

Evaluación del proceso de descomposición aeróbica de *Egeria densa* como alimento potencial para especies acuáticas (An assessment of the aerobic decomposition of *Egeria densa* as a potential source of food for aquatic species)

Nacif Osorio, Yamel: Laboratorio de Acuicultura. Departamento de Biología Comparada. Facultad de Ciencias, UNAM. lara_shivago@hotmail.com | **Cárdenas Vázquez, René de Jesús:** Laboratorio de Biología Animal Experimental. Departamento de Biología Celular. Facultad de Ciencias, UNAM. cardenas_rene@yahoo.com | **Romero Jarero, Jorge:** Laboratorio de Microbiología. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM. microbio@maricmyl.unam.mx | **Latournerié Cervera, José Román:** Laboratorio de Acuicultura. Departamento de Biología Comparada. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. C. P. 04510 México, D. F. jlatour4@netscape.net

REDVET: 2007, Vol. VIII N° 4

Recibido: 12.02.07 / Referencia: 040709 / Aceptado: 18.03.07 / Publicado: 01.04.07

Este artículo está disponible en <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n040407.html> concretamente en <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n040407/040709.pdf>

REDVET® Revista Electrónica de Veterinaria está editada por Veterinaria Organización®. Se autoriza la difusión y reenvío siempre que enlace con Veterinaria.org® <http://www.veterinaria.org> y con REDVET® - <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet>

Resumen

Las plantas acuáticas son ampliamente conocidas como fuentes de alimento. En el caso de los organismos omnívoro-detritívoros, el nivel de descomposición que presentan los vegetales al ser ingeridos determinan su contenido nutritivo. En este trabajo se evaluó el contenido nutrimental de la macrófita *Egeria densa* en estado de descomposición aeróbica a distintos tiempos, analizando los cambios que ocurren en la composición de su tejido, así como los principales agentes bióticos y abióticos que inciden en el proceso. Se realizó una caracterización físico-química del hábitat donde se recolectó esta especie. En el laboratorio se aplicó un diseño 2 X 2, con factores como temperatura (ambiente: 21°C y 25°C) y tamaño del vegetal (macrófita entera y fraccionada en segmentos < de 50mm), acondicionado con un inóculo bacteriano proveniente del sedimento del sitio de recolección. Se practicaron estudios

microbiológicos en los inóculos aplicados inicialmente y del proceso de descomposición a través de su modificación semanal, sobre la cantidad y tipo de bacterias: coliformes fecales, totales y en grupos específicos de enterobacterias y algunas bacterias patógenas. Para analizar los cambios ocurridos en la composición del ensilado, se analizaron muestras semanales en su contenido de proteína, carbohidratos, lípidos, materia orgánica, minerales y contenido energético.

A partir de los resultados de degradación del vegetal, se determinó un tiempo óptimo de acción bacteriana (2-3 semanas), para obtener material cuyo contenido nutritivo y energético pueda ser empleado como alimento en especies acuáticas de hábitos alimenticios omnívoro- detritívoro.

Palabras Clave: Nutrición | Acuicultura | Detritus | *Egeria densa*.

Abstract

Aquatic plants are well known as a food sources. In the case of omnivorous-detritivorous organisms, the degree of decomposition presented by the vegetal material at the time of ingestion determines its nutritional content. In the present study, the nutritional content of the macrophyta *Egeria densa* under aerobic decomposition for different times was evaluated. The changes that occur in its tissue composition, as well as the main biotic and abiotic factors affecting the process were analyzed. A physicochemical characterization of the habitat where the plant was collected, was performed. At the laboratory, a 2 X 2 factorial design with factors such as temperature (21°C and 25°C) and vegetable size (whole macrophyta and segmented to less than 50 mm) was applied, the decomposition medium was

conditioned with a bacterial inocule coming from the collecting site sediment. Microbiological analysis were made in the initially applied inocules and in the decomposition media at weekly intervals, establishing type and quantity of bacteria: faecal and total coliforms, specific groups of enterobacteria and some pathogenic bacteria. The detritus were weekly analyzed for their protein, carbohydrate, total lipids, organic matter, minerals and energy contents. From the results of the vegetal decomposition, an optimal time for bacterial decomposition of 2 – 3 weeks was established, to obtain a material with enough nutritional and energetic content to be used as a food source for aquatic species of omnivorous – detritivorous feeding habits.

Keywords: Nutrition | Aquaculture| Detritus| *Egeria densa* | Bacteria

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. Se sabe que microorganismos como bacterias, levaduras y hongos, desempeñan un importante papel en los procesos de descomposición y mineralización de la materia orgánica en ambientes acuáticos. Las actividades de estos microorganismos tienen influencia tanto directa como indirecta sobre la productividad de los organismos acuáticos a varios niveles tróficos. El proceso de descomposición se realiza a nivel químico y por la mineralización de las moléculas orgánicas que son convertidas en componentes inorgánicos, los que son empleados como nutrientes por las plantas¹.

