona montañosa de los municipios de Xalatlaco, Ocoyoacac y Tianguistenco, el clima predominante es el templado subhúmedo; la temporada de lluvias se presenta en el transcurso de verano. La precipitación media anual oscila entre los 1,025 y los 1,075 milímetros. La temperatura en los meses de diciembre y enero desciende hasta los cero grados y en los meses de marzo, abril y mayo asciende a los 29° C, siendo la temperatura media anual de entre 14° C y 15° C, en este lugar se hizo una colecta de vegetación y sedimentos (ACM, 1994).

3ª. Etapa. Fue realizada en la presa Atlangatepec, la más importante del estado de Tlaxcala, con una capacidad de 54, 430,000 m<sup>3</sup>, el clima imperante es el templado subhúmedo, por lo que no existe gran diversidad edáfica. La temperatura promedio mensual, a nivel de superficie en los últimos cuatro años, presenta un comportamiento cíclico, que oscila entre 12.5° C y 20° C, con valores máximos en mayo y mínimos durante enero, en este sitio, se llevó a cabo una colecta de acociles y un análisis físico – químico (INEGI, 1998).

#### b) Análisis físico - químico

Se efectuó un análisis físico y químico del agua, se midió la temperatura, que de cierta manera influye en la solubilidad del oxígeno en el agua, el cual también fue registrado por medio de un oxímetro<sup>1</sup>. El potencial hidrógeno (pH)<sup>2</sup>, nos indicó la alcalinidad del hábitat, Se registró la conductividad<sup>2</sup> y resistencia<sup>2</sup> del agua. Además se llevó a cabo un análisis para medir fosfatos (PO<sub>4</sub>), dureza total y de carbonatos (GH y KH), nitratos y nitritos (NO<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>) y amonio (NH<sub>3</sub>)<sup>3</sup>.

#### c) Análisis biótico

Una parte importante dentro de la caracterización del hábitat fue conocer la especie vegetal a utilizar, efectuó una revisión bibliográfica en la cual se determinaron las características de nuestra planta de interés, *Egeria densa*, por medio de claves dicotómicas (Lot *et al.* 1986,1999). Esta planta se encuentra sujeta en aguas poco profundas, no emergen excepto en lugares donde sus flores quedan sobre la superficie (Lot *et al.*1999). Para ser transportadas se utilizaron bolsas de plástico, en el laboratorio se hizo una separación y cuantificación, se colocaron en jivas y se les colocó un sistema de aireación.

Para caracterizar al inóculo en relación a su contenido, densidad y especies se realizó un muestreo del sedimento, utilizando una draga de fondo blando, las muestras para estudios

---

<sup>1</sup> Oxímetro YSI modelo 51 B ( $\pm 0.05$  mg O<sub>2</sub>/L).

<sup>2</sup> Analizador múltiple de calidad del agua digital marca Cole Palmer.

<sup>3</sup> Kits de análisis químico marca Tetra.

microbiológicos se recogieron en bolsas estériles que contenían un buffer de tiosulfato de sodio y se mantuvieron a bajas temperaturas. También se colectaron muestras que posteriormente servirían como inóculos para el sistema donde se llevo a cabo la degradación de las plantas.

## B. Estudio de laboratorio

### 1. Análisis microbiológico

El estudio microbiológico inicial se realizó poco después de la toma, debido a que las muestras deben ser analizadas lo más rápido posible o en su defecto se deben fijar. El resto de la muestra se guardó en un refrigerador para análisis posteriores. En el primer caso se hicieron ensayos para determinar bacterias coliformes fecales y totales, tanto cualitativa como cuantitativamente, para el último caso se utilizaron membranas de filtro y muestreadores Coli – count (Cotton *et al*, 1974), a través de un conteo total viable, iniciando con un buffer de fosfatos en el cual se realizaron diluciones de una porción de 0.1 g de muestra por cada 9 mL de buffer, esto nos dio inicialmente un total de  $10^2$  unidades formadoras de colonias bacterianas (ufcb), tomando 1 mL de esta muestra y agregándola a 9mL de buffer obtuvimos otra dilución de  $10^4$  ufcb por cada 10 mL de buffer, con este se realizó una incubación en los muestreadores o un filtrado a través de un filtro micropore, el cual fue posteriormente colocado en un medio EMB, todo esto bajo condiciones de esterilidad y una incubación posterior a 44 ° C para coliformes fecales y 35 ° C para coliformes totales; de la misma dilución de  $10^4$  ufcb / 10 mL buffer, se tomaron dos muestras con un asa bacteriológica previamente estéril, para hacer crecimiento en caldo tetrionato – Yodo, posteriormente se sembraron en dos medios selectivos SB y SS (sulfito – bismuto y *Salmonella – Shigella*) y en tubos con caldo lactosado, los cuales fueron incubados a una temperatura de 35 ° C. Después de dos días, para todas las placas se realizaron conteos directos de colonias y determinación inicial de géneros bacterianos, para las placas de EMB, se tomó con una asa una colonia representativa con la finalidad de realizar ensayos de purificación

y aislamiento de cepas, esto para una dilución inicial en caldo nutritivo que se mantuvo en agitación durante 5 minutos y del que posteriormente se llevaría a cabo un sembrado en placas de agar para obtener colonias puras, las cuales se analizaron por medio de una tinción de Gram, al observar las cepas teñidas en el microscopio se determinó si la cepa ya se encontraba pura o se debía realizar el proceso de purificación por segunda vez; en cuanto las cepas se encontraron puras se conservaron en frascos inclinados con agar nutritivo y en refrigeración. Para su posterior análisis con la técnica de Analisis Profile Index (API), el cual es un sistema de identificación en dos modalidades, de bacilos gram negativos para enterobacterias (API 20E).<sup>4</sup>

## 2. Degradación del vegetal

### a) Diseño experimental

Para analizar los cambios que ocurrieron en la composición del tejido de la macrófitas por acción del inóculo del sedimento se utilizaron sistemas de degradación provistos de aeración en el que se colocaron 4 Kg de la planta, 20 L de agua y 200 mL de sedimento, estos sistemas se mantuvieron en diferentes condiciones; dos de ellos a 25° C y dos a temperatura ambiente, en cada caso con dos modalidades, con la planta entera y con la planta fraccionada, para este último caso se utilizaron trozos de planta de un tamaño promedio de 37.18 mm. Se realizó un análisis semanal de calidad de agua, tal como se efectuó en el sitio de muestreo, se tomaron muestras de sedimento para su análisis bacteriológico y muestras de las plantas las cuales se deshidrataron<sup>5</sup> a 60° C durante 10 días para obtener un peso seco y después realizar el análisis bioquímico.

---

<sup>4</sup> API 20E, Sistemas de identificación, diagnostico *in-vitro* y reactivos, bio – Mériex SA.

<sup>5</sup> Estufa Cole – Palmer Mod. 05015 - 58

Para los tratamientos de plantas completas, estas se introdujeron al sistema sin ningún proceso anterior, en el caso de los tratamientos con plantas fraccionadas, estas se cortaron en porciones de entre 20 y 50 mm.

#### b) Análisis físico – químico

Al igual que en las estaciones de muestreo, se midieron los parámetros físico – químicos, tales como temperatura, conductividad, resistencia, pH, oxígeno, fosfatos, nitritos, nitratos, amonio, KH y GH dentro de los sistemas, se hizo además, una toma de muestra que serviría para los estudios de tejido, bioquímicos y microbiológicos, esto durante un período de mes y medio, una medición por semana.

#### c) Análisis de tejido

##### Porcentaje de agua corporal

Se tomaron sub – muestras del vegetal que se deshidrataron<sup>5</sup> a 60° C por diez días para obtener su peso seco. A partir de la diferencia entre el peso húmedo y el peso seco de las muestras se obtuvo el porcentaje de agua corporal. También se obtuvo el contenido de materia orgánica y minerales de una sub – muestra, por medio del uso de un horno<sup>6</sup> a temperatura de 550° C durante 3.5 horas y calculándose la diferencia entre el peso seco y el peso seco libre de cenizas. Posteriormente se obtuvo el contenido de energía calorífica del tejido por unidad de masa corporal (1g), mediante el método de calorimetría directa empleando una bomba calorimétrica<sup>7</sup>, estandarizada previamente con ácido benzoico.

#### d) Análisis bioquímico

Para el análisis bioquímico se tomaron sub – muestras, para la medición de carbohidratos (glucosa) se preparó un extracto con 0.5g de planta, a la que se le agregaron 5 mL de una

---

<sup>6</sup> Horno Marca Lindberg

<sup>7</sup> Bomba calorimétrica Parr 1341

solución de Hipoclorito al 5% además de un buffer compuesto de  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  y  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$  (pH de 8 a temperatura ambiente), esto se maceró en hielo y se centrifugó<sup>8</sup> a 3000 rpm durante 5 minutos, se separó el sobrenadante y se tomó una muestra de 20  $\mu\text{L}$  para realizar la prueba de glucosa oxidasa<sup>9</sup>.

La cuantificación de lípidos se realizó por extracción con cloroformo: metanol (1:1), La muestra de 0.5 gramos se homogenizó con 10 mL de solvente de extracción, se filtró en papel Whatman y se lavó con 5 mL más del solvente, se le agregaron 4mL de una solución salina a 0.9% y se agitó en un embudo de separación, colectándose la fase orgánica. Se juntaron los extractos orgánicos y se transfirieron cuantitativamente a un contenedor previamente pesado, se evaporó totalmente el solvente y se pesaron los lípidos totales. Se realizó una cromatografía de capa fina para determinar lípidos polares y no polares encontrados.

Para el contenido proteico se utilizó el método de Bradford con albúmina sérica como estándar. Se utilizó una muestra de 20 $\mu\text{L}$  del extracto obtenido en la prueba de glucosa, a la cual se le agregaron 500 $\mu\text{L}$  de solución Bradford 1:5, posteriormente se midió la absorbancia<sup>10</sup> en contraste con un blanco y se obtuvo la cantidad de proteínas contenidas en la muestra.

### 3. Estudio de crecimiento

Posteriormente se definieron los tiempos óptimos de degradación de la materia orgánica relacionados con los cambios en la composición del tejido de las plantas y se delimitaron los principales agentes bióticos que inciden en el proceso de descomposición.

#### a) Manejo de Reproductores y obtención de crías

Los organismos reproductores fueron colectados en la presa de Atlangatepec, mantenidos en condiciones optimas de crecimiento dentro de acuarios de 40 L a una temperatura de  $21 \pm 2^\circ \text{C}$ ,

---

<sup>8</sup> Centrifuga Hemle Z-320

<sup>9</sup> juego de reactivos para método enzimático calorimétrico GOD – PAD 4 x 125 mL

<sup>10</sup> Spectrophotometer, Unicam SP600UV

oxígeno disuelto a 4 – 6 mg/L, alimentados con *Artemia sp.* charal fresco en trozos, zanahoria, y lechuga, dos veces por semana en ración *ad libitum*, hasta que se encontraron hembras cargadas, las cuales fueron separadas en acuarios de 10 L; cuando desovaron se llevo a cabo la biometría de las crías para su utilización dentro del experimento de crecimiento.

