

**CRECIMIENTO DE *LEMNA OBSCURA* (AUSTIN) DAUBS
EN EL SISTEMA DEL LAGO DE MARACAIBO**

FLORA BARBOZA¹, LENÍN HERRERA², JACINTO SÁNCHEZ¹,
GUSTAVO MORILLO¹ Y ALBERTO TRUJILLO²

¹*Departamento de Biología, Facultad Experimental de Ciencias,
Universidad del Zulia, Apartado 526, Maracaibo 4001-A,
Estado Zulia, Venezuela
Tele-fax: (0261-7598109), florabarboza@gmail.com*

²*Centro de Investigaciones del Agua, Facultad de Ingeniería,
Universidad del Zulia, Apartado 526,
Maracaibo 4001-A, Estado Zulia, Venezuela
Tele-fax: (0261-7598109)*

Resumen. Se determinó el crecimiento de la *Lemna obscura* en cuatro sitios en el Sistema del Lago de Maracaibo, estado Zulia, Venezuela. Se colocaron cestas de crecimiento de 50 x 50 x 50 cm, por triplicado, en las estaciones de muestreo: Isla Dorada (costa noroccidental), San Francisco, Laguna El Imazo (costa suroccidental) y Caño La O (costa oriental), las cuales fueron inoculadas con 200 frondes vivos. Se contó el número de frondes en cada cesta diariamente durante 7 días. El pH, la salinidad, la temperatura y el oxígeno disuelto se midieron al inicio y al final del experimento. Adicionalmente, se recolectaron muestras de agua para la determinación de nutrientes. Los resultados indican que la *Lemna obscura* presentó dos patrones de tasa de crecimiento (exponencial y sigmoide). La tasa de crecimiento exponencial más elevada (0,2264 fronde/día⁻¹) y el menor tiempo de duplicación (3,06 días) ocurrieron en la Laguna El Imazo, caracterizada por aguas tranquilas, de poca profundidad, elevada concentración de fósforo y nitrógeno. La menor tasa de crecimiento exponencial (0,0838 fronde/día⁻¹) y el mayor tiempo de duplicación (7,27 días) fueron en Caño La O, con contenido de nitrógeno alto y fósforo bajo. La disminución de la tasa de crecimiento en los otros sitios puede tener relación con las bajas concentraciones de fósforo disponibles y al fuerte oleaje. *Recibido: 13 junio 2007, aceptado: 17 marzo 2008.*

Palabras clave. *Lemna obscura*, tasa de crecimiento, Lago de Maracaibo, fósforo y nitrógeno.

GROWTH OF *LEMNA OBSCURA* (AUSTIN) DAUBS
IN THE LAKE MARACAIBO SYSTEM

Abstract. We determined growth of *Lemna obscura* at four sites in the Lake Maracaibo System, Zulia State, Venezuela. Growth baskets (50 x 50 x 50 cm) were placed in triplicate at the following sampling stations: Dorada Island (northwestern coast), San Francisco, the Imazo Lagoon (southwestern coast) and La O Creek (eastern coast). Each basket was inoculated with 200 live fronds, and fronds were counted daily for seven days. The pH, salinity, temperature and dissolved oxygen were measured at the beginning and end of the experiment. Also, water samples were collected to determine nutrient content. *Lemna obscura* showed two growth rate patterns (exponential and sigmoid). The highest exponential growth rate ($0.2264 \text{ fronds/day}^{-1}$) and the lowest duplication rate (3.06 days) occurred in Imazo Lagoon, characterized by calm, shallow waters with high phosphorous and nitrogen concentrations. The lowest exponential growth rate ($0.0838 \text{ fronds/day}^{-1}$) and highest duplication rate (7.27 days) occurred in La O Creek, a water body with high nitrogen, but low phosphorous concentrations. Decreased growth rates at the other sites may be related to low amounts of phosphorous present in the water, as well as strong wave action. *Received: 13 June 2007, accepted: 17 March 2008.*

Key words. *Lemna obscura*, growth rate, Lake Maracaibo, phosphorous and nitrogen.

INTRODUCCIÓN

Las Lemnaceae son plantas acuáticas vasculares monocotiledóneas, capaces de cubrir extensas áreas en cuerpos de agua eutróficos. Durante los primeros meses del año 2004, se comenzó a observar, por primera vez, un crecimiento masivo de una especie del género *Lemna* identificada como *Lemna obscura* (Medina *et al.* 2006), en las zonas del sur y centro del Lago de Maracaibo. Posteriormente, grandes afloramientos de esta especie comenzaron a migrar hacia el Estrecho de Maracaibo, por acción de los vientos y mareas. Este elevado crecimiento de biomasa logró cubrir hasta cerca del 20% del espejo lacustre (Herrera *et al.* 2004), al extremo que podía visualizarse fácilmente en las imágenes suministradas por el satélite MODIS (Institute for Marine Remote Sensing, <http://modis.marine.usf.edu/>) de la Universidad del Sur de Florida.

La presencia de esta especie sobre la superficie del Lago, trajo como consecuencia malos olores, daño a los motores de las embarcaciones de pesca, proliferación de insectos, entre otros problemas (Herrera *et al.* 2004). Como

consecuencia de la acumulación de grandes cantidades de biomasa de esta planta acuática en las áreas litorales se formaron capas de hasta 20 cm de espesor; este hecho originó perturbaciones ecológicas importantes con repercusiones negativas sobre otras especies acuáticas, ya que las capas de *Lemna* actúan como barreras al paso de la luz impidiendo la fotosíntesis y bloqueando la transferencia de oxígeno de la atmósfera al agua (Landolt 1986).

En síntesis, se generan condiciones anóxicas en las zonas menos profundas, lo cual conlleva a la descomposición de la materia orgánica acumulada bajo condiciones anaerobias, inclusive la aportada por la misma planta que produce gases que provocan malos olores, afectando a las poblaciones asentadas en las proximidades de las riberas del Lago.