La degradación y mineralización de la materia orgánica particulada es esencial en la dinámica de los cuerpos de agua y parte fundamental de las cadenas alimenticias, debido al consumo de detritus por organismos de varios niveles tróficos. Además de que los productos finales reincorporan nutrimentos para los productores primarios. Por ende, 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 los ambientes acuáticos, en conjunto con la dinámica físicoquímica de estos hábitat².

Avault Jr³ menciona que entre otros organismos acuáticos, los acociles han sido descritos como especies omnívoras oportunistas. La mayor parte de ellos tienen una dieta que consiste en detritus enriquecido microbiológicamente.

Así, el sistema del detritus es importante en el cultivo del acocil, especialmente la descomposición aeróbica que produce más proteínas que la descomposición anaeróbica. Asimismo, las plantas vasculares, epífitas y algas pueden constituir, según las circunstancias, una considerable proporción de la dieta. En el caso de los acociles, una

gran variedad de plantas acuáticas son una fuente muy importante de alimentación, por tanto se ha propuesto que se utilicen plantas vasculares acuáticas como forraje para alimentación en cultivo de diversas especies⁴.

Las tilapias planctívoras de África, en particular *Oreochromis aureus* y *O. niloticus*, son ejemplos de especies que han mostrado un buen desarrollo en los sistemas de alimentación con detritus y han sido introducidas en todas las regiones tropicales del planeta⁵.

Debido a la gran disponibilidad de plantas que ocurren en los hábitat acuáticos, en este trabajo se seleccionó la especie *Egeria densa* (*Elodea*), de amplia distribución en la meseta central del país⁶, para medir los cambios que ocurren en su composición durante su proceso de degradación aerobia, usando un inóculo de sedimento con bacterias para tal fin, con el objeto de establecer los mejores tiempos y condiciones para obtener un detritus que pudiera ser aprovechado como alimento para especies acuáticas omnívoro–detritívoras.

Material y Métodos

Recolección y análisis del hábitat

La recolección de la vegetación acuática y caracterización del hábitat se realizó en los canales del lago de Xochimilco, ubicado en la delegación del mismo nombre en el Distrito Federal. Las coordenadas geográficas son: 19° 03' - 19° 36' de latitud norte y 98° 57' - 99° 22' de longitud oeste. En esta zona predominan sedimentos de tipo arcilloso intercalados con arenas de grano fino. El clima es templado, con un régimen pluviométrico mensual de 57 mm, acumulando 680 mm en promedio/año según el INEGI⁷.

Se tomaron muestras de agua de superficie y fondo de dos localidades empleando una botella tipo Van Dorn de 3 L de capacidad; los análisis físico – químicos realizados fueron: temperatura y oxígeno disuelto empleando un oxímetro YSI 51B ± 0.05°C y ± 0.05 mg O₂/L respectivamente. El pH, la conductividad (µS) y potencial redox (mV) se midieron por medio de un analizador de agua*. Los fosfatos (PO₄), dureza total y de carbonatos (GH y KH), nitratos y nitritos (NO₃ y NO₂) y amonio (NH₃), mediante paquetes de análisis químico**. La planta de interés (*Egeria densa*) se identificó por medio de claves dicotómicas⁸. Esta especie se encuentra enraizada en aguas poco profundas, emerge sólo en lugares donde sus flores quedan sobre la superficie. Las muestras del vegetal se transportaron al laboratorio en bolsas de plástico con agua del medio, se colocaron en jarras y se les colocó un sistema de aireación. El sedimento se recolectó mediante una draga de fondo blando, las muestras para estudios microbiológicos se recogieron en bolsas estériles de 100 mL de capacidad que contenían 10 mg de tiosulfato de sodio en polvo y se mantuvieron a baja temperatura. También se recolectaron muestras que posteriormente servirían como inóculos para el sistema donde se llevó a cabo la degradación del vegetal.

Análisis microbiológico

El estudio microbiológico se efectuó dentro de las 72 h posteriores a la toma de las muestras, se realizaron ensayos para determinar bacterias coliformes fecales y totales, tanto cualitativa como cuantitativamente. Para este caso se emplearon membranas de filtro y muestreadores Coli-count⁹, se realizaron incubaciones en medio Agar Eosina Azul de metileno (EMB), Agar Sulfito-Bismuto (BS) y Agar *Salmonella-Shigella* (SS), y en tubos con caldo lactosado. Posteriormente, se realizaron conteos directos de colonias y se determinaron los primeros géneros bacterianos, los cuales se analizaron por medio

* Cole Parmer. ** Tetra.

de la tinción de Gram y con la técnica de Análisis Profile Index (API), que es un sistema de identificación en dos modalidades, de bacilos gram negativos para entero bacterias (API 20E) y para estafilococos¹⁰.

