

## **Productividad primaria y sustancias húmicas en la ciénaga El Eneal, San Onofre Sucre-Colombia**

### **Primary productivity and humic substances in the swamp el eneal, San onofre Sucre-Colombia**

*Elkin Libardo Ríos, Jaime Alberto Palacio, Néstor Jaime Aguirre\**

Grupo de Investigación en Gestión y Modelación Ambiental, GAIA. Universidad de Antioquia. - Sede de Investigación Universitaria (SIU). Calle 62 N.º 52-59. Medellín, Colombia.

(Recibido el 14 de diciembre de 2007. Aceptado el 6 de noviembre de 2008)

#### **Resumen**

Entre mayo de 2003 y abril de 2004, se determinó la productividad primaria y el contenido de sustancias húmicas en la ciénaga El Eneal. En la zona pelágica se dispusieron los ensayos de medición de la productividad y se tomaron muestras de agua para el análisis de las sustancias húmicas. El sistema cenagoso del Eneal, presentó un estado oligotrófico, con una reducida producción en la época de lluvia. En contraste en época seca, cuando disminuye el nivel de agua, la producción aumentó y los niveles de oxígeno se incrementaron, debido a la presencia de la macrófita sumergida *Najas guadalupensis*. Esto, se asoció a la baja presencia de plancton y de nutrientes biodisponibles.

----- *Palabras clave:* ciénaga, productividad primaria, sustancias húmicas, nutrientes.

#### **Abstract**

In the period may 2003 and april 2004 the primary productivity and the contents of humic substances were determined in the swamp El Eneal. In the pelagic zone, the productivity was measured and samples were taken from water for the analysis of humic substances. The swamp system of the Eneal presents a oligotrophic state, with a reduced production at the time of rain. In contrast, at dry time, when the water level diminishes, the production is greater and the oxygen levels are higher, due to the presence of the submerged macrophyta *Najas guadalupensis*. It was associated to the low presence of plankton and disposable nutrients.

---- *Keywords:* Swamp, primary, productivity, humic substances, nutrients.

---

\* Autor de correspondencia: teléfono: + 57 + 4 + 219 65 62, fax + 57 + 4 + 219 65 64, correo electrónico: naguirre@udea.edu.co (N. Aguirre).

## Introducción

Las investigaciones bioecológicas permiten identificar los efectos ambientales derivados de las actividades antrópicas y constituyen la base para la aplicación de procedimientos que permitan un aprovechamiento sostenible de los recursos bióticos en estos sistemas. El gran significado de las ciénagas y zonas inundables en el mantenimiento de la producción biológica, justifica el estudio profundo de las condiciones limnológicas de estos sistemas con el fin de conocer su dinámica, definir sus potencialidades como recurso y la tolerancia frente a tensesores. En Colombia hay pocos estudios relacionados con la ecología de los sistemas tipo ciénaga, siendo la ciénaga más estudiada del país la Ciénaga Grande de Santa Marta [1].

Debido a la escasez de agua dulce en la punta norte del golfo de Morrosquillo, la ciénaga El Eneal puede constituir un ecosistema muy importante al ser un reservorio de agua dulce potencialmente utilizable para las comunidades humanas, no obstante no se cuenta con información ambiental suficiente para ello y no se realiza el aprovechamiento de los recursos hidrobiológicos con que cuenta, ni de la Enea que allí abunda y que podría ser utilizada en el sector industrial. De acuerdo a lo anterior se planteó en esta investigación el siguiente interrogante: ¿Qué características ambientales actuales de la ciénaga El Eneal limitan la oferta de nutrientes manteniendo el sistema en una condición de baja producción primaria?. Con ello se planteó como hipótesis: Si los pocos aportes alóctonos a través de escorrentías y la posible presencia de altas concentraciones de sustancias húmicas limitan la oferta de nutrientes, entonces su producción primaria fitoplanctónica es reducida y mantiene el sistema en una condición oligotrófica. La ciénaga El Eneal es un cuerpo de aguas oscuras, posee un área de 36 ha y profundidad media de dos metros. Se encuentra localizada en el municipio de San Onofre-Sucre en el golfo de Morrosquillo (Figura 1).