Las condiciones físico-naturales que concurren para favorecer el crecimiento de esta especie son los cambios en los patrones de las lluvias y los vientos (Herrera *et al.* 2004). El incremento de las precipitaciones determina el transporte de nutrientes, especialmente los fosfatos y compuestos de nitrógeno en forma de nitratos en grandes cantidades, desde las cuencas de los ríos afluentes del Lago, producto de las actividades agropecuarias, camaroneras, industriales y urbanas (fuentes puntuales) que se desarrollan en ellas, incluyendo el área colombiana de la cuenca del río Catatumbo, con una extensión de 16.000 km² (Herrera *et al.* 2004).

Asimismo, las lluvias también han generado un incremento de los caudales de los ríos que alteraron la hidrodinámica del centro de la masa de agua del saco del Lago, produciendo la ruptura de la estratificación (cono hipolimnético) existente en esa zona, lo que ha conducido a la liberación interna de nutrientes, especialmente de los compuestos nitrogenados, los cuales al disponer de oxígeno, producto de la ruptura de la estratificación logran transformarse de las formas amoniacales a nitratos por un proceso de desnitrificación.

Un evento como este, se reportó en Massachussetts (EEUU), con un crecimiento masivo de *Lemna minor*, que obstruyó ríos y canales, lo cual se debió a cambios bruscos en las condiciones ambientales, entre las que se constataron un aumento de nitrógeno soluble y un ligero cambio en la alcalinidad del agua (Zambrano 1974).

Algunas investigaciones afirman que las explosiones demográficas de especies de *Lemna* son multifactoriales y principalmente asociadas a actividad

antrópica, ocurren generalmente después de las primeras lluvias luego de la estación seca y son consideradas como indicadores de eutrofización en cuerpos de agua, causada por las descargas de aguas negras y remoción de sedimentos por actividad minera (Palma *et al.* 1986).

Una de las incógnitas relacionadas con el fenómeno del afloramiento *Lemna obscura* en el Lago de Maracaibo, es la velocidad de su crecimiento y los factores que la influyen. Es por ello, que se planteó la necesidad de ejecutar esta investigación a los fines de incrementar y complementar el conocimiento sobre la biología y ecología de esta especie, a objeto de conocer si *Lemna obscura* se propaga y aumenta su biomasa en todas las zonas del Lago o si sólo utiliza algunas áreas de este cuerpo de agua como sitio de acumulación.

El objetivo de este estudio es determinar la tasa de crecimiento *in situ* de *Lemna obscura* en el Sistema del Lago de Maracaibo, y su relación con los parámetros físico-químicos.

ÁREA DE ESTUDIO

El Lago de Maracaibo está situado en una depresión de origen miocénico, que una vez fue parte del extenso mar que cubrió la porción central de Venezuela. En el presente, su área es de 12.013 km², con una profundidad en la porción sur del Lago de 34 m (Parra-Pardi 1986).

El Lago está en libre comunicación con las aguas marinas del Golfo de Venezuela, a través de la Bahía El Tablazo y el Estrecho, que en conjunto tienen 39 km de largo. El Golfo de Venezuela se encuentra en la porción externa de esta depresión. Su forma es aproximadamente rectangular, con el eje mayor en el sentido noreste-sureste (Parra-Pardi 1986).

La climatología de la cuenca del Lago de Maracaibo está dominada por el régimen de los vientos alisios que soplan regularmente de noviembre a abril, en dirección noreste. Durante los meses más cálidos (mayo a octubre), estos vientos disminuyen su velocidad y predominan los vientos locales que soplan en dirección sureste y resultan del calentamiento y enfriamiento desigual de las masas terrestres que rodean al Lago, así como del Lago mismo, produciendo una alta incidencia en las lluvias (Rodríguez 2000).

Con el regreso de los alisios cesa la temporada de lluvia. De esta forma, el clima de la región puede ser dividido en dos fases distintas, la estación lluviosa de mayo a noviembre y la estación seca de diciembre a abril (Rodríguez 2000).

La pluviosidad aumenta en la cuenca de norte a sur. El Golfo de Venezuela presenta los valores mínimos con 100 mm para la estación seca y 200 mm en la época lluviosa. Los promedios se incrementan hacia el sur, con dos máximos, uno sobre la hoya del Río Escalante, con 1.400 mm para ambas estaciones y otra sobre la hoya del Río Santa Ana, con 1.000 mm en la estación seca y 1.800 mm en la estación lluviosa (Rodríguez 2000).

Las mareas en la Bahía El Tablazo y Estrecho de Maracaibo son de tipo mezclado semidiurno. La desigualdad entre las mareas sucesivas disminuye desde malecón hasta Maracaibo y a la altura de la salina son nuevamente de mezclado diurno (Rodríguez 2000).

MATERIALES Y MÉTODOS

SITIOS DE MUESTREO

La investigación se realizó en cuatro estaciones ubicadas en el Sistema del Lago de Maracaibo desde el mes de agosto a diciembre de 2004 (Fig. 1).

Los criterios utilizados para la selección de estos sitios fueron los siguientes: diferentes profundidades, acumulación de *Lemna obscura*, evaluar el crecimiento en las zonas suroccidental, noroccidental y costa oriental del Lago de Maracaibo donde se ejecutan diversas actividades antrópicas como son los desarrollos urbanos, industriales, agrícolas, pecuarias y camaroneras que generan contaminantes que son descargados a las aguas del Lago sin tratamiento previo.

Otro importante factor considerado en la elección de estos sitios fue la facilidad de acceso, colocación, seguridad de las cestas y la realización del conteo diario por siete días de los frondes.

