

CIENCIA Y CULTURA  
**elementos**

Elementos: Ciencia y cultura

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

elemento@siu.buap.mx

ISSN (Versión impresa): 0187-9073

MÉXICO

2005

Héctor Eloisa León / María del Carmen Navarro Carbajal

LA SISTEMÁTICA EN MÉXICO

*Elementos: Ciencia y cultura*, enero-marzo, año/vol. 12, número 057

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

Puebla, México

pp. 13-19



# La sistemática México

Héctor

**Eliosa León**

María del Carmen

**Navarro Carbajal**

En el pasado reciente, en México se han publicado diversos libros y artículos que abordan aspectos teóricos y prácticos de la sistemática biológica (Villaseñor y Dávila, 1992; Luna y Llorente, 1993; Chiang y cols., 1994; Llorente y Soberón, 1994; De Luna, 1995; Eguiarte y cols., 1997; Pérez Ponce de León, 1997; Sosa y Ogata, 1998; Llorente y Papavero, 1999; Morrone, 2001a, 2001b; Nixon y Ochoterena, 2001), esto indica que existe un renovado interés por desarrollar estudios en esta área; sin embargo, en casi todos estos trabajos se señala que los alumnos de licenciatura o de posgrado están escasamente interesados en adquirir una formación como sistemáticos. Las causas pueden ser muchas, desde la falta de presupuesto para financiar la investigación, el acceso restringido a instrumentos o literatura que faciliten la labor de los investigadores, la negativa de taxónomos ya establecidos y otros biólogos a conocer los conceptos y métodos modernos de la sistemática, el desconocimiento del idioma en el que se publica la literatura especializada en este campo, etc.; no obstante, a nuestro juicio la principal razón radica en que no se conoce con precisión qué es la sistemática moderna ni sus alcances. Parece que los estudiantes creen que la sistemática es una disciplina pasada de moda e innecesaria, propia de los naturalistas de antaño, que se limita a la descripción de los seres vivos. Este desdén hacia la sistemática en México no es nuevo, autores como Rioja (1958), López Ochoterena (1964), Herrera (1965) y Lamothe (1981), habían señalado un marcado desinterés hacia esta disciplina desde mediados del siglo pasado, atribuyendo como principales causas de esta situación a que: 1) por un tiempo la sistemática fue invadida por aficionados carentes de toda formación científica o por malos sistemáticos que distorsionaron el papel de

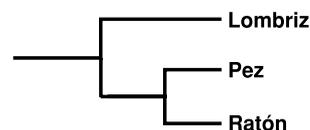
esta disciplina llevándola al descrédito, 2) la ausencia de un método objetivo y explícito no permitía hacer análisis más rigurosos desde el punto de vista científico, por lo que los trabajos eran más “artísticos”, es decir, la ambigüedad del método de trabajo empleado generaba serias dudas de los resultados obtenidos, los cuales básicamente se alcanzaban con base en el principio de autoridad de los especialistas, 3) la enseñanza de la sistemática elemental en la licenciatura es casi siempre deplorable y en el posgrado se ignora o se relega, 4) los investigadores tienden a hacer ciencia aplicada y no ciencia pura.

Afortunadamente, en la actualidad esa problemática está siendo superada. Por tal razón, el presente ensayo está dirigido a estudiantes que inician la licenciatura en biología, y tiene el propósito de destacar la labor de la sistemática y fomentar su enseñanza en este nivel educativo, con la finalidad de formar recursos humanos capacitados e interesados en realizar investigación en esta disciplina.

#### LA SISTEMÁTICA CONTEMPORÁNEA

Brevemente, la sistemática es la disciplina de la biología comparada encargada de estudiar la biodiversidad desde el punto de vista de las relaciones jerárquicas de los linajes. Para ello, debe cubrir tres aspectos fundamentales; el primero es el reconocimiento de la biodiversidad, es decir, debe identificar a las especies. El segundo es estimar la filogenia de las especies, y el tercero consiste en la elaboración de clasificaciones que reflejen de manera fiel la filogenia de las mismas. La sistemática que actualmente se enseña o se difunde en las universidades o centros de educación superior en el mundo, es la escuela filogenética o cladista, por lo cual sólo hablaremos de ella en este trabajo.