Degradación de *E. densa*

La descomposición del vegetal se realizó en javas provistas de aireadores, en las que se colocaron 4 kg de planta, 20 L de agua del sitio de recolección y 200 mL de sedimento; estos sistemas se mantuvieron en dos regímenes de temperatura (ambiente y 25±1°C), en cada caso con dos modalidades (planta entera y planta fraccionada: trozos de *Elodea* cortada en porciones de 20–50 mm. Se efectuó un análisis semanal de calidad del agua, similar al de caracterización del hábitat, se realizaron muestreos semanales durante un lapso de mes y medio de muestras del sedimento y *Elodea* en las que se analizaron: la composición bacteriana y las modificaciones en la composición del detritus (materia orgánica, minerales y contenido de energía), así como la composición bioquímica (proteína, carbohidrato y lípidos).

Composición del detritus

Se tomaron submuestras del vegetal y se deshidrataron en estufa a 60°C durante 10 días, para obtener su peso seco y el contenido de agua. La materia orgánica y minerales se obtuvieron por incineración de muestras a 550°C por 3.5 horas, calculándose la diferencia entre el peso seco (P.s.) y el peso seco libre de cenizas (P.s.l.c. = minerales). El contenido de energía del tejido de *E. densa* por unidad de masa corporal (1g P. s.), se efectuó por el método de calorimetría directa, empleando una bomba calorimétrica Parr 1341, estandarizada con ácido benzoico.

Análisis bioquímicos

La concentración de glucosa se determinó en homogeneizados de 0.5 g del detritus, empleando el método de la glucosa oxidasa¹¹. La cuantificación de lípidos se realizó por extracción con cloroformo : metanol (2:1), recolectándose la fase orgánica, que se transfirió a un contenedor previamente pesado, se evaporó el solvente y se pesaron los lípidos totales¹². El análisis del contenido de proteína se midió en el mismo homogeneizado por medio del método de Bradford¹³, empleando albúmina sérica como estándar.

Para los análisis estadísticos se emplearon los paquetes STATISTICA 5.0 y SPSS 8.0

Resultados

Caracterización del hábitat de *E.densa*

El Cuadro 1, muestra los factores fisicoquímicos y bióticos medidos en las tres localidades de los sitios de recolección de la macrófita *Egeria* en los canales de Xochimilco. El hábitat de esta especie presentó una temperatura templada en la época de muestreo (fines del verano), con altos niveles de sólidos disueltos y un potencial de reducción elevado; el pH es básico y existen evidencias de contaminación por descargas humanas y de agua residual que alimenta los canales, lo cual se manifiesta en la presencia de bacterias coliformes, *Salmonella* sp y *Shigella* sp., así como altos niveles de fosfatos, nitritos y amonio, además de que los nitratos estuvieron ausentes en todos los muestreos realizados.

Factores físico-químicos en la degradación de *E. densa*

Los resultados de los parámetros que se midieron durante el proceso de degradación del vegetal se presentan en el Cuadro 2. Se realizó un ANDEVA de dos factores (Tratamientos X Tiempos), sin réplica, para analizar el efecto de los factores ensayados. La temperatura varió significativamente entre los tratamientos y los lapsos de medición. Durante las semanas 4 y 5, los tratamientos a temperatura ambiente del vegetal completo (TAC) alcanzaron temperaturas cercanas a los mantenidos a 25°C. La conductividad y los nitratos resultaron significativos entre los tratamientos.

La variación de los factores también fue distinta; los factores de conductividad, amonio, fosfatos y carbonatos, se incrementaron, por lo que resultaron significativos; en tanto que el oxígeno disuelto disminuyó a medida que avanzaba el proceso de descomposición. El pH, la dureza total y los nitritos no variaron significativamente durante la fase experimental.

Cuadro 1. CARACTERIZACIÓN FÍSICO – QUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO DE *Egeria densa* EN LOS CANALES DE XOCHIMILCO.

FACTOR	Media	E.E.	RANGO
Temperatura, °C	19.6	0.51	17.8 – 21.2
Conductividad, µS	732.2	58	443 – 809
Potencial redox, mv	134.7	6.7	105 – 147
pH	9.08	0.43	7.0 – 9.8
O ₂ , mg/L	5.9	0.9	3.5 – 9.0
CO ₂ , mg/L	4.6	1	2.5 – 7.5
PO ₄ , mg/L	1.42	0.27	0.5 – 2.0
NH ₃₋₄ , mg/L	0.67	0.1	0.5 – 1.0
NO ₂ , mg/L	1.83	0.31	1.0 – 3.0
NO ₃ , mg/L	0	0	0
KH, mg CaCO ₃ /L	189.2	14.6	170.9 – 232.2
GH, mg CaCO ₃ /L	232.2	8	196.5 – 250.0
(n = 6)			
CF (UFC/mL)	2000	578	1000 – 3000
CT (UFC/mL)	21000	17020	4000 – 55000
<i>Salmonella</i> , (UFC/mL)	14000	4012	10000 – 18000
<i>Shigella</i> (UFC/mL)	6000	2649	1000 – 10000
(n = 3)			

KH = Dureza de carbonatos. GH = Dureza total.

UFC = Unidades formadoras de colonias.

E.E. = Error estándar.

Cuadro 2. PROMEDIOS DE PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS DURANTE EL PROCESO DE DESCOMPOSICIÓN AERÓBICA DE *Egeria densa*.