Estación Isla Dorada: Se encuentra ubicado en el Municipio Maracaibo en la zona noroccidental del Estrecho del Lago de Maracaibo (UTM: 187989 Norte y 214544 Este). Las cestas se colocaron a la izquierda del primer puente a través del cual se llega al Conjunto Residencial Isla Dorada. La profundidad del agua es de 1 m y se presenta oleaje; también recibe aguas servidas domésticas e industriales procedentes de muelles y viviendas que se localizan en la zona.

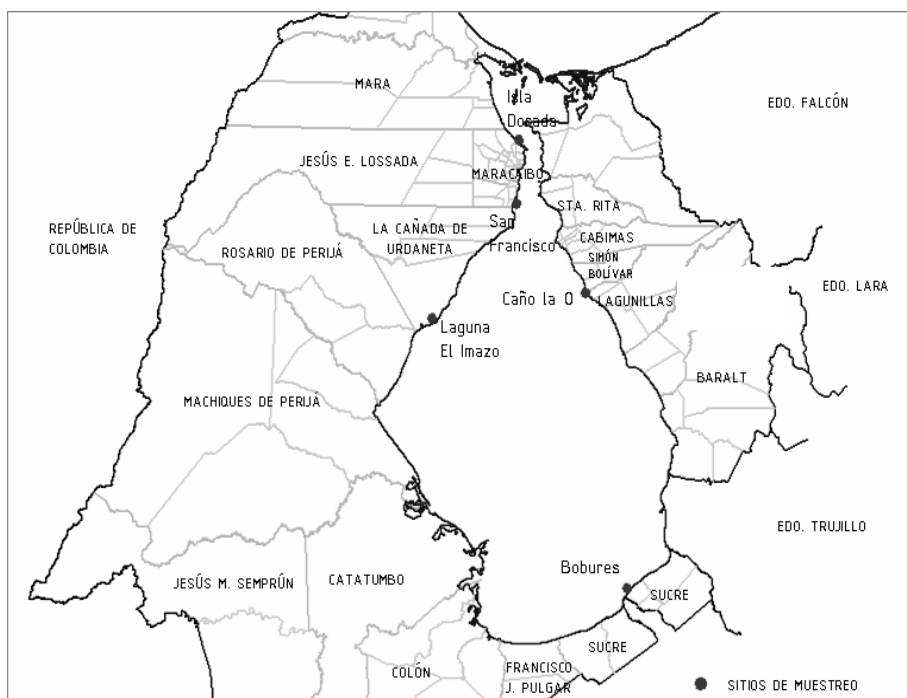


Figura 1. Estaciones de evaluación de la tasa de crecimiento de *Lemna obscura*, en el Sistema del lago de Maracaibo.

Estación San Francisco: Se encuentra en el Municipio San Francisco, zona suroccidental del Estrecho del Lago de Maracaibo (UTM: 164552 Norte y 213479 Este). Las cestas se ubicaron en los alrededores del muelle de carbón pertenecientes a la empresa Transcoal de Venezuela. La profundidad del agua es de 1,20 m y se observa oleaje fuerte producido de forma natural y por las embarcaciones (gabarras) que constantemente cargan carbón, y el área recibe descargas de aguas servidas, domésticas e industriales.

Estación Laguna El Imazo: Esta laguna se encuentra ubicada en el límite entre Potreritos (Municipio La Cañada de Urdaneta) y Barranquitas (Municipio Rosario de Perijá), en la zona Suroccidental del Lago de Maracaibo (UTM: 121410 Norte y 179793 Este). Esta estación recibe aguas provenientes de la actividad agrícola, pecuaria y camaronera, presenta aguas de poca profundidad (60 cm aproximadamente) y sin movimientos producido por el oleaje.

Estación Caño La O: Se encuentra ubicada en el Municipio Lagunillas y corresponde a la Costa Oriental del Lago de Maracaibo (UTM: 131151 Norte y 241068 Este). La estación posee una profundidad de 2,20 m y oleaje. Además, recibe aguas servidas domésticas y de origen industrial de la población de Cabimas y de la industria petrolera localizada en el Estrecho y Lago de Maracaibo.

TASA DE CRECIMIENTO

Para evaluar la tasa de crecimiento de *Lemna obscura*, bajo condiciones dinámicas del Lago de Maracaibo, de agosto a diciembre de 2004, se construyeron cestas con un tamaño de 50 x 50 x 50 cm, con tubos de PVC y malla plástica (1 mm de diámetro), las cuales se forraron por dentro y por fuera con tela de organza para evitar la entrada o salida de las plantas. El uso de dichas cestas, permitió crear un microambiente con características muy similares a las del ambiente externo, en cuanto al movimiento del agua y la concentración de parámetros físico-químicos. Se colocaron tres cestas de crecimiento en cada estación de muestreo las cuales se fijaron utilizando cuatro varas de mangle de 1 m de alto, atadas a cada cesta y enterradas en el suelo.

Posteriormente, se procedió a recolectar del ambiente acuático una masa de frondes (individuos), se colocaron en envases plásticos y luego se seleccionaron y contaron 200 frondes vivos (verdes) los cuales se inocularon en el interior de cada cesta; dicha cantidad se consideró como el número de frondes iniciales, y diariamente se contaron los frondes vivos por un periodo de siete días consecutivos.

MEDICIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

Al inicio y final del experimento dentro de las cestas, se evaluaron los parámetros *in situ*: salinidad, conductividad, temperatura, oxígeno disuelto y pH, utilizando equipos de campo marca YSI. También se recolectaron muestras de agua por triplicado para medir las concentraciones de algunas de las formas de nutrientes (orfosfato, fósforo total, nitratos, nitritos, amonio y nitrógeno kjeldahl). El procesamiento de las muestras se realizó en el laboratorio del Centro de Investigaciones del Agua de la Universidad del Zulia. Los análisis se realizaron siguiendo la metodología del APHA (1992).