La humedad relativa promedio es 86%, la precipitación promedio anual es de 1400 mm [2] y los períodos de lluvia se extienden entre los meses de mayo y junio y desde agosto hasta octubre. Los períodos secos comprenden de diciembre a abril y el mes de julio. El valor máximo de radiación solar se presenta en abril con 11 cal/cm<sup>2</sup> y el mínimo en mayo con 9,28 cal/cm<sup>2</sup>, los demás meses tienen valores inferiores a 1,5 cal/cm<sup>2</sup>. En el área de estudio el valor medio anual de la velocidad del viento es de 3,3 m/s y en febrero y marzo la velocidad del viento es superior a 3,7 m/s. La dirección predominante del viento es resultante del sentido en que soplan los alisios gran parte del año [3]

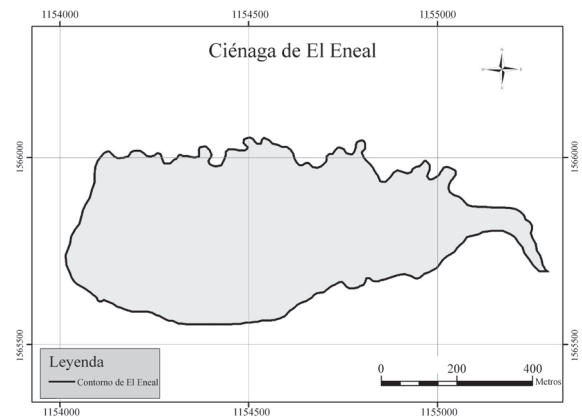


Figura 1 Línea de costa de la ciénaga El Eneal

## Materiales y métodos

En total se efectuaron dos campañas de campo incluyendo un período seco (mayo de 2003) y otro lluvioso (abril de 2004). Para el estudio se seleccionaron dos sitios de muestreo en la zona pelágica de la ciénaga El Eneal. La estación uno se ubicó en N 09°42'44,2" W 075°40'35,1" y la dos en N 09°42'44,2" W 075°40'30,0". Allí se determinaron las variables referenciadas en la tabla 1.

**Tabla 1** Variables medidas en la ciénaga El Eneal y metodología para su determinación [4]

<b>Variable</b>	<b>Unidad</b>	<b>Método</b>
Nitrato	mg/L NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Reducción Cd-Cu
Nitrito	mg/L NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	Colorimétrico
Nitrógeno-Amoniacal	mg/L NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Colorimétrico
Ortofosfatos	mg/L PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup>	Ácido ascórbico
Producción primaria bruta	mgC/m <sup>3</sup> /h <sup>1</sup>	Gaarder Gran (1927)
Sustancias húmicas	Mg/l	Espectrofotométrico
Carbón orgánico total	ppm	Analizador COT-total

### **Producción primaria bruta**

Para la determinación de la producción primaria se siguió el procedimiento propuesto por Gaarder y Gran [5] y se tuvieron en cuenta las especificaciones de Ramírez [6]. Para evaluar la producción primaria bruta en la zona pelágica de la ciénaga El Eneal se dispuso de botellas Winkler en la subsuperficie del espejo de agua durante cuatro horas en la subsuperficie del centro del espejo de agua. Además se evaluó la producción primaria bruta

**Tabla 2** Ciénaga El Eneal. Datos de nitratos, nitritos, amonio y fósforo tomados durante el muestreo de campo que se realizó en mayo de 2003.