#### b) Crecimiento de crías

##### Diseño experimental.

Se evaluaron las bondades del ensilado vegetal producido durante la degradación en el crecimiento de *Cambarellus montezumae*. Esto en el crecimiento de un lote de crías que fueron mantenidas a temperatura constante ( $22^{\circ} \pm 1^{\circ} \text{C}$ ) y con niveles de ración a saciedad, realizando un pesaje de los mismos semanalmente, en una balanza Sargent Welch  $\pm 0.00005 \text{ g}$ , además de la medición del pH y el Oxígeno.

Dos lotes de  $n = 16$  c/u, con distribución aleatoria, en un volumen de agua de diez litros con aireación.

Los índices medidos como parte de la ecuación general del balance de energía  $C = P + R + F + U$  (Phillipson, 1975), fueron Crecimiento (P), Tasa metabólica (R), Tasa excreción nitrogenada (U) Así como el indicador de oxidación de sustrato energético (relación O / N), asimilación ( $P + R$ ), y la ración de manutención  $\% = [R + U / (\text{energía de tejido} / \text{peso seco ejemplar}) \times 100]$ .

Para obtener estimaciones de la energía consumida por los animales a través de la vía respiratoria (R) y de excreción (U), se realizaron dos ciclos de respirometría en un sistema de 6 cámaras cerradas con los organismos sobrevivientes del ensayo de crecimiento, elegidos, con el criterio de pesos similares, 2 cámaras individuales y 4 cámaras con un par de organismos, esto bajo condiciones de temperatura constante.

La secuencia en los tratamientos de respirometría, fue la siguiente: primero una aclimatación de los acociles a las condiciones de las cámaras respirométricas, posteriormente una medición inicial previa a un cierre hermético de la cámara, después de un lapso de una hora con treinta minutos en la cual no hubo intercambio de oxígeno o agua de las cámaras con el exterior se realizó una lectura final seguida del re – acondicionamiento del recambio hasta recuperar los niveles de oxígeno y agua original (30 minutos). El oxígeno disuelto se midió con un oxímetro YSI 51B  $\pm$  0.05 mg/L. El nitrógeno combinado se midió por medio de la técnica de azul de indofenol (Rodier, 1981) mediante el cual se midió la absorbancia y transmitancia en las muestras de agua de las cámaras experimentales al inicio y término de los períodos de medición referidos para el ensayo de respirometría, realizándose una curva patrón con concentraciones conocidas de  $\text{NH}_4$  para contrastar las lecturas experimentales.

Los valores sobre consumo de oxígeno y excreción nitrogenada fueron convertidos a valores de pérdida de energía a través de coeficientes calóricos  $Q_{\text{OX}}$  Y  $Q_{\text{EX}}$ , respectivamente (Ozuna, 2000). Se realizó el calculo de la eficiencia de asimilación del alimento ingerido  $(A) = P + R$ , donde P, es producción y R, respiración (Duncan & Klekowski, 1975).

Como índice de la biomasa ganada en los diversos lapsos de medición, se empleo el método de Chapman, citado en Bagenal (1978), para calcular la Producción, tasa de crecimiento y biomasa alcanzada por los lotes experimentales.

#### 4. Análisis estadístico

Durante las diversas etapas de la fase de campo y laboratorio, los diversos indicadores registrados fueron analizados mediante estadística descriptiva e inferencia, en el caso de los primeros se consideraron las medidas de tendencia central y dispersión usuales, en la fase experimental, se realizaron pruebas paramétricas (ANOVA) para contrastar el crecimiento de los lotes con las crías de acocil. Los registros de metabolismo y excreción nitrogenada emplearon

análisis de regresión potencial ( $y = k x^a$ ) junto con la transformación de los datos a sus valores logarítmicos; se empleó, el paquete estadístico STATISTICA y SPSS para los análisis señalados.

## RESULTADOS

### A. Estudio de Campo

#### 1. Colecta y caracterización de Hábitat

##### a) Localidades de muestreo

Estas fueron caracterizadas principalmente por un análisis físico – químico, además de las colectas de organismos para los diferentes experimentos.

##### b) Análisis físico - químico

Los parámetros medidos en el Lago de Xochimilco, fueron tomados en tres estaciones aledañas al lugar de la colecta, tomando en consideración muestras de superficie y fondo (Tabla 1), estos parámetros nos indican las condiciones a las cuales se encontraron las plantas y el sedimento que se colectó en dicho lugar.

Las plantas colectadas fueron determinadas por un catalogo, y descritas según Lot *et al.* (1999) (Tabla 2, Figura 1).

### B. Estudio de laboratorio

#### 1. Análisis microbiológico

Dentro del análisis microbiológico, se llevo a cabo un conteo directo de colonias bacterianas de coliformes fecales y coliformes totales (Tabla 3), mostrando que existe un incremento gradual de estos, aunque presenta los números más altos en la semana dos para todos los tratamientos excepto en el tratamiento de temperatura ambiente completo, el cual presenta un incremento mayor en la semana cuatro, esto para las coliformes fecales; en el caso de las coliformes totales, existe un incremento en el número de colonias, en las semanas dos, tres y cinco (Figuras 2 y 3).

Se realizó también un conteo de colonias de *Salmonella sp.* y *Shigella sp.* (Tabla 4) los cuales mostraron un incremento significativo a partir de la segunda semana.

En el análisis hecho con la técnica de caldo lactosado, se determinó en que tratamientos a través de las cinco semanas, se encontraban colonias de *Escherichia coli*, estas se presentaron en los cuatro tratamientos, aunque su presencia disminuyó en las últimas tres semanas (Tabla 5).

Para el análisis con la técnica de API's, se tomaron muestras de las cepas sembradas originalmente en EMB, se purificaron, y analizaron por medio de esta técnica, encontrando las especies *Enterobacter cloacae* (99.9% id, 94.3% id), *Salmonella sp* (3.8% id), en cuyo caso se requirió de pruebas serológicas para confirmar la especie, la cual fue *Salmonella paratyphi*. Se realizó también un sembrado en medio para *Staphylococo sp.*, el cual indicó la presencia de esta bacteria dentro del inóculo.

## 2. Degradación del vegetal

En el proceso de la degradación del vegetal se analizaron parámetros físico – químicos, de tejido y bioquímicos.

### a) Diseño experimental

Este fue hecho para seis semanas en las cuales la planta se degradó en los diversos tratamientos, además de la toma de parámetros físico – químicos y muestras para análisis posteriores.

### b) Análisis físico – químico

Los parámetros físico – químicos que se analizaron en el proceso de degradación del vegetal (Tabla 6) fueron comparados en el tiempo por tratamiento.

La temperatura fue constante para los dos tratamientos en los niveles promedio de 25.1 y 23.6 ° C, para tratamiento de planta completo y fraccionado, respectivamente. En el caso de los tratamientos con temperatura ambiente los promedios se ubicaron en 22.1 y 21.9 ° C, para tratamiento de planta completo y fraccionado (Figura 4).

El oxígeno disuelto promedio fue superior a 3 mg/L, sin embargo se ve una clara disminución en las últimas dos semanas (Figura 5).

En cuanto al pH, este fue uno de los parámetros más constantes y se presentó para todos los tratamientos por arriba de 8.5 y teniendo como valor mas alto un pH de 9.7, en el tratamiento de 25 ° C, en plantas completas (Figura 6).

La conductividad, registrada en  $\mu$ Siemens, mostró también un incremento gradual durante las cinco semanas, notando solamente que en la semana dos del tratamiento de temperatura ambiente con planta fraccionada, este tuvo un decremento notorio, sin embargo, los valores mas bajos, a excepción de este, fueron por arriba de los 400  $\mu$ S y los valores promedios mas altos se encuentran por debajo de los 1510  $\mu$ S (Figura 7).

En cuanto a los nitritos, nitratos, fosfatos y amonio, estos mostraron patrones diferentes para todos los tratamientos, en el caso de los nitritos los valores promedios por tratamiento se encontraron entre los 0.3 – 1.6 mg/ L, registrando los valores mas altos en la semanas 5 del tratamiento 25 ° C, planta completa y semanas 3 y 5 del tratamiento 25 ° C de la planta fraccionada con 3.3 mg/L (Figura 8).

Para los nitratos, estos presentaron un incremento semanal llegando a valores promedios de 32.5 mg /L, este en el tratamiento de 25 ° C con planta fraccionada, los valores promedio mas bajos se observaron en los tratamientos de temperatura ambiente planta fraccionada y planta completa, 5.5 y 10.0 mg/L, respectivamente (Figura 9).

Los niveles de fosfatos mostraron incremento a partir de la semana dos para los tratamientos de temperatura ambiente completo, y tratamiento a 25 ° C fraccionado, en el caso de los otros dos tratamientos este incremento fue dado hasta la semana 3, y los valores más altos no rebasaron los 2 mg/L (Figura 10).

Las concentraciones de amonio iniciales fueron de 0.3 mg/L incrementándose semanalmente hasta 5.0 mg/L y manteniéndose así hasta el final del proceso con promedios por tratamiento que variaron desde los 2.9 hasta los 4.1 mg/L (Figura 11).

#### c) Análisis de tejido

Las modificaciones en la composición del tejido y de contenido de energía de *Egeria densa*, fueron analizadas en la semana dos y tres del proceso de degradación, se realizó el análisis para conocer el porcentaje de materia orgánica y minerales así como de contenido de energía (cal/g P. s) (Tabla 7). Se observó que el mayor porcentaje de materia orgánica se alcanzó en la semana dos del tratamiento de 25 ° C, con planta completa, el cual fue de 48.2%; así como el mayor contenido de energía en los tratamientos de temperatura ambiente y temperatura 25° C (2459.9 y 2663.3 cal/g P. s., respectivamente). En cuanto al porcentaje de minerales este presentó sus valores más bajos en el tratamiento de 25° C con planta completa para la semana dos y tres (51.8 y 50.2%). El porcentaje de agua promedio para las muestras fue de 81.40 %.

#### d) Análisis bioquímico

Para este análisis se tomaron en cuenta tres parámetros, proteína, glucosa y lípidos. Los niveles de proteínas se ubicaron en un intervalo de 650 a 950 µL de proteína / mL de muestra (Tabla 8), los valores más altos de proteína se encuentran en la semana cinco, a excepción del tratamiento de temperatura ambiente de planta completa, en la cual este valor se registró en la semana tres (939.7 µL de proteína / mL de muestra) (Figura 12).

Las cantidades de glucosa / mL de muestra (Tabla 8), indicaron que, al igual que en el caso de proteínas, los valores mas altos se encontraron en la semana cinco de todos los tratamientos, con excepción de las semanas tres y cuatro del tratamiento de temperatura ambiente de planta completa (Figura 13).

Los lípidos extraídos de las muestras semanales (Tabla 8, Figura 14), indicaron para el tratamiento de temperatura ambiente con planta completa la cantidad de lípidos más alta en las semanas tres y cuatro (48.3 mg / g de muestra) en el caso de la planta fraccionada fue en la semana cinco con 43.3 mg / g de muestra) para los tratamientos de temperatura a 25 ° C de planta completa la mayor cantidad de lípidos se observó en la semana cinco (38.3 mg / g muestra) al igual que en el tratamiento de planta fraccionada a 25 ° C con un valor de 33.3 mg/ g de muestra).