Las concentraciones contenido de amonio se evaluaron a través del método potenciométrico directo, usando electrodos selectivos para el ion

amonio. Los nitratos y nitritos se evaluaron por el método de la columna de cadmio. Para determinar el fósforo total se realizó una digestión utilizando persulfato de amonio y ácido sulfúrico 11N y los ortofosfatos se determinaron según método del ácido ascórbico (APHA 1992).

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El número de frondes diarios, las concentraciones de los parámetros físico-químicos de los diferentes sitios de muestreo se organizaron en una hoja de cálculo de Microsoft Excel. Se graficaron los frondes vivos y el tiempo (días) para obtener las curvas de crecimiento. Los valores de los parámetros físico-químicos se sometieron a un análisis de la varianza para comparar las medias de cada parámetro y se aplicó la prueba estadística de Duncan, del paquete estadístico SAS (Statistical Analysis System), para establecer las diferencias significativas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

TASA DE CRECIMIENTO

Las tasas de crecimiento de *Lemna obscura* en la Laguna El Imazo y Caño La O, muestran curvas que indican un crecimiento exponencial, con un incremento continuo del número de individuos (Figs. 2 y 3).

En la Laguna El Imazo, la tasa de crecimiento de la *Lemna obscura*, tuvo un valor de $0,2264$ frondes/día⁻¹, con un tiempo de duplicación de 3,06 días. Las investigaciones realizadas con *Lemna minor* y *Azolla filiculoides*, en condiciones de cultivo, han señalado una tasa de crecimiento de $0,297$ ind/día⁻¹, con un tiempo de duplicación de 2 a 5 días (Santini *et al.* 2000). Asimismo, la tasa de crecimiento de *Lemna minor* es exponencial cuando crece en tanques con una solución nutritiva adecuada (Arroyave 2004). Otros estudios afirman que el número de frondes se duplica cada 24 h en las especies *Lemna aequinotialis* y *Wolffia microscopica*, consideradas de rápido crecimiento bajo condiciones nutricionales óptimas (Datko *et al.* 1980).

De acuerdo a los resultados observados y tomando en cuenta las experiencias reportadas por otros autores con especies de lemnáceas, se puede concluir que en la laguna El Imazo, existen condiciones nutricionales adecuadas para el crecimiento de la *Lemna obscura* existente en el Lago de Maracaibo.

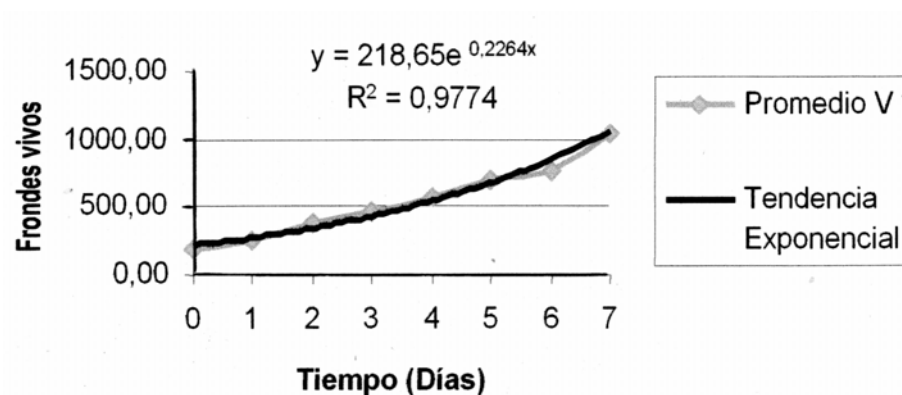


Figura 2. Tasa de crecimiento de *Lemna obscura* en la Laguna el Imazo, Sistema del Lago de Maracaibo.

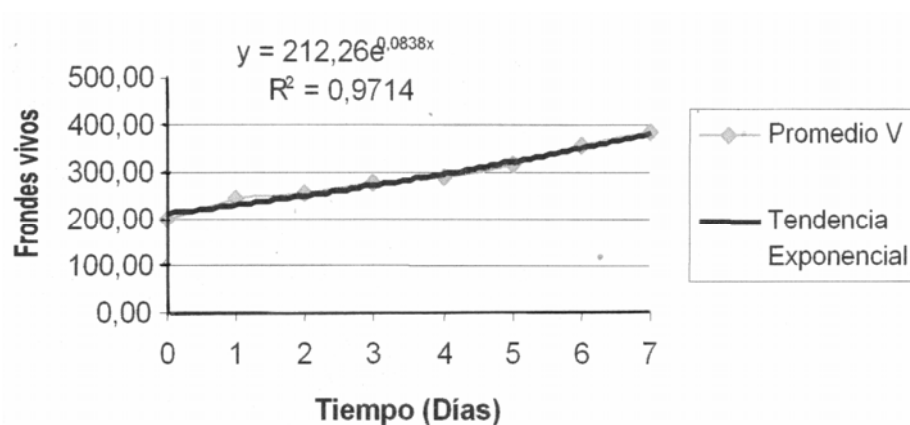


Figura 3. Tasa de crecimiento de *Lemna obscura* en Caño La O, Sistema del Lago de Maracaibo.

En el Caño La O la tasa de crecimiento exponencial fue mucho más baja, de $0,0838$ frondes/día⁻¹, con un tiempo de duplicación de 7,27 días. Esta tasa de crecimiento puede indicar que las condiciones ambientales (nutricional y oleaje) no fueron óptimas para esta especie en este sitio.

Las tasas de crecimiento de *Lemna obscura* en la estaciones de San Francisco e Isla Dorada, muestran una tendencia polinómica, que se aproxima a un patrón de crecimiento sigmoide debido a que las curvas de forma convexa demuestran que hay crecimiento al inicio del experimento pero el ritmo de

crecimiento se reduce en el tiempo, terminando al cabo de 7 días con una disminución neta del número de frondes vivos inicialmente inoculados (Figs. 4 y 5). En Isla Dorada la disminución del número de frondes se observó a partir de los 5 días del experimento mientras que en San Francisco se comenzó a presentar a los 3 días de iniciada la investigación.

