



El **perifiton** de los **humedales** de



Los humedales se han definido como un tipo de ecosistema distinto de los acuáticos y de los terrestres debido a la vegetación que en ellos crece y, sobre todo, por el régimen de cambios asociados con la cantidad de agua disponible. En un humedal, las plantas pueden sobrevivir a pesar de que en el suelo existan condiciones de ausencia de oxígeno por un periodo más o menos largo. Otras características importantes son que la profundidad del agua no es muy grande (generalmente menor a cinco metros) y el movimiento del agua es muy reducido. En su conjunto, el humedal está regulado principalmente por el viento y los aportes superficiales (especialmente la lluvia), no por un flujo continuo de agua ni por mareas.

Estos sistemas se han considerado como altamente productivos debido a su tasa de recambio de biomasa por unidad de tiempo, a pesar de que a simple vista parecieran poco poblados o con una vegetación dispersa. Las condiciones tan extremas de máxima humectación y sequía intermitentes producen biotas muy interesantes, en las que se expresan al máximo todas las capacidades fisiológicas de los organismos. Por ejemplo, hay plantas que soportan la ausencia de aire en las raíces por más de tres meses y luego la ausencia de agua por más de seis. Un elemento muy interesante en los humedales es el cre-

cimiento masivo de algas; y en las zonas tropicales, con temperatura e insolación altas y continuas, el crecimiento de algas cubre prácticamente 100% de la superficie. Este incremento ha sido estudiado en muchos lugares, y se ha observado que hay un ciclo de cambios en el tipo de comunidades que se presentan durante un año. Goldsboroug y Robinson reseñaron esta secuencia como fases de desarrollo de un humedal, por lo que una manera de evaluar y caracterizar el desarrollo de los humedales de las zonas templadas es tomado como parámetro del desarrollo de comunidades planctónicas y perifíticas.

El perifiton es una comunidad compuesta principalmente de algas, así como bacterias, hongos e invertebrados, la cual se encuentra en los ecosistemas de agua dulce de todo el mundo. El "cielo" o "lama", como suele llamarse a esta comunidad, se reconoce como un importante indicador biológico de la calidad del agua; es por ello que ha generado un gran interés en humedales de todo el mundo como un medio para monitorear y regular la concentración de nutrientes. Muchos humedales, naturales y artificiales, se utilizan con fines económicos, ecosistémicos o simplemente como medios "naturales" de mejoramiento en la calidad de agua utilizada en asentamientos humanos.

Yucatán y la agricultura maya

Rosaluz Tavera y Eberto Novelo



Cabe destacar que en nuestro país el perifiton ha tenido una utilización tradicional y quizá más amplia de lo que se piensa: la utilización de los sedimentos de lagos someros como fertilizantes en los sistemas chinamperos, por ejemplo, puede considerarse como una utilización del perifiton. Se piensa que los mayas conocieron la importancia de esta comunidad, ya que aparece documentado en las crónicas históricas y en las huellas prehispánicas de esta civilización. Es muy probable que los mayas hayan intuido claramente el potencial del perifiton como fertilizante, tal vez a partir del contacto que tuvieron con los humedales de la península de Yucatán, pues se desarrolla profusamente en particular en estos ecosistemas. También se ha planteado que el vínculo de los antiguos mayas con los humedales fue muy importante para propósitos agrícolas, y que abarcó desde la simple plantación en suelos húmedos después de la anegación, hasta la transformación profunda del humedal, creando sistemas de canales o cons-

truyendo plataformas más elevadas para los plantíos, lo que refleja un manejo diverso de los sistemas acuáticos. Esto es, no sólo el uso de los cuerpos de agua permanentes como aguadas y cenotes, sino un aprovechamiento óptimo del suministro de agua temporal que ofrecen los humedales y, con ello, la explotación de las comunidades que viven allí. Es de notar que muchos asentamientos mayas se encuentran en la periferia de las zonas de humedales (figura 1).