### 3. Estudio de crecimiento

Para esta fase de la investigación se considero a la segunda semana del proceso de degradación de *Egeria densa*, como el tiempo óptimo para llevar a cabo el ensilado con el cual se alimentaron a las crías de acocil, en el estudio de crecimiento. Para lo cual, se repitió el proceso de degradación, utilizando plantas extraídas de un cuerpo de agua localizado en San Miguel Almaya, Edo. de México, y manteniendo condiciones de temperatura a 25 ° C, y plantas completas. Durante el tiempo de descomposición de la macrófita, se tomaron muestras de agua para hacer análisis físico – químicos, así como en el lugar donde se colectaron las plantas, y el agua (Tabla 9).

#### a) Manejo de Reproductores y obtención de crías

Tanto los reproductores como las crías fueron mantenidos en acuarios de 40 L, con un sistema de aireación, y a una temperatura de  $22 \pm 1^\circ \text{C}$ , hasta su utilización para el experimento de crecimiento.

#### b) Crecimiento de crías

Durante el crecimiento de las crías, que se subdividieron en dos lotes de organismos, se midieron parámetros físico – químicos, los cuales indicaron que las condiciones del agua para ambos acuarios eran constantes en cuanto a temperatura, pH y Oxígeno disuelto (Tabla 10).

El crecimiento semanal promedio de las crías de acocil alimentadas con detritus de *E. densa*, fueron medidas durante cinco semanas, iniciando con un número de 16 especímenes de peso corporal promedio de 9.61 mg y 10.25 mg para ambas réplicas, el experimento finalizó con individuos con un crecimiento promedio de 94.9 mg en el caso de la primer réplica y un promedio de 110.5 mg para la segunda (Tabla 11). Los promedios de crecimiento de crías de acocil *C. montezumae* a distintos tiempos (Figura 15), fueron comparados entre si, el resultado de la comparación mostró que no existían diferencias significativas entre las réplicas ( $P > 0.05$ ), por lo que al final estas se agruparon (Figura 16).

Los datos agrupados denotando el crecimiento y producción de crías de acocil se presentan en la (Tabla 12), se reportan el peso promedio inicial 9.93 mg, biomasa promedio de 495.51mg, y una producción de 494.32 mg en la primer semana, para la última semana se obtuvo un peso promedio de 102.52 mg, una biomasa promedio de 1046.49 mg y una producción de 162.83 mg la biomasa acumulada al término del experimento de crecimiento alcanzó 1405.18 mg; los valores de sobrevivencia en estos ensayos fueron de 34.4%.

Al tiempo del ensayo de crecimiento se midieron los índices fisiológicos, tasa metabólica ( $R$ ) y la tasa de excreción nitrogenada ( $V$ ) de los especímenes sobrevivientes (Tabla 13), se ajustaron las relaciones  $QO_2$  vs.  $P$ . s. Y  $QN - NH_4$  vs.  $P$ . s. (Tabla 14), a partir de la transformación logarítmica de ambas ecuaciones se calcularon las tasas del metabolismo aerobio y nitrogenado para las crías de menor y mayor peso corporal (48.5 mg y 119.4 mg P. h. Respectivamente). Los valores se convirtieron a tasas / día y se multiplicaron por los coeficientes oxalóricos para  $R$  ( $Q_{OX} = 5.94 \text{ cal / mg } O_2$ ) (Bradfiel and Solomon, 1972), y en el caso de  $V$  ( $Q_{EX} = 5.94 \text{ cal / mg } N - NH_4$ ) (Elliot and Davison, 1975), los resultados se reportan en  $\text{cal / ej} \times \text{día}^{-1}$  para ambos índices (Tabla 15). A partir de ellos se expresaron las pérdidas de energía para ( $R + U$ ) en porcentaje, en

relación al contenido energético de las crías señaladas. Los valores indicaron que el factor de pérdida es 13.7% de la energía del tejido / día para el ejemplar de 9.5 mg P. s. y de 1.4% en el caso de la cría de 23.4 mg de peso corporal.

Asimismo, se estimó la Asimilación (P + R) para ambos especímenes, siendo de 4.15 cal / ej x día<sup>-1</sup> y de 1.78 cal / ej x día<sup>-1</sup> para la cría de menor y mayor talla respectivamente (Tabla 15).

Así como la relación atómica O / N (Mayzaud, 1978), la cual alcanzó el valor de 72, indicando una oxidación de sustrato energético mezclado (Proteína / Carbohidratos / Lípidos).

## DISCUSIÓN

### A. Estudio de campo

#### 1.-Colecta y caracterización de hábitat

##### a) Localidades de muestreo

Estas se dividieron en tres etapas debido a que la planta para el estudio del proceso de degradación fue colectada en el Lago de Xochimilco, sin embargo para la parte de crecimiento de crías esta planta ya no fue localizada en el Lago, así que se busco un lugar con condiciones semejantes y que tuviera la misma especie de vegetal, por lo que el segundo muestreo, se llevó a cabo en San Miguel Almaya; en cuanto a los organismos, del stock utilizado, fueron traídos de la presa de Atlangatepec, Tlax.

##### b) Parámetros físico - químicos

Los parámetros medidos en el Lago de Xochimilco, muestran solo una fracción de lo que es el hábitat de *C. montezumae*, así como para la planta *Egeria densa*, en condiciones ambientales naturales, estos brindaron un panorama general de los requerimientos básicos de estos organismos, para tomar los principales parámetros y tratar de reproducirlos en el laboratorio, de manera que se manejaron dos tratamientos diferentes, el de temperatura ambiente, que nos da un aproximado de las condiciones naturales y el de temperatura a 25 ° C, ya que los acociles viven en climas templados y tropicales (Maldonado, 1990), con la finalidad de conocer el tratamiento óptimo para la degradación de la planta.

##### c) Análisis biótico

El uso de esta planta es justificado debido a que es de amplia distribución en Distrito Federal, Hidalgo, México, Morelos (Lot, 1999) además de que ha sido utilizada en trabajos anteriores para estudios de dietas comerciales y alimentos complementarios (Aguilar, 1991).

## B. Estudio de laboratorio

### 1. Análisis microbiológico

Los análisis microbiológicos, muestran que los niveles de coliformes en el sedimento, fueron incrementándose a través de las semanas de degradación, esto debido quizás, a que se incrementó la cantidad de sustrato aprovechable para los microorganismos, cabe señalar que los niveles de contaminación por coliformes en el lugar de colecta son altos, mostrando también una contaminación fecal elevada en las muestras de sedimento, lo anterior denota que el ambiente sedimentario posee el potencial para proteger los nutrientes necesarios para el desarrollo y la persistencia de bacterias indicadoras de contaminación fecal, así como de bacterias patógenas las cuales también fueron encontradas en el sedimento, tal es el caso de *Salmonella sp* y *Shigella sp*. La presencia de la bacteria *Escherichia coli* también posee la capacidad de ser indicadora de contaminación reciente (Rodríguez y Botello, 1987), en cuanto a las otras especies de enterobacterias encontradas en el sedimento, como fue el caso de *Enterobacter cloacae*, indican principalmente, la localización de asentamientos humanos.

### 2. Degradación del vegetal

#### a) Diseño experimental

En el proceso de la degradación del vegetal se analizaron parámetros físico – químicos, bioquímicos y de tejido.

#### b) Análisis físico - químico

La temperatura fue considerada uno de los parámetros fundamentales en este proceso, determinando que en un tratamiento a 25 ° C, se lleva a cabo un sistema con mayor homogeneidad, ya que si esta se maneja por el ambiente, se ve influenciada considerablemente por factores como la incidencia solar y las condiciones climatológicas, las cuales se diversifican a

través del tiempo así, durante todo el proceso, se puede observar un incremento de este, el cual, aunque no fue muy amplio, presenta cambios hasta de dos grados por semana.

El oxígeno disuelto promedio resultó decreciente para las primeras semanas del proceso, sin embargo, se ve una clara disminución en las últimas dos semanas, el cual se pudo ver afectado por la alta demanda bioquímica de oxígeno, debido al incremento de la actividad microbiana y las características que imperaron en los sistemas por el proceso de descomposición de la materia orgánica.

En cuanto al potencial de iones de Hidrogeno (pH), este fue uno de los parámetros más homogéneos y se presentó para todos los tratamientos alcalino, aunque se pudo observar también que puede alcanzar valores tan altos, como fue en el tratamiento de temperatura a 25 ° C completo, y estos en algún momento podrían ser dañinos para los organismos.

Otro parámetro medido fue la conductividad, la cual presentó un incremento, gradual durante las cinco semanas, lo que indica un proceso activo de mineralización del vegetal durante su fase de degradación.

En cuanto a los nitritos, nitratos, fosfatos y amonio, estos mostraron patrones diferentes para todos los casos, sin embargo la tendencia fue siempre a incrementarse, ya que en el proceso de descomposición la materia orgánica se fracciona como resultado del proceso de descomposición de las partículas que dan origen al detritus enriquecido (Sorokin, 1972).

### c) Análisis de tejido

La composición del tejido y de contenido de energía de *Egeria densa*, fueron analizados en la semana dos y tres del proceso de degradación, esto debido a que a una temperatura de 25 ° C, además de los resultados obtenidos por los parámetros físico – químicos, mostraron que son los tiempos óptimos para obtener un ensilado que pueda proveer a los organismos de una dieta de manutención, así se vio que la materia orgánica presentó mayor porcentaje para la semana dos,

además del contenido de energía, indicando así que el porcentaje de minerales este presentó sus valores más bajos en el tratamiento de 25° C con planta completa para la semana dos y tres. En este contexto Bowen (1987) ha señalado que durante el proceso de degradación de la materia vegetal, se alcanza un óptimo en relación al contenido de energía y balance de aminoácidos, así como en la relación C : N, lo que repercute en un mayor valor nutricional de este detritus durante la segunda semana del proceso.

#### d) Análisis bioquímico

Para el análisis bioquímico, se tomaron en cuenta tres parámetros, proteína, glucosa y lípidos. La cantidad de proteínas aumentó a través del tiempo, al igual que la glucosa y los lípidos, el porcentaje de estos constituyentes bioquímicos no presentó cambios notables, sin embargo, podemos encontrar que las dietas comerciales para crustáceos tienen como base principal diversos productos vegetales como aporte energético (Aguilar, 1991), así, la cantidad de proteínas, glucosa y lípidos presentes en esta planta pueden funcionar como fuentes proteicas y de alimentación, que al ser enriquecidos microbiológicamente, se vuelven de gran importancia como fuente de nutrientes, principalmente para los acociles inmaduros, y así, el sistema del detritus se vuelve importante en el cultivo del acocil (Avault, 1985).

Goddard (1988) reporta que el detritus vegetal es el componente principal en el tracto digestivo del acocil, alcanzando hasta un 65% del total del alimento ingerido.

