

Universidad Del Quindío
Facultad de Educación
Maestría en Ciencias de la Educación
Línea de investigación en Didáctica de la Lengua Materna y la
Literatura



Enseñanza para la argumentación científica. Una propuesta didáctica dirigida a profesores del programa de Biología de la Universidad del Quindío

Juan David Zambrano-Valencia

Armenia, 2015

Anexos¹

Anexo 1. Corpus estudiado (textos de la disciplina):

- *Las plantas. “Amores y civilizaciones” vegetales* de Jean-Marie Pelt (1985) [Libro]².
- “El concepto de especie y sus implicaciones para el desarrollo de inventarios y estimaciones en biodiversidad” de Jorge Llorente Bousquets y Layla Michán Aguirre (2000) [Capítulo de libro, tipo artículo científico].
- “El tiempo de Darwin y el espacio de Croizat: rupturas epistémicas en los estudios evolutivos” de Juan J. Morrone (2000) [Artículo de reflexión].
- “La sistemática filogenética” de David Espinosa Organista, Juan J. Morrone, Jorge Llorente-Bousquets y Oscar Flores Villela (2005) [Capítulo de libro].
- “Espejos de nuestra época: biodiversidad, sistemática y educación” de Jorge Víctor Crisci (2006) [Artículo científico].
- “Biodiversidad, clasificación y filogenia” de Alberto Tinaut y Francisca Ruano (2010) [Capítulo de libro].

Anexo 2. Registro en audio de dos grupos de discusión que validan la pertinencia de la propuesta de intervención. Debido a su peso, subimos los archivos a la nube de Google (Google Drive); este es el vínculo: <https://drive.google.com/drive/#my-drive>

Anexo 3. Proyecto aprobado por la Vicerrectoría de Investigaciones de la Universidad del Quindío, con el código 639. Esta propuesta nació de la presente investigación. Anexamos el documento que fue sometido al proceso de arbitraje.

¹ Todos los anexos que relacionamos se presentan en una carpeta de archivos que acompañan este trabajo de investigación.

² Dado que se trata de un libro en medio físico, el anexo se encuentra conformado por algunas de sus páginas escaneadas.

Anexo 4. Artículo de reflexión publicado en la revista *Sophia* de la Universidad La Gran Colombia. Anexamos la versión completa del artículo en PDF, a más de algunas páginas escaneadas del número 8 de la revista en mención.

Anexo 5. Presentación en el *Seminario Iberoamericano sobre Investigación en Escritura Académica* efectuado en la Universidad Complutense de Madrid. Anexamos la presentación en Power-Point, el certificado y el reconocimiento de la Maestría en Ciencias de la Educación por la participación en dicho evento.

Anexo 6. Certificado del *II Encuentro de Investigación en Bilingüismo, Didáctica de la Lengua Materna y Educación Matemática* de la Maestría y el Doctorado en Ciencias de la Educación de la Universidad del Quindío.

Anexo 7. Fotografías de los docentes participantes en la investigación. Las agregamos todas a la carpeta citada en la nota a pie 57.

Anexo 1. Corpus estudiado (textos de la disciplina)

JEAN-MARIE PELT

**LAS
PLANTAS**

BIBLIOTECA CIENTIFICA SALVAT

JEAN-MARIE PELT

LAS PLANTAS

«Amores y civilizaciones» vegetales

SALVAT

Prefacio

Versión española de la obra original francesa
Les plantes: amours et utilisations végétales
de Jean-Marie Pelt y publicada por Librairie Arthème Fayard

Traducción: J.M. Mestres Vallvé

Ciertamente, los libros que tratan de las plantas son muy numerosos. Los progresos de la ilustración en color nos han proporcionado soberbios álbumes. Son incontables las floras, guías de jardín o de campo, los volúmenes dedicados a los árboles, hierbas, hongos, ... ¿Qué puede decirse sobre las "plantas" que no haya sido dicho ya?

Quizá simplemente se pueda abordar el tema de otra manera. Cambiar de perspectiva y de punto de vista. Considerar a las plantas como seres independientes, obligados para sobrevivir a inventar, innovar, organizarse, ... En suma, se trata de otra manera de recorrer nuestro jardín, para descubrir en él, en nuestras flores preferidas, "unas costumbres y unos comportamientos" que son también los nuestros.

Algunos —siempre los hay— rehusarán continuar. Denunciarán analogías abusivas, la audacia de algunas afirmaciones, la no pertinencia de tal o cual extrapolación, incluso la impertinencia de alguna comparación. Hablarán de "antropocentrismo", como si el deducir de la observación de las plantas las leyes y principios de la vida nos debiera impedir reconocer en ellas, como en cualquier ser vivo, una parte de nosotros mismos. ¿No estamos, ellas y nosotros, metidos para lo mejor y para lo peor en la única y grandiosa aventura de la vida? Por otra parte. ¿qué visión de la naturaleza podría no ser, poco o mucho, antropocéntrica, es decir, enfocada hacia nosotros mismos? Por la estructura de nuestros órganos sensoriales y de nuestro cerebro, sólo percibimos de la naturaleza lo que nos proporciona "nuestra propia mirada". Un perro o una abeja poseen

© 1985 Salvat Editores, S.A. - Barcelona
© 1981 Librairie Arthème Fayard
ISBN 2-213-00993-7 Versión original
ISBN 84-345-8246-5 Obra completa
ISBN 84-345-8369-0

Depósito legal N.º A 1300-85
Publicado por Salvat Editores, S.A. - Mallorca, 41-49 - Barcelona
Impreso por Gráficas Estella. Estella (Navarra)
Printed in Spain

¡Antropomorfismo!, exclamarán algunos. Es justamente al revés, porque es necesario tener en cuenta que no se trata, en modo alguno, de explicar a partir del hombre diversos hechos enigmáticos que se observan en la naturaleza. Por el contrario, se trata de explicar el hombre, que depende de las leyes de esta misma naturaleza y que pertenece a ella casi por completo, a partir de los comportamientos más frecuentes que se muestran en la mayor parte de las especies.

ROGER CAILLOIS

Llama la atención comprobar cómo Darwin reconocía en los animales y plantas a su propia sociedad inglesa, con su división del trabajo, la competencia entre sus miembros, su apertura de nuevos mercados, sus "inventos" y su malthusiana lucha por la vida.

KARL MARX

La analogía es el gran factor del progreso científico.

LEIBNITZ

Índice de capítulos

1. Un encuentro en la cumbre: El hombre y la orquídea .	1
2. En los orígenes de la vida: Las algas	27
3. Los musgos: Prehistoria de las plantas terrestres	47
4. La invención de la madera y el reino de los helechos .	59
5. La era de los grandes descubrimientos: El óvulo y la semilla	71
6. El arquitecto y la flor	85
7. El amor en las flores	107
8. La larga marcha del polen	135
9. El matrimonio de las flores, los pájaros y los insectos .	151
10. La protección a la madre y al niño	187
11. La flor encinta	203
12. La socialización de las flores	225

1. Un encuentro en la cumbre: El hombre y la orquídea

Fabulosas, extraordinarias orquídeas, tan próximas a los hombres, a nosotros... Símbolos de exotismo, evocáis la exuberancia de los bosques tropicales, pero también la mesa de los multimillonarios, que adornáis con vuestros delicados racimos o con vuestras esplendorosas corolas. Y, sin embargo, vuestra irrupción en nuestras costumbres no se ha hecho sin perjuicio..., sin perjuicio para vosotros.

DEL GENOCIDIO A LA COLONIZACIÓN

La caza de la orquídea está aún presente en la memoria de muchos de nosotros. Se han consagrado a ello libros enteros. Versión vegetal de los trofeos de caza, las orquídeas han sufrido porque son raras y porque son bellas, la peor calamidad que puede abatirse sobre un ser vivo: llegar a ser objeto de la codicia humana. La fiebre de la orquídea, como la fiebre del oro, engendró matanzas: árboles cortados, bosques devastados, paisajes aislados, especies diezmadas. Algunas orquídeas habrían desaparecido, sin duda para siempre, de la faz de la Tierra si el hombre no hubiera acabado por protegerlas de su propia dominación. Así ocurrió con aquella orquídea de Venezuela que, por tener la imprudencia de florecer en la época del día de la madre, era víctima cada año de una extraordinaria hecatombe para satisfacer la demanda de los norteamericanos. Fue preciso prohibir la exportación de esta especie que, a pesar de



El concepto de especie y sus implicaciones para el desarrollo de inventarios y estimaciones en biodiversidad

Jorge Llorente Bousquets^{1,2}
jlb@hp.fciencias.unam.mx

Layla Michán Aguirre¹
mal@minervaux2.fciencias.unam.mx

¹ Museo de Zoología "Alfonso L. Herrera"
Facultad de Ciencias UNAM
Apartado Postal 70-399- 04510 México, D.
F. Tel.: (525)6224825/ Fax (525)6224828

² Instituto de Ciencias Naturales
Universidad Nacional de Colombia
Santa Fe de Bogotá, Colombia.

Hacia un Proyecto CYTED para el Inventario y Estimación de la Diversidad Entomológica en Iberoamérica: PrIBES-2000. Martín-Piera, F., J.J. Morrone & A. Melic (Eds.)
ISBN: 84-922495-1-X

m3m : Monografías Tercer Milenio
vol. 1, SEA, Zaragoza, 2000. pp.: 87— 96.

PrIBES-2000:

Proyecto Iberoamericano de Biogeografía y Entomología Sistemática.

<http://entomologia.rediris.es/pribes>

Coordinador del proyecto:

Dr. Fermín Martín-Piera

Dpto. Biodiversidad y Biología Evolutiva
Museo Nacional Ciencias Naturales-CSIC
c/ José Gutiérrez Abascal, 2
28006 Madrid (ESPAÑA)
fermin@mncn.csic.es

Coeditores del volumen:

Sociedad Entomológica Aragonesa (SEA)

<http://entomologia.rediris.es/sea>

Avda. Radio Juventud, 6

50012 Zaragoza (ESPAÑA)

Director Publicaciones: Antonio Melic
amelic@retemail.es

CYTED - Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo.
Coordinador Internacional:

Dr. Gonzalo Halffter.

Instituto de Ecología

2,5 km antigua ctra. a Coatepec

Apdo. Correos, 63

91000 Xalapa, Veracruz (MÉXICO)

Con la colaboración de

Instituto HUMBOLDT
COLOMBIA

EL CONCEPTO DE ESPECIE Y SUS IMPLICACIONES PARA EL DESARROLLO DE INVENTARIOS Y ESTIMACIONES EN BIODIVERSIDAD

Jorge Llorente Bousquets y Layla Michán Aguirre

Resumen:

Definir a la especie es un problema antiguo y controvertido, en el cual se advierten dos polémicas principales: respecto a la especie como entidad real (realismo contra nominalismo) y si las especies son entidades fijas o cambiantes a través del tiempo (fijismo contra evolucionismo). En este trabajo se revisan los distintos conceptos de especie que se han utilizado, tomando en cuenta a los autores, usos, interpretaciones y algunas consideraciones históricas y filosóficas; además se discuten algunas de las implicaciones de estos conceptos para los estudios de biodiversidad.

Palabras clave: Especie, Historia de la Taxonomía, Realismo vs. Nominalismo, Biodiversidad.

The species problem and its implications for the survey development and biodiversity estimations

Abstract

The species is fundamental to taxonomy as a category, a natural group, and a basic unit of evolution. The species concept is an old and controversial problem. Historically we have two main polemics: the first one about the reality of the species (realism vs. nominalism) and the second about its change over time (fijism vs. evolutionism). In this paper we review the different species concepts, considering their authors, uses, interpretations, and some historical and philosophical considerations. In addition, we discuss some implications of these concepts for biodiversity studies.

Key words: Specie, History of Taxonomy, Realism vs. Nominalism, Biodiversity.

UNA SÍNTESIS HISTÓRICA

Dos son las actividades básicas del sistemático: (1) discriminar específicamente a los individuos y muestras poblacionales, y (2) diagnosticar, describir y nombrar a las especies y taxones supraespecíficos (Mayr, 1969). Para la taxonomía es fundamental el reconocimiento de las especies como unidades básicas y, con ello, el análisis filogenético y el estudio del proceso de especiación. Aunque el taxónomo esencialmente se interesa por los modos y modelos, sólo a veces se ocupa de los mecanismos, ámbito de la genética de poblaciones y la ecología evolutiva (Llorente, 1989).

Definir a la especie es un problema antiguo y a menudo controvertido, en el cual se advierten dos polémicas principales. La primera se refiere a la especie como entidad real. Los argumentos están polarizados entre quienes la consideran como unidad real, estática, disponible para el observador y objetivamente delimitable, y quienes entienden que la especie es una entidad cambiante, imposible de delimitar y, por lo tanto, inexistente como unidad real en la naturaleza. La segunda polémica se refiere a si las especies son entidades fijas o cambiantes a través del tiempo (evolución). Esta discusión se generalizó sobre todo en los siglos XVIII y XIX. Resultado de estos debates es la gran diversidad de definiciones de especie existentes dependiendo, entre otros, del campo de estudio, la finalidad teórica o práctica y el taxón en el que se utilice el término (Cain, 1954; Crisci, 1981; Luna, 1994; Sour y Montellano, 1994; Fernández *et al.*, 1995).

La palabra "especie" representa una connotación dual. El primer significado se refiere a una categoría de la jerarquía linneana gobernada por varias reglas de nomenclatura (aspectos convencionales); el segundo, a un grupo natural de organismos que comprende la unidad básica de la evolución (aspectos "reales"). Esta última acepción tiene prioridad, pues el formalismo de la taxonomía debe subordinarse a las demandas de la evolución (Wiley, 1981; Llorente, 1989).

Como categoría, John Ray (1686) estableció los fundamentos del uso moderno de la especie. El taxónomo considera las discontinuidades que presenta la diversidad biológica para formar grupos naturales, ordenándolas de acuerdo con categorías jerárquicas, de las cuales, la más básica e importante es la especie. Las categorías son reconocidas por acuerdos con reglas basadas en la percepción de la jerarquía de las discontinuidades de la diversidad orgánica, pero sin una correspondencia real con la misma. De esta forma, adjudicar categorías a los taxones descubiertos, es un proceso convencional, esto es, subjetivo y consensuado, aunque a menudo, algunos autores lo hacen arbitrario, sin fundamentos ni convenciones. Durante el siglo XVIII se cuestionó si la especie, a diferencia de las otras categorías linneanas, además de ser una categoría taxonómica tiene entidad real (Crisci, 1981).

Aunque el concepto de especie biológica, como unidad, ha sido empleado implícitamente desde mucho tiempo atrás en algunos grupos de animales y de plantas, tan sólo en los últimos cien años el concepto ha sido aplicado de manera general y consciente (Ball, 1994) y fue Linnaeus quien fijó el término (Nordenskiöld, 1949). En la historia de la biología se gestaron dos posiciones con respecto al problema de la realidad de la especie, posiciones que recuerdan la controversia filosófica sobre el realismo contra el nominalismo, también conocida como 'disputa de los universales'. El realismo es la posición epistemológica que sostiene que los conceptos de clase tienen realidad objetiva independiente de la conciencia, mientras que el nominalismo niega realidad objetiva a los conceptos de clase y sólo otorga realidad a los individuos que componen esas clases (Crisci, 1981). Así, se consideran dos tipos de ideas: las individuales y las generales, el problema es saber si estas últimas tienen existencia real o no.

Durante la Edad Media se generaron dos corrientes de pensamiento antagónicas sobre esta polémica: la realista o esencialista y la nominalista. La primera explicación fue la esencialista, representada por Platón, Aristóteles y San Agustín, quienes afirmaban la existencia real (trascendental) de los universales que constituían la más auténtica realidad, que los individuales no difieren en esencia y que los géneros y las especies existen realmente. Por el contrario, los nominalistas aceptaban que la realidad está compuesta por entes individuales y que los universales no existen, son simples palabras (*nomina*); entonces el género y la especie no tienen existencia real. Ésta fue la doctrina de los escépticos y herejes que sufrió la sanción de la Iglesia, mientras el realismo fue adoptado por los ortodoxos. Los nominalistas más representativos de esa época fueron Roscelin de Compiègne (1045-1120), John Duns Scot (1266-1308) y William de Ockham (1290-1349). Dentro de esta disertación encontramos una posición intermedia llamada conceptualismo, implantada por Pierre Abélard (Papavero *et al.*, 1995).

Realismo versus Nominalismo

En taxonomía se denominan realistas a quienes sostienen que los taxones a los que se adjudica la categoría de especie son reales y con existencia objetiva, esto es, son independientes de la mente humana; las especies son entidades de hecho, haya o no un taxónomo para reconocerlas. El realismo admite tres principios o afirmaciones fundamentales: (1) el ontológico: que la especie existe, (2) el metodológico: la tarea del taxónomo es discernir las "esencias" de las especies, o bien el subconjunto o combinación de caracteres que le son propios, y (3) el lógico: definir las especies (Hull, 1965). Según Crisci

(1981), los realistas fundamentan su posición en los siguientes argumentos: (1) una justificación evolutiva (teleológica), esto es, las especies existen para que los sistemas de genes adaptados que han evolucionado en diferentes grupos de organismos estén a salvo del desajuste por intercambio genético (Dobzhansky, 1972); (2) la filogenia común a todos los miembros de una misma especie con el mismo papel evolutivo y ecológico, es diferente a la filogenia de los miembros de cualquier otra especie cuyos roles evolutivos y ecológicos también son diferentes (Simpson, 1961); (3) la interacción reproductiva y el flujo génico entre los miembros de una misma especie otorga, a la categoría una funcionalidad biológica, tal como la que tiene el gen, el genotipo o la población (Carson, 1957); (4) el aislamiento reproductivo entre los miembros de diferentes especies, marca los límites funcionales de los taxones específicos (Dobzhansky, 1935); y (5) las presiones de selección son similares en las poblaciones de una misma especie, manteniéndola como una unidad cohesiva (Slobodchikoff, 1976).