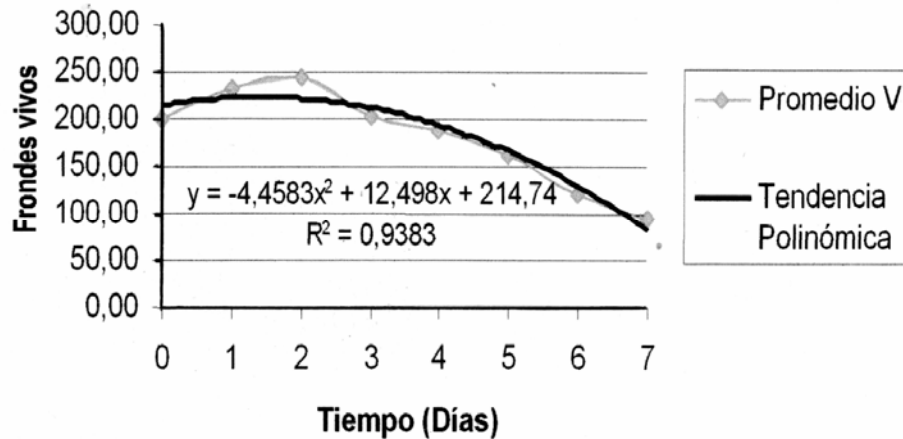


Figura 4. Tasa de crecimiento de *Lemna obscura* en San Francisco, Sistema del Lago de Maracaibo.

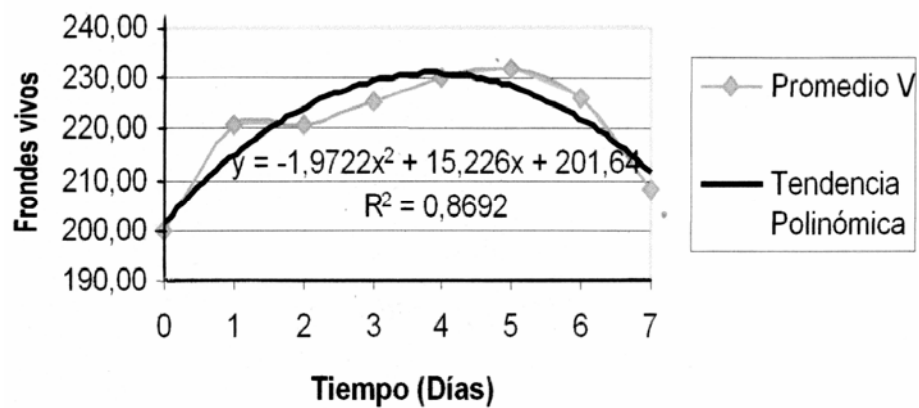


Figura 5: Tasa de crecimiento de *Lemna obscura* en Isla Dorada, Sistema del Lago de Maracaibo.

El crecimiento de las plantas en estos sitios puede indicar que las condiciones nutricionales no satisfacen las exigencias fisiológicas de las plantas. Se ha determinado que si la concentración de nutrientes desciende por debajo de los requerimientos mínimos de las especies, los frondes se dañan y mueren anticipadamente (Ostrow y Dijkman 1969). Otra causa relacionada con el crecimiento observado es el oleaje fuerte que fractura o rompe los frondes. Las especies de lemnáceas son sensibles a los movimientos del agua causados por la corriente, las olas y los vientos (Landolt 1986).

CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICOS DEL AGUA SUPERFICIAL

Las concentraciones de los parámetros físico-químicos en las muestras (Tabla 1) son similares a los reportados en la base de datos del Instituto para la Conservación del Lago de Maracaibo y su Cuenca Hidrográfica (ICLAM), con registros de los últimos 10 años para las épocas de lluvias.

Tabla 1. Valores de media de parámetros físico-químicos en los sitios de muestreo, en el Sistema del Lago de Maracaibo.

Lugar	Parámetro			
	Oxígeno Disuelto (mg/L)	Salinidad (‰)	Temperatura (°C)	pH
San Francisco	3,4b ± 0,2	5,5 ^a ± 0,2	30,6b ± 0,1	7,1 ^a ± 0,2
Laguna El Imazo	4,5b ± 0,0	4,0b ± 0,2	34,8 ^a ± 1,2	7,2 ^a ± 0,3
Caño La O	7,1 ^a ± 0,7	1,0c ± 0,3	31,5b ± 0,7	7,2 ^a ± 0,3
Isla Dorada	6,1 ^a ± 0,0	4,0b ± 0,07	26,3c ± 0,4	7,2 ^a ± 1,4

Las letras distintas indican diferencias significativas ($P > 0,05$) a nivel estadístico.

En el caso del oxígeno disuelto, no se presentaron diferencias significativas en San Francisco y la laguna El Imazo, con concentraciones bajas de este elemento. En el primer caso, la concentración baja de oxígeno se puede relacionar con la presencia de capas de *Lemna obscura* de 20 cm de espesor aproximadamente, que impiden el intercambio de gases y el paso de la luz, interfiriendo con la fotosíntesis de las algas. Algunas investigaciones afirman que la cobertura de las Lemnaceae detiene el movimiento de las aguas limitando el intercambio gaseoso con la atmósfera, causando muerte de organismos que habitan en el sedimento y requieren de oxígeno para su descomposición (Landolt 1986).

En la Laguna El Imazo, los valores bajos de oxígeno pueden tener relación con las descargas de materia orgánica provenientes de la actividad

agropecuaria transportada por la escorrentía de aguas de lluvia, aunado a las descargas de las camaroneras localizadas en estas zonas.

