



CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS  
ÁREA ACADÉMICA DE BIOLOGÍA



## Directorio

EDITORA GENERAL  
*Consuelo Cuevas Cardona*

EDITOR ASOCIADO  
*Ulises Iturbe Acosta*

CONSEJO EDITORIAL  
*Jesús Martín Castillo Cerón*  
*Ulises Iturbe Acosta*  
*Juan Marcial Guerrero Rosado*  
*Atilano Contreras Ramos*  
*Rubén Óscar Costigliola Garino*

DIAGRAMACIÓN Y DISEÑO  
*Jesús Martín Castillo Cerón*

AUXILIAR GRÁFICO  
*Alejandra Vianey Rojas Olvera*

CUERPO ACADÉMICO DE  
SISTEMÁTICA Y EVOLUCIÓN

## Ensayo

### Sistemática: La base del conocimiento de la biodiversidad

Irene Goyenechea<sup>1</sup>, Julián Bueno-Villegas<sup>2</sup>, Norma L. Manriquez<sup>1</sup> y Juan Márquez<sup>2</sup>

Desde tiempos remotos el hombre ha tratado de conocer el mundo que lo rodea y ha intentado ordenar y clasificar los objetos y organismos de su entorno. El primer intento de una clasificación que se tiene registrado es el de Éuritos de Taranto (475 a.C.), quien siguiendo las ideas de Pitágoras, intentó asignar números a las especies. A partir de allí, se hicieron varios intentos para clasificar la diversidad conocida: Platón (428 a. C.), Aristóteles (384 a. C.), E. Wotton (1552), Cesalpino (1583), Linneo (1707-1778) y Lamarck (1744-1829) (Michán y Llorente, 2003). Sin embargo, fue Illiger (1785-1813), el primero en considerar los aspectos históricos para descubrir las relaciones entre los grupos taxonómicos y con esto proponer un intento más moderno de clasificación natural ("...del mismo modo que formamos los géneros a partir de las especies, obtenemos los géneros superiores. Los órdenes y las clases se forman a partir de los géneros..." (Illiger, 1800: xxvi, citado por Papavero y Llorente, 1994). Es con esto que hacia fines del siglo XVIII se dio inicio a una ciencia: la sistemática.

De manera general, la sistemática se encarga de estudiar la diversidad biológica; trata de entender las relaciones genealógicas de las especies vivas y extintas y de interpretar la manera en que la vida se ha diversificado y cambiado a través del tiempo. Dado que sus objetivos son tan amplios, requiere dividirse en varias disciplinas, las cuales se encargan de llevar a cabo las diversas actividades del quehacer taxonómico. Tareas como la designación de nombres, las clasificaciones y la inferencia de filogenias de las especies, son ocupaciones de diversas ramas de la sistemática. Específicamente, la taxonomía es la disciplina que se encarga de nombrar y clasificar la diversidad biológica, mientras que mediante la filogenia se descubren las

relaciones genealógicas (de ancestría y descendencia) que existen entre las especies. Por esto, a los sistemáticos se les conoce también como taxónomos o filogenetistas, aunque en un sentido estricto, son áreas distintas.

La sistemática resulta importante en la vida diaria pues es esencial para comprender al mundo en que vivimos y nuestro lugar en él. Para que entendamos que todas las formas de vida han evolucionado como resultado de cambios heredados y su diversificación a lo largo de vastos periodos de tiempo.

Existe una gran diversidad biológica, tanto viva como extinta; para que los biólogos puedan comunicar acerca de estos organismos, deben primero hacer una clasificación de ellos en grupos naturales. Idealmente, la clasificación no debe ser arbitraria, debe basarse en la historia evolutiva de los seres vivos y puede predecir propiedades de especies nuevas o pobremente conocidas.

La clasificación es uno de los muchos aspectos del campo de la sistemática. Mientras que una clasificación es la base científica para el estudio de la naturaleza, la diversidad biológica y los procesos naturales, la sistemática va más allá y lleva a elucidar nuevas teorías de los mecanismos de evolución.