Puede considerarse que existen nuevas versiones del realismo relacionadas entre sí:

1. Las especies son reales pero no todas equivalentes, pues existe más de un tipo de especie como producto de diferentes estrategias de adaptación evolutiva (Huxley, 1942). Una especie que ha resultado de un proceso de especiación de cuello de botella, no sería equivalente a una especie producto de una especiación filética o por principio fundador (Mayr, 1963); esta posición otorga realidad a las especies, pero distingue entre ellas, ya que existirían varios tipos de especies en función del proceso de especiación. Esto parecería ser la consideración del realismo moderno entre los neodarvinistas.
2. Las especies son individuos y no clases. Los organismos de una especie forman un individuo funcional cuando compiten reproductivamente entre sí, no haciéndolo con organismos de otras especies. Por lo tanto las especies no son todas iguales, ya que cada una de ellas es un individuo funcional y como tal, diferente de las otras especies (Ghiselin, 1974).
3. Las especies son sistemas biológicos supraorgánicos, es decir unidades ecológicas y evolutivas cohesionadas y discretas a las que se les atribuye la condición de "biosistemas genéticos-evolutivos" funcionales (Reig, 1979).
4. Puesto que en la "Teoría Sistemática Filogenética" no se puede aplicar el término de especie para la evolución filética o anagénesis, porque no hay interrupción en las relaciones tocogénicas, Papavero y Llorente (1992) han propuesto el concepto de 'eidoforonte' (análogo a la idea hennigiana de 'semaforonte') que estos autores definen como cada subconjunto morfológico de un linaje evolutivo en anagénesis (portador de imagen). Los eidoforontes están relacionados en un linaje evolutivo por relaciones tocogénicas. Zunino y Palestrini (1991) incorporaron un concepto similar, en términos biogeográficos, pero no lo denominaron. Vrba (1985), Paterson (1993), Lambert y Spencer (1995) y Ghiselin (1997), entre otros, han discutido otros aspectos del realismo en la especie que aquí no se discuten.

Dentro del realismo las especies se reconocen porque sus miembros integran una comunidad reproductiva (aislados reproductivamente de otras especies), un sistema genético, una unidad ecológica y una unidad evolutiva pues se encuentran bajo la influencia de los mismos factores de selección

natural. Los realistas sostienen que las especies son entidades naturales con una existencia objetiva, con una realidad independiente de la mente humana, es decir, que existen *per se* y no como un artificio del hombre para poder ordenar el mundo orgánico (Crisci, 1981). Así, los conceptos o definiciones de especie que podrían clasificarse como realistas son varios: biológico, agámico, evolutivo, de selección, económico, ecológico, cladístico y filogenético. Pueden considerarse evidencias independientes de la realidad funcional de las especies: (1) el caso de especies afines y simpátricas que a pesar de estar en contacto mantienen su independencia reproductiva, y (2) los estudios sobre clasificaciones biológicas *folk* (Mayr, 1969; Barrera, 1994) donde distintas etnias perciben y reconocen las mismas especies que en el sistema científico.

En sistemática biológica se llaman nominalistas a quienes sostienen que las especies son ficciones, construcciones utilitarias de la mente humana sin existencia objetiva; entidades convencionales y artificiales, abstracciones de la conciencia humana que no son reales. Algunos nominalistas menos radicales se limitan a tomar una actitud más bien escéptica acerca del problema de la posibilidad de entender si la especie es una entidad real o una mera abstracción, y de ahí de donde procede su metodología taxonómica. Mientras que los realistas proponen una justificación evolutiva respecto a la existencia real de las especies, los nominalistas sostienen que esta justificación, aunque verdadera, no es exclusiva de las discontinuidades entre las especies, por el contrario, es una justificación válida para cualquier tipo de discontinuidad (Levin, 1979). La posición nominalista no resta importancia a la especie como categoría, sólo trata de demostrar que los grupos de organismos así considerados son una abstracción para lograr una definición arbitraria universalmente aceptada. Ejemplos de la visión nominalista son los conceptos morfológico, fenético, pragmático y paleontológico de especie, así como el concepto de autoridad: una especie es aquella que un taxónomo experimentado dice que es.

Las definiciones de especie han cambiado a través del tiempo como resultado del estudio de fenómenos biológicos o taxones recién descubiertos, y por el conocimiento de contextos y nuevos fundamentos teóricos. En la Tabla I se presentan, en orden cronológico, algunos de los conceptos de especie que han sido más utilizados en la taxonomía, a partir de los cuales se han establecido algunos principios básicos y se han producido muchas de las polémicas más agudas.

Una primer postura formal reconocida en cuanto al concepto de especie se ubica en el esencialismo de Aristóteles. Desde entonces, los criterios utilizados para agrupar a los individuos en especies, fueron básicamente morfológicos y se extendieron hasta los siglos XVII y XVIII, reforzados por quienes consideraban que las especies podían reconocerse además por la similitud total, la continuidad de la relación morfológica, la distribución y variación geográfica y la importancia de la continuidad geográfica (Sour y Montellano, 1994).

Durante esos siglos se produjo una ruptura epistemológica significativa con Ray (1627-1705) y Linnaeus (1707-1778), para quienes el concepto de especie implicó similitud morfológica por constancia a través de la reproducción y descendencia común. Linnaeus defendía la constancia y objetividad de las especies. Su individualidad era innegable dado que un ser supremo las creó a cada una de ellas con un cierto fin. Al mismo tiempo, Buffon (1753), en su *Histoire Naturelle*, produjo un hito en la historia de la Taxonomía, pues fue el primero en entender que las especies biológicas

deberían dejar de ser universales abstractos y considerarse “individuos” históricos, continuos y temporales, que gozan de todas las propiedades de los individuos físicos: nacimiento, muerte, transformación y división (Papavero y Llorente 1993-1996). El autor francés consideraba que las especies se debían determinar por su historia reproductiva (Hankins, 1988). Adanson criticó que la definición buffoniana de especie no era lo suficientemente general, argumentando que la existencia de las especies a través de la reproducción sexual, sólo es aplicable en algunas plantas y animales, pero existen *aphroditas*, entonces. No obstante, a partir de ese tiempo el concepto biológico se popularizó al ser cada vez más frecuentes los casos de especies que formaban unidades reproductivas, cuyos individuos eran muy distintos entre sí a consecuencia de dimorfismo sexual, polimorfismo genético o gran variabilidad fenotípica. Al mismo tiempo se constataba la existencia de individuos muy parecidos morfológicamente, lo que hoy llamaríamos especies crípticas, pero que no se integraban reproductivamente, prevaleciendo así el aspecto reproductivo sobre el morfológico.

Fijismo versus Evolucionismo

Paralelamente a la discusión sobre la realidad de las especies, se generó otra polémica respecto a su cambio o evolución. Influenciados por las ideas judeocristianas, los pensadores más notables admitían la creación y fijeza de las especies, *v. gr.* Linnaeus y Cuvier (Reig, 1983), hasta que naturalistas como Buffon y Maupertuis (1756) (Papavero y Llorente 1993-1996), Lamarck (1809) y Erasmus Darwin (1794) reconocieron la transformación de las especies. Esta idea culminó a mediados del siglo XIX con la teoría de la evolución por medio de la selección natural propuesta por Darwin y Wallace (1858). A finales del siglo XVIII y principios del XIX las ideas de Leopold von Buch y Wollaston admitieron la enorme importancia de las barreras físicas y el aislamiento geográfico en la formación de las especies. Igualmente, Buffon (1753), Humboldt (1805) y De Candolle (1820) desde la perspectiva geográfica y el reconocimiento de centros de endemismo o creación generarían críticas implícitas y explícitas a la visión fijista y estática de las especies (Papavero y Llorente, 1993-1996). Trescientos años de exploración del Nuevo Mundo, África y Australia proporcionaron innumerables hechos y evidencias sobre la realidad y transformación de las especies. Sin embargo, con Darwin el concepto de especie pasó a ser una idea abstracta cuya realidad se podía cuestionar, pues ya no se refería a unidades concretas y objetivas, sino a posibles subdivisiones subjetivas y/o arbitrarias; de un continuo orgánico distribuido ya no sólo en el espacio sino también en el tiempo. Ello propició la reevaluación del concepto biológico de especie, que abarcó tres aspectos radicalmente diferentes a los aceptados por los esencialistas:

- (1) conceptualizar a las especies no ya como tipos sino como poblaciones con variación,
- (2) considerar a la especie no en términos de grado de distinción (discreta) sino en grado de diferencia (continua) de acuerdo con el aislamiento reproductivo, y
- (3) no definir a la especie sólo por sus propiedades intrínsecas sino también por su relación con otras especies coexistentes, relación que se expresa en términos ecológicos y conductuales (Sour y Montellano, 1994).

La polémica fijismo-evolución en la actualidad se considera salvada, debido a que la evolución es científicamente aceptada.

Tabla I

Conceptos de especie más utilizados en la historia de la taxonomía

Autor y fecha	Criterio	Concepto
Aristóteles (siglo III a. C.)	Esencialista	La especie (<i>eidos</i>) la definió en dos maneras: lógicamente, como una definición por género y diferencia y, biológicamente, como la continuidad de la forma a través de la reproducción. Las especies ínfimas son resultado de la división y subdivisión de géneros en opuestos. Había tres cosas que se podían conocer de una entidad, la esencia, la definición y el nombre: la esencia es el rasgo exclusivo, el nombre denomina la esencia, y la definición describe completa y exhaustivamente la esencia (esencialismo).
Cesalpino (1583)	Continuidad de descendencia	Las plantas que se asemejan unas a otras en la totalidad de sus partes, generalmente pertenecen a la misma especie; lo semejante engendra lo semejante. Se caracteriza por el hecho de mantener una determinada forma en el tiempo, a través de la reproducción, por lo que los caracteres esenciales de una especie (morfológica) se mantienen en el tiempo; para este autor no estaba previsto que surgieran nuevas especies biológicas.
Harvey (1651)	Continuidad de descendencia	Es la continuación que se genera a partir de una serie perpetua de individuos frágiles y perecederos. Extendió el concepto de Cesalpino a los animales.
Ray (1686)	Continuidad de descendencia	Aunque haya diferencias morfológicas, dos o más individuos pertenecen a la misma especie si su descendencia, a partir de los mismos antecesores, puede probarse o inferirse. Expresó que una especie nunca nace de la semilla de otra especie, y que el número de especies verdaderas en la naturaleza es fijo, limitado, constante e inmutable.
Leibniz (1704)	Morfológico	La especie se puede considerar bajo el punto de vista físico y matemático, la menor diferencia que hace que dos cosas no sean semejantes en todo hace que se diferencien en especie, ningún organismo es idéntico a otro, ni a sí mismo en dos instantes diferentes. Advierte los peligros de un concepto puramente morfológico de especie, menciona la posibilidad de que una especie ancestral (uno de los eslabones de la gran cadena de seres) se haya modificado con el tiempo, originando a otros eslabones, que mantienen una naturaleza común y esencial.
Buffon (1753)	Aislamiento reproductivo	Grupos de individuos morfológicamente semejantes e interfértiles (si se cruzan dan un producto fértil), separados de otros conjuntos análogos por una cierta distancia morfológica y por barreras de esterilidad.
Linnaeus (1758)	Morfológico	La categoría taxonómica mínima dentro de la jerarquía linneana, el grupo más pequeño por encima de individuo y definido por parecido morfológico.
Darwin (1859)	Semejanza	Conjunto de individuos que se parecen mucho entre sí. Se aplica con arbitrariedad y conveniencia.
Du Rietz (1930)	Ecológico	Las poblaciones naturales más pequeñas permanentemente separadas de otras por una continuidad distinta en las series de biotipos.
Dobzhansky (1935)	Aislamiento reproductivo	La más grande e inclusiva población mendeliana (comunidad reproductiva de individuos sexuales con fertilización cruzada que comparten el mismo pool génico).
Cain (1954)	Agámico	Grupo de poblaciones con reproducción uniparental. Este concepto se considera un complemento del concepto biológico de especie.
Cain (1954)	Morfológico	Conjunto de individuos morfológicamente similares, generalmente asociados entre sí por una distribución geográfica definida y separados de otros conjuntos por discontinuidades morfológicas.
Imbrie (1957)	Tipológico	Se caracteriza por la postulación de un individuo o serie de individuos llamados tipos, que por sus características esenciales representan al conjunto que forman la especie. Sólo se define con base en características morfológicas y se compone exclusivamente por individuos contemporáneos, se utiliza en paleontología.
Simpson (1961)	Paleontológico (cronológico)	Serie cronológica en un solo linaje cuyos límites, por definición, son arbitrarios; este concepto ha sido aplicado de dos formas: a) Los fósiles son sólo herramientas crono y bioestratigráficas, pues carecen de una realidad objetiva; se les asigna un nombre específico sólo para poder identificar niveles o unidades estratigráficas, b) Las especies fósiles deben considerarse como especies biológicas.
Simpson (1961)	Evolutivo	Linaje (secuencia de poblaciones ancestro descendientes) que evoluciona separadamente de otros linajes y que tiene su propio papel evolutivo y tendencias.

Autor y fecha	Criterio	Concepto
Mayr (1970)	Aislamiento reproductivo	Grupos de poblaciones naturales, genéticamente similares y con intercambio genético, interfértiles y aislados reproductivamente de otros grupos análogos.
Michener (1970)	Fenético No numérico	Grupo de poblaciones no divisibles por discontinuidades fenéticas y separado de otros grupos por discontinuidades fenéticas.
Sokal (1973)	Fenético Numérico	No reconoce teóricamente el concepto de especie, pero diferencia a las unidades taxonómicas operacionales con base en definiciones numéricas. Grupo de poblaciones fenéticamente similares en muchos tipos de caracteres (morfológicos, etológicos, químicos, etc.) cuyos límites se pueden establecer por una evaluación numérica.
Ghiselin (1974)	Económico	Unidad más amplia de la economía natural, cuyos miembros se encuentran en competencia reproductiva entre sus miembros. Este concepto está asociado a la idea de la especie como individuo.
Slobodchikoff (1976)	Sistema cohesivo	Sistema de individuos y poblaciones genéticamente similares, que se mantienen como una unidad cohesiva a causa de un conjunto de presiones de selección, que balancean las fuerzas desorganizadoras impuestas por factores ambientales, mutación o recombinación génica. Trata de explicar el origen de las discontinuidades y de los núcleos de agrupamientos de la diversidad orgánica.
Van Valen (1976)	Ecológico	Linaje o conjunto de linajes afines, que evolucionan separadamente de otros y que ocupan una determinada zona adaptativa, también explicado como: una especie ocupa un determinado nicho ecológico, diferente al de las otras especies.
Wiley (1978)	Evolutivo	Secuencia ancestro-descendiente de poblaciones (linaje) que evolucionaron separadamente de otras secuencias y que poseen papeles y tendencias evolutivas propias, se refiere a linaje como uno o una serie de <i>demos</i> que comparten una historia común de descendencia no compartida por otros <i>demos</i> (poblaciones).
Cronquist (1978)	Pragmático	Grupo más pequeño de organismos, consistente y persistentemente distinto de otros grupos y distinguible por medios ordinarios.
Nelson y Platnick (1981)	Pragmático	Aquellos organismos que el biólogo puede distinguir y decir a otros como distinguirlos (diagnosticar).
Nelson y Platnick (1981)	Evolutivo	La muestra más pequeña de organismos detectados que se autoperpetúan y que tienen un conjunto de caracteres únicos.
Grant (1981)	Categoría mínima	La unidad básica de la clasificación formal. Unidad fundamental de evolución.
Cracraft (1983)	Filogenético	Agrupación más pequeña de organismos individuales diagnosticable, dentro de la cual hay un patrón parental de ancestro-descendencia.
Kitcher (1984)	Pragmático	Grupos de organismos que son reconocidos por los taxónomos competentes.
Ridley (1986)	Cladístico	Grupo de organismos entre dos sucesos de especiación, o entre un suceso de especiación y uno de extinción, o para especies vivientes que han descendido de un evento de especiación.
Mishler y Brandon (1987)	Pragmático	Lo que cada investigador juzgue para cada grupo bajo su estudio.
De Queiroz y Donoghue (1988)	Cladístico	Unidad cladística resuelta más pequeña que posee al menos un carácter que la diferencia de otras.
Templeton (1989)	Cohesión fenotípica	Conjunto más inclusivo de organismos que comparten los mismos mecanismos de cohesión fenotípica.
Zunino y Palestrini (1991)	Biogeográfico	Es una entidad individual, formada por un conjunto de poblaciones naturales cuya individualidad procede de su origen monofilético y se mantiene entre los límites espaciotemporales en cuyo marco las subunidades discretas que en cada momento lo integran (individuos), mantienen su cohesión reproductivo-genética interna y la dependencia de su pool genético y, en consecuencia, interactúa en forma unitaria con el medio ambiente.
Crisci (1994)	Taxonómico	Es una expresión general para cualquier taxón ubicado en la categoría de especie sin importar el concepto utilizado y que ha recibido un nombre binominal de acuerdo con las reglas de nomenclatura. Es una designación categórica dentro de la clasificación linneana de los organismos.