La sistemática cladista fue formalizada por el entomólogo alemán Willi Hennig en 1950 (Morrone, 2001b). La idea básica de este método consiste en comparar especies, empleando caracteres que evidencien una historia evolutiva compartida; en otras palabras, busca establecer las relaciones de hermandad entre las especies, asumiendo que determinadas similitudes (homologías derivadas o sinapomorfías), reflejan el parentesco entre ellas, bajo el principio de la parsimonia. Así, si tenemos tres organismos, por ejemplo, un pez, un ratón y una lombriz de tierra, podemos inferir que los dos primeros guardan una relación de parentesco más estrecha entre sí —que cualquiera de ellos con la lombriz de tierra— debido a



**Figura 1.** El cladograma indica las relaciones de parentesco entre los organismos. El pez y el ratón están más emparentados entre sí que cualquiera de ellos con la lombriz.

que comparten novedades evolutivas o sinapomorfías que los hermanan (como poseer columna vertebral, mandíbulas, tubo nervioso dorsal). El resultado de la aplicación de este método es un diagrama de ramificación comúnmente denominado cladograma que muestra la historia evolutiva del grupo de interés (Figura 1). En los años recientes, los investigadores han continuado refinando la metodología, buscando las mejores alternativas para analizar los caracteres que permitan revelar los patrones evolutivos y evaluar la fortaleza de las hipótesis así generadas. De manera sucinta se indica el proceso básico para la construcción de cladogramas (Figura 2).

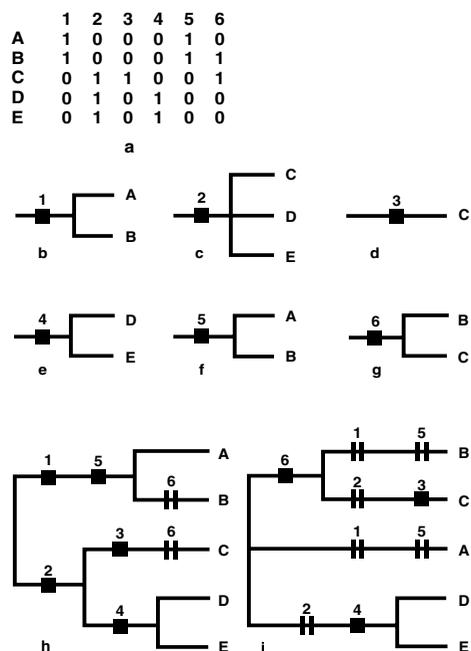
#### SISTEMÁTICA: ¿PARA QUÉ?

Quizá históricamente la primera tarea de la sistemática fue el reconocimiento de la biodiversidad, es decir, identificar a las especies que viven en una determinada área, con el objeto de conocer los recursos biológicos de esa región. Esta actividad se efectúa mediante la recolecta de muestras de organismos en el campo y posteriormente los ejemplares se analizan en el laboratorio para determinar la especie a la que pertenecen, o si existen diferencias significativas con las formas conocidas previamente, se tratarán como nuevas especies. La realización de inventarios biológicos es fundamental, entre otras razones, debido a que:

a) permite identificar la riqueza de especies de una región, lo cual a su vez aumenta el conocimiento biológico de los organismos, lo que facilita descubrir propiedades que se podrían aplicar en beneficio de los habitantes del país. Por ejemplo, desde la Segunda Guerra Mundial se han patentado más de 3000 clases de antibióticos (Dirzo y Raven, 1994).

b) los monitoreos subsecuentes de la biota en una cierta área geográfica —llevados a cabo en forma sistemática— nos informarán de los cambios que pueden ocurrir, con el tiempo, en la composición de las especies de tal área.

Estos aspectos son de suma importancia si consideramos que aún en la actualidad no sabemos de manera exacta cuántas especies habitan el planeta. Se han realizado cálculos



**Figura 2.** Construcción de un cladograma. a) Matriz de datos (renglones: taxones, columnas: caracteres); b-g) subcladogramas correspondientes a cada uno de los caracteres; h-i) cladogramas alternativos resultantes. El principio de parsimonia da prioridad al cladograma h. (Tomado de Morrone, J.J., 2001a. Se reproduce con permiso del autor).

muy conservadores para estimar el número de especies que pueblan la Tierra, los cuales varían de diez a quince millones de especies y otros menos moderados estiman el número entre treinta y cincuenta millones de especies (Crisci, 1998). Lo más asombroso es que se ha descrito científicamente sólo un millón y medio de especies (Llorente y Soberón, 1994). Asumiendo que actualmente se describen unas diez mil especies nuevas por año, los científicos tardarían al menos quinientos años en inventariar científicamente el total de especies existentes (Crisci, *op. cit.*); lamentablemente el deterioro ambiental, la fragmentación de los hábitats naturales y la introducción de especies exóticas en algunas áreas harán imposible conocerlas porque se habrán extinguido antes de ser descubiertas, dada su actual tasa de extinción de 5% por década. También como una parte fundamental del reconocimiento de la biodiversidad, la sistemática asigna los nombres científicos de las especies, de acuerdo a las reglas de nomenclatura para cada grupo, lo cual permite una comunicación clara entre la comunidad de científicos del mundo.