<b>Muestra</b>	<b>Nitrato mg/l</b>	<b>Nitrito mg/l</b>	<b>Amonio mg/l</b>	<b>Ortofosfatos µg/l</b>
Estación1 Superficie	1,51	0,028	0,13	0,11
Estación1 Fondo	0,54	0,026	0,24	0,18
Estación2 Superficie	0,65	0,028	0,25	0,08
Estación2 Fondo	0,5	0,030	0,28	0,17

Como se observa en la tabla 2, la concentración de nitratos en la subsuperficie fue mayor que en el fondo en ambas estaciones, sin embargo los valores

asociado a la macrófita sumergida *Najas guadalupensis*, debido a su presencia dominante en la masa de agua [7]. Para ello, se remplazaron las botellas Winkler por cuatro cilindros de acrílico de 10 cm de diámetro por 50 cm de alto [8]. Los cilindros fueron cubiertos con papel de aluminio y los otros dos se dispusieron directamente a la luz. Luego, se llenaron los cilindros con agua obtenida de la subsuperficie y a cada uno se le adicionó 100 g de *N. guadalupensis*. Estos cilindros se incubaron *in situ* durante cuatro horas y se procedió a realizar el balance de oxígeno empleando una celda WTW provista de un sensor de membrana. Este procedimiento se realizó nuevamente con *N. guadalupensis* sometida a un lavado previo a su disposición en los cilindros de acrílico con el fin de realizar nuevamente el balance de oxígeno sin la presencia de material detrítico asociado a las macrófitas. Para la determinación de la concentración de las sustancias húmicas en el agua se siguió el procedimiento establecido en el “Standard Methods for Waters and Wastewaters Analysis” (1995). Las muestras se tomaron en un frasco de vidrio ámbar estéril, fueron refrigeradas y transportadas al laboratorio.

### **Resultados y discusión**

*Nutrientes:* en la tabla 2 se presentan los resultados de las mediciones de nutrientes durante el primer muestreo de campo realizado en mayo de 2003.

obtenidos fueron bajos. En el caso de la distribución de nitritos, estos fueron homogéneos entre estaciones y con ligeras variaciones asociadas a la profun-

didad. El amonio presentó un leve incremento con la profundidad, pero esta variación no fue importante en términos de la calidad del agua. Los valores de amonio fueron bajos en ambas estaciones. El fósforo soluble no presentó variaciones importantes en

la columna de agua, ni entre estaciones. Sus niveles correspondieron a valores bajos. En la tabla 3 se presentan los datos obtenidos de las mediciones de nitratos, nitritos, amonio y fósforo durante el muestreo de campo en abril de 2004.

**Tabla 3** Ciénaga El Eneal. Resultado de los análisis de nitrato, nitrito, amonio y fósforo, tomados durante el muestreo de campo en abril de 2004

<i>Muestra (superficie)</i>	<i>Nitrato mg/l</i>	<i>Nitrito mg/l</i>	<i>Amonio mg/l</i>	<i>Ortofosfatos µg/l</i>
Estación 1	0-1,0	0,028	< 0,2	0,25
Estación 2	0-1,0	0,028	< 0,2	0,25

En la tabla 3, se observa que durante este muestreo de campo las especies químicas del nitrógeno en sus formas solubles, presentaron valores muy bajos, lo cual fue concordante con la disponibilidad del fósforo. Por tanto, en ambos muestreos se presentaron niveles bajos de nutrientes biodisponibles en la masa de agua, especialmente en la zona de aguas abiertas. Ello sugiere que la ciénaga El Eneal es un ambiente oligotrófico. Vollenweider [9], sugirió una clasificación de lagos de acuerdo al contenido de nitratos, nitritos, amonio y fósforo soluble. De acuerdo con este autor la ciénaga El Eneal, en la zona pelágica es un ambiente oligotrófico.