Partiendo de las ideas darwinianas, durante la década de los 40 del siglo XX, se reformuló el concepto de especie biológica y se propusieron gran variedad de definiciones. Una de las primeras fue la de Mayr (1957) que, como resultado de la síntesis evolutiva (Dobzhansky, 1937; Huxley, 1942; Mayr, 1942; Simpson, 1944) y la nueva sistemática (Huxley, 1940), alcanzó gran popularidad, porque integra una comunidad reproductiva separada de otras comunidades reproductivas por mecanismos de aislamiento, es decir, aislada por propiedades morfológicas, fisiológicas, genéticas y conductuales, que se expresan en simpatria e impiden que las poblaciones de distintas especies pierdan su identidad mediante la fusión o hibridación poblacional completa. Aunque tal definición tuvo éxito relativo, se expresaron las siguientes desventajas: (1) toma como fundamento las relaciones reproductivas. La sexualidad es el vehículo que permite el flujo e intercambio del material hereditario. Hace énfasis únicamente en los contenidos genéticos de las poblaciones dejando de lado aspectos generales de la biología de las poblaciones y los aspectos filogenéticos que pueden considerarse —bajo otra perspectiva— como los más fundamentales en los seres vivos (descendencia con modificación); (2) se presentan problemas teóricos y prácticos cuando las especies no exhiben sexualidad, tales como virus, algunas bacterias, algas y protistas e incluso algunos animales (rotíferos, Bdelloidea), por lo que sólo es aplicable a organismos que se reproducen sexualmente y pierde validez cuando se aplica a individuos con reproducción asexual, donde la cohesión en las poblaciones de una misma especie se debe a mecanismos biológicos y evolutivos distintos (*v. gr.* estasis evolutiva); (3) no se aplica si hay variaciones geográficas, entrecruzamiento e hibridación (puesto que se desintegra la idea de comunidad reproductiva *separada*); (4) genera conflictos cuando no se conoce la extensión real y las consecuencias del flujo génico; (5) sólo se puede aplicar en un nivel temporal y espacial (simpatria y sincronía), por lo tanto no es posible extender el concepto de una situación adimensional a una multidimensional; y (6) debido a que no reconoce a las especies ni como linajes ni como grupos monofiléticos, el concepto biológico de especie ha sido considerado por algunos autores (Luna, 1994) una construcción básicamente esencialista.

Hacia finales del siglo XIX y principios del XX el reconocimiento amplio de variabilidad geográfica poblacional, con discontinuidades limitadas por barreras geográficas, generó los conceptos de raza geográfica (subespecie), especiación geográfica y especie politípica. El espacio geográfico con su heterogeneidad biótica se perfilaba como uno de los elementos causales de la generación de la diversidad biológica. La especiación geográfica se consideró un extremo de los mecanismos de aislamiento entre las especies, por lo tanto se prosiguió aceptando el concepto de especie biológica.

Posteriormente, con base en el concepto biológico y los aspectos de variabilidad de las especies, se pretendió desechar la idea del 'Tipo', sin considerar que lo que había quedado del tipologismo sólo era un sistema de referencia nomenclatural, un punto de referencia lingüístico necesario para contrastar nuevos hallazgos en relación con un representante tridimensional, con caracteres presentes, que lo hacían más útil que un concepto (diagnóstico o descripción) (Llorente, 1990). El concepto tipológico se utilizó para una "clase" de individuos que comparten atributos y son designados por un nombre común, esto es, que tienen las propiedades esenciales del tipo de la especie y concuerdan con la diagnosis. Tal concepto estático, ignora el hecho de que las especies no son clases de objetos sino que están compuestas de poblaciones naturales

que se integran por una organización interna y que tal organización (basada en propiedades genéticas, ecológicas y, en los animales, a menudo, también etológicas), proporciona a las poblaciones una estructura que va más allá de un conglomerado de individuos (Mayr, 1968); además, el tipologismo heredaba los postulados esencialistas de Aristóteles (Hull, 1965). Así, los conjuntos de especies se reconocieron en grupos superiores tipológicamente distintos por un conjunto de características esenciales (Llorente, 1990). En esto, las sinapomorfias —una piedra angular de la teoría y el método cladísticos— pueden considerarse también un fundamento metodológico robusto del esencialismo tipologista, pero con intenciones filogenéticas. No obstante todo esto, en la práctica, muy comúnmente, el taxónomo asume concepciones de especie como ésta (Nelson y Platnick, 1981).

Bajo tales circunstancias, Simpson (1961) propuso la definición evolutiva de especie que es sumamente importante porque por primera vez, considera que la unidad de clasificación debe ser la unidad de evolución (Hull, 1965; Luna, 1994). Cualquiera que sea el concepto filogenético o evolutivo que se use, éste tiene ventajas teóricas: (1) constituye una unidad consecuente con el trabajo del biólogo, (2) por su consideración implícita de proceso permite un análisis "objetivo" de la especiación, (3) facilita la reconstrucción de patrones históricos, (4) por su multidimensionalidad consecuentemente para taxones con distribución alopatrida y alocrónica, (5) refleja de manera honesta la evidencia disponible sin tener que tomar en cuenta el entrecruzamiento, la morfología o la ecología de modo arbitrario, y (6) aunque puede ser operacional, no lo es ya que no permite inferir qué nivel de unidad evolutiva debe considerarse en específico. Sin embargo, con el concepto de especie evolutiva y la sistemática filogenética, otros autores alcanzaron una definición filogenética de especie que no admite el uso de "subespecies" o razas geográficas (Luna, 1994).

De acuerdo con el nominalismo existen organismos cuya filogenia es común en gran parte, pero ese parentesco no implica necesariamente el reconocimiento de un mismo papel ecológico y evolutivo (Levin, 1979). Un nominalista se preguntaría: ¿puede considerarse que dos poblaciones de la misma especie de dos regiones distintas juegan el mismo papel ecológico y evolutivo? Trabajos recientes han demostrado que puede existir flujo génico escaso entre diferentes poblaciones de una misma especie (Levin, 1979). A veces la población mantiene un flujo génico mayor con poblaciones de otra especie (respecto de la cual se supone aislamiento completo y contigüidad geográfica), que con poblaciones de la misma especie alejadas geográficamente. Este hecho se considera de suma importancia pues representa una contradicción a la integración reproductiva de la especie propuesta por los biólogos de la síntesis evolutiva. Entonces se afirma que para mantener la cohesión, integración e identidad específica entre los individuos y poblaciones, es igualmente importante el fenómeno de estasis evolutiva que el aspecto de comunidad reproductiva. Así, muchos autores cladistas consideran que la comunidad reproductiva representa más bien una simplesiomorfia que no justifica grupos monofiléticos, ya que tales rasgos (simplesiomórficos) no demuestran ancestralidad común inmediata. Esta perspectiva del aspecto reproductivo, tanto por hechos evolutivos (estasis) como por aspectos metodológicos (simplesiomorfias), han estimulado la búsqueda de un concepto más acertado y holístico, que incluso comprendiese casos de especies asexuadas y que evitara el tipologismo.

El concepto ecológico de especie es difícilmente aplicable puesto que no existen definiciones operativas de “nicho ecológico” o de “zona adaptativa”. Tal vez algo equivalente ocurre con el concepto evolutivo cuando trata de definir “papeles y tendencias evolutivas propias”, el de selección de especie con “unidad cohesiva” y el económico con “competición operativa”. Todas estas dificultades se expresan en la práctica. En el caso de la especie morfológica, uno de los problemas se presenta al intentar establecer las “discontinuidades” en las “especies gemelas” (Crisci, 1981; Llorente, 1990). Ello ha conducido, a menudo, al empleo de criterios cuantitativos y estadísticos para discriminar entre especies.

Hay que apuntar que nominalismo y realismo presentan argumentos válidos, en algunos casos contradictorios y a veces complementarios, pues es importante nombrar toda percepción de la realidad para poder comunicarla. Muchos piensan que mientras no se resuelva satisfactoriamente el conflicto entre ambas posturas, será muy difícil establecer un solo concepto de especie que sea universalmente aceptado por todos los taxónomos (Crisci, 1981). Todo ello se hace más difícil aún porque dentro de cada alternativa se adhieren y generan gran cantidad de definiciones, como respuesta al estudio o uso de distintos taxones, técnicas de análisis, caracteres, enfoques metodológicos y problemas prácticos. Aunque este conflicto es de marco teórico, hay que reconocer que el problema de la especie también tiene aspectos prácticos no menos importantes. El taxónomo en la práctica debe y necesita adjudicar la categoría de especie a grupos de organismos y, por lo tanto, afrontar el interrogante metodológico. ¿Qué concepto de especie aplicar para tales organismos? Este problema se genera al reconocer que la teoría y la práctica están desacopladas. Una cosa son los conceptos que se construyen y otra los que se utilizan. Muchas veces el concepto de especie que se adopta no es el más convincente teóricamente, sino el más adecuado a las necesidades prácticas producto de la experiencia. Por otra parte, Hull (1965) considera que el problema de la especie es resultado del espectro del esencialismo que continúa perturbando a los taxónomos incluso en nuestros días. Mayr (1942) expuso que “es una paradoja curiosa que muchos taxónomos todavía se apeguen a un concepto de especie totalmente estático, mientras admiten libremente la existencia de la evolución”.

Para resolver estas controversias se han planteado distintas opciones: Fernández *et al.* (1995) proponen tres soluciones: (1) llegar a un concepto unificado (poco probable), (2) eludir o ignorar el problema, y (3) no preocuparse por definir la especie o generar una definición para cada grupo o situación biológica; los autores eligen la última como solución. Sour y Montellano (1994) propusieron que el concepto que se adopte dependa de los organismos con que se trabaje y de la dimensión espacio-temporal en la que se ubiquen las poblaciones. Por otro lado, en una perspectiva teórica, se pueden integrar ambas posturas. Así, Wiley (1981) asume una posición particular para los grupos monofiléticos superiores, pues los considera individuos históricos distintos de las clases y de los individuos simples, con algunas propiedades de ambos. El lector interesado puede consultar una amplia discusión sobre el tema en Wiley (1981), Vrba (1985), Paterson (1993), Lambert y Spencer (1995), Ghiselin (1997), entre otros.

Por lo tanto, en algunos casos las especies se admiten en teoría y práctica y, en otros, la práctica es difícil y contradictoria. Lo teórico se critica de nominalista, los conceptos cuanto más teorizados son más abstractos, más se apartan de lo perceptible. Tal es el caso de ciencias como las matemáti-

cas, en las que casi toda su estructura se basa en construcciones mentales (Hanson, 1977). Por otro lado, no hay conceptos científicos que no estén cargados de teoría; la palabra especie en biología se refiere a un concepto que requiere fuertes bases teóricas y grandes necesidades prácticas.

ALGUNAS IMPLICACIONES EN BIODIVERSIDAD: LA CONEXIÓN EPISTEMOLÓGICA

Al esquema histórico esbozado sólo nos gustaría agregar una afirmación de Oswaldo Reig de hace ya veinte años: “En realidad la naturaleza cambiante de las especies en el ámbito conceptual, representa una clara indicación de que el propósito de los taxónomos es construir taxones-especie que coincidan lo más perfectamente posible con las especies en tanto que entidades evolutivas de la naturaleza. Por lo tanto, debemos concluir que las especies taxonómicas sólo difieren de las especies evolutivas en el sentido de que las primeras constituyen una reconstrucción conceptual perfectible de las segundas... las especies taxonómicas y las especies como entidades evolutivas (bioespecies), están conectadas por un vínculo epistemológico. Las primeras son fluidas porque cambian con el perfeccionamiento de la Sistemática Biológica, tendiendo a acercarse cada vez más a ser un reflejo preciso de las bioespecies, a medida que la información empírica y las teorías disponibles se van enriqueciendo. Por lo tanto, la aseveración de que un determinado conjunto de organismos individuales o un conjunto dado de muestras poblacionales, pertenecen a un taxón de rango especie, representa el enunciado de una hipótesis sobre el estatus ontológico de esas colecciones de individuos o de muestras poblacionales. Dicha aseveración puede basarse únicamente en la constatación de la presencia de caracteres morfológicos compartidos por los organismos de las muestras. Para poner a prueba la hipótesis, el taxónomo puede investigar si, como ocurre frecuentemente, el compartir caracteres en común se correlaciona o no con otros atributos críticos...”

Con tal afirmación consideramos que se puede inventariar con confianza la diversidad biótica, con base en unidades evolutivas llamadas especies. Puede hacerse con confianza, pues el formalismo taxonómico puede cuestionarse de modo permanente por hallazgos empíricos y la robustez de diversas teorías genéticas, ecológicas y biogeográficas, que lo dotarán de rigor y validez.

Tan sólo hace tres lustros el neologismo biodiversidad se ha incorporado a la jerga técnico-biológica y ha trascendido el entorno científico. Con tal término se pretende englobar las manifestaciones de lo vivo en distintos niveles de escala, organización o complejidad, así como sus múltiples interacciones e historia evolutiva, o bien la variedad de todo tipo de entidades bióticas. No obstante, en términos simplificados, evoca los niveles macromolecular (genético), de individuos-especies y de organización ecosistémica, a la que la mayoría recurre cuando sólo quiere definiciones sucintas. De cualquier modo, el nivel especie, por muchas de las razones previamente citadas, es uno de los más concurridos en estimaciones de diversidad biótica, aunque bien sabemos que no es automático saber la variabilidad genética o la variedad comunitaria o ecosistémica. Desde luego que el nivel especie, con todo y sus dificultades pragmáticas, es el nivel referencial más estructurado en biología, bajo el cual estimamos riqueza biótica y hacemos pesajes filogenéticos o evolutivos de los números de especies (o taxones monofiléticos superiores) que deseamos comparar.

La afirmación epistemológica de Reig nos permite conducir inventarios de especies, estudiar la diversidad alfa o

local, el recambio del número y tipo de especies (diversidad beta) y la diversidad biótica regional. Lamentablemente, la biodiversidad en realidad es mucho más que estos tres tipos de medidas numéricas de diversidad biótica.

Como siempre el todo es más que la suma de las partes, si es que las partes de la Biosfera son solo las bioespecies y sólo tenemos la fortuna de contar con las partes. Pero digamos inmediatamente que hoy por hoy, no conocemos todas las partes pues aun en los grupos mejor conocidos, constantemente se agregan especies al conocimiento. Por otro lado, amplias y numerosas regiones permanecen aún sin inventariar, luego tenemos un conocimiento fragmentario de las partes y de cómo se distribuyen en el espacio. Mucho ignoramos, por ejemplo, de la variabilidad genética o molecular de la mayoría de las especies, incluso de cualquiera de los grupos mejor conocidos de insectos y sabemos poco de las interrelaciones ecológicas de las especies.

No obstante, podemos aplicar, en algunos casos, la misma conexión epistemológica para hacer estimaciones de la biodiversidad que vayan más allá de los conteos y comparaciones de riqueza biótica. Queremos decir con esto, para terminar, que urgen trabajos integrales o multidisciplinarios en biología, donde genetistas, ecólogos y taxónomos contribuyan empírica y teóricamente a las estimaciones en biodiversidad en gradientes geográficos. Con todo, el esquema vertebral (especies y su filogenia) de estos estudios, posibles y necesarios, los ofrecerá el taxónomo especialmente en aquellos

grupos mejor conocidos o explorados. Conectar variabilidad geográfica y poblacional de las especies, en un sentido genético moderno, es indispensable para valorar el nivel macromolecular de la biodiversidad.

COROLARIO

Como depositarios y/o propietarios, los iberoamericanos estamos promoviendo el conocimiento de la enorme biodiversidad con la que contamos, sin duda una de las mayores del mundo. Las demandas de inventario por sí solas son tan vastas y los recursos financieros y humanos tan escasos que deberemos recurrir a modelos de estudio (taxones), a estrategias originales de inventarios, a una selección inteligente y creativa de programas y proyectos, pero, especialmente, hemos de optar por fundamentos de conexión epistemológica, ya que como evolucionistas potenciales, los taxónomos cotidianamente recurrimos a la conexión que cita Reig para estimar la biodiversidad.

Como colofón sólo mencionaremos que en la actualidad, los taxónomos y los biogeógrafos contamos con un instrumento que ya está siendo de enorme ayuda como herramienta. Nos estamos refiriendo a los Sistemas de Información Geográfica (SIGs). Se trata de un potentísimo vínculo de conexión tecnológica que junto con el epistemológico, debemos implementar ante el desafío del denominado "impedimento taxonómico".