Particularmente importantes han sido los hallazgos en asentamientos como Makabil, que corresponde al periodo Clásico tardío y está situado a pocos kilómetros de distancia de zonas de humedales, pues en áreas específicas en forma de parcelas o huertos familiares existe evidencia arqueológica de que el perifiton se transportó desde los humedales y se adicionó a los huertos, lo que supone un manejo deliberado de la productividad agrícola del huerto. Morrison y Cózatl Manzano explican que algunos caparzones de caracoles anfi-

bios que habitan principalmente en los humedales y están siempre asociados con el perifiton de agua dulce se preservan arqueológicamente, y puesto que han sido encontrados en cantidades importantes en los registros de los huertos familiares, se considera como una evidencia sólida del transporte del perifiton. Dichos autores hacen notar que los caparzones de los huertos no presentaron una distribución debida al azar, por lo que no llegaron allí por causas naturales tales como inundaciones extensivas, sino que su presencia localizada se debe a que estuvieron mezclados con el perifiton adicionado.

La reserva ecológica El Edén

Desde 1999 se han realizado varios estudios sobre el perifiton en la península de Yucatán, que brindan una explicación de por qué el perifiton pudo tener valor como fertilizante de cultivos, pues tanto seco como húmedo constituye un notable reservorio de fósforo y nitrógeno (figura 2). Cabe destacar que cuando es adicionado experimentalmente

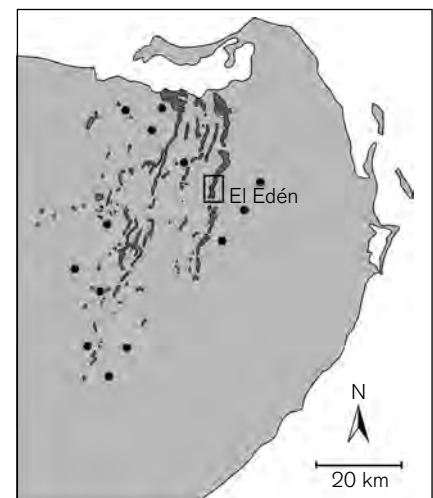
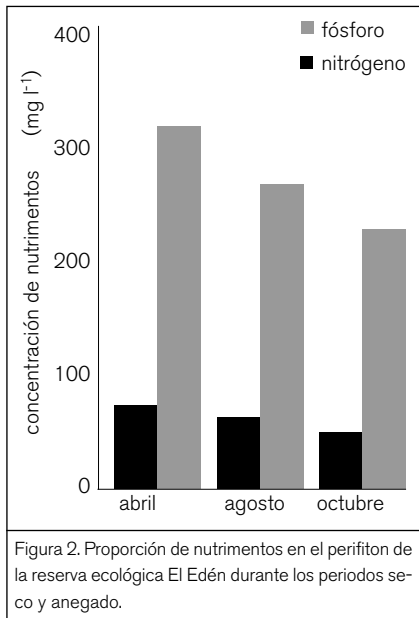


Figura 1. Antiguos asentamientos mayas situados en el noroeste de la península de Yucatán, y los humedales serranos (modificado de Morrison y Cózatl Manzano, 2003).



a cultivos de invernadero se estimula significativamente el crecimiento de las plantas. Esto nos permite suponer que al utilizarlo como fertilizante, una de las ventajas que encontraron los mayas fue el incremento de la eficiencia en la productividad de los cultivos, muy necesaria tanto debido a la escasez de suelos con suficiente profundidad en la península, como por la elevada densidad que llegaron a alcanzar las poblaciones mayas y que generaron una enorme demanda en el suministro de alimento.

La presencia del perifiton es particularmente notable en los humedales de la península porque recubre grandes extensiones de terreno inundable, independientemente del tipo de vegetación y suelo, pues la condición que tiene mayor influencia en el crecimiento del perifiton es la luz, y en los humedales casi todos los tipos de vegetación que se presentan favorecen una buena penetración de luz hasta el sustrato, como se puede apreciar en los ecosistemas de tinal, de sabana y aun en la selva baja subcaducifolia.