El detritus está constituido en gran medida por microorganismos que aportan vitaminas (complejo B), proteínas y lípidos que se emplean como fuentes de energía y son piezas estructurales del tejido y membranas celulares, además de participar en el sistema endocrino del organismo, la fracción vegetal proporciona fitoesteroles, carotenoides y astaxantinas, estas últimas vinculadas con la pigmentación del acocil (Moriarty & Pullin, 1987).

### 3. Estudio de crecimiento

Para el estudio de crecimiento, por ende se tomó en cuenta que los resultados del análisis bioquímico y conteo de energía del tratamiento de degradación de *E. densa* de 2ª. Y 3er. Semana no difirieron significativamente. Se consideró a la segunda semana del proceso de degradación de *E. densa*, como el tiempo óptimo para llevar a cabo el ensilado con el cual se alimentaron a las crías de acocil, para el inicio del experimento el peso promedio de las crías fue 9.9 mg en un stock de 32 organismos, la biomasa inicial alcanzó 317.8 mg, para el final del experimento (cinco semanas), se contaba con un stock de 11 organismos, 34.4% de sobrevivencia y una biomasa total de 1046.5 mg lo cual equivale según Chapman (1978) en una producción total de 1405.2 mg, a lo que permite mostrar que los acociles pueden subsistir del detritus vegetal.

Los resultados denotaron que el peso promedio de las crías se incrementó 10.3 veces durante un lapso de cuatro semanas, durante esta etapa la producción alcanzó 2.8 veces el valor de la primera semana, tales condiciones permiten avizorar que el alimento ensayado presenta condiciones muy favorables para su uso en sistemas de producción de crías a mayor escala, las eficiencias de pérdida de energía (R + U) y asimilación (P + R) reportadas en esta investigación, confirman los resultados de otros autores (Goddard, 1988), el cual refiere que la asimilación del detritus es mayor en acociles de menor talla, lo que está relacionado con el numero de setas presentes en los apéndices bucales que participan en la recolección del alimento de pequeñas partículas.

Durante el experimento de crecimiento, los parámetros físico – químicos fueron constantes, tratando de reproducir las condiciones optimas para los organismos. Los promedios de crecimiento de crías de acocil *C. montezumae* a distintos tiempos fueron comparados entre si, viendo que no existía diferencia significativa entre las réplicas, pero si en el tiempo, ya que

presenta un incremento notable. Al término de la etapa de crecimiento la talla y peso de los acociles alcanzaron un estadio similar al del estado de sub – adulto, el cual hemos colectado del hábitat natural (Latourmerié, com. pers.).

Por ende cabe enfatizar que es factible escalar la producción de crías de esta especie a través del uso del detritus de *E. densa* como alimento.

En otros países se ha reportado (Goddard, 1988) que el crecimiento de otras especies de acocil en ambientes controlados, mediante el uso de plantas acuáticas en procesos de descomposición como fuentes de alimento que abaten los costos de producción.

El tejido del acocil tiene un alto valor nutricional, representando un aporte de vitamina B, minerales como Sodio, Potasio, Calcio y Magnesio, altas concentraciones de aminoácidos del tipo de leucina, isoleucina, glutamina y aspargina, además de que sus propiedades organolépticas son superiores a la carne del pez (Bowen, 1987).

Lo anterior, debe conducirnos en el caso de nuestro país, a apoyar las investigaciones que promuevan la recuperación de las especies nativas de acociles, muchas de ellas diezmadas o en peligro de desaparecer, así como reintroducir a este grupo de organismos, como una fuente de proteína potencial para el suplemento de la dieta de los mexicanos, las alternativas de producción de estas especies pueden derivar en sistemas de cultivo extensivos o semi – intensivos de programas de acuicultura rural, así como la producción de crías para fines de redoblamiento de embalses y poblaciones naturales, que a futuro pudieran manejarse a través de pesquerías.

## CONCLUSIONES

- ☞ El hábitat natural de *C. montezumae* presenta especies vegetales que pueden emplearse como fuentes baratas de alimento para la producción y crecimiento de esta especie.
- ☞ El proceso microbiano de descomposición aerobia de *E. densa* proporciona un detritus vegetal que a la segunda y tercera semana de degradación puede usarse como alimento de valor nutricional adecuado para los acociles.
- ☞ El ensilado vegetal promovió el crecimiento de crías de *C. montezumae*, alcanzándose en un lapso de cinco semanas tallas cercanas a la de un estadio de sub – adulto.
- ☞ Deben apoyarse las investigaciones tendientes a generar información que conduzca al perfeccionamiento del cultivo del acocil, recurso potencial como fuente de alto valor nutricional en nuestro país.
- ☞ Es posible diseñar sistemas de cultivo extensivo de *C. montezumae* en comunidades de bajos recursos para coadyuvar a mejorar su nutrición y niveles de ingresos.

## BIBLIOGRAFIA

- Aguilar, R. E., 1991. Crecimiento y producción del Acocil: *Cambarellus montezumae* (Saussure) (Crustacea: Astacidae), empleando alimento vegetal. Tesis de licenciatura. UNAM. 3-16 pp.
- Amaya, T. A. L., Latoumerié C. J. R. Galicia, S. R., Banda, B. L. and M. L. O. de la Rosa. 1996. Temperature selection in two crayfish species of the genus *Procambarus* from Mexico. XI Int. Assoc. Astacology Symp. Thunder Bay. Ontario Canada. August 1996.
- Ayuntamiento de Capulhuac de Mirafuentes. 1996. Plan municipal de desarrollo de Capulhuac 1994-1996, Gobierno del Estado de México/H. Ayuntamiento de Capulhuac, México.
- Bagenal T. 1978. Methods for assessment of fish production in fresh waters. 3er. Ed. IBP Handbook. Blackwell Scientific Publications. pp 367.
- Brafield, A. E. And D. J. Solomon. 1972. Oxy – caloric coefficients for animals respiring nitrogenous substrates. Comp. Biochem. Physio. 43 A : 837 – 841.
- Bowen, S. H. 1987. Composition and Nutritive Value of Detritus. In Detritus and Microbial Ecology in Aquaculture. Moriarty W.J.D. & Pullin, R. S. V. (Ed.). International Center for Living Aquatic Resources Management. Manila Philippines. 192 – 216 pp.
- Cómejo, N. R., 1991. Selección térmica del acocil *Cambarellus montezumae* (Saussure) (Crustacea: Astacidae) y su correlación con algunos índices fisiológicos: diferencias estacionales. Tesis de licenciatura. UNAM. 1-3 pp.
- Cotton, R. A. *et al.* 1974. Evaluación de los muestreadores Coli – Count y Total – Count en diversas muestras de agua. Millipore Corporation. Bedford, Massachuset. U.S.
- Delgadillo, E. C. 1986. Evaluación de la materia orgánica particulada en la laguna de Coyuca de Benitez, Gro., durante el ciclo otoño 1983 – verano 1984 y su relación con percepción remota. Tesis de licenciatura. UNAM. 1-7pp.
- Duncan, A. y R. Z. Klekowski. 1995. Parameters of an energy budget. In W. Grodzinsky, *et al.* Methods for ecological energetics. IBP 24. Blackwell Scientific Publications. Oxford 357-362 pp.
- Elliot, J. M. and W. Davison. 1975. Energy equivalents of oxygen consumption in animal energetics. Oecologia (Berl.) 19: 195 – 201.
- García, S. O. 1991. Efecto de diversas dietas sobre la sobrevivencia y crecimiento de crías del acocil *Cambarellus montezumae* (Saussure) (Crustacea: astacidae). Tesis de licenciatura. UNAM. 3-47pp.
- Goddard, J. S. Food and Feeding. 1988 In Freshwater Crayfish. Biology, management and exploitation. Holdrich (Ed). Timber Press. 145 – 166 pp.

Gutiérrez, Y. P. 1990. Estudio sobre el crecimiento en crías de Trucha Arco iris (*Salmo gairdneri*) (Pisces: Salmonidae) en relación a diversas dietas. Tesis de licenciatura. UNAM. pp. 88.

Gutiérrez Yurrita, P. J. and J. R. Latoumerié Cervera. 1996. Studies on population structure of two Crayfish species endemic from Mexico: *Procambarus digueti* and *P. bouvieri*. XI Int. Assoc. Astacology Symp. Thunder Bay, Ontario Canada. August 1996.

Gutiérrez Yurrita, P. J. and J. R. Latoumerié Cervera. 1998. Population Biology of *Procambarus digueti* and *P. bouvieri* (DECAPODA, CAMBARIDAE) two endemic crayfish from Mexico. XII Int. Assoc. Astacology Symp. Augsburg, 3-9 August, 1998.

Hobbs H. H. 1972. Biota of Freshwater Ecosystems. Identification Manual No. 9. Crayfishes (Astacidae) of North and Middle America. Environmental Protection Agency 173 p.

Holdich, D. M. and Lowery, R.S. 1988. Crayfish – An introduction. D.M. Holdich and R.S. Lowery eds. Freshwater Crayfish: Biology, Management and Exploitation. Timber Press, Portland, OR. 1-10 pp.

Huner, J. V. and Evan E. B. 1985. Crustacean and mollusk aquaculture in the United States. Van Nostrand Reinhold. United States of America. pp. 476.

INEGI. Anuario Estadístico del Distrito Federal 1999, Marco Geoestadístico, 1995. (b)Inédito INEGI-DGG. Superficie de la República Mexicana por Estados.

INEGI. Anuario Estadístico del Estado de Tlaxcala 1998, Marco Geoestadístico, INEGI – DGG. Superficie de la República Mexicana por Estados.

Lot, A., et al. 1986. Listados florísticos de México. V. Angiospermas acuáticas mexicanas 1. Instituto de Biología. UNAM. México. pp 57.

Latoumerié C. J. R., Amaya, A. M. L. and S. A. Torres. 1998. Effect of season, weight and light/darkness phase on metabolic rate of *Procambarus bouvieri* (Bouvier) an endemic crayfish species from Michoacan, Mexico, Int. Assoc. Astacology XII Symp. August 3 – 9, 1998. Augsburg, Germany.

Latoumerié C. J. R. and A. R. Estrada Ortega. 2002. A review of ten years studies on the ecophysiology and growth experiments of *Cambarellus montezumae* (Saussure) 14th. Symposium of the International Association of Astacology. Querétaro, México. 4 – 10 August, 2002.

Latoumerié C. J. R. Pacheco Trejo, J., Fabián Palestina, J. y Barbosa Saldaña, Ma. L. Eficiencia del crecimiento de *Cambarellus montezumae* (Saussure) (CRUSTACEA : CAMBARIDAE). En relación a temperatura, talla y niveles de ración. XII Con. Nal. Zool. Diciembre 1993. Univ. Aut. Nuevo León.

Lot, A., *et al.* 1999. Catálogo de angiospermas acuáticas de México. Hidrófilas estrictas emergentes, sumergidas y flotantes. Instituto de Biología. UNAM. México. pp161.

Maldonado, R. J. 1990. Respuesta al stress térmico del acocil *Cambarellus montezumae* (Saussure), (Crustacea: Astacidae). Comparación de métodos. Tesis de licenciatura. UNAM.

Mayzaud, P & R. J. Conover, 1988. O:N atomic ratio as a tool to describe zooplankton metabolism. Mar. Ecol. Prog. Ser. Vol 45: 289 – 302.