BIBLIOGRAFÍA

- ARISTÓTELES. 1992. *History of Animals*. Harvard University Press, Volumen 9, libros 1-3. A. L. Peck (Traductor) 3ra ed., 344 p.
- BALL, G. 1994. Nociones actuales acerca de la sistemática y la clasificación de los insectos. En: *Taxonomía Biológica*. LLORENTE, J. E. I. LUNA (comps.), Fondo de Cultura Económica, México, pp. 39-52.
- BARRERA, A. 1994. "La taxonomía botánica maya". En: *Taxonomía Biológica*, LLORENTE, J. E. I. LUNA (comps.), Fondo de Cultura Económica, México, pp. 27-36.
- BUFFON, G.L. 1753. *Histoire Naturelle* Vol. IV. París: Imprimerie Royale.
- CAIN, A. J. 1954. *Animal species and their evolution*. Hutchinson, Londres.
- CARSON, H. L. 1957. The species as a field for gene recombination. En: *The species problem*, E. MAYR (comp.). AAAS, Washington, 223-228.
- CESALPINO, A. 1583. *De Plantis libri XVI*. Marescottum, Florentiae.
- CRACRAFT, J. 1983. The significance of phylogenetic classifications for systematic and evolutionary biology. En: *Numerical Taxonomy*. FELSENSTEIN (ed.). Springer-Verlag, Berlin.
- CRISCI, J. 1981. "La especie: realidad y conceptos". Simposia de las Sextas Jornadas Argentinas de Zoología. Reimpreso en: *Taxonomía Biológica*, LLORENTE, J. E. I. LUNA (comps.), Fondo de Cultura Económica, México, 53-74.
- CRONQUIST, A. 1978. Once, again what is a species? *Beltsville Symposia in Agricultural Research 2* (Biosystematics in Agriculture): 3-20
- DARWIN, C. Y A. R. WALLACE. 1858. On the tendency of species to form varieties; and on the perpetuation of varieties and species by natural selection. *J. Proc. Linn. Soc, London*, 3: 53-62.
- DARWIN, C. 1859. *El Origen de las especies*. Porrúa, México.
- DARWIN, E. 1794. *Zoonomia*. London, 509 p.
- De CANDOLLE, Ag. P. 1820. Géographie botanique, pp. 359-436. In: LEVRAUT, F. C. (ed.) *Dictionnaire des Sciences Naturelles* 19. París: Levraut.
- DE QUEIROZ, K. Y M. DONOGHUE. 1988. Phylogenetic systematics and the species problem. *Cladistics*, 4:317-338.
- DOBZHANSKY. 1935. A critique of the species concept in biology. *Philos. Sci.*, 2: 344-355.
- DOBZHANSKY. 1937. *Genetics and the origin of species*. Columbia University Press. New York.
- DOBZHANSKY, T. 1972. Species of *Drosophila*. New excitement in an old field. *Science*, 177: 664-669.
- DU RIETZ, G. E. 1930. The fundamental units of biological taxonomy. *Svensk. Bot. Tidskr.*, 24: 333-428.
- FERNÁNDEZ, F. J., M. HOYOS Y D. R. MIRANDA. 1995. "Especie: ¿es o son?". *Innovación y Ciencia*, 4 (1): 32-37.
- GHISELIN, M. T. 1974. A radical solution to the species problem. *Syst. Zool.*, 23: 536-544.
- GHISELIN, M. T. 1997. *Methaphysics and the origin of species*. State University of New York Press. New York. 377 p.
- GRANT, V. 1981. *Plant speciation*. Columbia University Press, New York.
- HANKINS, T. L. 1988. *Ciencia e ilustración*. Siglo XXI, México.
- HANSON, N. R. 1977. *Patrones de descubrimiento, observación y explicación*. Alianza, Madrid.
- HARVEY, W. 1651. *Exercitationes de generatione animalium*.
- HULL, D. L. 1965. "The effect of essentialism of taxonomy. Two thousand years of stasis". *Brit. J. Phil. Sci.*, 16: 60-61.
- HUMBOLDT, A. von. 1805. *Essai sur la géographie des plantes; accompagné d'un tableau physique des régions équinoxiales*. París.
- HUXLEY, J. S. 1942. *Evolution, the Modern Synthesis*. Allen & Unwin, Londres.
- HUXLEY, J. S. 1940. Towards the new systematics. En: HUXLEY (comp.), *The new systematics*, Clarendon Press, Londres.
- KITCHER, P. 1984. Species. *Philosophy of Science*, 51: 308-333.
- IMBRIE, J. 1957. The species problem with fossil animals. En *The species problem*, E. MAYR. (comp.), AASS, Eashington, 125-153.
- LAMARCK, J. B. P. A. 1809. *Philosophie Zoologique, ou exposition des considérations relatives à l'histoire Naturelle des Animaux, à la diversité de leur organisation et des facultés qu'ils en obtiennent; aux causes physiques qui maintiennent en eux la vie et donnent lieu aux mouvemens qu'ils exécutent; enfin, à celles qui produisent, les unes le sentiment, et les autres l'intelligence de ceux qui en sont doués*. 2 vols., París.
- LAMBERT, D. M. Y H.G. SPENCER (ed.). 1995. *Speciation and the recognition concept: theory and application*. The John Hopkins University Press. London, 502 p.
- LEVIN, D. A. 1979. The nature of plant species. *Science*, 204: 381-384.
- LEIBNIZ, G. W. 1701-1704. Nouveaux Essais sur l'entendement humain, par l'auteur du Système de l'Harmonie préétablie.
- LINNAEUS, C., 1758. *Systema Naturae per Regna tria Naturae*. Ed. X. Stockholm.
- LUNA, I. 1994. Los conceptos de especie evolutiva y filogenética. En: *Taxonomía Biológica*. LLORENTE, J. E. I. LUNA (comps), Fondo de Cultura Económica, México, 83-94.
- LLORENTE, J. 1989. (1986). Algunas ideas de la teoría sistemática contemporánea: conceptos en cladismo. *Ciencias* (nro. esp.), 3: 74-87.
- LLORENTE, J. 1990. *La búsqueda del método natural*. La ciencia desde México 95, Fondo de Cultura Económica, México.
- MAUPERTUIS, P. L. M. 1756. *Ouvres*, 4 vols. Lyon.
- MAYR, E. 1942. *Systematics and the origin of species*. Columbia University Press, New York.
- MAYR, E. 1957. Species concepts and definitions. En: MAYR, E. (ed.), *The species problem*. Washington, D.C, 1-22.
- MAYR, E. 1963. *Animal species and evolution*. Harvard University Press, Cambridge.
- MAYR, E. 1968. The role of systematics in biology. *Science*, 159: 595-599.
- MAYR, E. 1969. *Principles of systematic zoology*. Mc. Graw-Hill. Nueva York.
- MAYR, E. 1970. *Populations, species and evolution*. Harvard University Press. Cambridge.
- MICHENER, C. D. 1970. Diverse approaches to systematics. *Evol. Biol.*, 4: 1-38
- MISHLER, B. D. Y R. N. BRANDON. 1987. Individuality, pluralism, and the phylogenetic species concept. *Biology and Philosophy*, 2: 397-414.
- NELSON, G. Y N. PLATNICK. 1981. *Systematics and Biogeography: Cladistics and vicariance*. Columbia University Press, New York.
- NORDENSKIÖLD, E. 1949. *Evolución histórica de las Ciencias Biológicas*. Espasa-Calpe, Buenos Aires, Argentina.
- PAPAVERO, N. Y J. LLORENTE. 1992. Un nuevo concepto en Biología Comparada: "el eidofronte". *Publ. Espc. Mus. Zool.*, 5: 21-29.
- PAPAVERO, N. Y J. LLORENTE (eds). 1993-1996. *Principia Taxonomica*, Vol. I al VIII. Facultad Ciencias, UNAM, México.
- PAPAVERO, N., J. LLORENTE Y D. ESPINOSA. 1995. *Historia de la biología comparada, desde el Génesis hasta el Siglo de las Luces*. Tomo I, II y III. Facultad de Ciencias, UNAM y CONABIO, México.
- PAPAVERO, N., D. M. TEIXEIRA Y J. LLORENTE-BOUSQUETS. 1997. *História da biogeografia no periodo pré-evolutivo*. Pleiade, São Paulo.
- PATERSON, H. E. H. 1993. *Evolution and recognition concept of species*. Collected papers Ed. SHARE F. MCEVEY. The John Hopkins University Press. London, 234 p.
- RAY, J. 1686-1704. *Historia Plantarum*. London.
- REIG, O. A. 1979. Proposiciones para una solución al problema de la realidad de las especies biológicas. *Rev. Venez. Filos.*, 11: 3-30.
- REIG, O. A. 1983. Estado actual de la teoría de formación de especies animales. Conferencia General IV Congreso Latinoamericano de Zoología. *Informe final IX CLAZ*, Perú, 37-57.

- RIDLEY, M. 1986. *Evolution and classification : the reformation of cladism*. Longman. Londres, 202 p.
- SLOBODCHIKOFF, C. N. (comp.). 1976. *Concepts of species*. Stroudburg, Dowden, Hutchinson and Ross.
- SIMPSON, J. J. 1944. *Tempo and mode in evolution*. Columbia University Press, New York.
- SIMPSON, J. J. 1961. *Principles of animal taxonomy*. Columbia University Press, New York.
- SOKAL, R. R. 1973. The species problem reconsidered. *Syst. Zool.*, **22**: 360-374.
- SOUR, F. Y M. MONTELLANO. 1994. El concepto de especie en organismos fósiles. En: *Taxonomía Biológica*. LLORENTE, J. E I. LUNA. (comps.). Fondo de Cultura Económica, México, 65-82.
- TEMPLETON, A. R.. 1989. The meaning of species and speciation: a genetic perspective. En: *Speciation and its consequences*. OTTE, D. Y J. A. ENDLER (eds.). Sinauer Associates, Inc., Sunderland, Massachusetts, 3-27.
- VAN VALEN, L. 1976. Ecological species, multispecies and Oaks. *Taxon*, **25**: 233-239.
- VRBA, E. S. (ed.). 1985. *Species and speciation*. Transvaal Museum Monograph N. 4. Pretoria, 176 p.
- WILEY, E. O. 1978. The evolutionary species concept reconsidered. *Syst. Zool.*, **27**: 17-26
- WILEY, E. O. 1981. *Phylogenetics: The theory and practice of phylogenetic systematics*. Wiley & Sons, New York.
- ZUNINO, M. Y C. PALESTRINI. 1991. El concepto de especie y la biogeografía. *An. Biól.*, **17**, Anim 6: 85-88.

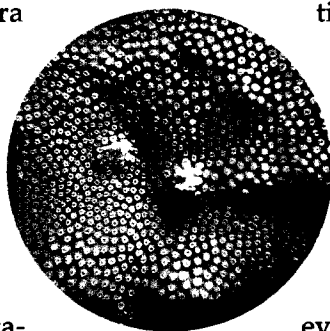


El tiempo de Darwin y el espacio de Croizat: rupturas epistémicas en los estudios evolutivos

Juan J Morrone

De acuerdo con Thomas Kuhn (1971), la historia de la ciencia posee un carácter básicamente episódico, en que alternan prolongados periodos de "ciencia normal" con breves periodos "revolucionarios". Durante estos últimos, también conocidos como rupturas epistémicas, se reestructuran las prácticas y los discursos, cambiando drásticamente el modo en que se practica determinada disciplina científica.

En 1859, Charles Darwin publicó *El origen de las especies*, obra que constituye la ruptura epistémica más importante en la historia de la biología. Poco más de un siglo después, en 1964, León Croizat publicó *Espacio, tiempo, forma*, obra que sería comparable en importancia a la de Darwin, si bien sus consecuencias no son tan espectaculares. Darwin y Croizat, cada uno de ellos, a su manera, le dio un sentido completamente nuevo al estudio de los patrones evolutivos: Darwin, incorporando la dimensión temporal, y Croizat, haciendo lo propio con la dimensión espacial. Ciertamente, ambos iniciaron cambios revolucionarios. Cabría preguntarse, entonces, ¿de qué modo se pueden relacionar estas revoluciones entre sí?



La contribución darwiniana

Hasta el siglo XIX, el conocimiento acerca de los seres vivos se desarrolló descubriendo semejanzas entre seres vivos diferentes, o entre éstos y categorías abstractas. La naturaleza era un texto, y la historia natural se dedicaba a leerlo y descifrarlo, para inquirir sobre posibles esencias ocultas. El objetivo de la historia natural consistía en descubrir las semejanzas constantes en los seres vivos, los "arquetipos básicos".

Pese a que varios autores anteriores a Darwin discutieron ideas evolucionistas, la noción de cambio evolutivo era ajena a las prácticas de la historia natural. Luego de la publicación de *El origen de las especies* (Darwin, 1859), se produjo un quiebre epistémico, desde el cual se estableció que los seres vivos evolucionan a partir de ancestros comunes. Luego de la aceptación de la teoría evolutiva de Darwin se reinterpretaron los arquetipos como ancestros comunes y las relaciones de similitud como relaciones genealógicas. Con ello, se reestructuraron las prácticas relacionadas con el estudio de los seres vivos, los que pasaron del ámbito de la historia natural al de la biología (Craw, 1992).

Juan J Morrone realizó sus estudios de licenciatura en biología, con orientación zoológica (1986) y de doctorado en ciencias naturales (1991) en la Facultad de Ciencias Naturales y Museo de la Universidad Nacional de La Plata, Argentina. En la actualidad es profesor titular B de tiempo completo, adscrito al Museo de Zoología de

la Facultad de Ciencias de la UNAM, e investigador asociado del Department of Entomology del American Museum of Natural History, Nueva York (EUA). Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores. Los temas de su especialidad son la taxonomía y la biogeografía de Curculionoidea (Coleoptera) neotropicales.

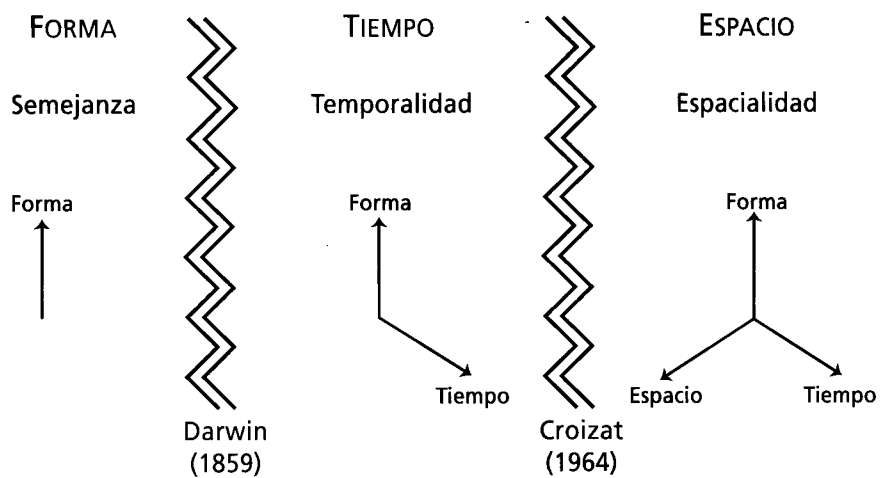
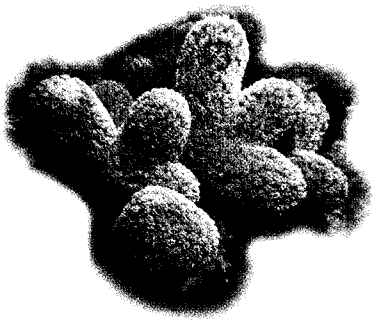


Figura 1. Rupturas epistémicas de Darwin y Croizat, en relación con los patrones evolutivos, aquí interpretadas como la incorporación sucesiva de las dimensiones tiempo y espacio al estudio de la forma



La principal
contribución
de Darwin
fue la de agregar
la dimensión
temporal

En relación con la interpretación de los patrones resultantes de la evolución, la principal contribución de Darwin fue la de agregar la dimensión temporal, que es a través de la cual cambian los seres vivos (Figura 1). Ya no hay más esencias estáticas, sino que la vida evoluciona a lo largo del tiempo. Con el objeto de representar este cambio evolutivo en función del tiempo, Darwin utilizó un árbol filogenético (Figura 2a), el cual, notablemente, constituye la única ilustración de *El origen de las especies*. En este árbol filogenético se representa una sucesión de ancestros hipotéticos sucesivos, a partir de los cuales se originan algunas ramas que representan especies extinguidas en épocas geológicas pasadas y otras que sobreviven hasta la actualidad.

Si bien no existe unanimidad al respecto, varios autores han sostenido que a partir de las ideas de Darwin es posible trazar el desarrollo de la sistemática filogenética de Willi Hennig (1950). La sistemática filogenética, o cladística, esto es, la metodología actual de la taxonomía, equipara la clasificación "natural" con aquella basada en las relaciones genealógicas. Esto significa que los grupos reconocidos en una clasificación deben ser monofiléticos, es decir, aquella en que se incluye a todos los descendientes de un ancestro común. Resulta muy interesante el modo en que la sistemática filogenética se desarrolló a partir de las ideas de Darwin, de modo paralelo en diferentes países de Europa y las Américas (Craw, 1992).

Varios autores alemanes fueron los primeros y más entusiastas seguidores de Darwin. Haeckel (1866) propuso árboles filogenéticos para los reinos de seres vivos y, concretamente, para plantas, cnidarios, equinodermos, articulados, moluscos, vertebrados y mamíferos. Müller (1869) aplicó las ideas evolucionistas al estudio sistemático de los crustáceos, y analizó el problema planteado por el conflicto entre caracteres que sustentan hipótesis filogenéticas diferentes, la distinción entre caracteres primitivos y evolucionados, y el uso de la ontogenia para polarizar caracteres. Habría que destacar que Müller fue el primer autor en proponer filogenias basadas en caracteres y no tan sólo especulativas, como las de Haeckel. A partir de la quinta edi-

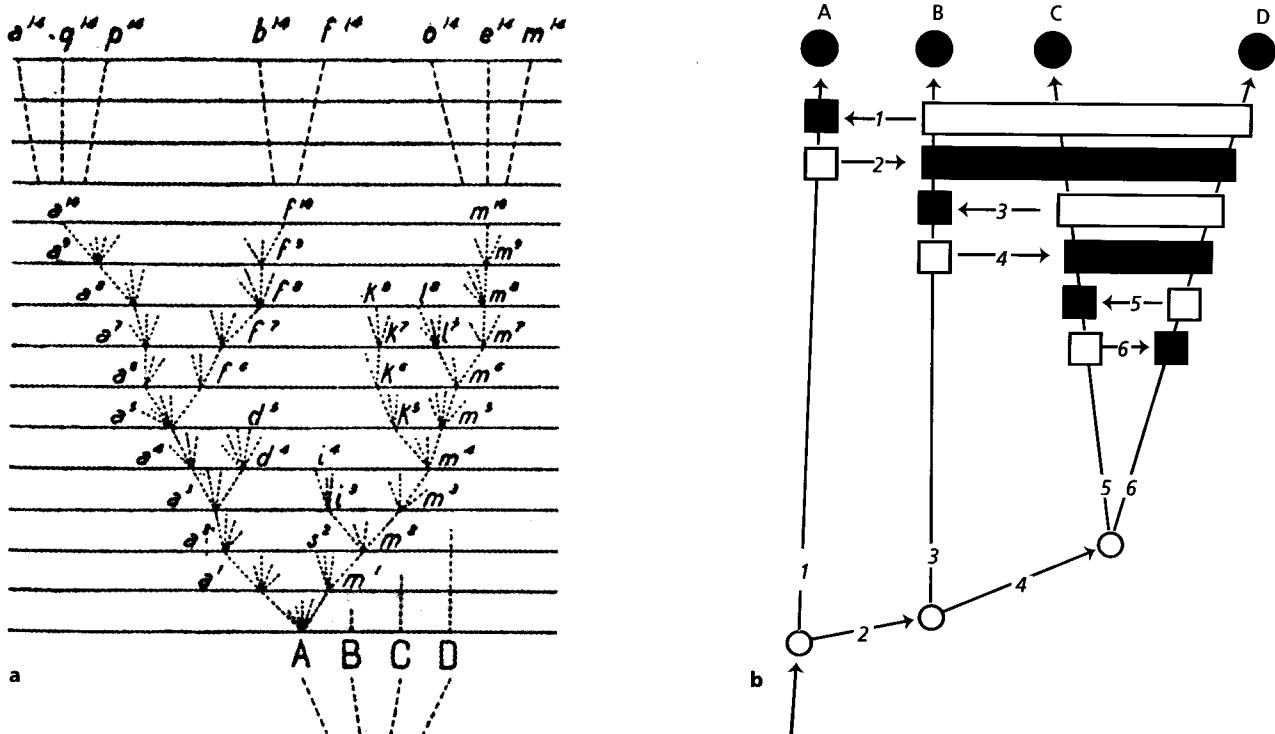
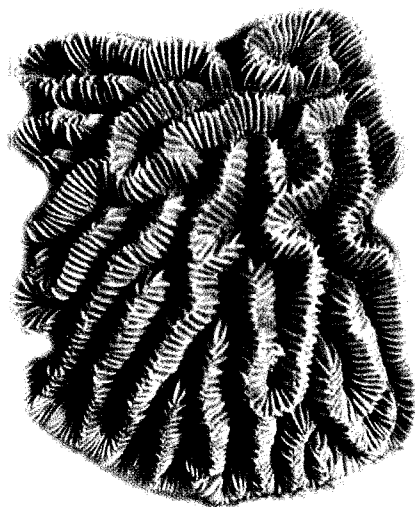


Figura 2. Árboles filogenéticos: a, Darwin (1859); b, Hennig (1950)

ción de *El origen de las especies*, Darwin adoptó el descubrimiento de Müller de la incongruencia entre caracteres larvales y adultos, como una demostración de que similitud y genealogía no siempre coinciden. Zimmermann (1931) —que fue citado por Hennig (1950) como una de las fuentes de su concepto de grupo monofilético—, definió claramente las relaciones filogenéticas, y discutió varios métodos para inferir la polaridad de los caracteres.