¿Es posible que los mayas hubieran utilizado el perifiton en plantaciones mayores que los huertos familiares? Además de su capacidad para almacenar nutrientes, una de las razones que podría argumentarse es su presencia difundida y constante. Forma crecimientos de grosor variable que durante el periodo seco se constituyen en costras delgadas y muy laxamente adheridas al sustrato y durante el periodo anegado son tapetes espesos con una consistencia esponjosa, a veces de varios centímetros de grosor. El estar presente durante todo el año pudo permitir un manejo conveniente para cultivarlo o estimular su crecimiento y tenerlo disponible para ser adicionado de manera sincronizada con los tiempos de producción general, como los del cultivo extensivo del maíz, que parecen haber estado dictados por el conocimiento que los mayas tenían de los ciclos de precipitación anual.

Si es cierto que el perifiton tuvo un enorme peso en el establecimiento de los asentamientos mayas, se puede pensar entonces en su valor para explotarlo actualmente como mejorador de suelos. Sin embargo, antes de entusiasmarlos con esta idea es necesario considerar varios aspectos importantes de la biología del perifiton. Desde el punto de vista de la biodiversidad, es una de las comunidades acuáticas más ricas que existe y varias de las especies que la componen aún no han sido descritas. Sólo en la reserva El Edén se ha registrado más de 300 especies de algas hasta la fecha y algunas diatomeas son nuevas para la ciencia (figura 3).

El flujo de nutrientes del perifiton al agua y el suelo, y viceversa, implica relaciones complejas entre muchas especies: durante la época anegada, por ejemplo, se desarrollan profusamente algas carofíceas, y las algas presentes

en las costras del periodo anterior germinan y cubren todos los sustratos posibles —suelo, rocas, plantas y animales. Apenas empezamos a entender las relaciones entre estas comunidades fijas al sustrato y aquellas que flotan o viven libremente en el agua. A partir de un análisis de las comunidades de diatomeas a lo largo de un ciclo hídrico se mostró que las comunidades de perifiton cambian en su composición y estructura cuando flotan, a pesar de que esto no se note en su apariencia. Cuando se inicia el periodo de sequía, las carofíceas se secan y sus restos y las costras de perifiton en vías de compactación son incorporados al suelo. Durante todo este proceso estas costras han acumulado fósforo y compuestos nitrogenados. Es de notar que las especies dominantes y que le dan estructura al perifiton comparten una morfología básica: son células rodeadas de copiosas envolturas de mucílago.



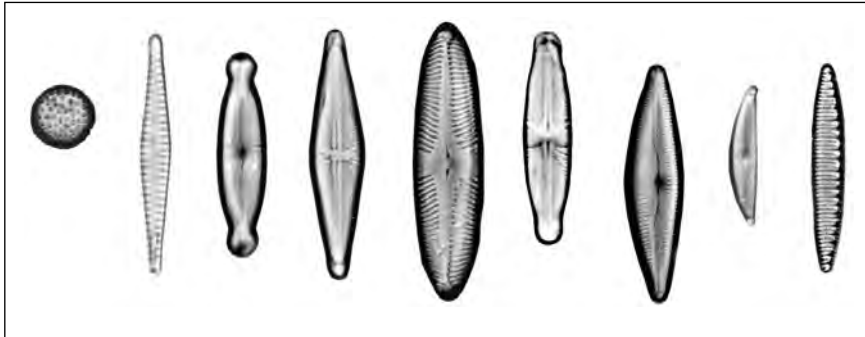


Figura 3. Diatomeas nuevas de la reserva ecológica El Edén: *Aulacoseira periphytica*, *Fragilaria dzonoticola*, *Caloneis sabanicola*, *Capartogramma paradisiaca*, *Pinnularia mayarum*, *Stauroneis amphibia*, *Cymbopleura chacii*, *Encyonema densistriata*, *Nitzschia yalahau*.