#### LA SISTEMÁTICA Y LA HISTORIA DE LA VIDA EN LA TIERRA

Después de conocer las especies, es necesario establecer las relaciones de parentesco que hay entre ellas y, si se dispone

de fósiles, se puede combinar esta información para reconstruir la historia evolutiva de los organismos. La mejor aproximación a la filogenia de los seres vivos es mediante el uso del método cladista (Ridley, 1996; Schuh, 2000), descrito brevemente en la sección anterior. Esto nos lleva a tener una mejor comprensión de los patrones evolutivos y al mismo tiempo nos acerca a entender mejor los procesos que los originaron, por ejemplo, a partir de los cladogramas, se puede conocer la evolución que han seguido los caracteres de las especies estudiadas. Asimismo, los cladogramas pueden usarse para poner a prueba hipótesis de disciplinas biológicas ajenas a la sistemática, tales como ecología, biogeografía, etología, paleontología, etc. (Morrone, 2001), y de esa manera se ofrece una explicación global a la historia evolutiva de los organismos. La información de la filogenia debe servir de base para la clasificación biológica y así generar las clasificaciones naturales.

#### EL VALOR PREDICTIVO DE LA SISTEMÁTICA

El método cladista asume la ancestría común de las especies, esto significa que si consideramos a dos especies como hermanas, es debido a que comparten caracteres que heredaron de su especie parental y además se originaron al mismo tiempo (Hennig, 1968; Schuh, 2000). Esta información se puede aprovechar si se busca alguna cualidad útil en los seres vivos. Por ejemplo, el taxol es una droga con propiedades anticancerígenas que se extrae de la corteza del tejo (yew) del Pacífico (*Taxus brevifolia*), cuya área natural de distribución es el occidente de los Estados Unidos. Estos árboles no son muy abundantes y tardan hasta 200 años en alcanzar una altura de 15 m y un diámetro de 60 cm, dimensiones de las cuales se pueden obtener hasta 2.5 kg de corteza. Si el ritmo de explotación de ese árbol es irracional, pronto se amenazará la supervivencia de la población. En este aspecto, la sistemática nos permite orientar la búsqueda de otros árboles que puedan poseer la misma sustancia; este esfuerzo se encamina a la especie hermana de *T. brevifolia*, que resulta ser el tejo europeo (*T. baccata*) en el cual afortunadamente también se ha encontrado el taxol, incluso en concentraciones mayores, y sus poblaciones son más abundantes. Otro ejemplo interesante se presenta en las cicadas; el género *Microcycas* endémico de Cuba tiene una baja o casi nula regeneración en el campo. *Zamia* es el grupo hermano de *Microcycas* y es polinizado por varios grupos de escarabajos. La morfología y posición del

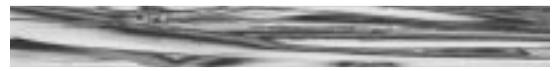


© Patricia Aridjis, de la serie *Las horas negras*, México, D.F., 2000-2004.

como en *Microcycas* es similar a *Zamia*, por lo que se sugirió que también debería ser polinizado por esos insectos (Sosa y Ogata, 1998). En el área de distribución de *Microcycas* se ha encontrado una especie de escarabajo del género *Rhopalotria*, y otras especies de este género de insectos polinizan a *Zamia* (Vovides y cols., 1997), con lo cual la predicción parece cumplirse. Cabe resaltar que algunos caracteres son exclusivos de una especie y por lo tanto no se presentan ni en las especies hermanas; este tipo de caracteres en el cladismo se denomina autapomorfía, y puede ser responsable de que nuestras predicciones no se cumplan.