En Italia, durante la última década del siglo XIX, se desarrolló un segundo núcleo de autores que contribuyeron con ideas evolucionistas, entre quienes se hallan los primeros críticos originales del darwinismo. Sin duda, el más relevante de estos autores es el anelidólogo Rosa, del Museo di Zoologia dell'Università di Torino. En su *Ologenese*, publicada en 1918, Rosa anticipó algunos de los planteos filogenéticos hennigianos, entre ellos el de que los grupos naturales deben considerarse monofiléticos, y que los grupos parafiléticos —es decir, aquellos que excluyen algunos de los descendientes del ancestro común— no deben ser admitidos en la clasificación natural; igualmente, el principio de la ramificación dicotómica, la extinción de las especies ancestrales luego de que se produce la especiación, y la regla de la desviación. Aunque algunos de estos principios ya no son componentes importantes de la cladística, fueron considerados relevantes para el desarrollo de la sistemática filogenética por Hennig (Craw, 1992).

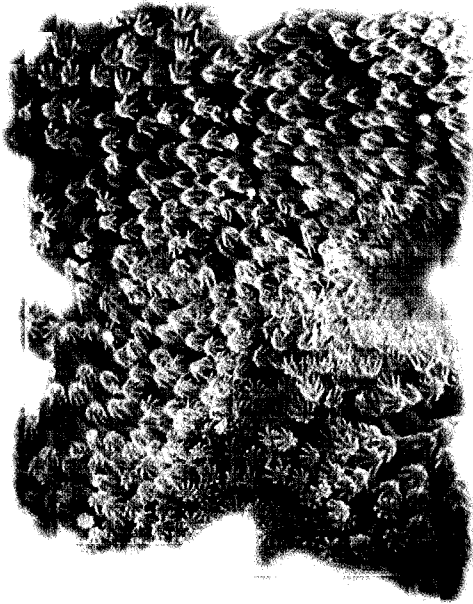
El británico Mitchell, secretario de la Zoological Society of London durante 1903-1935, puede ser considerado como el autor del axioma según el cual los grupos monofiléticos sólo pueden reconocerse a través de caracteres evolucionados compartidos o sinapomorfías. Mitchell llamó a los caracteres primitivos "arquéctricos" y a los evolucionados



“apocéntricos”, considerando que solamente los segundos proveían evidencia de relaciones genealógicas. Mitchell propuso varios agrupamientos de aves con base en relaciones genealógicas, pero lamentablemente no llegó a elaborar un método clasificatorio coherente.

En los Estados Unidos, desde fines del siglo XIX, varios darwinistas contribuyeron con discusiones de índole filogenética. Busck (1909) reconoció que la similitud y el nivel de organización no necesariamente reflejaban relaciones filogenéticas. Braun (1919) distinguió entre caracteres primitivos, derivados y únicos al establecer la posición filogenética de una familia de mariposas. Camp (1923) puso en juego varios criterios para determinar relaciones filogenéticas y propuso un cladograma para las familias de saurios.

Pese a éstos y otros desarrollos de la sistemática filogenética, fue con la publicación de Hennig (1950) como tendría lugar la sistematización completa y coherente de los principios de la sistemática filogenética. Parte de esta sistematización fue el término “holomorfología”, que Hennig propuso para referirse al conjunto de los caracteres provenientes de todos los estadios del desarrollo por los que pasa un organismo, a los que llamó “semaforontes”, desde la fertilización hasta la muerte. La importancia del concepto de semaforonte radica en que permite integrar la variabilidad total de un solo individuo a lo largo del tiempo. Hennig (1950) presentó dos formas equivalentes de representar sistemas jerárquicos: diagramas de conjuntos y árboles filogenéticos, hoy conocidos como cladogramas (Figura 2b). A diferencia de los árboles filogenéticos anteriores, en los cladogramas se detallan los caracteres evolucionados —llamados sinapomorfías— que justifican el reconocimiento de los grupos monofiléticos. Por ejemplo, en el cladograma de la Figura 2b, el carácter 4 es una sinapomorfía del grupo de especies CB, mientras que el carácter 2 lo es para el grupo BCD.



*Croizat consideró
 que forma, espacio
 y tiempo son
 las tres dimensiones
 de la biodiversidad*

Los primeros trabajos que aplicaron la metodología hennigiana no se publicaron en Alemania, sino en la Argentina, en la década de 1950. Varios refugiados de guerra europeos, que habían sido contratados por el Instituto Miguel Lillo de Tucumán, leyeron la obra de Hennig y comenzaron a aplicar sus principios filogenéticos. Entre ellos cabría citar a Kusnezov, Aczél, Monrós y Wygodzinsky. El alemán (luego nacionalizado argentino) Pedro Wygodzinsky es sin duda la figura más relevante entre los pioneros de la cladística en América Latina. Llegó a la Argentina en 1948, pero en 1962 le ofrecieron un cargo de curador en el Departamento de Entomología del American Museum of Natural History de Nueva York. Allí, fue uno de los pioneros en introducir la sistemática filogenética en los Estados Unidos. En este país, la traducción del libro de Hennig al inglés en 1966 se habría de constituir en un elemento catalizador en la historia de la sistemática filogenética.

En el American Museum of Natural History pronto se conformó uno de los grupos más activos de cladistas. Rosen, Nelson y Platnick se encuentran entre sus figuras más descollantes. A partir de la obra de Nelson y Platnick (1981), la sistemática filogenética pasó por una transformación que la hizo independiente de toda consideración preliminar acerca de la filogenia. De acuerdo con la interpretación de Nelson y Platnick, si se pretende que la explicación causal de un patrón evolutivo sea realmente útil, es preferible no percibirlo en términos del proceso que lo ha producido. En este sentido, la cladística pasaría a ser simplemente un método para construir clasificaciones naturales, que, a su vez, siempre deberían preceder a los planteos filogenéticos. De este modo, más que una ruptura epistémica con el pasado, surgió un modo explícito y lógico de estudiar caracteres y de emplearlos para clasificar a los seres vivos.

La contribución croizatiana

En 1964, León Croizat publicó *Espacio, tiempo, forma*, donde destacó el papel primordial que el espacio debería tener en los estudios evolutivos (Figura 1). Croizat consideró que forma, espacio y tiempo son las tres dimensiones de la biodiversidad, las cuales ya eran objeto de estudio particular en diversas disciplinas (Figura 3). De estas disciplinas, la biogeografía fue la que más atención recibió en la obra de Croizat. La panbiogeografía de Croizat (1958, 1964) supuso que las barreras geográficas evolucionan junto con las biotas, lo que Croizat resumió en la expresión "tierra y vida evolucionan juntas".

Con el objeto de comprender apropiadamente la importancia de la panbiogeografía de Croizat, es preciso contrastarla con las ideas biogeográficas desarrolladas a partir de *El origen de las especies*. Como parte de los argumentos presentados para sustentar su teoría evolutiva, Darwin examinó uno de los problemas biogeográficos más interesantes: el de las distribuciones disyuntas, es decir, las que poseen los taxones emparentados que se encuentran en dos o más áreas ampliamente separadas entre sí. Los autores anteriores habían postulado la existencia de "centros de creación" separados; pero Darwin (1859) interpretó que las distribuciones disyuntas eran resultado de la descendencia con modificación. Luego de evolucionar a partir de una especie preexistente en un "centro de origen", los organismos se dispersaban al azar por sus diferentes medios, atravesando barreras preexistentes, para llegar a ocupar nuevas áreas. A partir de las ideas de Darwin se originó el paradigma biogeográfico dispersalista, desarrollado principalmente durante la primera mitad del siglo XX. La identificación del centro de origen de un taxón constituye el punto de partida de todo análisis dispersalista. Una vez identificado dicho centro, los autores dispersalistas logran reconstruir la historia biogeográfica del taxón, y postulan rutas de dispersión, barreras y centros secundarios de evolución. Ya que los medios de dispersión que posee cada taxón son diferentes, y

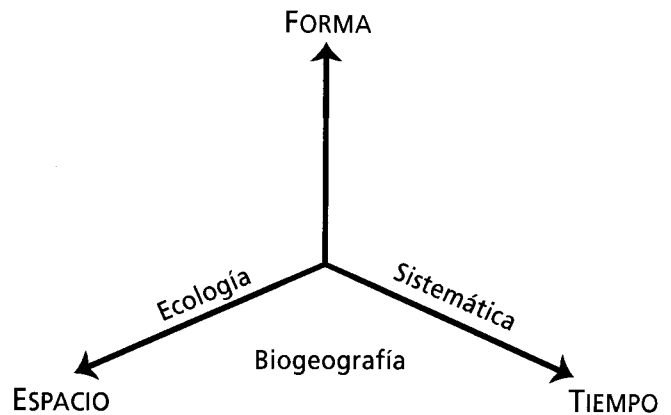
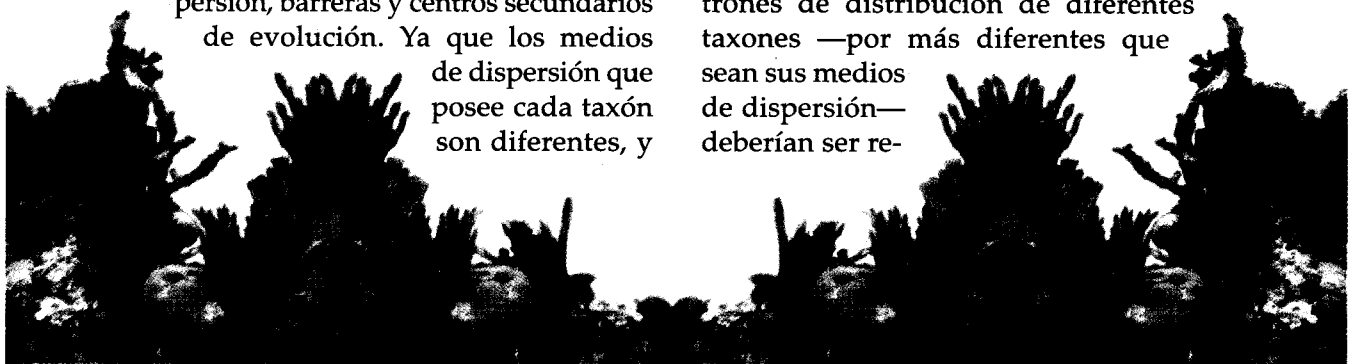


Figura 3. Forma, espacio y tiempo como las tres dimensiones de los estudios evolutivos, con algunas de las disciplinas dedicadas a analizarlos

la dispersión es un fenómeno que se da al azar, las historias biogeográficas de taxones distintos deberían ser independientes, por lo que no sería lógico esperar que hubiera coincidencia en los patrones biogeográficos exhibidos por diferentes taxones animales y vegetales. ¿Por qué habrían de asemejarse acaso las distribuciones espaciales de un insecto volador, un molusco dulceacuícola y una planta epífita?

Croizat propuso una alternativa a la biogeografía dispersalista, distinguiendo dos fases o etapas en la evolución de la distribución espacial de los seres vivos. Inicialmente, los organismos expanden activamente su área de distribución, para ocupar el mayor espacio geográfico posible. En una segunda fase, la distribución se estabiliza, por lo que cuando surgen barreras a la dispersión, la distribución se fragmenta, fenómeno conocido como "vicarianza" (Figura 4). A diferencia de la explicación por dispersiones azarosas a partir de un centro de origen, la explicación por vicarianza basada en el surgimiento de barreras es más general, ya que la aparición de una barrera necesariamente afecta a muchos organismos a la vez. Por esta razón, los patrones de distribución de diferentes taxones —por más diferentes que sean sus medios de dispersión— deberían ser re-



petitivos y no únicos. Ésta es la idea básica que Croizat contrastó a lo largo de su extensa obra biogeográfica, descubriendo que los patrones biogeográficos repetidos o trazos generalizados principales del planeta no correspondían a las configuraciones actuales de los continentes. Es decir, que varias de las regiones biogeográficas clásicas —como la Neotropical, la Neártica o la Etiópica— no representaban unidades naturales.

Si bien algunos darwinistas conocieron la obra de Croizat, evitaron mencionarla. Croizat, por su parte, siempre expresó del modo más franco su disconformidad con los autores dispersalistas (Croizat, 1984). Sin embargo, los cladistas del American Museum (Nelson, Rosen y Platnick) asociaron el concepto de trazo de Croizat con el método de la sistemática filogenética, creando la biogeografía cladística o de la vicarianza, la cual asume que hay correspondencia entre relaciones taxonómicas y relaciones entre áreas. Si se reemplazan las especies terminales de los cladogramas de diferentes grupos de plantas y animales de cierta región por las áreas que ellas habitan, se obtienen los llamados cladogramas de áreas. A partir de la comparación de diferentes cladogramas de áreas, es posible reconocer el patrón general de fragmentación de las áreas involucradas.

El *Opus magnum* de la biogeografía cladística es *Systematics and Biogeography: Cladistics and Vicariance* (Nelson y Platnick, 1981). En el prólogo, sus autores señalan: "Los puntos de vista presentados en este volumen se basan en el trabajo de dos biólogos, el fallecido Willi Hennig, autor de un libro de 1966 llamado *Phylogenetic Systematics*, y León Croizat, autor de un libro de 1964 llamado *Space, Time, Form: The Biological Synthesis*, y en los escritos de un filósofo de la ciencias, sir Karl Popper. Hennig y Croizat no encontraron sus trabajos particularmente compatibles (Hennig nunca citó a Croizat, y Croizat publicó comentarios negativos acerca de Hennig), y ninguno de los dos indicó interés alguno en los puntos de vista de Popper o los citó como especialmente compatibles con los suyos. Sin embargo, Hennig y Croizat han hecho contribuciones sustanciales (y sustancialmente similares) al 1) señalar las insuficiencias mayores de algunos métodos convencionales de la sistemática y la biogeografía, respectivamente, y 2) sugerir métodos significativamente mejorados para esos campos. Nosotros creemos que las contribuciones de Hennig y Croizat pueden ser fácilmente (y fructíferamente) entendidas en el contexto de los puntos de vista de Popper acerca de la naturaleza y crecimiento del conocimiento científico, y que las ideas de estos tres hombres son ampliamente compatibles." (Nelson y Platnick, 1981: ix).

La aparición del libro de Nelson y Platnick (1981) ocasionó, sin embargo, un conflicto entre Croizat y los cladistas del American Museum, ya que la asociación de sus ideas con la sistemática filogenética de Hennig era algo que a éste le resultaba inaceptable (Croizat, 1982). Más tarde, varios biólogos neozelandeses, entre quienes se encuentran Craw, Heads, Grehan, Page y Henderson, retomaron las ideas originales de Croizat, y consideraron que incluso constituían una metodología más apropiada que la de la biogeografía cladística.