Con respecto a la salinidad, se encontraron diferencias significativas ($P > 0,05$) en San Francisco y Caño La O (Tabla 1). La salinidad alta en San Francisco se relaciona con la entrada de agua salada al estrecho proveniente del Golfo de Venezuela por efecto de la marea, mientras que los valores bajos en Caño La O se deben a las fuertes lluvias que se presentaron en la zona durante los días del experimento y a las descargas directas de aguas residuales, domésticas e industriales de Cabimas y al aporte de agua dulce de los ríos de la zona sur del Lago que llegan a esa zona debido al movimiento de las corrientes en sentido contrario a las agujas de reloj. Los valores de salinidad en Isla Dorada y la Laguna El Imazo no presentaron diferencias significativas (Tabla 1).

La temperatura presentó variaciones significativas en la laguna El Imazo con los valores más altos, esto se debe a la poca profundidad de las aguas en esta zona que responde más rápidamente a la temperatura del aire y a la radiación solar. La estación de Isla Dorada mostró diferencias significativas con las temperaturas más bajas en relación al resto de las estaciones.

En relación al pH, no existen diferencias significativas en los valores obtenidos en las estaciones de muestreo (Tabla 1). Este valor indica que el agua es levemente alcalina y coinciden con el valor promedio (7,6), reportado en las mediciones realizadas en otras investigaciones en septiembre 2004 en el Estrecho y Lago de Maracaibo (Medina *et al.* 2004).

En relación a los nutrientes, tanto el ortofosfato como el Fósforo total, fueron significativamente diferentes en la Laguna El Imazo (Tabla 2), con respecto a las otras estaciones ya que presentó los valores medios más altos. Las mediciones realizadas por el Instituto para la Conservación de la Cuenca del Lago de Maracaibo (ICLAM), durante el primer semestre del año 2004 reportan en los ríos Catatumbo y Santa Ana concentraciones de ortofosfatos de 0,05 mg/L y 0,21 mg/L respectivamente, las cuales son superiores a los valores promedios (0,03 mg/L y 0,05 mg/L en estos mismos cuerpos de agua respectivamente) de más de 10 años de registro que tiene dicha institución en su base de datos en épocas de lluvia (ICLAM, datos no publ. 2004).

La presencia de ortofosfato y de fósforo total, está relacionada con los aportes de las descargas de los ríos que arrastran los desechos (heces y fertilizantes) de las actividades agropecuarias (ICLAM, datos no publ. 2004).

Tabla 2. Valores de media de nutrientes (mg/L) en los diferentes sitios de muestreo, en el Sistema del Lago de Maracaibo.

Lugar	Nutrientes (mg/L)			
	P. Org.	P. Tot.	Nitratos	Nitritos
San Francisco	0,26b ± 0,5	0,45b ± 0,5	1,55b ± 0,1	0,003b ± 0,0
Laguna El Imazo	2,24 ^a ± 0,2	2,96 ^a ± 0,2	4,90b ± 0,3	0,006b ± 0,0
Caño La O	0,53b ± 0,2	0,72b ± 0,3	7,85 ^a ± 1,5	0,745 ^a ± 0,7
Isla Dorada	0,22b ± 0,02	0,64b ± 0,0	1,66b ± 1,2	0,00b ± 0,0
Amoniacal				
San Francisco	0,31b ± 0,3			
Laguna El Imazo	0,42b ± 0,2			
Caño La O	2,94a ± 1,0			
Isla Dorada	0,99b ± 0,6			

Letras diferentes indican diferencias significativas ($P > 0,05$) a nivel estadístico.

Sin embargo, las altas concentraciones obtenidas en las recientes mediciones indican la presencia de una fuente adicional de fósforo actualmente en las aguas del Lago que debe ser investigada.

Las concentraciones de las diferentes formas de nitrógeno evaluado (Tabla 1), son mayores a los reportados por el ICLAM en los muestreos realizados de mayo a diciembre de 2004 (Nitrato: 0,05 a 0,16 mg/L; Amonio: 0,10 a 0,28 mg/L; Fósforo total: 0,18 a 0,34 mg/L). Sin embargo, otras investigaciones muestran valores de nutrientes en agua naturales con las Lemnaceae, que están en el rango de 0,02 a 10 mg/L de nitrógeno.

La estación de Caño La O, fue el lugar que presentó las concentraciones más altas de todas las formas de nitrógeno. Este comportamiento puede ser debido a que en este sitio del caño donde se colocaron las cestas, está muy cercano a la descarga de las aguas residuales domésticas e industriales de Cabimas. Es de mencionar, que en esta zona se observó durante los días del experimento gran cantidad de microalgas (verdín en las aguas).

RELACIÓN ENTRE LA TASA DE CRECIMIENTO Y LOS PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

Temperatura: Para la familia Lemnaceae, se ha reportado que la temperatura óptima de crecimiento de las diferentes especies tiene un rango de 20 a 30°C (Landolt 1986). Las temperaturas de 31,5 °C y 34,8 °C medidas

en este trabajo en Caño La O y Laguna El Imazo respectivamente, pueden indicar que esta especie tolera temperaturas por encima de 30 °C y no afecta su reproducción vegetativa, debido a que en estas estaciones se determinó una tasa de crecimiento exponencial. Sin embargo, estos valores de temperatura podrían disminuir el tiempo de duración del ciclo de vida de esta macrofita. Las investigaciones de Landolt (1986) reportan que el ciclo de vida de las lemnáceas a 30 °C dura la mitad de lo que duran a 20 °C y afirma que con bajas temperaturas los frondes pueden sobrevivir por muchos meses, mientras que Jacobs (1947) reporta que turiones de *S. polyrrhiza* sobreviven 24 h a temperaturas de 50 °C.

pH: Los valores de pH se presentan muy similares en todas las estaciones (Tabla 1). A estos valores de pH, se observó que *Lemna obscura* puede mantenerse y reproducirse. Las investigaciones realizadas muestran que en un rango de pH de 3,5 a 10,4 las lemnáceas pueden crecer en el campo (Landolt 1957, Landolt y Wildi 1977). Otros estudios reportan valores de pH entre 3,5 y 10, para el crecimiento de *Lemna minor* en condiciones naturales (Landolt *et al.* 1987) y entre 5 y 9 para todas las lemnáceas (Leng *et al.* 1995).