#### LA SISTEMÁTICA Y LA CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD

En la actualidad hay diferentes causas que han contribuido a la pérdida de la biodiversidad a escala mundial. Afortunadamente, también ha surgido un gran esfuerzo por evitar esa catástrofe, diversas disciplinas tanto fuera como dentro de la biología están contribuyendo al desarrollo de estrategias que permitan la conservación de especies y al mismo tiempo faciliten el desarrollo sustentable de los recursos biológicos. La sistemática es una de las disciplinas de la biología que puede influir en los criterios para seleccionar las especies a conservar o para determinar las áreas prioritarias de conservación. Por ejemplo, para maximizar la conservación de la biodiversidad no resulta suficiente considerar el mayor número de especies *per se*, sino que además se debe tomar en cuenta que quede representada la mayor parte de los grupos del “árbol de la vida”, y no un gran número de especies de una sola “rama”; es decir, se debe conservar el mayor número de historias evolutivas posibles.



#### LA SISTEMÁTICA Y LA DISTRIBUCIÓN DE LOS SERES VIVOS

De acuerdo con autores como Morrone (2000) y Crisci y cols. (2000), un evento histórico está formado por tres componentes básicos: tiempo, espacio y forma. Las disciplinas biológicas que ponen énfasis en esos componentes son la evolución, la biogeografía y la sistemática, respectivamente. De manera breve, se puede señalar que la biogeografía es la disciplina de la biología comparada que estudia la distribución de los seres vivos en el espacio y cómo ésta cambia a través del tiempo.

Recientemente se ha reconocido un estrecho vínculo entre la sistemática y la biogeografía debido al desarrollo de la metodología denominada panbiogeografía, introducida por Croizat (1952) y el método cladista implementado por Hennig (1968). Los biólogos norteamericanos Nelson y Platnick (1981) asociaron ambas ideas, creando lo que se denomina biogeografía cladista o de la vicarianza, la cual tiene como objetivo entender las relaciones entre las áreas de endemismo, para ello establece que es posible determinar los patrones de distribución comunes mediante el uso de los cladogramas de los taxones; es decir, se puede comprender la historia de la distribución espacial de las especies, a través de las relaciones de parentesco que existen entre ellas. Así la información aportada por la sistemática cladista es un requisito para realizar estudios biogeográficos con un enfoque vicariancista.

#### LA SISTEMÁTICA Y LA CORRECTA DETERMINACIÓN DE LAS ESPECIES

Los especialistas en sistemática cuentan con las herramientas adecuadas y poseen el entrenamiento y la experiencia necesarios para la determinación confiable de los especímenes. Desde el punto de vista científico, todo trabajo genético, ecológico o de otra índole requiere la correcta identificación de las entidades biológicas en estudio. Las investigaciones que cometen errores en ello se vuelven inservibles (Cordero, 1994). En determinadas circunstancias este servicio resulta ser de gran valor; así en casos de importancia médica, la determinación correcta de las especies que afectan a los pacientes es crítica, por ejemplo, en infecciones parasitarias, piquetes de arácnidos o de serpientes o en intoxicaciones por hongos.

Actualmente en México para la autorización de obras carreteras, la SEMARNAT ha establecido como requisito la rea-



lización de estudios de impacto ambiental, los cuales incluyen la presentación de los inventarios biológicos; nuevamente, la participación de los sistemáticos debería ser relevante, ya que la única forma de determinar correctamente a las especies es recolectar a los organismos y depositar los especímenes “voucher” (organismos depositados en una colección científica que se utilizan para conocer la identidad de la especie) en una colección científica formalmente establecida. Aquellos estudios que no utilicen este servicio tendrán menos valor por la imposibilidad de verificar la determinación de los ejemplares. Desafortunadamente los estudios de impacto ambiental son realizados, en la mayoría de los casos, por profesionales ajenos a la biología o, si hay participación de biólogos, éstos generalmente no tienen un entrenamiento en sistemática, por lo que únicamente se limitan a la revisión bibliográfica de los inventarios realizados con anterioridad en la zona de interés (si es que existen) o de las zonas vecinas, por lo que frecuentemente se obtiene listados de flora y fauna incompletos y erróneos; por ejemplo, se han incluido ¡serpientes marinas en áreas semiáridas!

## LA SISTEMÁTICA Y SU RELACIÓN CON OTRAS DISCIPLINAS BIOLÓGICAS

A manera de ejemplo señalaremos brevemente la relación que existe entre la sistemática y la ecología. Con el desarrollo del pensamiento darwiniano de la evolución quedó claro que la biodiversidad es producto de la combinación de procesos geológicos y ambientales (Brooks y McLennan, 1991; Ornelas, 1998). Tradicionalmente, los primeros quedaron como materia de estudio de la sistemática y los segundos se convirtieron en la línea de investigación de la ecología, particularmente en lo que se ha denominado el “programa adaptacionista”.