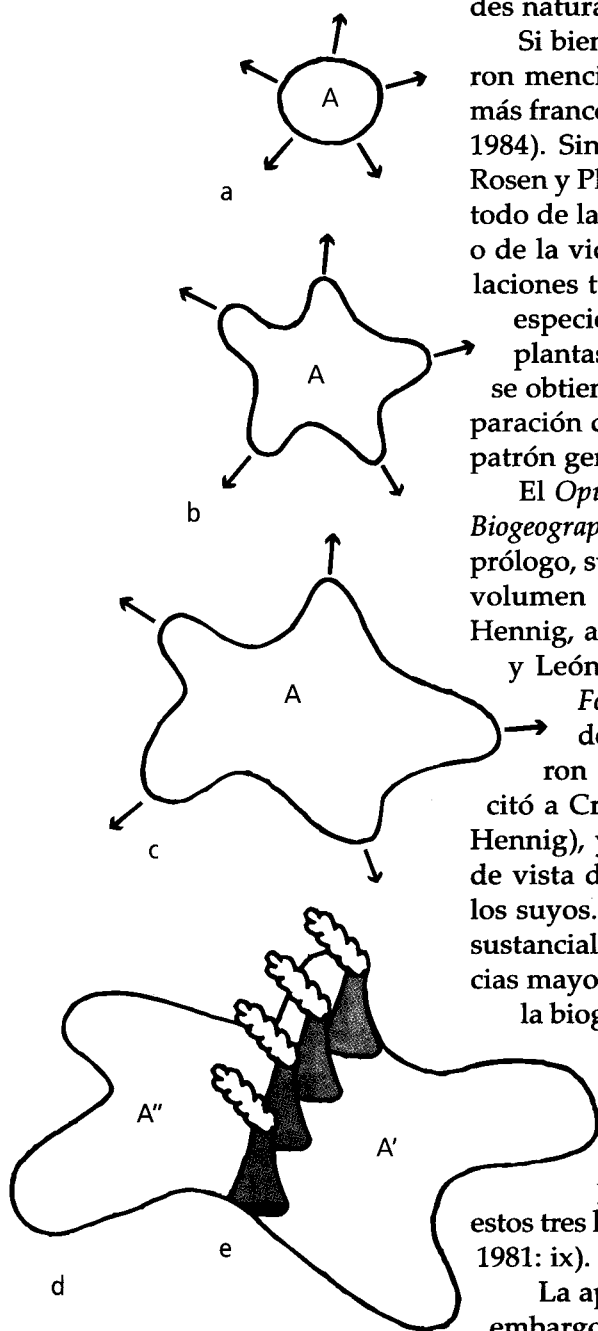


Figura 4. Fases de la vicarianza: a, una especie A se origina en un sitio determinado; b-d, la especie A se dispersa en ausencia de barreras; e, surge una barrera (en este caso, una cadena de volcanes) que interrumpe el flujo génico y permite la especiación (especies A' y A'')

No habría de pasar mucho tiempo para que los partidarios de la panbiogeografía y los de la biogeografía cladística iniciaran un amplio debate acerca de los valores relativos de ambos enfoques. El consenso actual considera que la panbiogeografía y la biogeografía cladística son dos “programas de investigación progresivos” (en el sentido de Lakatos) diferentes (Craw y Weston, 1984; Colacino, 1997). Las obras recientemente publicadas por Craw y cols (1999) y Humphries y Parenti (1999) constituyen adecuados compendios de la teoría y práctica de la panbiogeografía y la biogeografía cladística, respectivamente.

Forma-espacio-tiempo en evolución

El nuevo sentido dado por Darwin a la biología inauguró un extenso periodo de estudios filogenéticos, en el cual aún nos hallamos inmersos. En cierto sentido, a menos que sea partidario del creacionismo, todo biólogo moderno es en última instancia “darwinista”. Ello no implica, sin embargo, que el darwinismo constituya una ideología monolítica, como ha sido señalado en repetidas ocasiones por autores como Jacob, Lewontin, Gould y Eldredge, entre otros.

La principal polémica existente entre panbiogeógrafos y cladistas se refiere a la relación entre espacio y forma (Colacino, 1997). Los panbiogeógrafos afirman que la vicarianza —el cambio en el espacio— es el proceso fundamental que conduce a la evolución de la forma, por lo que los análisis biogeográficos deberían siempre preceder a los taxonómicos. Los cladistas, por el contrario, invierten esta relación: son las hipótesis sobre la forma —expresadas mediante cladogramas taxonómicos— las que deben preceder a los planteamientos sobre el espacio. En este sentido, una posible compatibilidad provendría de aceptar que las hipótesis de forma/tiempo (sistemática), espacio/tiempo (biogeografía) y forma/espacio (ecología) en realidad muestran aspectos complementarios de la biodiversidad. Por ello, podremos comenzar nuestros estudios en un sentido u otro, ya que las hipótesis de cualquiera de estas disciplinas pueden emplearse para brindar perspectivas nuevas acerca de las hipótesis de las otras.

Con Tales de Mileto, en el siglo VI aC, se originó la convicción de que el mundo está ordenado de tal manera, que puede ser explicado mediante un reducido número de leyes naturales. Si ello es así —como ha sostenido recientemente Wilson (1998)— la unificación del conocimiento acerca de los seres vivos es una empresa razonable. En este sentido, en lugar de resaltar las diferencias entre los criterios aquí analizados, deberíamos tratar de integrarlos. Los seres vivos constituyen los sistemas más complejos conocidos. Al respecto, entonces, habría que considerar la “teoría de la complejidad” (Kauffman, 1993), que pretende explicar el modo en que los sistemas complejos se autoconstruyen, persisten durante cierto tiempo y desaparecen. El descubrimiento de leyes que puedan explicar la evolución de los patrones orgánicos en espacio-tiempo-forma será entonces uno de los enormes desafíos de la biología del nuevo milenio.

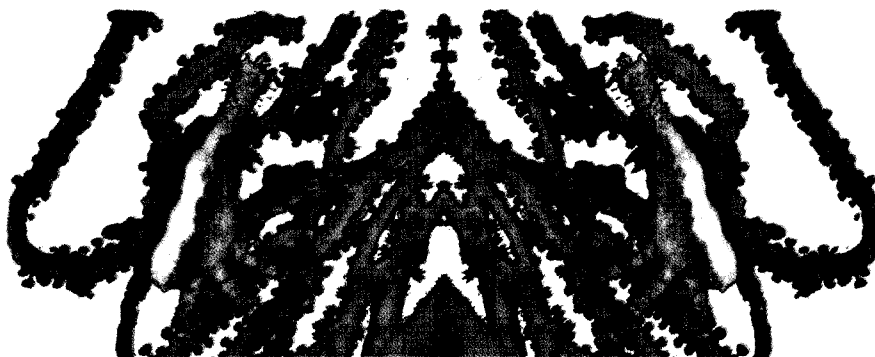


*Los patrones
biogeográficos
repetidos o
trazos generalizados
principales
del planeta
no corresponden,
de acuerdo
con Croizat, a la
configuración actual
de los continentes*



Bibliografía

- Braun**, A (1919), "Wing structure of Lepidoptera and the phylogenetic and taxonomic value of certain persistent trichopterous characters", *Ann Entomol Soc Amer*, 12:349-366.
- Busck**, A (1909), "Notes on Microlepidoptera, with descriptions of new North American species", *Proc Entomol Soc Washington*, 11:87-103.
- Camp**, CL (1923), "Classification of the lizards", *Bull Amer Mus Nat Hist*, 48:289-491.
- Colacino**, C (1997), "León Croizat's biogeography and macroevolution, or... 'out of nothing, nothing comes'", *Philipp Scient*, 34:73-88.
- Craw**, RC, JR Grehan y MJ Heads (1999), *Panbiogeography: Tracking the History of Life*, Nueva York y Oxford, Oxford Biogeography series 11.
- Craw**, R (1992), "Margins of cladistics: Identity, difference and place in the emergence of phylogenetic systematics, 1864-1975", en P Griffiths (comp), *Trees of Life*, Holanda, Kluwer Academic Publishers, pp 65-107.
- Craw**, RC, y P Weston (1984), "Panbiogeography: A progressive research program?", *Syst Zool*, 33:1-33.
- Croizat**, L (1958), *Panbiogeography*, vols 1 y 2, Caracas, publicado por el autor.
- Croizat**, L (1964), *Space, Time, Form: The Biological Synthesis*, Caracas, publicado por el autor.
- Croizat**, L (1982), "Vicariance/vicariism, panbiogeography, 'vicariance biogeography', etc: A clarification", *Syst Zool*, 31:291-304.
- Croizat**, L (1984), "Mayr vs Croizat: Croizat vs Mayr: An enquiry", en RC Craw y GW Gibbs (comps), *Croizat's Panbiogeography and Principia Botanica: Search for a Novel Biological Synthesis*, Tuatara 27, pp 49-66.
- Darwin**, CR (1859), *The Origin of Species*, Londres, John Murray.
- Häckel**, E (1866), *Generelle Morphologie der Organismen*, Berlín, G Reimer.
- Hennig**, W (1950), *Grundzüge einer Theorie der phylogenetischen Systematik*, Berlín, Deutscher Zentralverlag.
- Humphries**, CJ, y LR Parenti (1999), *Cladistic Biogeography: Interpreting Patterns of Plant and Animal Distributions*, Nueva York y Oxford, Oxford Biogeography series 12.
- Kauffman**, SA (1993), *The Origins of Order*, Oxford, Oxford University Press.
- Kuhn**, TS (1971), *La estructura de las revoluciones científicas*, Breviarios, núm 213, México, Fondo de Cultura Económica.
- Nelson**, G, y NI Platnick (1981), *Systematics and Biogeography: Cladistics and Vicariance*, Nueva York, Columbia University Press.
- Wilson**, EO (1998), *Consilience: The Unity of Knowledge*, Nueva York, Alfred A Knopf.



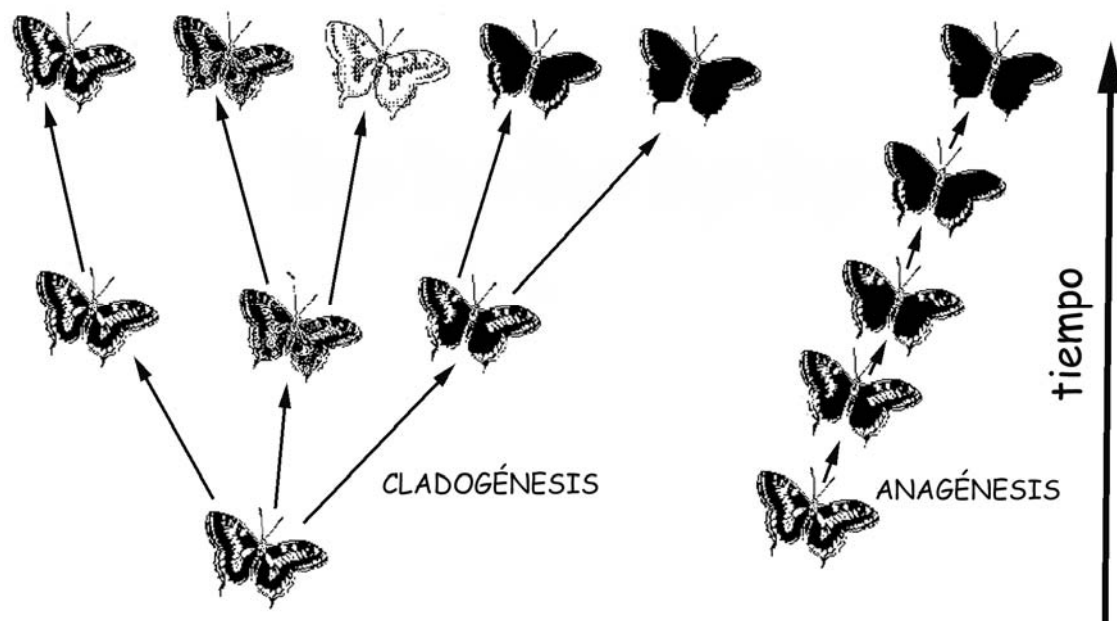
LA SISTEMÁTICA FILOGENÉTICA

Fundamentos teóricos de la sistemática filogenética. Las nociones de carácter y de homología. Estados de un carácter. Criterios de homología. El valor taxonómico de los caracteres.

Fundamentos teóricos de la sistemática filogenética

La sistemática filogenética se basa en tres supuestos básicos:

- (1) La Vida ha surgido solamente una vez, y por ello todos los organismos tienen algún ancestro común, más o menos remoto.
- (2) Hubo un patrón de diversificación (**cladogénesis**) que se puede representar como bifurcaciones sucesivas e irreversibles en los linajes.
- (3) Las características de los organismos cambian con el tiempo (proceso evolutivo).



Dos patrones de cambio evolutivo: Cladogénesis (evolución con separación de linajes distintos y diversificación) y anagénesis (cambio sin diversificación).

Consecuentemente, los cambios en los caracteres de los organismos permiten marcar los linajes y, a través de ellos, es posible reconstituir la historia de la Vida. El procedimiento de la sistemática filogenética consiste en un *análisis de los caracteres*, para extraer la información que permite formar una *hipótesis de filogenia*, la que mejor explica los datos a mano. La hipótesis de filogenia está luego traducida en una clasificación.

Carácter y homología

Los primeros pasos de un análisis filogenético son la **definición de los caracteres**, luego las hipótesis sobre su homología entre taxones y la **codificación** de sus diferentes estados. Estos pasos son válidos para la sistemática filogenética, pero también lo son sea cual fuera el criterio de clasificación contemplado:

Los caracteres son los atributos que se consideran para la clasificación. Se define un **carácter** como algo que se puede describir independientemente, y que sea comparable - más exactamente, que se puede reconocer como homólogo - entre varios taxones. Se hace la distinción entre el carácter y los **estados** del carácter, que son las diferentes formas del

carácter, aunque comúnmente se usa la palabra “carácter” para referir un estado del carácter. Un estado de carácter se puede transformar en otro estado, mientras eso no se verifica para un carácter.

Ejemplos

Carácter	Estados
ojos	ausentes, presentes
color de ojos	azul, marrón, verde... (cualitativo)
vértebras	presentes, ausentes
número de vértebras	18, 19, 20, 21... (cuantitativo, discontinuo)
peso	5-10 kg., 10-20 kg. 20-30 kg... (cuantitativo, continuo)

Los pasos de un estado a otro y de este otro a un tercero constituyen una serie de transformación. Un carácter puede ser invariable (1 estado), binario (2 estados posibles) o polimórfico (3 o más estados) en un conjunto de taxones.

Se define la relación de **homología** como el hecho de que el carácter tiene continuidad evolutiva desde un ancestro común de los taxones considerados.

Se definen como homólogos los estados del carácter:

- En el mismo linaje antes y después de una transformación evolutiva, o
- En varios taxones, con transformaciones que se pueden trazar a un ancestro común.

Unas características semejantes, pero adquiridas por separado en taxones distintos, son **análogas**. Características análogas suelen corresponder a una necesidad funcional, pero no tienen significado para la reconstrucción de la filogenia. Aparecen en linajes no emparentados y se conocen como homoplasias (alas en aves y en insectos, por ejemplo).

Además de la homología, se asumen dos condiciones para utilizar caracteres como indicadores de la filogenia:

- Que sean heredables, o sea que tengan una base genética.
- Que sean independientes, o sea que la probabilidad de un cambio de estado en uno no dependa de un cambio en otro.

El resultado de esta primera fase se puede presentar como un cuadro de taxones y caracteres (una **matriz**), en el que para cada carácter se ha hecho a priori una hipótesis de homología.

	Mamíferos	Escamosos	Cocodrilos	Aves	Anfibios
Aberturas temporales en el cráneo	un par (sinápsidos)	dos pares (diápsidos)	dos pares (diápsidos)	dos pares (diápsidos)	ausentes
Ventana preorbitaria	ausente	ausente	presente	presente	ausente
Regulación de la temperatura	presente (homeotermos)	ausente	ausente	presente (homeotermos)	ausente
Pelvis	normal	normal	modificada	modificada	normal
Arco aórtico principal	izquierdo	izquierdo y derecho	derecho	derecho	izquierdo y derecho

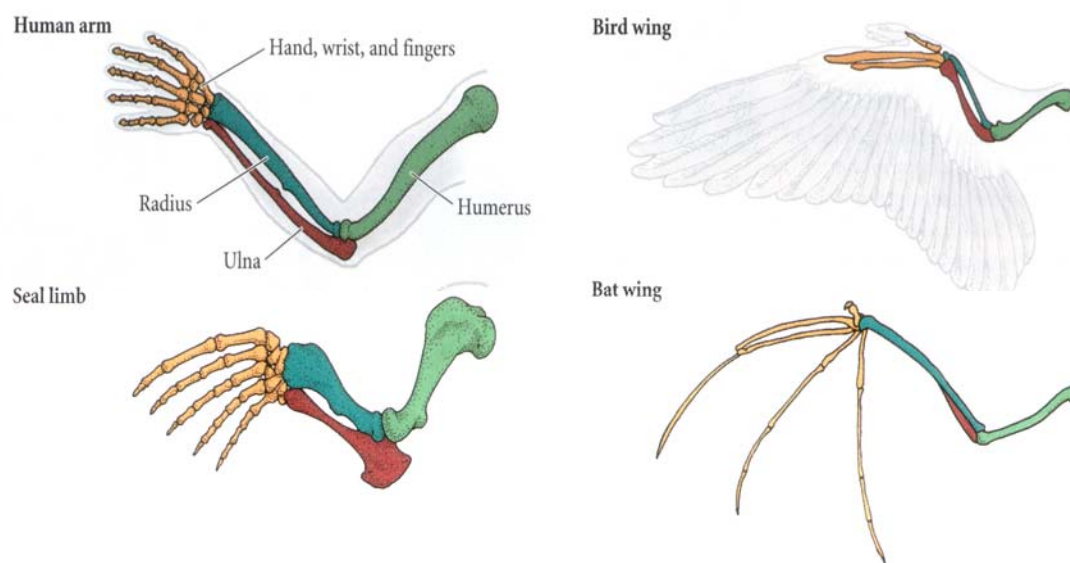
Criterios de homología

El concepto actual de homología radica en la idea de que existe la evolución y que estructuras o caracteres homólogos derivan unos de otros desde un ancestro común. Sin embargo, el concepto es anterior a la teoría de la evolución y remonta a Owen (1843) quien define como homología “la presencia del mismo órgano en diferentes animales bajo cada variedad de forma y función”.

Los **criterios de homología** (Remane, 1952) son los que se toman en cuenta a la hora de formular la hipótesis sobre la homología de caracteres.