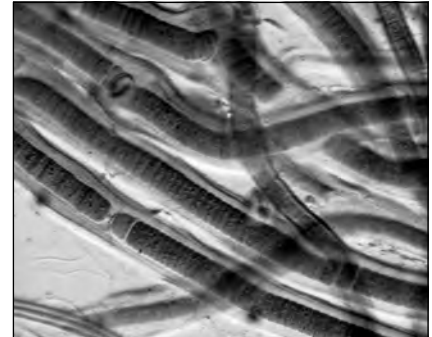


Figura 4. *Scytonema gayanum*, alga con vainas intensamente coloreadas con scytonemina, un pigmento protector de radiación ultravioleta.

Dicho mucílago funciona de varias maneras en las condiciones de este ambiente: a) protege de la desecación a las algas y favorece el crecimiento de otros organismos que componen al perifiton, como hongos, bacterias, polen, semillas y animales invertebrados como nemátodos, insectos y moluscos; b) amortigua los efectos de los cambios drásticos en la temperatura, ya que durante la época seca se ha registrado 42 °C bajo

la costra de algas, lo cual puede crear situaciones de estrés hídrico para la mayoría de las plantas; en cambio, las algas con mucílago pueden acceder a las mínimas condiciones de humectación durante la noche (en forma de rocío) y soportar los cambios durante el día; c) favorece la actividad de la nitrógenasa que es sensible al oxígeno, lo cual les permite, en la situación de aislamiento relativo en que se encuen-

tran, fijar el nitrógeno atmosférico en formas químicas asimilables para otras algas y vegetales; d) concentra pigmentos fotoprotectores como la scytonemina, un compuesto que filtra la radiación ultravioleta que es letal para los organismos (figura 4).

Todo este sistema “protector” actúa como una compuerta para el paso y acumulación de nutrientes al suelo, tales como fosfatos —derivados de las carofíceas secas— y nitratos —de la fijación no simbiótica del nitrógeno—, facilitando su aprovechamiento por las comunidades de plantas vasculares.

Las características mencionadas sugieren que el papel ecológico que cumple el perifiton es el de una comunidad extremadamente importante. Por ello, sin un conocimiento detallado de las causas que controlan su crecimiento, su explotación podría afectar gravemente el ecosistema, pues por regular el flujo de nutrientes entre el sustrato y el agua, el perifiton influye también en el desarrollo de las plantas vasculares. Además, a pesar de que el desarrollo del perifiton es profuso en los humedales de El Edén, su establecimiento en el ecosistema parece ser lento, pues en sitios de muy poca cobertura que fueron alterados para fines de muestreo, la recuperación de las ma-




tas de filamentos no se completa en un ciclo anual y en ocasiones tarda hasta más de tres años.

Desde el punto de vista biológico, el perifiton es una comunidad que amerita un estudio detallado por su conspicua biodiversidad y su indudable importancia como soporte y regulador del ecosistema. Desde el punto de vista arqueológico encierra varias claves que ayudan a entender el funcionamiento de la civilización maya; no obstante, debemos preguntarnos hacia dónde nos conduciría el conocimiento generado

por estos pueblos y cuánto podemos utilizar de la herencia maya sobre el manejo de agroecosistemas que involucran el perifiton.

En las prácticas agrícolas de tradición maya se creaban cultivos mixtos sembrando una gran variedad de plantas como complemento alimenticio y diversas variedades de maíz con distintos periodos de maduración que correspondían a las condiciones de precipitación regional. Esto puede significar que, si los mayas utilizaban el perifiton, lo hacían razonadamente; tal vez

observaron la fragilidad de su recuperación y la relacionaron con el manejo productivo general. Sería entonces una muestra de cómo conservar la diversidad biológica de la región y fomentar el desarrollo sostenible. Como lo sugieren autores como Martos y Gallareta Negrón, es posible que el colapso de la cultura ancestral maya no se relacionara con la limitación de recursos, pues parecen haber explotado razonablemente el medio, esto es, no luchando contra la naturaleza, sino integrándose a ella. 