TRATAMIENTOS				
FACTOR	TAC	TAF	TC- 25°C	TF - 25°C
T, °C	22.1 ± 2.3	21.9 ± 2.1	24.6 ± 0.4	24.6 ± 0.3
Conduct., µS	1507.4	± 1184.6	± 1239.6	± 1264
Pot. Redox, mv	574.1	862.7	537.2	460.9
	187.0 ± 81.7	220.8 ± 49.9	601.2 ± 536.3	119.6 ± 41.5
pH	8.6 ± 0.17	8.6 ± 0.2	8.8 ± 0.73	8.6 ± 0.18
O ₂ , mg/L	3.1 ± 1.0	3.2 ± 1.0	3.1 ± 1.0	3.1 ± 1.1
NH ₃₋₄ , mg/L	3.7 ± 2.1	3.7 ± 2.1	4.1 ± 2.1	3.0 ± 2.1
NO ₂ , mg/L	0.3 ± 0.2	0.3 ± 0.2	0.9 ± 1.3	1.6 ± 1.6
NO ₃ , mg/L	10.0 ± 5.6	5.5 ± 4.5	14.5 ± 20.3	32.5 ± 24.4
PO ₄ , mg/L	1.5 ± 0.71	1.2 ± 0.76	1.0 ± 0.61	1.7 ± 0.67
D.T.	600.1 ± 18.2	789.4 ± 23.2	812.6 ± 28.9	38.2 ± 27.2

Evaluación del proceso de descomposición aeróbica de *egeria densa* como alimento potencial para especies acuáticas 5

mgCaCO₃/L

Tratamientos: TAC/TAF = temperatura ambiente y planta completa/ temperatura ambiente y planta fraccionada. TC-25°C/TF-25°C = temperatura 25°C y planta completa y fraccionada. Media ± Error estándar. (n = Número de réplicas). Conduct. = Conductividad. Pot. = Potencial. D.T. = Dureza total.

Análisis microbiológico

Por medio del análisis con la técnica de API se encontraron las especies *Enterobacter cloacae*, *Salmonella paratyphi* y *Staphylococcus* sp en el inóculo de sedimento empleado en los diversos ensayos.

Se detectó la presencia de bacterias coliformes, *Escherichia coli*, *Salmonella* sp y *Shigella* sp, en todos los tratamientos y lapsos de medición.

Los resultados obtenidos sobre colonias de coliformes fecales (CF) y totales (CT) indicaron, en lo general, un incremento gradual de éstas a partir de la segunda semana (Cuadro 3). Las concentraciones de *Salmonella* y *Shigella* tuvieron un comportamiento similar al de las coliformes.

Cuadro 3. VARIACIONES EN LA CANTIDAD Y TIPOS DE COLONIAS BACTERIANAS EN LOS DIVERSOS TRATAMIENTOS DE LA DEGRADACIÓN DE *Egeria densa* Y TIEMPOS DE MEDICIÓN

TRATA MIENTO	S e m a n a s UFC/mL	S e m a n a s				
		1	2	3	4	5
TAC	CF	3000	16000	12000	39000	25000
	CT	4000	45000	124000	54000	32000
	<i>Salmonella</i>	10000	132000	100000	112000	376000
	<i>Shigella</i>	7000	64000	140000	212000	260000
TAF	CF	3000	72000	23000	8000	4000
	CT	4000	85000	76000	10000	88000
	<i>Salmonella</i>	10000	193000	287000	492000	76000
	<i>Shigella</i>	7000	96000	296000	40000	24000
TC-25°C	CF	3000	34000	17000	15000	14000
	CT	4000	53000	32000	72000	492000
	<i>Salmonella</i>	10000	358000	436000	288000	124000
	<i>Shigella</i>	7000	180000	96000	64000	112000
TF-25°C	CF	3000	16000	3000	20000	50000
	CT	4000	144000	24000	76000	436000
	<i>Salmonella</i>	10000	88000	32000	236000	334000
	<i>Shigella</i>	7000	32000	24000	204000	28000

Tratamientos: TAC /TAF = temperatura ambiente y planta completa / fraccionada. TC-25°C TF-25°C = planta completa y fraccionada a 25°C. UFC = Unidades formadoras de colonias. CF = Coliformes fecales. CT = Coliformes totales.

Composición del ensilado de *E.densa*

Los indicadores de la composición del detritus de *E. densa* durante las semanas 2 y 3 del proceso de descomposición se indican en el Cuadro 4.

El contenido de energía de *E. densa* fue más elevado y similar entre sí en los tratamientos TAC y TF - 25°C. Sin embargo, a la semana dos, la mineralización del vegetal fue mayor en TAC. Las concentraciones de proteína, glucosa y lípidos fueron

Evaluación del proceso de descomposición aeróbica de *egeria densa* como alimento potencial para especies acuáticas 6

parecidos en todos los tratamientos, con los valores más elevados en TAC a la segunda semana, seguido por TAC a la tercer semana y TF-25°C a la semana dos.