Criterios morfológicos

(1) **Criterio de posición.** La homología se revela cuando un carácter tiene la misma posición en el conjunto de estructuras en que forman parte. Una ilustración clásica y fácil de entender se halla en los huesos de los miembros de los Tetrápodos.



El criterio de posición relativa es uno de los más patentes para reconocer homologías en lo que se refiere a caracteres morfológicos (figura tomada de Gilbert, 2000). Notar que los huesos de los Tetrápodos son homólogos entre sí, pero que el carácter “adaptación al vuelo” ha dado lugar a dos adquisiciones independientes de las alas (las alas como tal, son análogas y no son homólogas).

(2) **Criterio de cualidad especial.** Estructuras similares pueden ser consideradas homólogas, aún sin referencia a una posición similar, cuando concuerdan en numerosos caracteres particulares. Ciertamente se incrementa con el grado de complicación y el grado de semejanza de las estructuras comparadas. El estereoma de los Equinodermos es un buen ejemplo de una estructura que se encuentra en una variedad de posición en el cuerpo del animal, pero que se reconoce cómo homóloga por las características únicas de su textura y composición.

(3) **Criterio de continuidad de formas intermediarias.** Aún en estructuras no similares y estructuras de posición diferente, pueden ser homologadas si se pueden encontrar formas transicionales en las que, de una a otra, se comprueban los criterios anteriores. Las formas intermedias pueden ser tomadas de la ontogénesis.

Transformaciones de un carácter. Polaridad. Nociones de plesiomorfía, apomorfía, sinapomorfía.

El sentido de la transformación de un estado de carácter a otro es su **polaridad**. En relación con la polaridad existe un estado ancestral y otro derivado. El estado en el ancestro (antes del cambio) se cualifica de **plesiomórfico** (o se dice que es una **plesiomorfía**) y el estado en el descendiente (después del cambio; también se dice “derivado”) es **apomórfico** (es una **apomorfía**). Cada cambio del carácter de un estado a otro es un **paso** evolutivo.

Un estado de carácter, compartido entre dos taxones se denomina **sinapomorfía** (del prefijo sin- = en conjunto, y apomorfía) de estos dos taxones si existe solamente en ellos y en su último ancestro común, y no en ancestros más remotos. Una sinapomorfía ha originado en dicho ancestro común e indica que hay una relación de parentesco

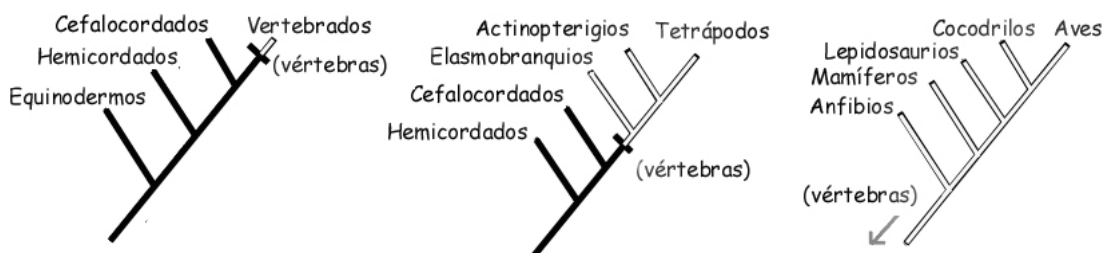
Según el principio filogenético, las sinapomorfías son el único criterio válido para agrupar organismos en taxones.

La presencia compartida de estados de carácter se denomina **simplesiomorfía** si se encuentra en el ancestro común más reciente, pero **también en ancestros más remotos**. En este caso, la presencia compartida no indica parentesco (tampoco lo excluye: no tiene información).

La presencia de un estado derivado en un solo taxón se denomina **autapomorfía**. Una autapomorfía no es informativa sobre las relaciones filogenéticas de su portador.

Los calificativos de “apomorfía” o “plesiomorfía” tienen un valor relativo, que depende del rango considerado en la clasificación jerárquica:

- Lo que es simplesiomorfía en un taxón (por ejemplo, presencia de vértebras en Aves) puede ser una sinapomorfía a un nivel más inclusivo (presencia de vértebras en varios grupos de Vertebrados)
- Lo que es autapomorfía en un taxón (Aves: presencia de plumas) es también sinapomorfía uniendo taxones de rango menos inclusivo (presencia de plumas en Passeriformes, Anseriformes, ...y otros órdenes de Aves).



La valoración de un estado de carácter como autapomorfía (no informativa para filogenia), sinapomorfía (informativa) o plesiomorfía (no informativa) depende del rango taxonómico considerado. En el ejemplo del esquema, la condición “vértebras presentes” es una autapomorfía de Vertebrados, por ello no informa sobre la posición de los Vertebrados en relación con otros animales. La misma condición es una sinapomorfía de Elasmobranquios, Actinopterygios y Tetrápodos, informando que estos deben ser agrupados en un mismo taxón de rango superior (los Vertebrados). Luego, es una plesiomorfía entre Vertebrados, por lo que no nos informa sobre relaciones de Mamíferos con Aves, ni sobre relaciones de Cocodrilos con Aves: todos tienen vértebras y su último ancestro común también las tenían.

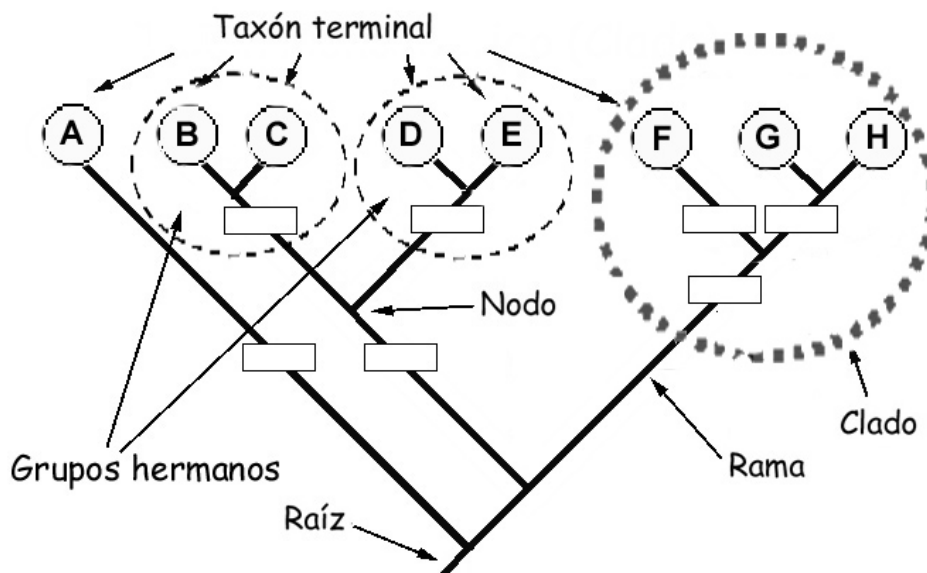
La construcción de un cladograma

La construcción de un cladograma consiste en agrupar los objetos del estudio en taxones, justificando cada taxón por una presunta sinapomorfía. Un carácter es **informativo** (para filogenia, se entiende)

- si tiene al menos dos estados
- si al menos un estado derivado (apomórfico) está compartido entre algunos, pero no entre todos, los taxones estudiados.

Si el carácter es invariable en todos los taxones, carece obviamente de utilidad. Si un estado derivado está presente en un solo taxón, tampoco nos dice algo sobre las relaciones filogenéticas de dicho taxón.

Los taxones unidos por sinapomorfías constituyen un **clado**. Un **cladograma** es la representación, en un esquema dicotómico, de una hipótesis sobre las relaciones filogenéticas de varios taxones, siempre que esta hipótesis sea obtenida por haber reconocido presuntas sinapomorfías (el término más genérico de “dendrograma” se aplica a una representación de cualquier hipótesis en un esquema dicotómico).



Terminología utilizada en los cladogramas (las etiquetas en las ramas simbolizan presuntas sinapomorfías o autapomorfías de las ramas)

Taxón terminal: las unidades taxonómicas menos inclusivas que están contempladas en el estudio.

Clado: El conjunto, justificado por la posesión de una sinapomorfía, formado por un grupo de taxones terminales y su ancestro común más próximo (el ancestro en el que la sinapomorfía apareció por primera vez)

Rama: la representación de un linaje que conduce hasta un taxón terminal o hasta un clado. A cada rama corresponde una presunta apomorfía del clado (sinapomorfía), o en su caso del taxón terminal (autapomorfía).

Nodo: el punto donde una rama se bifurca en dos ramas distintas.

Raíz: el nodo que conecta todos los clados es la raíz del árbol.

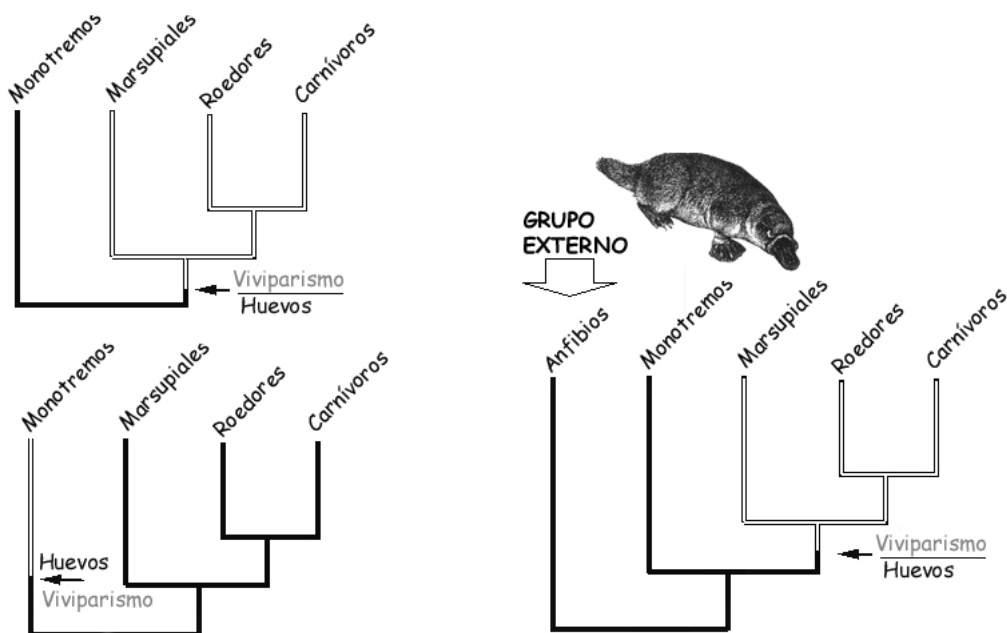
Grupos hermanos: cada uno de los clados definidos de parte y otra de un nodo (excluyendo este mismo nodo, o sea excluyendo el ancestro común de los dos clados) [en Inglés, “sister groups”].

El análisis de la polaridad de los caracteres.

Por análisis de la polaridad, se entienden las hipótesis que se pueden hacer sobre el sentido de la transformación de los caracteres. Este paso es fundamental en la sistemática filogenética, puesto que el estado derivado es informativo, y el estado ancestral no lo es. El sentido de transformación no es obvio, y se conoce raramente de antemano. El criterio más reconocido para conocer la polaridad de un carácter es el del **grupo externo**.

Se define el grupo externo (“outgroup” en Inglés) como un taxón (grupo hermano u otro) que se utiliza como base para el análisis de polaridad de caracteres. Debe ser lo suficientemente emparentado con el grupo estudiado para compartir caracteres homólogos, y a la vez lo suficientemente distinto para que no pertenezca al mismo clado.

Un estado de carácter se puede suponer apomórfico si existe en el taxón estudiado, pero no en sus grupos externos. Este estado de carácter se debe considerar plesiomórfico si existe en el taxón estudiado, pero también en alguno de los taxones del grupo externo.

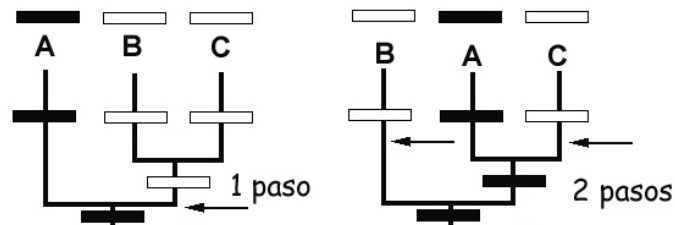


La comparación con un grupo externo permite conocer la polaridad de un carácter. En el ejemplo relativo a Mamíferos, existen dos posibilidades de transformación del patrón de reproducción, desde “huevos” hacia “viviparismo” o viceversa. Conociendo solamente a los Mamíferos, no se puede deducir, pero la comparación con Anfibios (o Cocodrilos, o Aves) demuestra que la posesión de huevos, compartida con el grupo externo, es plesiomórfica en Mamíferos. Consecuentemente, es el viviparismo que constituye una sinapomorfía y define validamente un taxón.

Existe también un **criterio ontogenético**: Si dentro de un grupo el estado de un carácter ocurre sólo en la ontogenia de ciertas especies, pero también en el adulto en las otras, entonces es probablemente el estado plesiomórfico del carácter. Son ejemplos, las hendiduras branquiales que pueden verse en la mayoría de los Tetrápodos. Estas hendiduras son restos de las branquias primitivas que ya han desaparecido. Otro ejemplo, entre los Cetáceos, los Odontoceti (cachalotes) tienen dientes y los Mysticeti (ballenas) no. Sin embargo, las ballenas tienen dientes que son reabsorbidos totalmente durante el crecimiento del individuo. Esto sugiere que la presencia de dientes es más primitiva que la ausencia.

El principio de parsimonia

En el contexto de la reconstrucción filogenética, el **principio de parsimonia** implica que la relación filogenética más probable de un grupo de taxones es la que requiere el menor número de transformaciones evolutivas. La transformación de un carácter (entre un estado ancestral y uno derivado) constituye un **paso** evolutivo, y una hipótesis de la filogenia puede ser evaluada por el número total de pasos que ella supone (“longitud del árbol”).



Conforme el carácter examinado en este ejemplo, la hipótesis relacionando (B,C) supone una sola transformación, por ello es más parsimoniosa que la alternativa relacionando (A,C).

Hemos visto que los estados de caracteres se pueden repartir en dos categorías:

- Plesiomorfías, estados compartidos conservados desde un ancestro remoto, que no indican nada.
- Apomorfías, estados compartidos que han evolucionado en el último ancestro común de la rama y que indican parentesco.

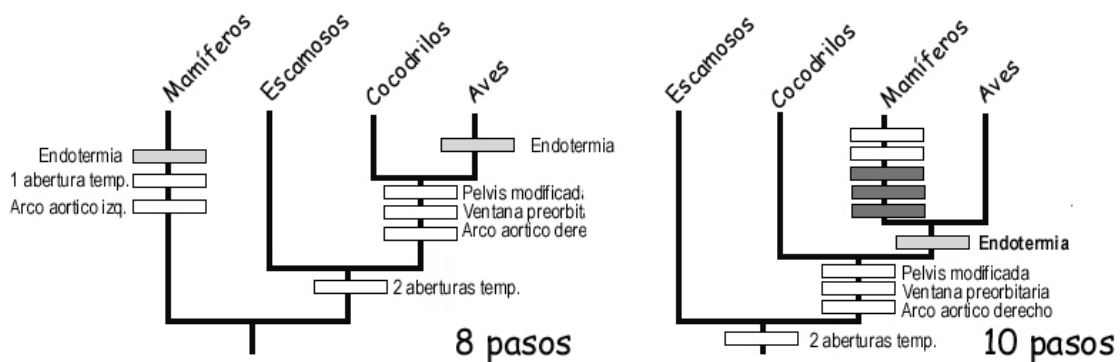
Sin embargo, puede darse el caso que un carácter haya llegado, por separado en dos o más linajes distintos, a estados que tengan la misma apariencia. Este fenómeno se llama por lo general **homoplasia** y complica el análisis filogenético. Entre homoplasias se incluyen:

- convergencia: estados derivados (= apomórficos) del carácter, que aparecen independientemente en dos o más linajes y son indistinguibles por morfología. (alas de Insectos y alas de Aves: el estado “alas presentes” no indica un parentesco entre Insectos y Aves)
- paralelismos (prácticamente es lo mismo que convergencia, pero afecta una estructura preexistente en ambos grupos: alas de Murciélagos y de Aves, que son transformaciones paralelas de un miembro anterior originalmente homólogo).
- reversión: cuando un carácter vuelve al estado ancestral en uno o más linajes (aletas de Ballenas y aletas de Peces).

Si se toman como sinapomorfías unos caracteres afectados por homoplasia, la hipótesis de filogenia que se deduce de ellos es falsa. Los **conflictos de caracteres** son los casos en que la hipótesis filogenética es distinta según se consideran unos u otros caracteres.