En cultivos de laboratorio, utilizando el pH como modulador del crecimiento de *Lemna obscura* en función del amonio y nitrato, se ha demostrado que esta planta mantiene su crecimiento a pH entre 3,5 y 9. Con amonio se exhibió un pH óptimo entre 5–6 y con nitrato entre 6–7, siendo esta última condición la que mostró mejor crecimiento (Arévalo *et al.* 2004).

Salinidad: La salinidad no tuvo incidencia en los resultados obtenidos de las tasas de crecimiento, debido a que las diferentes estaciones presentaron valores similares. Los ensayos de laboratorio, han demostrado que *Lemna obscura*, recolectada en el Lago de Maracaibo, puede reproducirse a la misma tasa a salinidades de 0, 2, 4 y 7‰; a valores de 10‰ la planta reduce su tasa de reproducción, mientras que a 15‰ no se reproduce pero permanece viva (García *et al.* 2004). La conductancia tiene relación directa con la salinidad y los valores obtenidos en los sitios de los ensayos indican que no hay influencia en las tasas de crecimiento observadas en *Lemna obscura*.

Nutrientes: Las altas concentraciones de fósforo observadas en la Laguna El Imazo (Tabla 2) podrían ser las responsables de la elevada tasa de crecimiento ($0,2264$ frondes/día⁻¹) y tiempo de duplicación (3,06 días) manifestados por la planta durante los días del experimento.

En la naturaleza el fósforo tiene un papel fundamental en el crecimiento de las lemnáceas (Landolt 1986). Otros estudios reportan que las lemnáceas exigen fósforo para su crecimiento, señalando que el más bajo límite de fósforo para las lemnáceas es probablemente el más alto para las plantas acuáticas de los generos: *Riccia*, *Pistia*, *Salvinia* y *Eichhornia* (Roelofs 1983). También, ha demostrado que las lemnáceas compiten bien con las algas en aguas con alto contenido de fósforo y bajo contenido de nitrógeno, es decir, cuando la relación N/P es baja (Lueoend 1980).

En Caño La O, la baja tasa de crecimiento exponencial ($0,0883$ frondes/día⁻¹) y el mayor tiempo de duplicación (7,27 días), observados puede tener relación con la baja concentración de fósforo en el agua y a la presencia microalgas que compiten con *Lemna obscura*. Las investigaciones realizadas, reportan que las microalgas logran alcalinizar y remover a una mayor velocidad el hierro, fósforo y nitrógeno del medio natural, por lo que disminuyen los nutrientes para el crecimiento de *Lemna gibba* (Szabó *et al.* 1999, Szabó *et al.* 2004).

El patrón de crecimiento observado en las demás estaciones evaluadas puede tener relación con el bajo contenido de fósforo en sus aguas. Cuando las concentraciones de ciertos nutrientes se presenta por debajo del valor requerido, los frondes experimentan daños y muerte temprana (Kandeler y Huegel 1974).

CONCLUSIONES

La *Lemna obscura* presentó dos patrones de tasa de crecimiento (exponencial y sigmoide) en las diferentes zonas de estudio.

La tasa de crecimiento exponencial ($0,2264$ fronde/día⁻¹) más alta y el menor tiempo de duplicación (3,06 días), se presentó en la Laguna El Imazo donde las aguas son tranquilas (sin oleaje), con poca profundidad y elevada concentración de fósforo. La menor tasa de crecimiento exponencial ($0,0838$ fronde/día⁻¹) y mayor tiempo de duplicación (7,27 días) se observó en Caño La O, donde las concentraciones de fósforo son bajas y existe oleaje.

El patrón de crecimiento en Isla Dorada y San Francisco, podrían tener relación con las bajas concentraciones de nutrientes, sobre todo el fósforo y a la acción mecánica ejercida por el oleaje que fractura las frondes.

La *Lemna obscura* puede reproducirse vegetativamente a temperaturas de 31,5 °C y 34,8 °C, en condiciones naturales.

Los valores de los parámetros fisicoquímicos *in situ* (pH, salinidad, oxígeno disuelto y conductividad) encontrados en las diferentes zonas de estudio no parecen tener influencia en el patrón de crecimiento de la *Lemna obscura*.

Los resultados de crecimiento obtenidos en *Lemna obscura*, presente en el Sistema del Lago de Maracaibo, indican que se reproduce masivamente hacia la zona suroccidental, mientras que en el estrecho, disminuye su tasa de crecimiento, y en la costa oriental aumenta su tiempo de duplicación. Esto último, sugiere que las grandes masas de esta macrófita observada en el estrecho han sido arrastradas por los vientos locales, en la dirección del movimiento de las corrientes del Lago desde la zona suroccidental.

AGRADECIMIENTOS

A la Compañía Shell Venezuela por el financiamiento de esta investigación, y a Miguel Álvarez de la Empresa INESPA, por la elaboración del mapa del Lago de Maracaibo.