#### **Producción primaria bruta**

Se determinó una producción primaria bruta de 42,25 mgC/m<sup>3</sup>/h<sup>1</sup>. Se infiere que el sistema es oligoproductivo, esto es, la producción de nueva biomasa fitoplanctónica en la zona pelágica de la ciénaga El Eneal es muy baja. Según Margalef [10], la mayor parte de las determinaciones de productividad primaria arrojan cifras comprendidas entre 50 y 1000 mgC/m<sup>3</sup>/h<sup>1</sup>. Aunque el método es aplicable dentro de un rango de 3 a 200 mgC/m<sup>3</sup>/h<sup>1</sup> y los mejores resultados se obtienen en aguas eutróficas [6], se infiere que la ciénaga El Eneal es un ambiente oligoproductivo. Para el segundo experimento en mayo (época seca) se obtuvo una producción primaria bruta de 48,75 mgC/m<sup>3</sup>/h<sup>1</sup>:

Se podría concluir que para esta segunda muestra la producción asociada al plancton sigue siendo baja correspondiente a un ambiente oligoproductivo. Con el objetivo de dirimir si la producción en esta ciénaga está significativamente o no asociada con las macrófitas acuáticas sumergidas, durante el muestreo de campo realizado en abril de 2004 para medir la producción primaria, se realizó la medición adicionando al dispositivo macrófitas *N. guadalupensis* previamente lavada con el objetivo de retirar el biofilm que consume y produce oxígeno. Con este experimento se obtuvo una producción primaria bruta de 664,3 mgC/m<sup>3</sup>/h<sup>1</sup>, el cual corresponde a un valor elevado de producción, propio de ambientes euproductivos. Se podría plantear con base en los datos obtenidos con botellas Winkler que la ciénaga presentó un sistema con bastante producción en esta época, pero es de aclarar que la producción de éste no se le atribuye al fitoplancton presente, sino a las macrófitas de *N. guadalupensis* que están presentes en el sistema lagunar.

Adicional a los datos tomados con botellas Winkler se tomaron datos durante el muestreo de campo realizado del 20 al 23 en abril de 2004 para medir la producción primaria adicionándole macrófitas de *N. guadalupensis* a tubos diseñados especialmente para este experimento. Siguiendo el procedimiento establecido en Grajales [8]. En este caso se obtuvo un valor de producción pri-

maria bruta de 394,55 mgC/m<sup>3</sup>/h<sup>1</sup>. Se podría concluir con base en los datos obtenidos con los tubos diseñados para este experimento, que la ciénaga El Eneal, presentó una alta producción en esta época, pero es de aclarar que la producción de ésta se atribuye a las macrófitas *N. guadalupensis* que dominan el sistema lagunar.

### Sustancias húmicas

Después de realizar el análisis de las muestras en el laboratorio, se encontró en la ciénaga El Eneal un valor promedio de 17,5 mg/l de concentración de sustancias húmicas, lo cual significa, un nivel medianamente elevado de éstas en el agua [11]. Es probable que su presencia se asocie a la descomposición de material vegetal litoral e hipolimnético. La presencia de sustancias húmicas puede incidir sobre la biodisponibilidad de nutrientes, funcionando como quelantes (secuestradores) de los macronutrientes como los iones de fosfato [12, 13] y nitrato, los cuales son los que están en forma biodisponible para el fitoplancton. Esto puede ayudar a que la productividad primaria fitoplanctónica se vea afectada y reducida. Las aguas claras poseen una concentración de carbono orgánico disuelto de 0 a 4 mg/l y por encima de estas concentraciones las aguas son consideradas medianamente oscuras u oscuras [14], lo cual hace que la radiación solar sea absorbida rápidamente en los primeros niveles de la capa de agua generando gradientes térmicos en la ciénaga El Eneal, que es de aguas oscuras, esto se corrobora con las gráficas de perfiles térmicos. También se halló un valor promedio de carbón orgánico disuelto de 23 ppm, el cual podría considerarse como alto.

### Conclusiones

A pesar de que el nitrógeno y el fósforo se hallan en forma biodisponible en la columna de agua, el fitoplancton no se desarrolló como comunidad productora. Es posible que la incorporación de fósforo por las algas sea inhibida como consecuencia de la presencia de sustancias húmicas. De acuerdo con la clasificación de Vollenweider [9] y para los valores obtenidos de nitrógeno y

fósforo en El Eneal, se podrían considerar como bajos.