El ajuste funcional entre el organismo y su ambiente se denomina adaptación. Los caracteres adaptativos son moldeados por la selección natural, tienen una función actual y confieren una ventaja a sus poseedores (Gould y Vrba, 1982). Con base en estas características de la adaptación, resulta común asumir que los rasgos que presentan los organismos son adaptaciones; sin embargo, esto no siempre es cierto. Algunos caracteres que presentan los seres vivos son producto de su historia evolutiva y no resultado de la adaptación, es decir, son caracteres ancestrales persistentes debido a la inercia filogenética. El método cladístico permite diferenciar los caracteres adaptativos de

© Patricia Aridjis, de la serie *Las horas negras*, México, D.F., 2000-2004.





© Patricia Aridjis, de la serie *Las horas negras*, México, D.F., 2000-2004.

aquellos que no lo son. Para ello se sobreponen los caracteres a evaluar en los cladogramas obtenidos independientemente; si existe correlación entre el carácter analizado y una variable ambiental se trata de una adaptación, en contraste, si no hay correlación el carácter no es adaptativo.

#### CONSIDERACIONES FINALES

Hemos expuesto en forma general algunas razones que, a nuestro juicio, convierten a la sistemática moderna en un valioso pilar para la biología. Sobra decir que en México existen pocos sistemáticos, situación que se agrava si consideramos que no todos ellos conocen o hacen uso del método cladista, por lo que se quedan en la etapa descriptiva de la sistemática. También queremos resaltar que para resolver el problema del reconocimiento de la biodiversidad de nuestro país, se requiere que las futuras generaciones de sistemáticos además de poseer bases sólidas de la teoría y práctica cladista, sean especialistas en algún grupo biológico, lo que facilitará la tarea de inventariar y conocer los patrones y procesos que han determinado la historia evolutiva de la fauna y flora mexicana. No podemos esperar más tiempo a que investigadores extranjeros realicen el trabajo que a los mexicanos nos corresponde, ya que si bien esta ayuda es valiosa, estamos ante una situación de emergencia debido a la pérdida acelerada de nuestra biodiversidad, por lo que urge la participación de un mayor número de sistemáticos, lo cual sólo se logrará en la medida en que se comprenda la

importancia de la sistemática y se fomente la investigación de esta disciplina en las diversas instituciones de educación superior en México.

Para concluir, deseamos resaltar que es tiempo de devolverle a la sistemática la posición de privilegio que alguna vez tuvo. Reiteramos nuestra invitación a los alumnos que inician una carrera en biología a que incursionen en el estudio de la sistemática, pues como dice el Dr. Crisci (1998), el cladismo es el lenguaje de la biología comparada.

#### A G R A D E C I M I E N T O S

Deseamos agradecer a Laura Riboni y a Juan José Morrone por sus valiosas sugerencias a una versión preliminar. También agradecemos a este último su autorización para reproducir la figura 2.

#### G L O S A R I O

**AUTAPOMORFÍA:** un estado de un carácter exclusivo de un grupo, no compartido con ninguno otro.

**FILOGENIA:** historia de las relaciones evolutivas entre los miembros de un grupo debido a su evolución de un ancestro común.

**SINAPOMORFÍA:** carácter derivado compartido. Novedad evolutiva compartida por dos o más taxa a partir de un ancestro común.

#### R E F E R E N C I A S

- Brooks, D.R. y McLennan, D.A., *Phylogeny, ecology and behavior. A research program in comparative biology*, The University of Chicago Press, Chicago, 1991.
- Cordero, C., Comentarios de un ecólogo, *Rev. AIC*, 21, 1994, pp.10-13.
- Chiang, F., Dávila, P. y Villaseñor, J.L., Panorama actual de la taxonomía vegetal en México, *Bol. Soc. Bot.*, 55, México, 1994, pp. 17-20.



Crisci, J.V., La sistemática de nuestro tiempo: hechos, problemas y orientaciones, *Bol. Soc. Bot.*, 63, México, 1998, pp. 21-32.

Crisci, J.V., Katinas, L. y Posadas, P., *Introducción a la teoría y práctica de la biogeografía histórica*, Sociedad Argentina de Botánica, Buenos Aires, 2000.

Croizat, L., *Manual of phytogeography*, Junk, La Haya, 1952.