Pero, ¿qué es realmente un taxónomo o sistemático? La visión más típica de un biólogo dedicado a la taxonomía es la de un hombre con pelo cano, que trabaja dentro de un museo colocando a los ejemplares en cajones, luego de identificarlos y ponerles una etiqueta. Nada más lejos de la realidad. Un taxónomo o sistemático sí tiene como una de sus funciones la de "curar" o conservar ejemplares, pero no sólo se dedica a esto. Es una persona activa que sale al campo y está en contacto con el mundo que le rodea, conoce los organismos que estudia en vivo, no sólo preservados, sabe de qué se alimentan, dónde habitan, cuándo son más abundantes, quiénes son sus predadores, etc., por lo tanto es experto en su búsqueda, deduce cuáles son raros o comunes y

cuál puede ser la importancia biológica de los distintos grupos, lo que le permite descubrir y describir especies nuevas; además, tiene como tarea importante el tratar de entender las relaciones de parentesco que existen entre las especies a partir del conocimiento que se tiene de éstas, así como descubrir y entender cómo han ido cambiando e incrementándose las diferentes formas vivas a través del tiempo y dar a conocer al mundo la diversidad biológica

que nos rodea. Esto es lo que hace interesante el trabajo del sistemático, pues los eventos históricos en la evolución de la vida se dieron una sola vez y con los restos vivientes que perduran se tiene que esclarecer cómo se diversificó la vida como la conocemos.

Una metáfora para esto sería pensar que la vida forma un árbol muy grande y frondoso, del cual sólo observamos las hojas; las ramas forman parte del pasado y lo que los sistemáticos intentan encontrar es, justamente, la forma en la que en el árbol, su tronco y sus ramas fueron creciendo.

Entonces, ¿cómo hace su trabajo un sistemático? Para llevar a cabo sus estudios, los taxónomos se basan en el análisis de diversos atributos o caracteres de las especies, mismos que permiten describir y delimitar a los taxones y establecer las relaciones evolutivas entre ellos. Los

caracteres que tradicionalmente se han utilizado provienen de la morfología externa de los organismos, pero además se han empleado características internas, fisiológicas, embrionarias, ecológicas y, más recientemente, caracteres de tipo molecular (fragmentos de genes, genes o genomas completos y secuencias de aminoácidos).

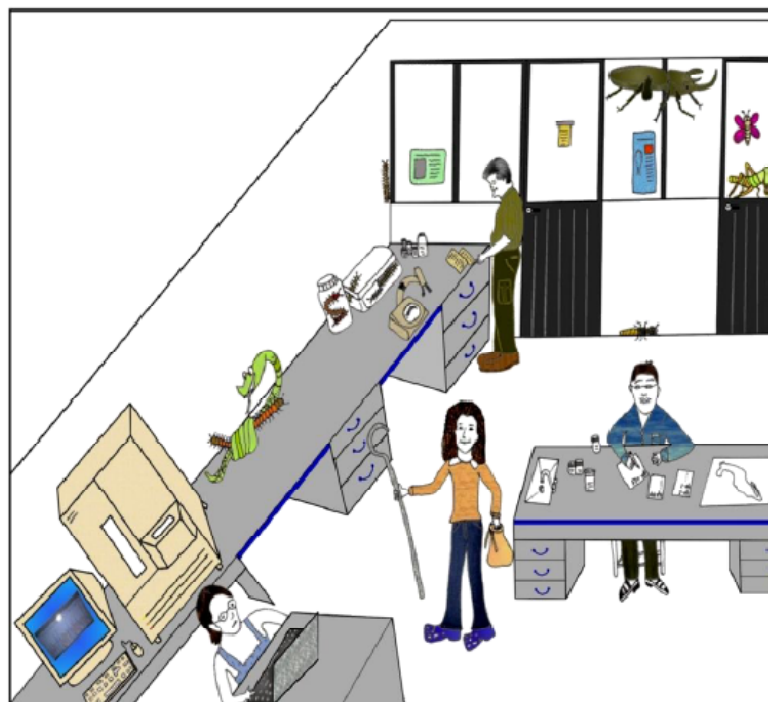
Existen diferentes métodos para analizar los caracteres. Uno de los más difundidos y utilizados en los últimos 30 años, debido a que reconoce y emplea la teoría de la evolución es la cladística o, más formalmente, el método de la sistemática filogenética, propuesto por el entomólogo alemán Willi Hennig (1966).