Cuadro 4. COMPOSICIÓN DEL ENSILADO DE *Egeria densa* EN LOS DIVERSOS TRATAMIENTOS Y EN DOS TIEMPOS DE DEGRADACIÓN

INDICE	TAC		TAF		TC 25°C		TF 25°C	
	T-2	T-3	T-2	T-3	T-2	T-3	T-2	T-3
Proteína (µg/ml)	836	939	802	802	767	802	784	871
Glucosa (µg/ml)	36.3	48.3	30.3	28.8	30.8	31.7	30.3	28.7
Lípidos (mg/ml)	35.4	25.6	31.7	26.5	36.4	35.7	36.9	45.1
M.O (%)	25	55.6	34.6	21	48.2	49.8	37.8	26.8
Cenizas (%)	75	44.4	65.4	79	51.8	50.2	62.2	73.2
C.E. (cal/g.Ps)	2460	2416	1387	1501	908	1801	2663	1668

Tratamientos: TAC / TAF = Temperatura ambiente y planta completa/ fraccionada. TC 25°C / TF 25°C = temperatura 25°C planta completa y fraccionada. T = tiempo en semanas. Número de réplicas por tratamiento = 3. M. O. = materia orgánica. Cenizas = minerales totales. C. E. = contenido de energía.

Discusión

La producción secundaria heterotrófica total en ecosistemas terrestres y la mayoría de los ecosistemas acuáticos se sostiene en gran medida por el reciclamiento de la materia orgánica muerta, más que por el consumo directo o de producción primaria neta.

Alrededor del 80 al 90% de la producción primaria neta terrestre, junto con las excretas y residuos animales, son transferidos al sistema de descomponedores. En éste sólo un 10% de la energía en promedio es utilizada por los animales; la mayoría son pequeños invertebrados y el remanente (90%) es utilizado por los microorganismos¹³.

Debido a que la mayoría del detritus procede de la biomasa vegetal en los ecosistemas naturales, la vegetación y la red alimenticia del detritus, son promisorias como una entrada de energía de bajo costo, a la par que un proceso que puede aprovecharse en los sistemas de acuicultura de baja energía, apropiados para las granjas de pequeña escala¹⁴.

Las bacterias descomponen los compuestos orgánicos que no pueden ser digeridos por los animales y, por ende, incrementan el valor nutrimental de la materia orgánica, por lo que estos organismos desempeñan un papel fundamental en las rutas acuáticas del detritus¹⁵.

En relación con las concentraciones de microorganismos asociados al detritus, las bacterias predominan sobre partículas finas y tienden a ser más abundantes sobre las partículas más pequeñas. Su contribución en peso en las partículas finas es del 1%.

Los hábitat acuáticos contienen una gran diversidad de bacterias de origen y fisiologías muy distintas. Estas bacterias desempeñan una amplia variedad de papeles en la naturaleza y su ocurrencia y distribución es controlada principalmente por las condiciones ambientales particulares de cada hábitat¹⁶.

Los principales factores físicos que intervienen en el proceso de descomposición y reciclamiento de nutrientes son la temperatura y el oxígeno. El movimiento del agua también influye en la ubicación del recurso y en la modificación de las condiciones físicas del ambiente¹⁷.

El inóculo empleado en los ensayos del presente estudio provenía de un sedimento arcilloso con arenas finas, por lo que se infiere que contenía una flora bacteriana abundante y adecuada para el proceso de degradación de *Egeria*.

En esta investigación se seleccionaron dos regímenes de temperatura: ambiente y 25°C, con el primero para tratar de simular las condiciones de degradación del vegetal en su hábitat natural, y con el segundo para contrastar la dinámica de descomposición de la *Elodea*, en condiciones que favorecieran la aceleración del proceso de diagénesis.

Durante las tres primeras semanas, se produjo una mineralización activa del vegetal, efecto reflejado en la elevación continua de la conductividad en los cuatro tratamientos. También hubo una disminución constante en las concentraciones de oxígeno disuelto, debido al crecimiento bacteriano. No obstante, la temperatura de 25°C no pareció acelerar el proceso, dado que los tratamientos a temperatura ambiente, presentaron dinámicas de degradación similares a los de 25°C, que se reflejó en la acción bacteriana sobre la oxidación de los productos nitrogenados, con altos valores de nitratos a partir de la segunda semana.

Según Fry¹⁶, todos los géneros de las bacterias nitrificantes son altamente aeróbicos; la nitrificación es máxima cuando los iones amonio y el oxígeno están presentes.

La posible explicación de porqué el tratamiento TAC fue similar a los demás, podría deberse a que la *Elodea* entera hubiera continuado realizando fotosíntesis durante la primera etapa de la descomposición, y a la par hubiera exudado material orgánico soluble, el cual al ingresar al "pool" del carbono orgánico disuelto, podría haber sido mineralizado rápidamente y promovido el crecimiento bacteriano.

Se sabe que la fracción orgánica del "pool" de carbono orgánico disuelto consiste principalmente en azúcares simples, ácidos grasos y aminoácidos, cuyo flujo a través de este "pool" es muy rápido; el tiempo de recambio de estos materiales por las bacterias puede ser menor de 1h durante el verano en aguas ricas en nutrientes¹⁶, como aquellas provenientes del sitio de colecta en Xochimilco, con la cual se efectuaron los ensayos.