LITERATURA CITADA

- APHA. 1992. Standard methods for the examination of water and wastewater. American Public Health Association, American Water Works Association and Water Environment Federation (ED) (18 ed.). Washington, DC, 1100 pp.
- ARÉVALO, K, N. MORALES, A. FUENMAYOR, B. BRICEÑO Y E. MORALES. 2004. El pH como modulador del crecimiento de *Lemna obscura* en función del amonio y el nitrato. Memorias X Jornadas Nacionales de Investigación Científica, Facultad Experimental de Ciencias, Universidad del Zulia, Maracaibo, Venezuela, 65 pp.
- ARROYAVE, M. 2004. La Lenteja de Agua (*Lemna minor* L): Una planta acuática promisoría. Informe de la Escuela de Ingeniería de Antioquía, Medellín, Colombia, 15 pp.
- DATKO, A. H., S. H. MUDD Y ? GIOVANELLI. 1980. *Lemna paucicostata* Hegelm. 6746. Development of standarized growth conditions suitable for biochemical experimentation. Plant Physiol. 65: 906–912.
- GARCÍA, Y., N. SOTO, L. SHUHAIBAR, I. PARRA, J. PARRA, A. FERRER Y A. SEMPRÚN. 2004. Efecto de la salinidad sobre la reproducción de *Lemna* sp. bajo condiciones de laboratorio. Memorias X Jornadas Nacionales de Investigación Científica, Facultad Experimental de Ciencias, Universidad del Zulia, Maracaibo, Venezuela, 65 pp.
- HERRERA, L., H. SEVEREYN, J. RINCÓN, E. MORALES, G. MORILLO, F. BARBOZA, I. ARAUJO, C. CÁRDENAS, O. ZAMBRANO, G. GODOY, S. YABROIDI, A. FERRER Y Y. GARCÍA. 2004. Informe del afloramiento masivo de *Lemna* sp. en el Lago de

- Maracaibo. Comisión Especial designada por el Consejo Universitario de La Universidad del Zulia, Maracaibo, Venezuela, 8 pp.
- INSTITUTE FOR MARINE REMOTE SENSING. Lake Maracaibo oil spill images. College of Marine Science, University of Southern Florida, St. Petersburg, Florida, USA. (<http://modis.marine.usf.edu/products/maracaibo>).
- JACOBS, D. L. 1947. An ecological life history de *Spirodela polyrrhiza* (greater duckweed) with emphasis on the turion phase. Ecol. Monogr. 17: 437–469.
- KANDELER, R. Y B. HÜGEL. 1974. Wiederentdeckung der echten *Lemna perpusilla* Torr. Und Vergleich mit *L. paucicostata* hegel. Plant Syst. Evo. 123: 83–96.
- LANDOLT, E. 1957. Physiologische und ökologische untarruchungen an Lemnacean. Verh. Schweiz. Bot. Ges. 67: 271–410.
- LANDOLT, E. 1986. The family of Lemnaceae – a monography study (vol. 1). Veroff Geobot. Inst. ETH, Stiftung Rubel, Zurich. Volumen 2: 139–167.
- LANDOLT, E. Y O. WILDI. 1977. Oekologische Felduntersuchungen bei Wasserlinsen (Lemnaceae) in den sudwestlichen Staaten der USA. Ber. Geobot. Inst. ETH, Stiftung Rubel, Zurich 44: 104–146.
- LANDOLT, E. Y R. KANDELER. 1987. Biosystematics investigation in the family of duckweeds (Lemnaceae). The family of the Lemnaceae: a monographic study. Vol. 2. Veroff. Geobot. Inst. ETH, Zurich.
- LENG, R., J. STAMBOLIC Y R. BELL. 1995. Duckweed- a pontential high-protein feed resource for domestic animals and fish. Livestock Res. Rural Development 7: 1–11.
- LUEOEND, A. 1980. Effects of nitrogen and phosphorus upon the growth of some Lemnaceae. Veroff. Geobot. Inst. ETH, Stiftung Rubel, Zurich 70: 118–141.
- MEDINA, E., F. BARBOZA, M. FRANCISCO Y J. SANCHEZ. 2006. Biomasa y composición mineral de comunidades de *Lemna obscura* (Austin) Daubs en el Lago de Maracaibo. Ciencia 14 (Número Especial): 32–41.
- PALMA, B., C. SAN MARTÍN, M. ROSALES, L. ZÚÑIGA Y C. RAMÍREZ. 1986. Distribución espacial de la flora y vegetación acuática y palustre del estero de Marga-Marga en Chile Central. Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. <http://biblioweb.dgsca.unam.mx/cienciasdelmar/instituto/1987-2/articulo269.html>.
- OSTROW, J. P. Y M. J. DIKMAN. 1969. Photo related aging in *Spirodela polirrhiza* (Lemnaceae). Quart. J. Fla. Acad. Sci. 32(2): 119–126.
- PARRA-PARDI, G. 1986. La conservación del Lago de Maracaibo. Diagnóstico ecológico y plan maestro (1 ed.). LAGOVEN S.A., Venezuela, 86 pp.
- RODRÍGUEZ, G. 2000. El Sistema del Lago de Maracaibo. Publicación del Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas, Caracas, Venezuela, 395 pp.
- ROELOFS, J. G. M. 1983. Impact of acidification and eutrophication on macrophyte communities in soft waters in the Netherlands, I. Field observations. Aquat. Bot. 17(2): 139–155.
- SANTINI, P., L. VARENA Y A. ESCOBAR. 2000. Producción de plantas acuáticas *Lemna minor* y *Azolla filiculoides* y su uso conjuntamente con harina de pescado en raciones para cerdo. Informe Técnico, Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela, Maracay, Venezuela, 6 pp.

- SZABÓ, S., M. BRAUN Y G. BORICS. 1999. Elemental flux between algae and duckweeds (*Lemna gibba*) during competition. Arch. Hydrobiol. 146: 355–367.
- SZABÓ, S., I. ROIJACKERS Y M. SCHEFFER. 2004. A simple method for analysing the effects of algae on the growth of *Lomita* and reventing agal growth in duckweed bioassays. Archiv Für Hydrobiologie 157: 567–575.
- ZAMBRANO, O. 1974. Las malezas acuáticas. Revista de la Facultad de Agronomía, Universidad del Zulia 2(4): 87–94.