La cladística, a diferencia de otros métodos, produce

hipótesis acerca de las relaciones de los organismos basándose en las características que tienen el mismo origen evolutivo (homologías).

Después, a partir de las filogenias, se puede conocer la evolución de los caracteres, hacer clasificaciones e, incluso, delimitar especies. Además, con este método se pueden predecir las propiedades de los taxones.

La cladística ha sido el método más empleado para llevar



a cabo estudios de inferencia filogenética. Sin embargo, el uso de caracteres moleculares ha promovido la aparición de otros métodos de inferencia en los que se incluye información acerca del probable modelo evolutivo (sustituciones de nucleótidos) que pudo dar origen a la matriz de datos que se está empleando. Dentro de estos métodos se encuentran la máxima verosimilitud y los análisis bayesianos, los cuales se han popularizado en la última década y han permitido establecer filogenias moleculares robustas de una gran cantidad de especies. Sin embargo, cuando se llega a una conclusión, el taxónomo, debe considerar que el resultado es sólo una hipótesis, ya que las relaciones evolutivas verdaderas jamás podrán establecerse precisamente.

Así como las familias rastrean su historia por medio de los árboles genealógicos, los científicos pueden reconstruir la historia evolutiva por medio de árboles filogenéticos. Éstos son representaciones gráficas de las relaciones de ancestría y descendencia, en los que generalmente unos grupos pequeños definidos por caracteres particulares están incluidos en otros más grandes caracterizados por atributos más generales. Por ejemplo, si pensamos en los tetrápodos, los animales con cuatro extremidades, sería el grupo más pequeño dentro de otro más grande formado por los vertebrados, ya que TODOS los tetrápodos como todos los vertebrados tienen una columna vertebral y una cavidad craneal, que son algunas de las características más importantes que los definen.



Para entender más sencillamente cómo se lleva a cabo esto, pensemos en un ejemplo de la vida diaria. Los vehículos terrestres con motor (por ejemplo un coche, un tren a vapor y un tanque de guerra) formarían un grupo pequeño dentro de otro más grande integrado por los vehículos con ruedas, ya que TODOS los vehículos terrestres con motor tienen ruedas.

Otra pregunta es: ¿cuál es el trabajo del taxónomo? La respuesta es que es tan amplio o tan específico como el investigador decida, ya que puede incidir en varios aspectos de la biología y de la vida diaria. Se auxilia tanto de libros y de claves para identificar a los organismos, como de programas de cómputo, los cuales facilitan el proceso para llegar a conocer las relaciones filogenéticas de las especies.

De manera general, el taxónomo puede inmiscuirse en discusiones teóricas importantes que ayudan a que la

sistemática progrese, por ejemplo en el desarrollo de técnicas específicas para el reconocimiento de especies, o en la argumentación del concepto de especie, tema central de la taxonomía que no ha sido resuelto y que representa un campo fructífero de investigación.

Pero más allá del aspecto teórico o epistemológico, el sistemático puede resolver problemas relacionados con el conocimiento del número de especies que existen en una región dada, hecho que es indispensable para llevar a cabo cualquier estudio, ya sea sistemático, ecológico, genético, biogeográfico o de conservación. En este sentido, el taxónomo hace el "trabajo duro", al ir al campo y realizar el inventario florístico o faunístico del lugar. Sin embargo, aunque se conocen muchas de las especies de algunos grupos biológicos, faltan muchas por describir, por lo que se requieren biólogos preparados para desarrollar este trabajo, más aún en los grupos taxonómicos menos estudiados.

Además, para realizar estudios de conservación, se necesita saber qué especies se encuentran en la región a estudiar y cuáles son sus relaciones filogenéticas, pues no todas tienen el mismo peso cuando se quieren conservar. Es aquí en donde el sistemático entra en acción. Se puede decir que sin el conocimiento de las relaciones filogenéticas entre las especies, no pueden darse argumentos sólidos para proponer o no su conservación.