Durante el proceso de descomposición, el detritus vegetal es modificado por agentes físicos, químicos y biológicos que de manera continua alteran su composición y su valor nutrimental. Los efectos del proceso de descomposición sobre el valor nutrimental es complejo y depende del tipo de detritus. En las primeras etapas del proceso, este valor puede ser incrementado por la descomposición de los compuestos que son los remanentes de las defensas de las plantas en contra de su consumo potencial por los herbívoros. Posteriormente, la remoción selectiva de la fracción orgánica más lábil puede hacer al detritus de menor valor nutrimental para los detritívoros, que carecen de adaptaciones especiales para la digestión de los residuos refractarios¹⁸.

El detritus es procesado a lo largo de dos rutas: los compuestos estructurales como la celulosa y la lignina que quedan como forma particulada, en tanto que las proteínas solubles y carbohidratos se disuelven rápidamente. La materia orgánica soluble perdida en las hojas que se caen durante el otoño en corrientes templadas contienen de 5 a 30% de peso orgánico total, después de sólo 24 horas de haber caído¹⁹. Wetzel²⁰ registró tasas de descomposición de macrófitas de 50% por semana.

En un ecosistema donde dominan las macrófitas, la biomasa de éstas podría ingresar al "pool" de carbono orgánico particulado, directamente por muerte y procesos de descomposición. El carbono es metabolizado por mecanismos respiratorios aeróbicos y anaeróbicos, a la vez que por metanogénesis. La respiración aerobia es siempre la más importante, pero la desnitrificación y metanogénesis son importantes en ambientes dulceacuícolas²¹.

Se cree que los aminoácidos vegetales son la fuente original del nitrógeno del detritus. En el proceso de fragmentación, una gran parte de la proteína original que no se pierde en solución, es degradada gradualmente a aminoácidos y polipéptidos, así como nitrógeno orgánico y ácidos no aminados. La materia orgánica y el nitrógeno disueltos recién liberado puede ser mineralizado por los microorganismos, pero aquéllos que están en etapas posteriores son relativamente refractarios. La cantidad absoluta de nitrógeno se incrementa con frecuencia durante la descomposición en la ruta de la fragmentación. Por otra parte, los efectos de la disolución, descomposición y condensación producen una gran diversidad de compuestos orgánicos ricos en nitrógeno en el detritus particulado^{22,23,24}.

En 32 especies de plantas vasculares acuáticas, incluyendo *Egeria*, el promedio de aminoácidos o proteínas como porcentaje del peso seco libre de cenizas es de 17%. Las bajas concentraciones de aminoácidos encontrados se deben a la rápida pérdida de éstos en relación con otros compuestos orgánicos de las partículas del detritus durante los primeros estados del procesamiento. La concentración de aminoácidos en el vegetal parental afecta las concentraciones de éstos en la secuencia de degradación¹⁸.

Huner y Barr²⁵ y Avault Jr et al²⁶, han referido que el valor nutrimental del detritus vegetal se encuentra relacionado con la relación Carbono : Nitrógeno (C:N) en la materia en descomposición, y que una relación C : N de 17:1, o menor, resulta ser una fuente alimenticia adecuada. Al respecto, Bowen¹⁸ menciona que la vegetación acuática en proceso de descomposición alcanza estos valores durante las semanas dos a tres del proceso de degradación.

Anderson¹⁷ ha señalado que la respiración microbiana declina después de la fase "lag" de crecimiento (semanas 2 y 3 de la degradación de *Egeria*), etapa en que el detritus vegetal enriquecido debería ser "cosechado" para emplearse como fuente alimenticia, para evitar la formación de complejos recalcitrantes de carbono y nitrógeno que se acumulan en etapa posterior y disminuyen la calidad nutrimental del producto.

Los resultados obtenidos en los indicadores bioquímicos y de la composición del ensilado de *E.densa*, denotaron que los tratamientos de la segunda y tercer semana fueron muy parecidos.

Considerando lo anterior, se recomienda emplear el detritus enriquecido de *Elodea* de la segunda semana de degradación del tratamiento TAC, como alimento potencial para especies acuáticas omnívoro-detritívoras (peces y crustáceos), dado que en condiciones de cultivo, el lapso más breve para la manipulación del alimento facilitaría las actividades de crianza de los organismos.

La intensificación de la producción piscícola, o de cualquier población, permite incrementar las tasas de entrada del alimento, así como su eficiencia de consumo y asimilación de carbono y nitrógeno. Además de su calidad nutrimental, el alimento debe estar disponible para el pez¹⁷.

Según Bowen¹⁸, Kuznetsov²⁷ y Opuszynski²⁸, los peces que se alimentan del detritus presumiblemente derivan su nutrición de la comunidad detrital, incluyendo las bacterias.