La producción primaria en los ambientes lénticos tropicales está asociada a la biomasa planctónica y especialmente al fitoplancton. No obstante, en la ciénaga El Eneal se evidencia que la producción está relacionada con la presencia de la macrófita *N. guadalupensis* mientras que el crecimiento de fitoplancton en la ciénaga fue bajo.

En general, se acepta que cuando el nivel de agua en los ecosistemas lénticos se incrementa debe también aumentar la producción como una respuesta al ingreso de nutrientes. En el estudio se encontró como la producción en la ciénaga El Eneal está asociada a las macrófitas, especialmente las sumergidas y cuando se da un incremento en el nivel de agua probablemente se evidencia una reducción de la producción, ya que estas macrófitas tienden a morir al quedar completamente sumergidas en el espejo de agua y con poca luz solar.

### Agradecimientos

Los autores agradecen a la Universidad de Antioquia, Facultad de Ingeniería, al Grupo de Investigación en Gestión y Modelación Ambiental —GAIA— y a la Reserva San Guaré.

### Referencias

1. D. Zamorano. *Productividad del manglar y su importancia para el pelagial de la Ciénaga Grande de Santa Marta*. Tesis de grado. Universidad Nacional. Bogotá. 1983. pp. 27.
2. C. Londoño, M. Ramírez, L. Tobón. "Reconocimiento íctico de la laguna El Eneal, municipio de San Onofre Sucre". Instituto Tecnológico de Antioquia (tecnología en Acuicultura) Medellín. 2000.
3. L. Castaño. *Estudio Preliminar de la ictiofauna de la Ciénaga de la Boquilla, municipio de San Onofre*. Trabajo de Grado en Biología. Universidad de Antioquia. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. 1999. pp. 96.
4. WPCF, APHA, AWWA. *Métodos Normalizados para el análisis de aguas potables y residuales*. 17ª ed. Ed. Díaz de Santos S.A. 1992. pp. 1816.

5. T. Garder. H. Gran. "Investigation to the production of plankton in the Oslo Fjord Rapp et pro-verb., cons int explorer". D. M. Pratt, H. Berkson (eds). "H 1959 two sources of error in the oxygen light and dark bottle method". *Limnol. Oceanogra.* Vol. 4. 1927. pp. 328-334.
6. J. Ramirez. "Mediciones de la productividad primaria en ecosistemas acuáticos lénticos por el método de la botella clara y oscura". *Revista AINSA.* 1991. pp. 21-39.
7. M. Scheffer, S. H. Hosper, M. L. Meijer, B. Moss, E. Jeppesen. "Alternative equilibria in shallow lakes". *Reviews TREE.* Vol. 8. 1993. pp. 275-278.
8. H. Grajales. *Determinación de la demanda de oxígeno por parte de la vegetación sumergida en la zona de represamiento de la quebrada la vega.* Municipio de Sanroque Antioquia. Tesis de maestría. Universidad de Antioquia. Medellín. 2004. pp. 33.
9. R. A. Vollenweider. "Scientific Fundamentals of the Eutrophication of lakes and flowing waters, with particular reference to nitrogen and phosphorus as factor in Eutrophication". *Paris Rep. Organization for Economic Cooperation and Development (DAS/CSI/68.27).* 1968. pp. 192.
10. R. Margalef. *Limnología.* Ed. omega S.A. Barcelona. 1983. pp.1010.
11. J. Keskitalo. P. Eloranta. "Limnology of humic water". Ed. Backhuys Publishers. Leiden. Netherlands. 1999. pp. 284
12. R. I. Jones, K. Salonen, H. De Haan. "Phosphorus transformation in the epilimnion of humic lakes: abiotic interactions between dissolved humic materials and phosphate". *Freshwat. Biol.* Vol. 19. 1988. pp. 357-369.
13. R. I. Jones. "Phosphorus transformation in the epilimnion of humic lakes: biological uptake of phosphate". *Freshwat. Biol.* Vol. 23. 1990. pp. 237-244.
14. P. Eloranta. "Light penetration in different types of lakes in Central Finland". *Holarct. Ecol.* Vol. 1. 1978. pp. 362-366.