De manera particular, existen problemas no sólo en el reconocimiento del número de especies en un lugar dado, sino también en la identidad de los organismos que conforman a una especie. Así, tenemos lo que se llama especies hermanas y especies crípticas, que deben resolverse antes de poder describir la clasificación de un grupo taxonómico, un inventario biológico o un programa de conservación.



Se puede decir entonces que la sistemática es el motor que mueve a la biología, pues está inmersa en un gran número de eventos que se llevan a cabo cotidianamente y que es necesario resolver para apoyar a disciplinas como la ecología y la genética, por ejemplo. Así, el estudio de la sistemática es complejo e interesante y está vinculado con todo el quehacer biológico. No es una ciencia estática y sin futuro, como algunas veces se ha creído, por el contrario, es dinámica y se está desarrollando día a día. Quienes la practican trabajan en los laboratorios y analizan las colecciones existentes, pero también salen al campo a descubrir o redescubrir a los diferentes taxones en su ambiente natural, pues existe un gran potencial de trabajo por hacer.

Actualmente, en el Centro de Investigaciones Biológicas de la UAEH, una de las líneas de investigación prioritaria es la sistemática. Ésta se desarrolla de manera directa en por lo menos dos de los quince laboratorios con los que se cuenta: en los Laboratorios de Sistemática Animal y Sistemática Molecular. Además, hay investigadores realizando estudios de esta disciplina en los laboratorios de Paleontología de Vertebrados y en el Herbario, por lo que existen unos doce investigadores trabajando para resolver problemas de la sistemática de artrópodos, en particular de insectos coleópteros (escarabajos), diplópodos (milpiés) y quilópodos (ciempiés); de vertebrados (anfibios y reptiles), de plantas (gramíneas, helechos y bromelias), parásitos monogéneos y fósiles (équidos, micro vertebrados, peces, proboscideos e invertebrados). Con el trabajo de estos investigadores se ha llegado a conocer parte de la diversidad de plantas y animales del estado de Hidalgo y del país y se han formado colecciones biológicas que albergan dicha diversidad, como se observa en el siguiente cuadro.

Cuadro 1. Número de especies de los distintos grupos biológicos representados en las colecciones biológicas del CIB. Información tomada de Castillo-Cerón y Márquez-Luna (2007). La información de los grupos marcados con \* fueron proporcionados por los investigadores de cada grupo. Los datos del número de especies son aproximados, dado que no todos los ejemplares están determinados hasta nivel específico.

Grupo biológico	Número de especies
Coníferas	64
Gramíneas	187
Bromelias*	15
Musgos*	135
Helechos y hepáticas*	250
Helminetos	50
Megalópteros	62
Coleópteros	623
Tipúlidos	66
Diplópodos*	25
Quilópodos*	12
Anfibios y reptiles	72
Plantas fósiles	12
Invertebrados fósiles	30
Peces fósiles	16
Micro-vertebrados fósiles	47
Macro-mamíferos fósiles	30

### Agradecimientos

Al proyecto "Diversidad Biológica del estado de Hidalgo (segunda fase) FOMIX CONACyT Hidalgo 95828. A la M. en C. Julieta Asiain por la realización de la caricatura.

### Literatura consultada

- 📖 Papavero, N. y J. Llorente. 1994. *Principia Taxonómica. Una introducción a los fundamentos lógicos, filosóficos y metodológicos de las escuelas de taxonomía biológica*. Vol. 3. De Tzu a Kant. Facultad de Ciencias, UNAM, México.
- 📖 Castillo-Cerón, J. M. y J. Márquez-Luna (eds.). 2007. *Colecciones del Centro de Investigaciones Biológicas*. Ciencia al Día, UAEH, Pachuca.
- 📖 Hennig, W. 1966. *Phylogentic Systematics*. University of Illinois Press, Urbana.
- 📖 Michán, A.L. y J. Llorente. 2003. *La Taxonomía en México durante el siglo XX*. Publicaciones Especiales del Museo de Zoología. Número 12. Facultad de Ciencias, UNAM, México.



<sup>1</sup>Profesoras Investigadoras del Laboratorio de Sistemática Molecular, Área Académica de Biología, ICBI, UAEH.

<sup>2</sup>Profesores Investigadores del Laboratorio de Sistemática Animal, Área Académica de Biología, ICBI, UAEH.