De Luna, E., Bases filosóficas de los análisis cladísticos para la investigación taxonómica, *Acta Botánica Mexicana*, 33, 1995, pp. 63-79.

Dirzo, R. y Raven, P., Un inventario biológico para México, *Bol. Soc. Bot.*, 55, México, 1994, pp. 29-34.

Eguiarte, L.E., Souza, V., Nuñez-Farfán, J. y Hernández-Baños, B., El análisis filogenético: métodos, problemas y perspectivas, *Bol. Soc. Bot.*, 60, México, 1997, pp. 169-181.

Gould, S.J. y Vrba, E.S., Exaptation. A missing term in the science of form, *Paleobiology*, 8, 1982, pp. 4-15.

Hennig, W., *Elementos de una sistemática filogenética*, EUDEBA, Buenos Aires, 1968.

Herrera, T., Tendencias actuales en la sistemática vegetal, *Rev. Soc. Mex. Hist. Nat.*, 26, 1965, pp. 101-114.

Lamothe, R., En defensa de la taxonomía, *An. Inst. Biol. Univ. Nac. Autón. Zool.*, 52 (1), 1981, pp. 481-483.

López Ochoterena, E., Tendencias actuales en la taxonomía, *Rev. Soc. Mex. Hist. Nat.*, 25 (6), 1964, pp. 109-119.

Morrone, J.J., El tiempo de Darwin y el espacio de Croizat: rupturas epistémicas en los estudios evolutivos, *Ciencia*, 51 (2), 2000, pp. 39-46.

Morrone, J.J., *Sistemática, biogeografía, evolución. Los patrones de biodiversidad en tiempo-espacio*, Las prensas de Ciencias, UNAM, México, 2001a.

Morrone, J.J., *El lenguaje de la cladística*, Dirección General de Publicaciones y Fomento Editorial, UNAM, México, 2001b.

Nelson, G. y Platnick, N.I., *Systematics and biogeography: cladistics and vicariance*, Columbia University Press, Nueva York, 1981.

Nixon, K. y Ochoterena, H., Taxonomía tradicional, cladística y construcción de hipótesis filogenéticas, en Hernández, H.M., García-Aldrete, A.N., Álvarez, F. y Ulloa, M. (compiladores), *Enfoques contemporáneos para el estudio de la biodiversidad*, Ediciones Científicas Universitarias, UNAM-Fondo de Cultura Económica, México, 2001, pp. 15-37.

Papavero, N. y Llorente, J. (compiladores), *Herramientas prácticas para el ejercicio de la taxonomía zoológica*, Ediciones Científicas Universitarias, UNAM-Fondo de Cultura Económica, México, 1999.

Pérez Ponce de León, G., La taxonomía en México: el papel de la sistemática filogenética, *Ciencia*, 48 (3), 1997, pp. 33-39.

Ornelas, J.F., Filogenias y método comparativo: identificación y evaluación de hipótesis evolutivas y establecimiento de criterios para conservar especies en riesgo, *Acta Zoológica Mexicana*, nueva serie, 74, 1998, pp. 5-42.

Ridley, M., *Evolution*, 2a. ed., Blackwell Science Inc., 1996.

Rioja, E., Evolución de la sistemática y algunos de sus problemas actuales, *Rev. Soc. Mex. Hist. Nat.*, 19 (1-4), 1958, pp. 1-49.

Schuh, R.T., *Biological systematics: principles and applications*, Cornell University Press, USA, 2000.

Sosa, V. y Ogata, N., La sistemática y la conservación de la diversidad biológica, en Halffter, G. (compilador), *La diversidad biológica en Iberoamérica II*, *Acta Zoológica Mexicana*, nueva serie, volumen especial, Instituto de Ecología, A.C., Xalapa, México, 1998, pp. 33-43.

Villaseñor, J.L. y Dávila, P., *Breve introducción a la metodología cladística*, Las prensas de Ciencias, Facultad de Ciencias, UNAM, México, 1992.

Vovides, A.P., Ogata, N., Sosa, V. y Peña García, E., Pollination of endangered Cuban cycad *Microcycas calocoma* (Miq.), *A. DC. Botanical Journal of the Linnean Society*, 125, 1997, pp. 201-210.

**Héctor Eliosa León y María del Carmen Navarro Carbajal,**  
**Escuela de Biología de la BUAP. heliosa@siu.buap.mx**

© Patricia Aridjis, de la serie *Las horas negras*, México, D.F., 2000-2004.