Rosaluz Tavera y Eberto Novelo

Facultad de Ciencias,
Universidad Nacional Autónoma de México.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bello-Baltazar, E., E. Estrada-Lugo, P. Macario-Mendoza, A. Segundo-Cabello y L. Sánchez-Pérez. 2002. "Transdisciplina y sustentabilidad maya", en *Ciencia Ergo Sum*, vol. 9, núm. 3, pp. 260-272.
Fedick, S. L., B. A. Morrison, B. J. Andersen, S. Boucher, J. Ceja Acosta y J. P. Mathews. 2000. "Wetland manipulation in the Yalahau region of the northern Maya lowlands", en *Journal of Field Archaeology*, núm. 27, pp. 131-152.

Goldsborough, L. G. y G. G. C. Robinson. 1996. "Pattern in wetlands", en *Algal ecology. Freshwater benthic ecosystems*, Stevenson, R. J., M. L. Bothwell y R. L. Lowe (eds.), pp. 78-117. Academic Press, San Diego.

Gómez-Pompa, A., M. Allen, S. Fedick y J. J. Jiménez-Osornio (eds.). 2003. *Lowland Maya Area: Three Millennia at the Human-Wildland Interface*. The Haworth Press, Nueva York.

Ibarra Vázquez, C., R. Tavera y E. Novelo. 2009. "Diversidad y estructura de las comunidades de diatomeas del perifiton y el metafiton en un humedal tropical en México", en *Revista Mexicana de Biodiversidad*, núm. 80, pp. 763-769.

Martos L., Luis Alberto. 2002. "La costa oriental de Quintana Roo" en *Arqueología mexicana*, vol. 9, núm. 54, pp. 26-33.

Morrison, B y R. Cózatl-Manzano. 2003. "Initial evidence for use of periphyton as an agricultural fertilizer by the ancient Maya associated with the El Edén wet-

land, Northern Quintana Roo, Mexico", en *Lowland Maya Area: Three Millennia at the Human-Wildland Interface*, Gómez-Pompa, A., M. Allen, S. Fedick, y J. J. Jiménez-Osornio (eds.). The Haworth Press, Nueva York.

Novelo, E. y R. Tavera. 2003. "The role of periphyton in the regulation and supply of nutrients in a wetland at El Eden, Quintana Roo", en *Lowland Maya Area: Three Millennia at the Human-Wildland Interface*. A. Gómez-Pompa, M. Allen, S. Fedick, y J. J. Jiménez-Osornio (eds.). The Haworth Press, Nueva York.

_____, R. Tavera, y C. Ibarra. 2007. "*Bacillariophyceae from karstic wetlands in Mexico*", en *Bibliotheca Diatomologica* 54. J. Cramer, Berlín.

IMÁGENES

Pp. 40-42: Alfredo Zalce, *El río de palizada*, 1945; *En la hamaca*, 1945. P. 43: Francisco Dosamantes, *Mujer tendiendo ropa*, 1945. P. 44: Alfredo Zalce, *Jardín de Hecelchacán*, 1945. P. 45: María Izquierdo, *Huachinangos*, 1946.

THE PERIPHYTON OF THE WETLANDS OF YUCATAN AND MAYAN AGRICULTURE

Palabras clave: humedales, algas, perifiton, mayas.

Key words: Wetlands, Algae, Periphyton, Mayans.

Resumen: El cieno o lama, como suele llamarse al perifiton es un importante indicador biológico de la calidad del agua y tiene importantes usos agrícolas que fueron aprovechados por los mayas.

Abstract: Sludge or slime, as the periphyton is commonly called, is an important biological indicator of water quality and has important agricultural uses that were practiced by the Mayans.

Rosaluz Tavera es Profesora Titular del Departamento de Ecología y Recursos Naturales, Facultad de Ciencias, UNAM. Realizó sus estudios profesionales en la Facultad de Ciencias, UNAM, y los de posgrado en la Facultad de Biología, Universidad de Bohemia, República Checa.

Eberto Novelo es biólogo por la Facultad de Ciencias de la UNAM. Es profesor titular de carrera del Departamento de Biología Comparada de la Facultad de Ciencias, UNAM.

Recibido el 20 de enero de 2011, aceptado el 10 de febrero de 2011.