Moriarty D. J. W. and Pullin R. S. V. 1987. Detritus and Microbial Ecology in Aquaculture. International Center for Living Aquatic Resources Management. Manila, Philippines. pp 419.

Ozuna, V. S. 2000. Metabolismo energético y regulación del medio interno en camarones del género *Penaeus* (*Penaeus duodarmus*). Tesis de Maestría en Ciencias. UNAM. 103 pp.

Rodier, J. 1978. Análisis de las aguas. Omega. España pp 897.

Rodríguez, S. H., Botello, V. A. 1987. Contaminación enterobacteriana en la red de agua potable y en algunos sistemas acuáticos del sureste de México Contam. Ambient. (3) : 37 – 53.

Sorokin, Y.I., Kadota, H. 1972. Techniques for the assessment of microbial production and decomposition in fresh waters. IBP Handbook No. 23. Burgess & Sonx. United States of America. pp. 112.

## TABLAS Y FIGURAS

**Tabla 1. Parámetros físico - químicos del Lago de Xochimilco, Distrito Federal.**

	PO <sub>4</sub> mg/L	NO <sub>2</sub> mg/L	NO <sub>3</sub> mg/L	GH	KH	NH <sub>3-4</sub> mg/L	CO <sub>2</sub>	T °C	Cond.	pH	Resistencia	O <sub>2</sub> mg/L
<b>Estación 1</b>												
superficie	0.5	1	0	232.18	214.32	0.5	2.5	18.8	789	9.8	105	7
fondo	1	1	0	232.18	214.32	0.5	7.5	17.8	809	9.3	144	4
<b>Estación 2</b>												
superficie	2	2	0	232.18	232.18	0.5	2.5	20.4	778	9.8	126	7.3
fondo	2	2	0	250.04	170.86	1	5	20.2	782	9.4	144	3.5
<b>Estación 3</b>												
superficie	1	2	0	196.46	142.88	0.5	2.5	21.2	792	7	147	9
fondo	2	3	0	250.04	160.74	1	7.5	19	443	9.2	142	4.4

PO<sub>4</sub> (Fosfatos), NO<sub>2</sub> (Nitritos), NO<sub>3</sub> (Nitratos), GH (Dureza total mg CaCO<sub>3</sub>/L) KH (Dureza de carbonatos mg CaCO<sub>3</sub>/L), NH<sub>3-4</sub> (amonio-amoniac),

CO<sub>2</sub> (Dióxido de carbono), T ° (Temperatura), Cond. (Conductividad), pH (Potencial hidrogeno), O<sub>2</sub> (Oxigeno disuelto).

**Tabla 2. Descripción de *Egeria densa* (Lot *et al.*, 1969).**

Distribución mundial	Brasil, Uruguay y Argentina. Introducida en Norteamérica, Europa, Asia, África y Australia
Distribución en México	Distrito Federal, Hidalgo, México, Morelos, Nayarit, Veracruz y Yucatán
Forma de vida	Hidrófila enraizada sumergida
Hábitat	Dulceacuícola de lagos, cenotes y ríos
Distribución altitudinal	0 – 2250 m
Polinización	Entomófila
Fruto	Cápsula (dehiscencia irregular)
Dispersión	Hidrocora, amplia dispersión por fragmentos vegetativos
Usos	Ornamental en acuarios
Observaciones	Maleza; introducida a México de Sudamérica

**Tabla 3. Colonias bacterianas por mililitro y por tratamiento en el tiempo.**

<b>Semana</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>Coliformes Fecales</b>	<b>Coliformes Totales</b>
	E1	2000	4000
	E2	1000	55000
	E3	3000	4000
1	TAC	3000	4000
	TAF	3000	4000
	T25C	3000	4000
	T25F	3000	4000
2	TAC	16000	45000
	TAF	72000	85000
	T25C	34000	53000
	T25F	16000	144000
3	TAC	12000	124000
	TAF	23000	76000
	T25C	17000	32000
	T25F	3000	24000
4	TAC	39000	54000
	TAF	8000	10000
	T25C	15000	72000
	T25F	20000	76000
5	TAC	26000	32000
	TAF	4000	88000
	T25C	14000	492000
	T25F	50000	436000

E1, E2, E3 (Estaciones de muestreo); TAC(Tratamiento temperatura ambiente, completo) TAF (Tratamiento temperatura ambiente, fraccionado); T25C (Tratamiento temperatura 25° C, completo) T25F (Tratamiento temperatura 25° C, fraccionado)

**Tabla 4. Crecimiento de colonias bacterianas de *Salmonellas sp* y *Shigellas sp*, por mL de muestra y por tratamiento en el tiempo.**

<b>Semana</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>Sulfito - bismuto</b>	<b>Salmonella - Shigella</b>
	E1	216000	1000
	E2	18000	10000
	E3	10000	7000
	1 TAC	10000	7000
	1 TAF	10000	7000
	1 T25C	10000	7000
	1 T25F	10000	7000
	2 TAC	132000	64000
	2 TAF	193000	96000
	2 T25C	356000	180000
	2 T25F	88000	32000
	3 TAC	100000	140000
	3 TAF	287000	296000
	3 T25C	436000	96000
	3 T25F	32000	24000
	4 TAC	112000	212000
	4 TAF	492000	40000
	4 T25C	288000	64000
	4 T25F	236000	204000
	5 TAC	376000	260000
	5 TAF	76000	24000
	5 T25C	124000	112000
	5 T25F	334000	28000

E1, E2, E3 (Estaciones de muestreo); TAC (Tratamiento temperatura ambiente, completo) TAF (Tratamiento temperatura ambiente, fraccionado); T25C (Tratamiento temperatura 25° C, completo) T25F (Tratamiento temperatura 25° C, fraccionado).

**Tabla 5. Presencia - ausencia de *Escherichia coli* en el tiempo y por tratamiento.**

Semana	Tratamiento	Presencia - ausencia
1	TAC	+
	TAF	+
	T25C	+
	T25F	+
2	TAC	+
	TAF	+
	T25C	+
	T25F	+
3	TAC	+
	TAF	+
	T25C	-
	T25F	-
4	TAC	-
	TAF	+
	T25C	-
	T25F	+
5	TAC	+
	TAF	-
	T25C	+
	T25F	-

TAC (Tratamiento temperatura ambiente, completo) TAF (Tratamiento temperatura ambiente, fraccionado); T25C (Tratamiento temperatura 25° C, completo) T25F (Tratamiento temperatura 25° C, fraccionado)  
 +: presencia de la bacteria, -: ausencia de la bacteria.

**Tabla 6. Parámetros físico - químicos medidos durante el proceso de descomposición aerobica de *Egeria densa*.  
Diseño factorial: 2 x 2 (temperatura x tamaño vegetal)**

Tratamiento	Tiempo (Semanas)	1	2	3	4	5.0 promedio	desv. Est.	
TAC	Temperatura °C	19.5	21	21.1	23.5	25.3	22.1	2.30
	mS	528	1515	1660	1911	1923.0	1507.4	574.06
	pH	8.5	8.5	8.9	8.6	8.5	8.6	0.17
	mV	166	110	115	291	253.0	187.0	81.74
	oxígeno mg/L	4.6	3.4	3	2.6	1.8	3.1	1.04
	fosfatos mg/L	0.5	2	1	2	2.0	1.5	0.71
	nitritos mg/L	0.5	0.5	0.15	0.15	0.2	0.3	0.19
	nitratos mg/L	0	12.5	12.5	12.5	12.5	10.0	5.59
	Amonio mg/L	0.25	3	5	5	5.0	3.7	2.09
	KH mg CaCO3 /L	107.2	607.2	535.8	982.2	768.0	600.1	18.17
GH mg CaCO3 /L	196.5	250	232.2	285.8	250.0	242.9	1.82	
TAF	Temperatura °C	19.5	21.2	20.8	23.2	24.9	21.9	2.13
	mS	528	1	1462	1921	1911.0	1164.6	862.69
	pH	8.5	8.4	8.4	8.8	8.8	8.6	0.20
	mV	166	185	209	260	284.0	220.8	49.89
	oxígeno mg/L	4.6	3.4	3.4	2.6	1.8	3.2	1.04
	fosfatos mg/L	0.5	0.5	2	1	2.0	1.2	0.76
	nitritos mg/L	0.5	0.15	0.15	0.15	0.5	0.3	0.19
	nitratos mg/L	0	5	5	5	12.5	5.5	4.47
	Amonio mg/L	0.25	5	5	3	5.0	3.7	2.09
	KH mg CaCO3 /L	107.2	928.72	714.4	1160.9	1035.9	789.4	23.24
GH mg CaCO3 /L	196.5	410.78	303.62	250	267.9	285.8	4.47	
T25C	Temperatura °C	19.5	24.9	24.3	24.3	25.1	23.6	2.33
	mS	528	1194	942	1787	1747.0	1239.6	537.15
	pH	8.5	8	8.5	9.7	9.5	8.8	0.73
	mV	166	248	235	1312	1045.0	601.2	536.29
	oxígeno mg/L	4.6	3.4	3.3	2.4	2.0	3.1	1.01
	fosfatos mg/L	0.5	0.5	1	1	2.0	1.0	0.61
	nitritos mg/L	0.5	0.15	0.15	0.5	3.3	0.9	1.34
	nitratos mg/L	0	5	5	12.5	50.0	14.5	20.34
	Amonio mg/L	0.25	5	5	5	5.0	4.1	2.12

	KH mg CaCO3 /L	107.2	750.12	1178.76	1214.48	1178.8	812.6	28.86
	GH mg CaCO3 /L	196.5	321.48	357.2	178.6	196.5	250.0	4.64
T25F	Temperatura °C	19.5	24.8	24.1	24.8	24.6	23.6	2.29
	mS	528	1147	1375	1577	1693.0	1264.0	460.90
	pH	8.5	8.7	8.9	8.5	8.5	8.6	0.18
	mV	166	119	155	69	89.0	119.6	41.54
	oxígeno mg/L	4.6	3.4	3.5	2.4	1.8	3.1	1.08
	fosfatos mg/L	0.5	2	2	2	2.0	1.7	0.67
	nitritos mg/L	0.5	0.5	3.3	0.15	3.3	1.6	1.60
	nitratos mg/L	0	12.5	50	50	50.0	32.5	24.37
	Amonio mg/L	0.25	1.5	3	5	5.0	3.0	2.11
	KH mg CaCO3 /L	107.2	321.48	29	65	68.0	38.2	27.20
	GH mg CaCO3 /L	196.5	232.2	232.2	232.2	267.9	232.2	1.41

TRATAMIENTOS: TAC.- Temperatura Ambiente Completo, TAF.- Temperatura Ambiente Fraccionado, T25C.- Temperatura 25°C completo, T25F.- Temperatura 25°C fraccionado.