Debido al énfasis que se da en los países desarrollados en el cultivo de peces con dietas formuladas, en una forma similar a los métodos empleados para la crianza de aves y ganado, no se aprecia la importancia de que la mayoría del rendimiento mundial de peces cultivados se realiza en estanques alimentados con productos de desecho²⁹.

El método tradicional de cultivo de peces en estos sistemas, donde se reciclan los desechos orgánicos, es poco comprendido por lo que considerables beneficios para las actividades acuícolas resultarían de la optimización de estos sistemas.

Schroeder,^{30,31} ha enfatizado la importancia de usar el estanque como un medio en el cual se cultiven los peces, pero también como un "rumen externo", en el cual los nutrientes enlazados en formas relativamente indigeribles, podrían ser liberados por la actividad microbiana, y proveerían sustratos para la producción heterotrófica y autotrófica, que subsecuentemente servirían como un alimento natural rico en proteína para el pez.

Los animales en cultivo dependen de manera parcial de los alimentos "naturales" (microorganismos y/o detritus), para satisfacer sus necesidades nutrimentales. Por ende, las cadenas alimenticias naturales y los procesos microbiológicos podrían incrementarse para elevar los rendimientos y disminuir los costos de producción³².

Es responsabilidad del acuicultor identificar los requerimientos nutrimentales y de calidad del agua de los animales que se cultivarán, así como los costos relativos y la disponibilidad de los materiales que ingresan al cultivo. Si se trabaja en conjunto con microbiólogos, ecólogos y nutriólogos, es posible planear las rutas de las redes alimenticias que sean más efectivas en su relación costo - beneficio, y finalmente con el tecnólogo de alimentos y el ingeniero, desarrollar y controlar la tecnología correspondiente.

Referencias

1. Sorokin YI, Kadota H. Techniques for the Assessment of Microbial production and Decomposition in Fresh Waters. IBP Handbook No. 23. Oxford: Blackwell Scientific Publication. 1972.
2. Delgadillo EC. Evaluación de la material orgánica particulada en la laguna de Coyuca de Benítez, Gro. Durante el ciclo otoño 1983 - verano 1984 y su relación con percepción remota (tesis de licenciatura). México (DF). Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, 1986.
3. Avault Jr JW. Crayfish species plan for the United States. Freshwater Crayfish 1983; 5:528-533.
4. Aguilar RE. Crecimiento y producción del acocil *Cambarellus montezumae* (Saussure) (Crustacea:Cambaridae), empleando alimento vegetal. (tesis de licenciatura). México (DF). Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, 1991.
5. Bowen SH. Feeding, digestion and growth-quantitative considerations. In: Pullin RSV, Lowe-McConnell RH, editors. The Biology and Culture of Tilapias. International Center for Living Aquatic Resources Management (ICLARM) Conference Proceedings 7. ICLARM Manila Philippines, 1982:141-156.
6. Lot A. Listados florísticos de México. México. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, 1986.
7. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Anuario Estadístico del Distrito Federal. Cuaderno estadístico delegacional (Xochimilco). México: INEGI, 1999.
8. Lot A, Novelo R, Olvera M, Ramírez-García P. Catálogo de Angiospermas acuáticas de México : hidrófitas estrictas emergentes, sumergidas y flotantes.