**Tabla 7. Modificaciones en la composición del tejido y contenido de energía de *Egeria densa* Efecto del tratamiento y tiempo de degradación**

Indice	Tiempo (semanas)	Tratamiento			
		TAC	TAF	T25C	T25F
Materia organica (%)	2	25	34.6	48.2	37.8
	3	55.6	21	49.8	26.8
Minerales (%)	2	75	65.4	51.8	62.2
	3	44.4	79	50.2	73.2
Contenido energía (cal/g P.s.)	2	2459.9	1387.2	907.9	2663.3
	3	2416.1	1500.7	1800.8	1667.8

**Tabla 8. Valores de proteína, glucosa y lípidos en los diversos tratamientos – tiempos de degradación de *E. densa*.**

Tratamiento	Tiempo (sem)	Proteína ( $\mu\text{L/mL}$ )	Glucosa ( $\mu\text{L/mL}$ )	Lípidos (mg/g)
TAC	1	853.45	38.75	38.75
	2	836.21	36.25	36.25
	3	939.66	48.25	48.25
	4	870.69	48.25	48.25
	5	870.69	38.25	38.25
TAF	1	836.21	32.25	32.25
	2	801.72	30.25	30.25
	3	801.72	28.75	28.75
	4	870.69	29.75	29.75
	5	939.66	43.25	43.25
T25C	1	870.69	31.25	31.25
	2	767.24	30.75	30.75
	3	801.72	31.75	31.75
	4	836.21	30.25	30.25
	5	905.17	38.25	38.25
T25F	1	663.79	31.75	31.75
	2	784.48	30.25	30.25
	3	870.69	28.75	28.75
	4	870.69	28.75	28.75
	5	905.17	33.25	33.25

TAC (Tratamiento temperatura ambiente, completo) TAF (Tratamiento temperatura ambiente, fraccionado); T25C (Tratamiento temperatura 25° C, completo) T25F (Tratamiento temperatura 25° C, fraccionado).

**Tabla 9. Parámetros físico – químicos del proceso de descomposición de la macrófita *Egeria densa* para el estudio de crecimiento de crías de acocil *Cambarellus montezumae*.**

Tratamiento de 25 ° C, Completo								
<i>In situ</i>	Semana 1		Semana 2		Semana 3			
San Miguel	Xochimilco	San Miguel	Xochimilco	San Miguel	Xochimilco	San Miguel	Xochimilco	
24.2	18.3	24.8	24.8	24.1	24.2	24.8	24.6	
360	520	1147	1089	1375	963	1577	1587	
10.9	8.9	8.7	7.9	8.9	8.5	8.5	9.5	
66	211	119	234	155	324	69	1654	
13	4.8	3.4	3.4	3.5	3.3	2.4	2.4	
1	2	2	0.5	2	1	2	1	
0.3	0.5	0.5	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	
12.5	12.5	12.5	5	50	5	50	12.5	
71.4	142.9	410.8	714.4	517.9	1178.8	1160.9	1143	
71.4	196.5	232.2	321.2	232.2	357.2	232.2	178.6	
0.3	3	1.5	5	3	5	5	5	

**Tabla 10. Parámetros físico – químicos tomados en el estudio de crecimiento de crías de acocil**

Semana	Acuario	Temperatura (°C)	p H	Oxígeno mg / L
1	1	23	8	4.5
	2	23	8	4.7
2	1	22	9	5.2
	2	22	9	5
3	1	22	9	4.7
	2	22	8	4.7
4	1	22	8	5
	2	22	8	5
5	1	22	7.5	5.2
	2	22	7.5	5.2

**Tabla 11. Crecimiento semanal promedio de crías de acocil alimentadas con detritus de *E. densa*.**

Replica	Tiempo (semanas)	n	Peso corporal (mg)		
			media	± E.S.	% E.S.
1	0	16	9.61	0.76	7.9
	1	12	20.98	3.48	16.6
	2	6	35.12	5.62	16.0
	3	5	46.28	10.45	22.6
	4	5	82.12	8.98	10.9
	5	5	94.9	11.45	12.1
2	0	16	10.25	1.14	11.1
	1	13	32.88	3.26	9.9
	2	6	36.87	4.11	11.1
	3	6	52.78	9.65	18.3
	4	6	93.37	14.33	15.3
	5	6	110.15	4.62	4.2

**Tabla 12. Crecimiento y producción de crías de acocil *Cambarellus montezumae* alimentadas con detritus de *Egeria densa*.**

Tiempo(sem)	Peso Prom(mg)	TIC (G)	Stock (n)	Biom.Stock	Biom.Prom	Producción
1	9.93	0.9976	32	317.76	495.51	494.32
2	26.93	0.29	25	673.25	552.57	160.24
3	35.99	0.3194	12	431.88	488.36	155.98
4	49.53	0.5719	11	544.83	755.04	431.81
5	87.75	0.1556	11	965.25	1046.49	162.83
6	102.52		11	1127.72	<b>Biom.Total</b>	<b>1405.18</b>

Biomasa y producción (mg)

**Tabla 13. Tasa metabólica (R) y tasa de excreción (U)**

Peso seco/ ejemplar	QN-NH4	Cal / ej x dia- 1	( U )
9.5	0.0084	0.049896	0.05
15.4	0.0061	0.036234	
19.4	0.0043	0.025542	
22.1	0.0035	0.02079	
22.6	0.0025	0.01485	
23.4	0.0020	0.01188	0.01

Peso seco/ ejemplar	QO2	Cal / ej x dia- 1	( R )
9.5	0.095	3.1540	3.15
12.9	1.29	4.2828	4.29
19.4	0.71	2.3572	
22.1	0.04	0.1328	
22.6	0.76	2.5232	
23.4	0.24	0.7968	0.78

QN – NH<sub>4</sub>: mg N-NH<sub>4</sub> / P. s. ej x d<sup>-1</sup>

QO<sub>2</sub>: mg O<sub>2</sub> / P. s. ej x d<sup>-1</sup>

**Tabla 14. Ecuaciones de regresión de la relación  $y = Ps^a$  para la tasa de excreción nitrogenada y tasa metabólica de crías de acocil alimentadas con detritus de *E. densa***

$\ln y = \ln k + \alpha \ln x$	n	$r^2$
QN -NH <sub>4</sub> = 1.4981 -0.1387(P.s)	5	0.978
QO <sub>2</sub> = 92.516 – 0.4936 (P.s)	6	0.972

**Tabla 15. Pérdidas de energía, asimilación y algunos elementos de la ecuación del balance de energía de crías de acocil *C. montezumae* alimentados con *E. densa*.**

Peso (mg)	Cal / ej	P	R	U	R + U	A = P + R
9.5	23.3	1.0	3.15	0.05	3.2 (13.7%)	4.15
23.4	57.3	1.0	0.78	0.01	0.79 (1.4%)	1.78

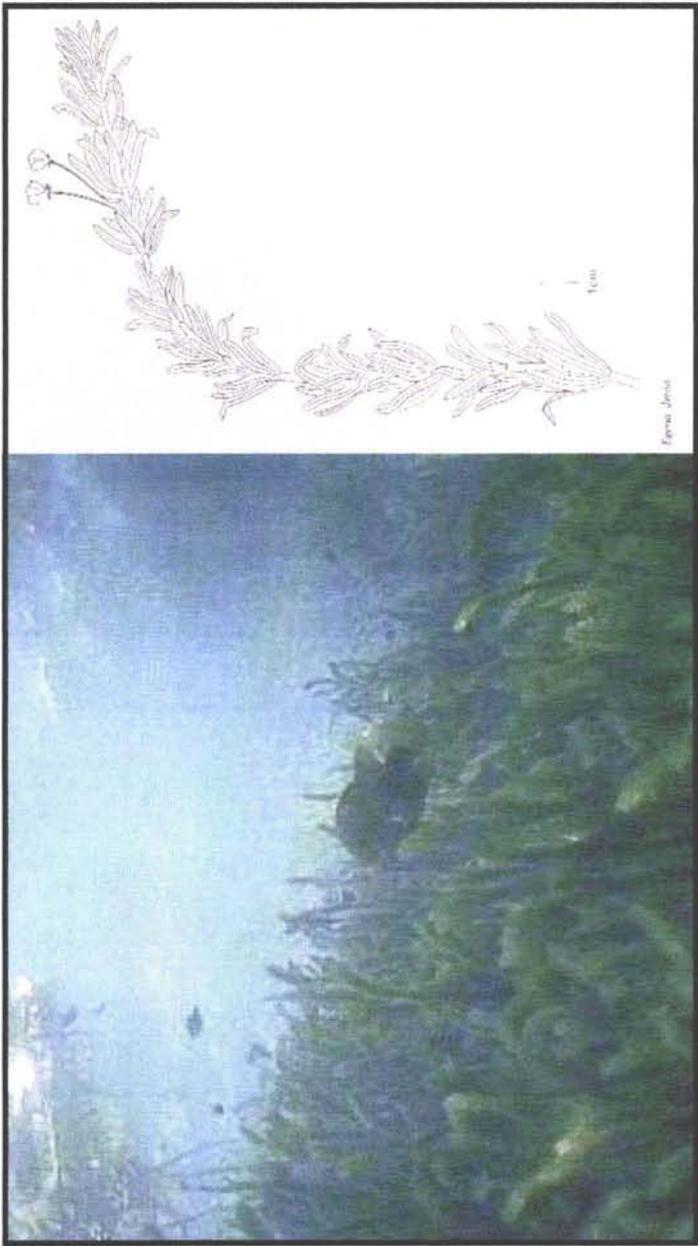


Figura 1. *Egeria densa*, (Lot et al., 1999)

Figura 2. Colonias bacterianas de coliformes fecales por mL de muestra y por tratamiento en el tiempo.

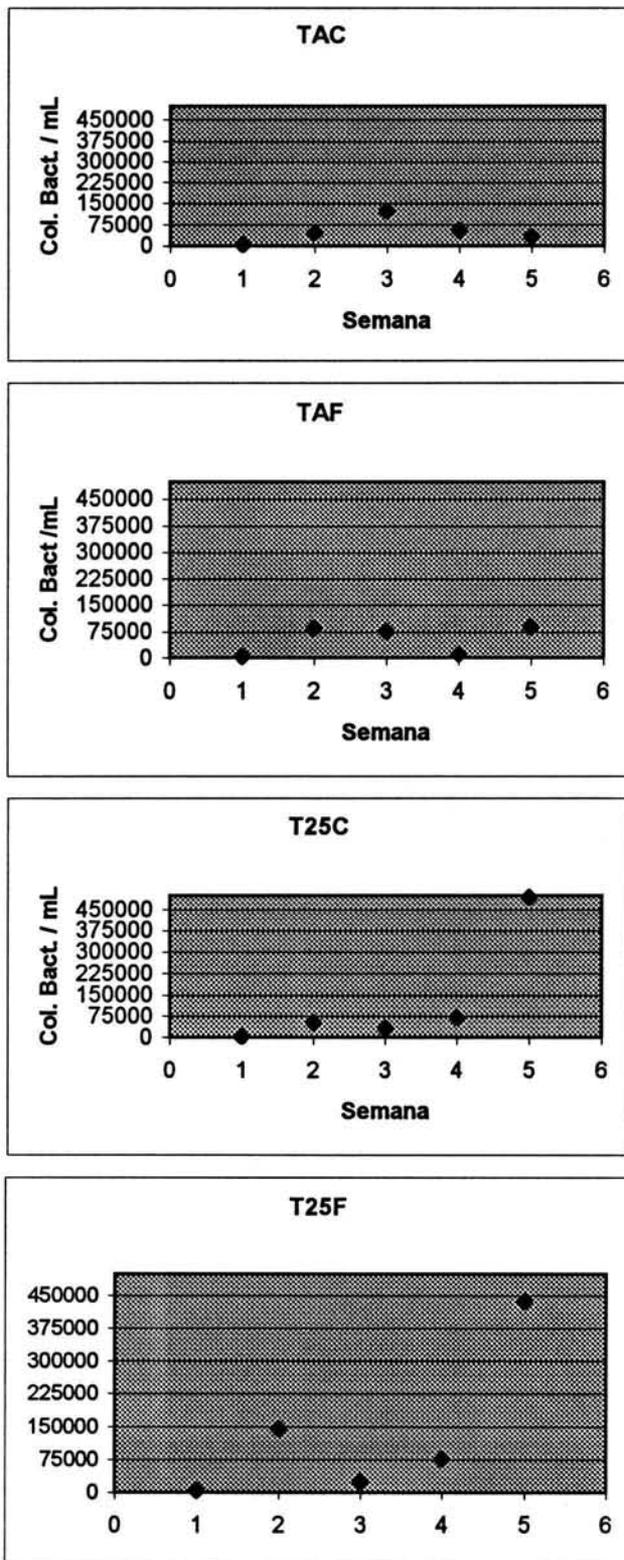
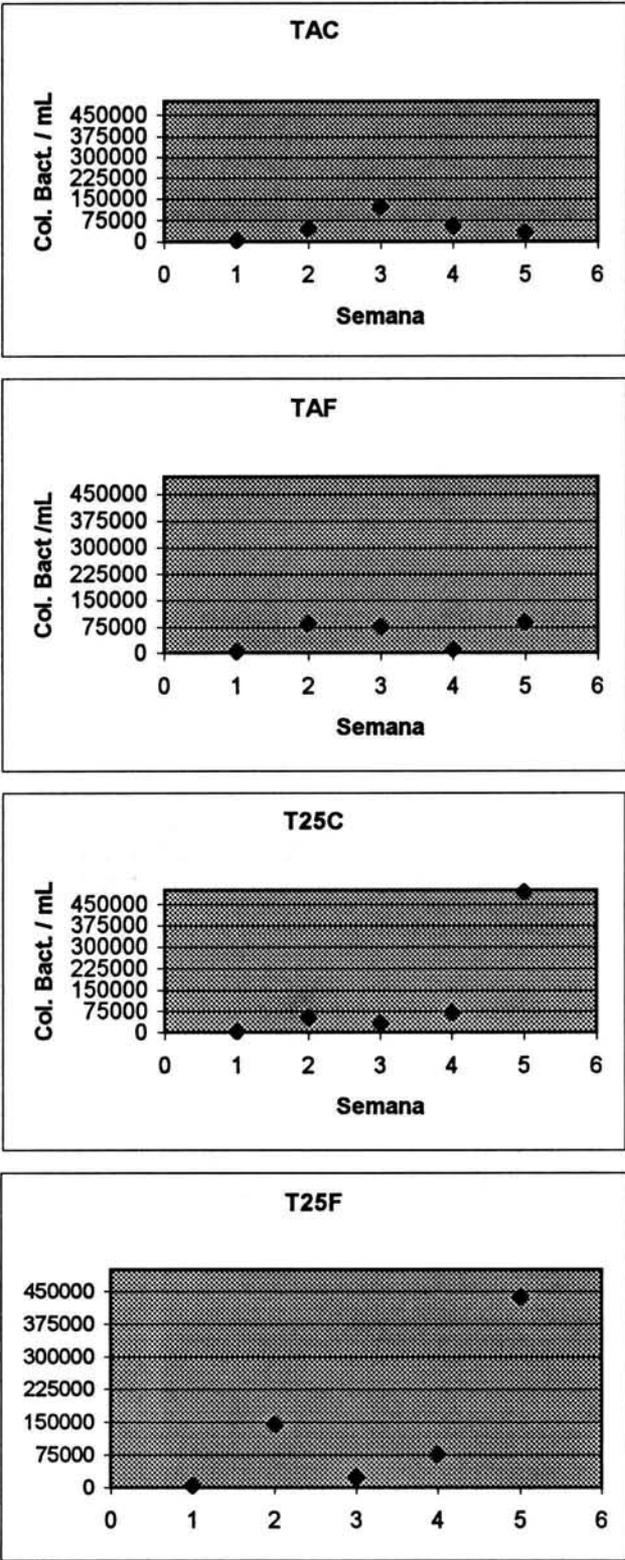
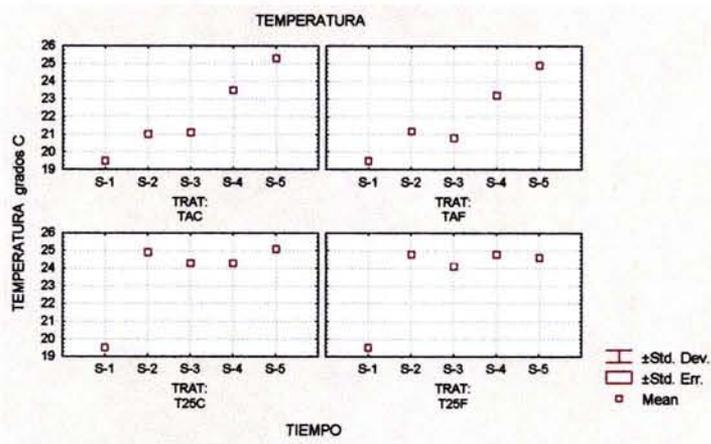


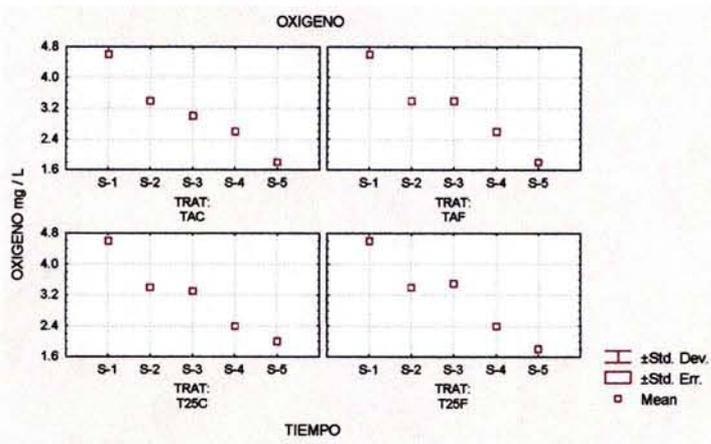
Figura 3. Colonias bacterianas de coliformes totales por mL de muestra y por tratamiento en el tiempo.