- Cuadernos del Instituto de Biología 33, Universidad Nacional Autónoma de México, 1999.
9. Cotton RA, Sladek KJ, Sohn BI. Evaluación de los muestreadores Coli - Count y Total - Count en diversas muestras de agua. Bedford Massachusetts: Millipore Corporation, 1974.
 10. ANALYSES PROFILE INDEX FOR STAPHILOCOCCUS. (APISTAPH). Sistemas de identificación, diagnóstico "in vitro" y reactivos. Durham North Carolina. Bio - Mérieux, 2000.
 11. Juego de reactivos Glucosa liquicolor, método GOD-PAP , Human, Wiesbaden, Alemania.
 12. Folch J, Lees M, Stanley GH. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. J Bio Chem 1957;226:497-509.
 13. Bradford MM. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein - dye binding. Anal Biochem 1976;72:248 - 254.
 14. Pomeroy LR. Detritus and its role as a food source. In: Barnes RSK, Mann KH, editors. Fundamentals of Aquatic Ecosystems. Oxford. Blackwell Scientific Publication, 1980.
 15. Edwards P. Use of terrestrial vegetation and aquatic macrophytes in aquaculture. In: Moriarty DJW, Pullin RSV, editors. Detritus and Microbial Ecology in Aquaculture. International Center for Living aquatic Resources Management (ICLARM) Conference Proceedings 14. 26-31 August 1985 Bellagio, Como, Italy. (ICLARM) Manila, Philippines. 1987:311-335.
 16. Moriarty DJW. Methodology for determining biomass and productivity of microorganisms in detrital food webs. In: Moriarty DJW, Pullin RSV, editors. Detritus and Microbial Ecology in Aquaculture. International Center for Living aquatic Resources Management (ICLARM) Conference Proceedings 14. 26-31 August 1985 Bellagio, Como, Italy. (ICLARM) Manila, Philippines. 1987:4-31.
 17. Fry JC. Functional roles of major groups of bacteria associated with detritus. In: Moriarty DJW, Pullin RSV, editors. Detritus and Microbial Ecology in Aquaculture. ICLARM Conference Proceedings 14. International Center for Living aquatic Resources Management (ICLARM) Conference Proceedings 14. 26-31 August 1985 Bellagio, Como, Italy. (ICLARM) Manila, Philippines. 1987:83-122.
 18. Anderson JM. Production and decomposition in aquatic ecosystems and implications for aquaculture. In: Moriarty DJW, Pullin RSV, editors. Detritus and Microbial Ecology in Aquaculture. International Center for Living aquatic Resources Management (ICLARM) Conference Proceedings 14. 26-31 August 1985 Bellagio, Como, Italy. (ICLARM) Manila, Philippines. 1987:123-147.
 19. Bowen SH. Composition and nutritional value of detritus. In: Moriarty DJW, Pullin RSV, editors. Detritus and Microbial Ecology in Aquaculture. International Center for Living aquatic Resources Management (ICLARM) Conference Proceedings 14. 26-31 August 1985 Bellagio, Como, Italy. (ICLARM) Manila, Philippines. 1987:192-216.
 20. Anderson NH, Sedell JR. Detritus processing by macroinvertebrates in stream ecosystems. Ann. Rev. Entomol. 1979;24:351 - 377.
 21. Wetzel RG. Limnology. 2nd ed. Philadelphia. Saunders, 1983.
 22. Nedwell DB. The input and mineralization of organic carbon in anaerobic aquatic sediments. Adv Microbiol Ecol 1984;7:93-132.
 23. Suberkropp K, Godshalk GL, Klug MJ. Changes in the chemical composition of leaves during processing in a woodland stream. Ecology 1976;57:720-727.
 24. Odum WE, Kirk PW, Ziemann JC. Non-protein nitrogen compounds associated with particles of vascular plants detritus. Oikos, 1979;32:363-368.
 25. Rice DL. The detritus nitrogen problem: new observations and perspectives from organic geochemistry. Mar Ecol Progr Serv 1982;9:153-162.
 26. Huner V, Barr JE. Red swamp crayfish: Biology and Exploitation. Louisiana state. Univ. Sea Grant, Center for Wetland Resources, Publication LSU-T-80-001,1984.

27. Avault Jr JW, Romaine P, Miltner MR. Red swamp crayfish *Procambarus clarkii*. 15 years research Louisiana State University. Freshwater Crayfish 1983.5:362-369.
28. Kuznetsov YA. Consumption of bacteria by the silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*). J Ichthiol 1977:17:398-403.
29. Opuszynski K. Comparison of the usefulness of the silver carp and the big head carp as additional fish in carp ponds. Aquaculture 1981:25:223-233.
30. Wohlfarth G. Utilization of manure in fish farming. In: Pataskia CMR, editor. Proceedings of the Fish Farming and wastes. 4-5 January 1978. University College, London. 1978:78-91.
31. Schroeder GL. Agricultural wastes in fish farming. A commercial application of the culture of single-celled organisms for protein production. Water Res 1977:11:419-420.
32. Schroeder GL. The breakdown of feeding niches in fish ponds under conditions of severe competition. Bamidgeh. 1980b:32(1):20-24.
33. Pruder GD. Detrital and algal based food chains in aquaculture: A perspective. In: Moriarty DJW, Pullin RSV, editors. Detritus and Microbial Ecology in Aquaculture. International Center for Living aquatic Resources Management (ICLARM) Conference Proceedings 14. 26-31 August 1985 Bellagio, Como, Italy. ICLARM Manila, Philippines, 1987:296-308.

REDVET® Revista Electrónica de Veterinaria (ISSN nº 1695-7504) es medio oficial de comunicación científico, técnico y profesional de la Comunidad Virtual Veterinaria, se edita en Internet ininterrumpidamente desde 1996. Es una revista científica veterinaria referenciada, arbitrada, online, mensual y con acceso a los artículos íntegros. Publica trabajos científicos, de investigación, de revisión, tesis, tesis doctorales, casos clínicos, artículos divulgativos, de opinión, técnicos u otros de cualquier especialidad en el campo de las **Ciencias Veterinarias** o relacionadas a nivel internacional.

Se puede acceder vía web a través del portal **Veterinaria.org®**. <http://www.veterinaria.org> o en desde **REDVET®** <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet>.

Se dispone de la posibilidad de recibir el Sumario de cada número por correo electrónico solicitándolo a redvet@veterinaria.org

Si deseas postular tu artículo para ser publicado en **REDVET®** contacta con redvet@veterinaria.org después de leer las Normas de Publicación en <http://www.veterinaria.org/normas.html>

Se autoriza la difusión y reenvío de esta publicación electrónica siempre que se cite la fuente, enlace con **Veterinaria.org®**. <http://www.veterinaria.org> y **REDVET®** <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet>

Veterinaria Organización S.L.® - (Copyright) 1996-2007- E_mail: info@veterinaria.org