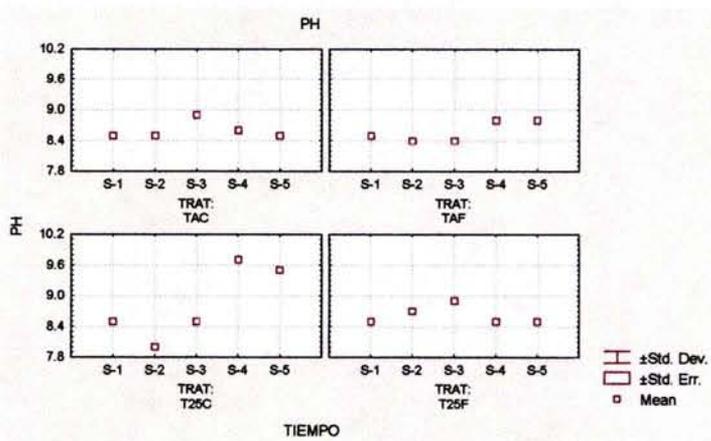
**Figura 4. Temperatura.**



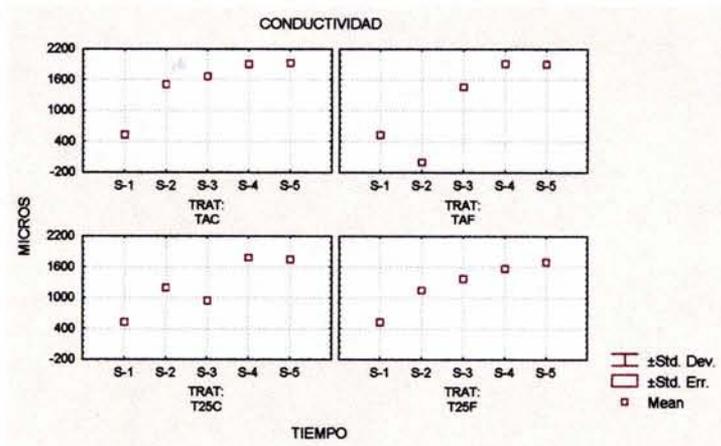
**Figura 5. Oxígeno.**



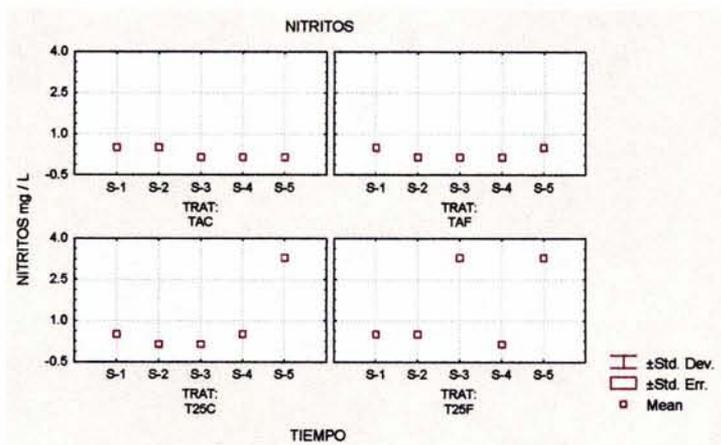
**Figura 6. pH.**



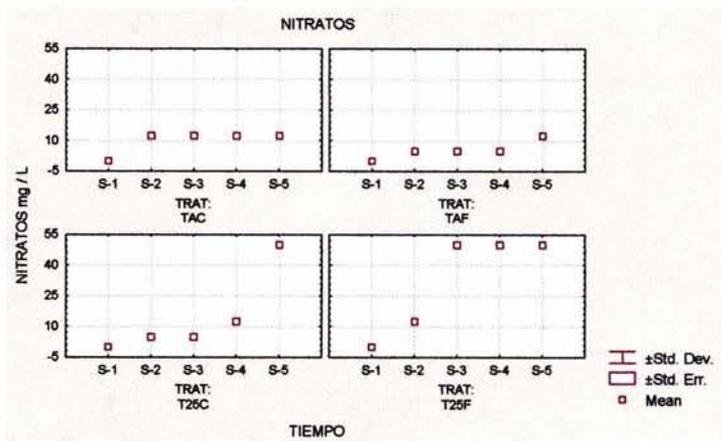
**Figura 7. Conductividad**



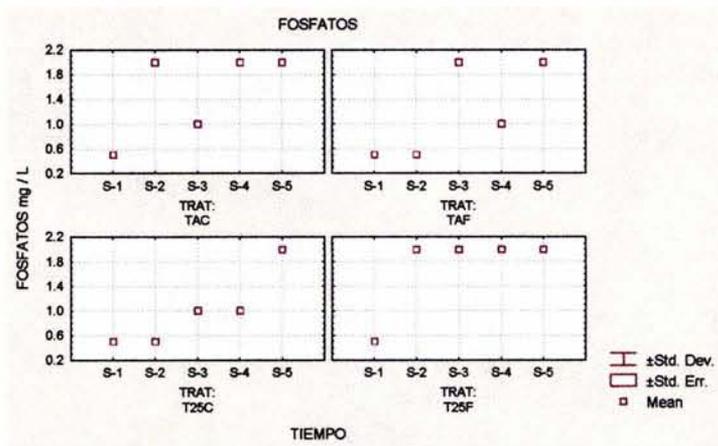
**Figura 8. Nitritos.**



**Figura 9. Nitratos.**



**Figura 10. Fosfatos.**



**Figura 11. Amonio.**

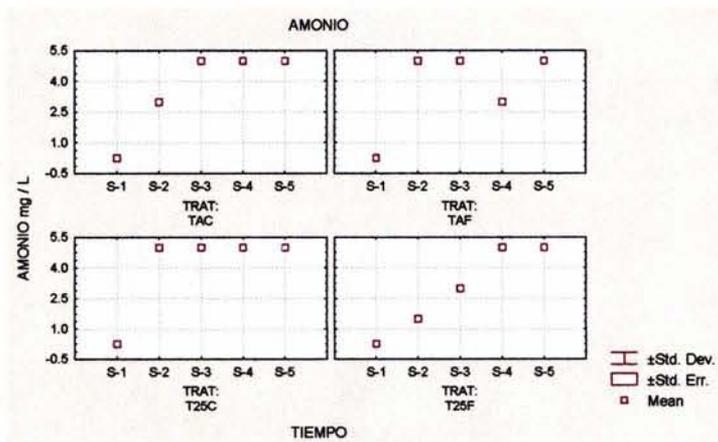


Figura 12. Cantidad de proteína ( $\mu\text{L}$ ) por mL de muestra de *E. densa*.

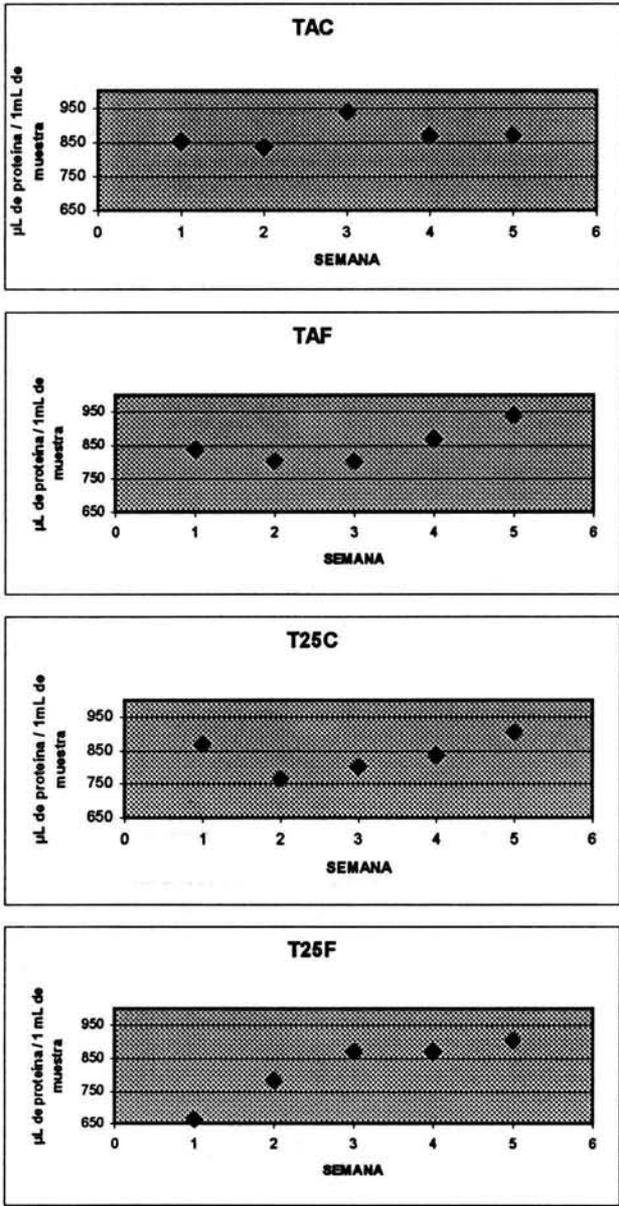


Figura 13. Cantidad de glucosa ( $\mu\text{L}$ ) por mL de muestra de *E. densa*.

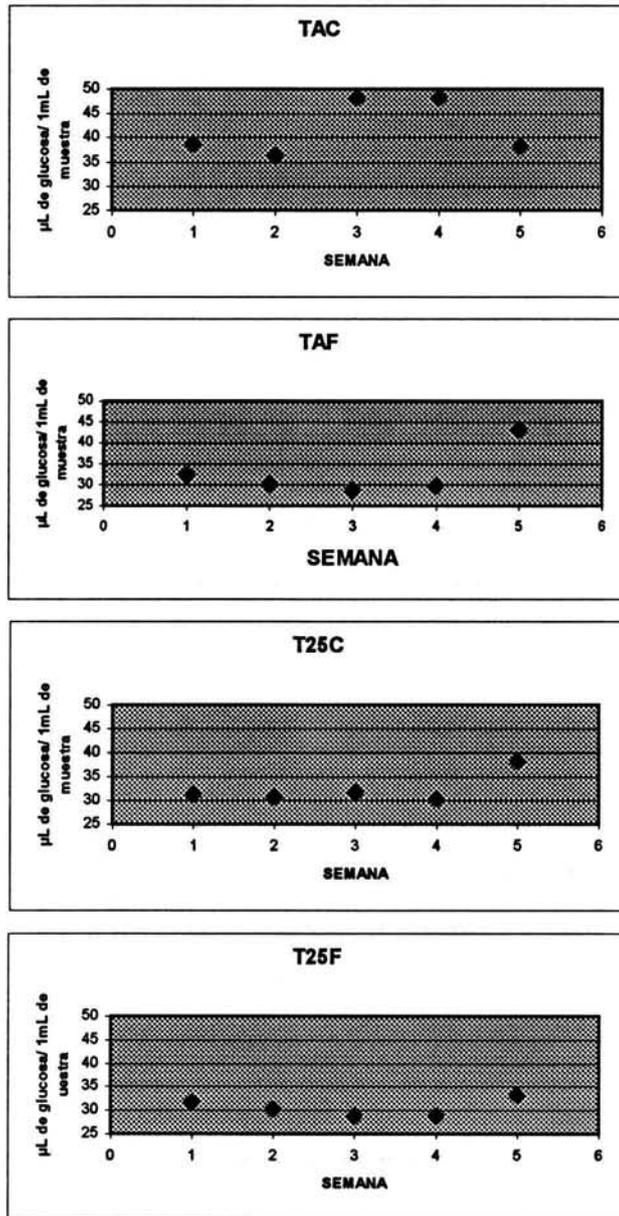
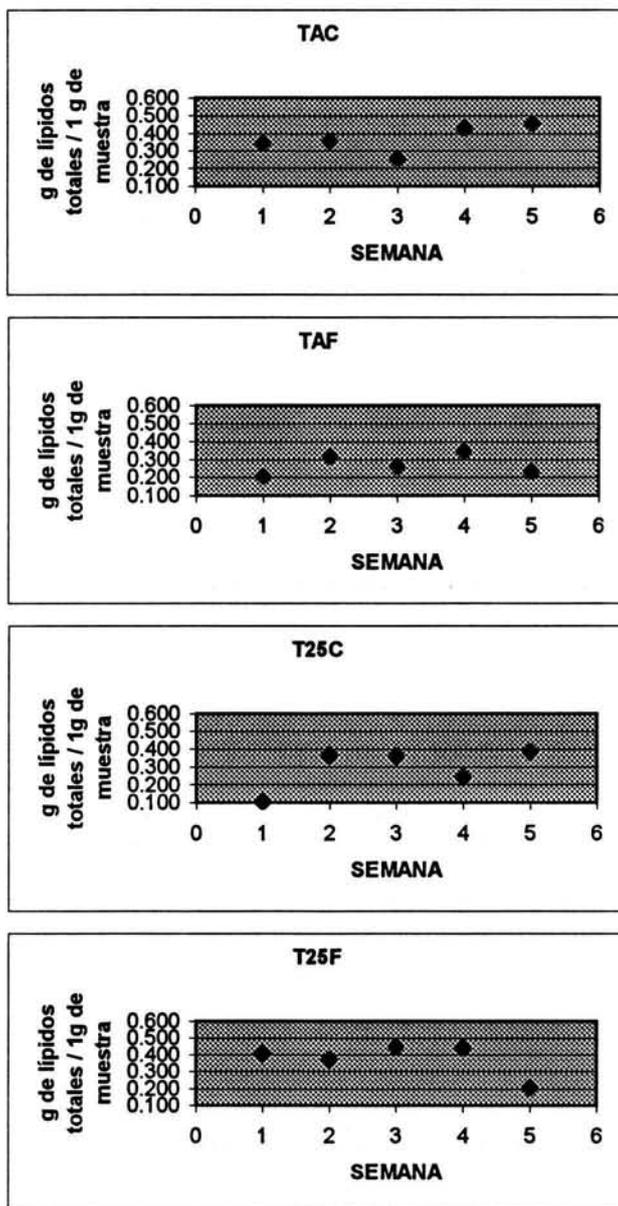
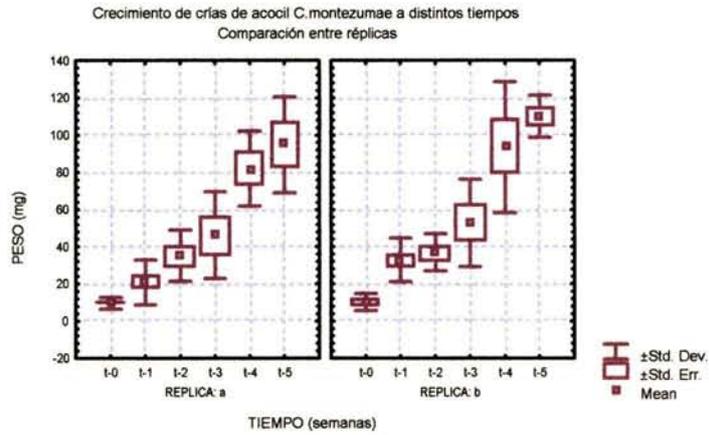


Figura 14. Cantidad de lípidos (g) por gramo de muestra.



**Figura 15. Crecimiento de crías de acocil *C. montezumae* a distintos tiempos, comparación entre réplicas**



**Figura 16. Curva de crecimiento de crías de acocil agrupadas**