Consideramos ahora un ejemplo concreto. Se consideran los siguientes cinco caracteres en los Amniotas (estados plesiomórficos en sombreado, polarizados por comparación con un grupo externo):

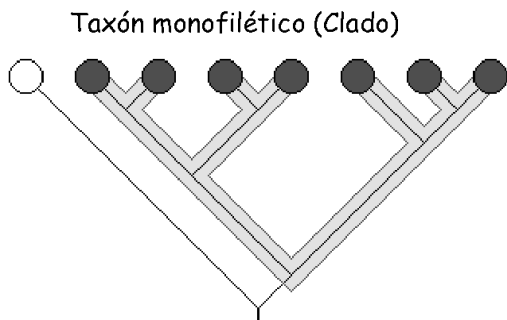
	Mamíferos	Escamosos	Cocodrilos	Aves	Anfibios (g.e.)
Aberturas temporales en el cráneo	un par (sinápsidos)	dos pares (diápsidos)	dos pares (diápsidos)	dos pares (diápsidos)	ausentes
Ventana preorbitaria	ausente	ausente	presente	presente	ausente
Regulación de la temperatura	presente (homeotermos)	ausente	ausente	presente (homeotermos)	ausente
Pelvis	normal	normal	modificada	modificada	normal
Arco aórtico principal	izquierdo	izquierdo y derecho	derecho	derecho	izquierdo y derecho



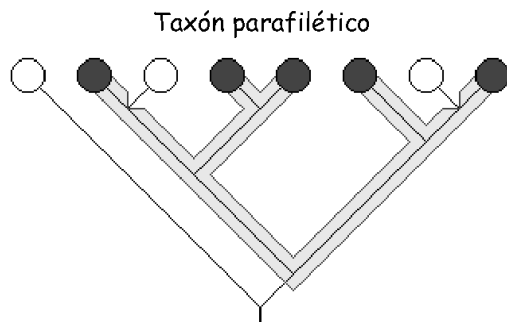
La hipótesis más parsimoniosa nos lleva a considerar que la regulación de la temperatura corporal ha evolucionado dos veces, una en Aves y otra vez en Mamíferos. En esta hipótesis, la homeotermia es una convergencia (una **homoplasia**). La hipótesis alternativa que la homeotermia es una sinapomorfía uniendo Aves a Mamíferos obliga a considerar en Mamíferos tres reversiones (los caracteres de la pelvis, del arco aórtico y de la ventana preorbitaria vuelven al estado ancestral) y dos cambios más (de 2 a una abertura temporal, y desarrollo preferente del arco aórtico izquierdo). Esta hipótesis es *menos parsimoniosa* que la precedente, y por ello se desestima.

Nociones de monofilatismo, parafiletismo, polifiletismo

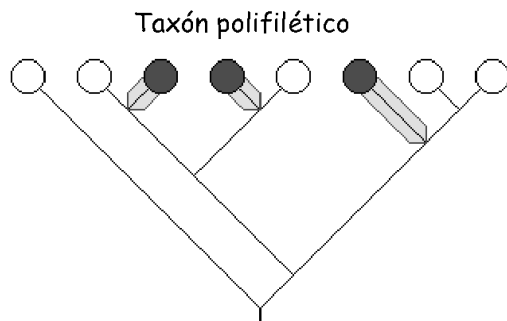
En cada uno de los esquemas, se representa en negro los taxones terminales incluidos en el taxón, las bandas grises representan los linajes, incluyendo en ancestro común.



Un grupo de organismos que contiene el ancestro común más próximo de estos organismos, y *todos* sus descendientes. Un grupo monofilético constituye un **clado**.
Ejemplos *Mammalia, Aves, Insecta, etc.*



Un grupo de organismos que contiene el ancestro común más próximo de estos organismos, pero no todos sus descendientes.
Ejemplos: los Protistas, los Dinosaurios.



Un grupo de organismos que no contiene el ancestro común más próximo de estos organismos, generalmente porque este no presenta las supuestas características de dicho grupo.

Ejemplos: los Mamíferos marinos, los Vertebrados voladores...

Los taxones polifiléticos no son aceptables. Los miembros del taxón que no pertenecen al mismo clado que la especie tipo están mal clasificados, deben ser retirados de este taxón y clasificados en otro.

MÉTODOS ALTERNATIVOS

La sistemática filogenética tiene el mérito de ser establecida a partir de una base metodológica explícita: los taxones que se reconocen en una clasificación son aquellos que están definidos por al menos una sinapomorfía. La aplicación de este principio ha resultado en cambios notables en las clasificaciones establecidas anteriormente de forma empírica. Así, se ha desestimado la “clase Peces” por ser un grupo parafilético, y en su lugar se reconocen varios grupos supuestamente monofiléticos (Acantopterigios, Condrictios). Sin embargo, existen situaciones en que la aplicación estricta de este principio filogenético resulta en una clasificación poco práctica, o inestable, o bien no refleja de forma adecuada diferencias morfológicas que se creen importantes.

Aplicando estrictamente una metodología filogenética, ¿los pájaros son Dinosaurios? ¿O, si no, en que manera debemos reflejar en la clasificación el hecho de que se ha producido una radiación adaptativa a partir de un Dinosaurio? El tema no puede tener objetividad porque la decisión final es cuestión de umbrales, y que los umbrales son arbitrarios. ¿Por qué las Aves serían una clase, y no los Ictiosauros? Las metodologías alternativas que tengan importancia son dos: la fenética y la evolucionista.

Sistemática fenética

Con el presupuesto de que la historia filogenética nunca se podrá conocer exactamente, la escuela feneticista propone de cuantificar todos los caracteres posiblemente observados y de considerar solamente un criterio de semejanza para agrupar unidades en taxones. Los puntos principales constan en los siete enunciados fundamentales de Sneath y Sokal (1973):

- (1) Cuanto más información exista sobre los taxones en una clasificación, y cuanto más caracteres se contemplen, mejor será esta clasificación.

- (2) A priori, cada carácter es de peso igual en la elaboración de taxones naturales.
- (3) La similitud global entre dos entidades cualesquiera es función de su similitud particular para cada uno de los caracteres examinados en ellas.
- (5) Se pueden hacer inferencias filogenéticas bajo determinadas hipótesis previas sobre mecanismos y pasos evolutivos.
- (6) La Taxonomía se percibe y se practica como una ciencia empírica
- (7) Las clasificaciones se basan en similitud fenética.

En el ámbito de la sistemática fenética, se llama **unidad taxonómica operacional (UTO)** cualquier objeto por clasificar. El paso siguiente es la construcción de los **fenogramas**, o sea la agrupación de unidades taxonómicas operacionales en taxones fenéticos, según índices de semejanza o de divergencia basados en cálculos matemáticos que suelen requerir la utilización de ordenadores.

La escuela fenética, en realidad, no pierde de vista que la semejanza en la forma es consecuencia de la semejanza genética. Por tanto, considera que una muestra numerosa de caracteres fenotípicos, elegidos aleatoriamente, debe ser fiel reflejo del genoma. Hay que matizar que, aunque la metodología fenética haya perdido mucho protagonismo en estudios morfológicos, sigue siendo muy empleada en la interpretación de datos moleculares.

Sistemática evolucionista

Los procedimientos de la clasificación evolucionista no consideran que la historia filogenética sea el único criterio para clasificar organismos (Mayr *et al.*, 1953; Simpson, 1961). El principio teórico fundamental es que la evolución produce grupos naturales y que sólo los fenómenos evolutivos son los responsables de las discontinuidades entre los taxones. En consecuencia, la clasificación debe basarse en la genealogía (principio filogenético) pero debe reflejar también en alguna medida la semejanza o la divergencia de formas (principio fenético).

Los proponentes de una sistemática evolucionista consideran que la clasificación filogenética no refleja adecuadamente todos los aspectos de la evolución. Se contemplan también los aspectos siguientes:

1. **Discontinuidades**, que pueden ser documentadas por resultados fenéticos. Un taxón está *separado de cada grupo adyacente en la filogenia por una discontinuidad morfológica más importante* que cualquier discontinuidad interna al grupo. En otros términos, la discontinuidad entre dos taxones emparentados tiene que ser más grande que las discontinuidades internas en cada taxón. Este tema es conflictivo, puesto que en principio la metodología de clasificación propone que la agrupación de objetos en clases se haga mediante características compartidas, no sobre diferencias.

2. **Zona adaptativa**. La escuela evolucionista concede una consideración importante al papel de los taxones en el ecosistema. El término de **zona adaptativa** designa cualquier espacio de la biosfera con características propias, sea o no ocupado por organismos. Mayr (1969) considera que el grado de diferencia en la zona adaptativa ocupada debe ser contemplada para establecer el rango de un taxón: “un taxón cuyo ancestro común se ha incorporado en una nueva zona adaptativa prometedora... se le da un rango más alto que a un taxón que no sea tan significativo desde el punto de vista ecológico”. La idea de Mayr es que las zonas adaptativas existen anteriormente a los taxones, y que sus características ambientales son el motor de la radiación del taxón que consiga establecerse en ellas. Grandes taxones que se han integrado a una nueva zona adaptativa son Aves (el vuelo), Cetáceos (regreso al mar).

3. Grado evolutivo. Por grado, se entiende **un nivel de organización o de plan corporal compartido**. La sistemática evolucionista acepta este criterio de definición de un grupo como alternativa a la posesión de un ancestro común. Entre Tetrápodos Amniotas, los Reptiles son un grado si consideramos las Aves como una clase distinta. Los animales que comparten un grado evolutivo también comparten la misma zona adaptativa. Mayr (1969) argumenta que, mientras el grado no corresponde a un grupo polifilético, es razonable considerarlo como un taxón.

5. Número de especies. Este dato se justifica porque la eficiencia de un sistema de clasificación es óptima cuando el número de especies por taxón se mantiene entre límites razonables. La idea es que si un género es demasiado grande, es siempre posible agrupar sus especies según afinidad filogenética, y es más informativo dividir el género en dos o más conforme este criterio.

6. Equivalencia. Idealmente, el nivel de diferencia correspondiente a un rango taxonómico debería ser el mismo en todos los taxones. Históricamente no es así, y existe para cada grupo una tradición en la definición de grupos supraespecíficos. El grado de diferencia entre familias de Insectos puede corresponder al que hay entre órdenes de Aves.

7. Estabilidad. Revisiones en la clasificación deberían evitar trastornos exagerados en esquemas de clasificación usados por todos los biólogos. Las clasificaciones bien establecidas no deberían ser abandonadas sin que sea por razones muy fuertes, ya que tienen un papel en el almacenamiento y difusión de la información.

Las críticas a este sistema consisten precisamente en decir que no es un sistema y que los criterios son todos subjetivos. En defensa de ello, podemos decir que hay extremos en los que la clasificación filogenética tampoco es satisfactoria:

- En no reflejar el grado de diferencia y la ocupación de una zona adaptativa distinta: por mucho que sabemos que las Aves son Dinosaurios derivados, nos es más intuitivo seguir usando una Clase Aves.
- En carecer de estabilidad: mientras los organismos pluricelulares constituyen los tres reinos Animal, Vegetal y Hongos (monofiléticos), no se vislumbra una alternativa estable al Reino Protistas (parafilético, inaceptable según el principio filogenético) para clasificar el resto de los Eucariotas unicelulares.
- En dificultar la correspondencia de rangos. El afán de reflejar todas las bifurcaciones de la historia filogenética en la clasificación resulta en situaciones impracticables a la hora de establecer rangos. Además, dichos rangos son inestables puesto que cualquier descubrimiento de un taxón intercalado cuestiona toda la jerarquía.

ESPEJOS DE NUESTRA EPOCA: BIODIVERSIDAD, SISTEMATICA Y EDUCACION

SIGNS OF THE TIMES: BIODIVERSITY, SYSTEMATICS AND EDUCATION

Jorge Víctor Crisci

Museo de La Plata, 1900 La Plata, Argentina. crisci@museo.fcnym.unlp.edu.ar

RESUMEN

La biología ha definido la biodiversidad como la variedad y variabilidad de los seres vivos y de los ecosistemas que integran. Los componentes de la diversidad biológica se organizan en tres niveles: el de los genes, que constituyen las bases moleculares de la herencia; el de las especies, que son conjuntos de organismos afines capaces de reproducirse entre sí; y el de los ecosistemas, que son complejos funcionales formados por los organismos y el medio físico en el que habitan. La biodiversidad es el resultado de un proceso que comenzó hace 3.500 millones de años, cuando en las aguas de un mar primitivo empezaron a formarse moléculas complejas capaces de autoduplicarse. Todos los seres que hoy viven en la Tierra comparten esa misteriosa herencia molecular. En las últimas décadas numerosas especies de plantas y animales desaparecen de la faz de la tierra, a un ritmo tal que a fines del siglo XXI habrán desaparecido 2/3 de todas las especies. Dada la gravedad del problema está justificado reflexionar acerca de esta pérdida y sus consecuencias como espejos de nuestra época y relacionarlas con las tareas de la sistemática biológica y la educación.

PALABRAS CLAVES: Extinción, conservación, clasificación.

ABSTRACT

Biodiversity is the variety and variability of living things and of the ecosystem that they constitute. It can be studied at three levels: genes, species, and ecosystems. The most common way to quantify biodiversity is using the species level. Estimates place the number of species in the world at around thirteen million, yet only 1.7 million of these have been identified and described. There is evidence that we are destroying species faster than we are identifying them. This paper is a presentation of the problem of the loss of biodiversity as a sign of our time. Also biological systematics and education are discussed as tools to ameliorate the problem.

KEYWORDS: Extinction, conservation, classification.

INTRODUCCION

El escritor sudafricano Lauren van der Post sostenía: “A sabiendas o no, todos vivimos, además de nuestras personalísimas vidas, la vida de nuestra época”. Por otro lado el filósofo francés Jean-Paul Sartre expresaba: “Todos los intelectuales, en su tarea, dudan entre ser fieles a lo que ellos quieren hacer con su época o a lo que su época quiere hacer con ellos”.

Esta notable importancia que la época tiene en nuestras vidas, tanto personales como profesionales,

justifica una mirada a nuestra época tal como ella se refleja en una de sus más serias consecuencias: la pérdida de biodiversidad como resultado de la actividad humana. Les propongo que comencemos con un ejercicio de imaginación: un viaje al pasado.

El planeta se había formado unos mil millones de años antes, la atmósfera carecía de oxígeno, no existía la capa de ozono, violentas tormentas eléctricas azotaban el ambiente. Así, entre relámpagos y truenos, hace tres mil quinientos millones de años aparecía la vida sobre la tierra: una molécula compleja adquiría la capacidad de autorreproducirse y de

producir descendencia con cambio (evolución). Comenzaba con ello a escribirse la historia de la diversidad biológica. Este extraordinario fenómeno cambió profundamente al planeta y su atmósfera; sólo basta mirar a nuestro alrededor para confirmarlo. En esos tres mil quinientos millones de años, período tan vasto que desconcierta a la imaginación, aparecieron (y en muchos casos también desaparecieron) millones y millones de especies.

Los organismos celulares, las algas, las plantas con flores, las aves, los peces, los mamíferos, los insectos, fueron entrando en el escenario evolutivo, hasta que muy recientemente, unos quinientos mil años atrás, apareció el hombre. Todos los seres vivos que existen y han existido están hermanados en ese origen. Cada una de las especies, incluyendo al hombre, contiene en su memoria genética el sonido de los truenos que acunaron la vida y comparte esa memoria con el resto de la diversidad biológica. Pero, al mismo tiempo, cada una de las especies es un ensayo único y precioso de la naturaleza, donde se cruzan los fenómenos del universo, sólo una vez de ese modo, y nunca más. Y así cada especie, con su singularidad y universalidad, es un espejo secreto del inconcebible universo.

No puedo dejar de mencionar, en medio de una crisis energética (otra de las consecuencias de nuestra época), que la energía que consumimos está estrechamente asociada a esta historia de la biodiversidad, ya que la mayor parte de la energía que el hombre actualmente emplea proviene del sol y ha sido almacenada desde hace millones de años por la biodiversidad. Los combustibles fósiles como el carbón, el petróleo y el gas son energía almacenada en remanentes de organismos que vivieron hace millones de años: el petróleo y el gas, producto de organismos acuáticos microscópicos, el carbón como producto de plantas de pantano que vivieron hace 300 millones de años.

Al inicio del siglo XXI, la diversidad biológica atraviesa por uno de los períodos más críticos de su larga historia. Resolver los problemas de este período crítico es tarea de una sola especie, el *Homo sapiens*. El hombre, que ha alcanzado la capacidad de dominar a otras formas de vida, está al mismo tiempo amenazando la existencia de la mayoría de ellas, incluyendo la propia. En la larga batalla evolutiva el hombre, utilizando su inteligencia, ha logrado prevalecer, pero sólo triunfará si utiliza también su inteligencia para limitar su victoria y

asegurar su propia supervivencia.

El objetivo de mi presentación es responder brevemente las siguientes preguntas:

- ¿Qué es la biodiversidad?
- ¿Atraviesa la biodiversidad un momento crítico? ¿Cuáles son las causas?
- ¿De qué manera influye en el hombre común el problema de la biodiversidad?
- ¿Qué hacer, desde la sistemática y desde la educación?
- ¿Cuál es la relación entre los países en desarrollo y la biodiversidad?

¿QUÉ ES LA BIODIVERSIDAD?

La biología define a la biodiversidad como la variedad y variabilidad de los seres vivos y de los ecosistemas que estos integran. Los componentes de la diversidad biológica se organizan en tres niveles: el de los genes, que constituyen las bases moleculares de la herencia; el de las especies, que son conjuntos de organismos afines capaces de reproducirse entre sí y el de los ecosistemas, que son complejos funcionales formados por los organismos y el medio físico en el que habitan (Crisci 2001).

Las especies son la herramienta científica más utilizada para medir la biodiversidad y, como tal, la primera para definir políticas de conservación de la misma. Por ello resulta imprescindible conocer las especies que habitan el planeta y ubicarlas en un marco clasificatorio fundamentado en hipótesis científicas.

La ciencia tiene inventariadas alrededor de un millón setecientas mil especies actualmente vivientes (Fig. 1): la mayoría insectos, alrededor de 1.000.000, unas 300.000 corresponden a las plantas superiores, unas 70.000 a hongos, unas 45.000 a vertebrados incluyendo a las aves, peces, anfibios, reptiles y mamíferos, entre ellos la especie humana, y el resto a los demás seres vivientes.

Pero no todas las especies que existen están inventariadas. Es más, la mayoría de los biólogos coincide en suponer que los números citados sólo indican una pequeña fracción del total de especies que pueblan la Tierra. Por distintos métodos han intentado estimar la cifra real de éstas y han arribado a un valor cercano a los 13.000.000.

Si se plantea la hipótesis conservadora de que sólo 10 millones de especies habitan en estos

momentos el planeta, habría que concluir que la ciencia sólo conoce el 15% de las especies vivas. Estos números implican la necesidad de intensificar

los esfuerzos científicos por conocer ese 85 % actualmente no inventariado por la ciencia (Crisci 1998).

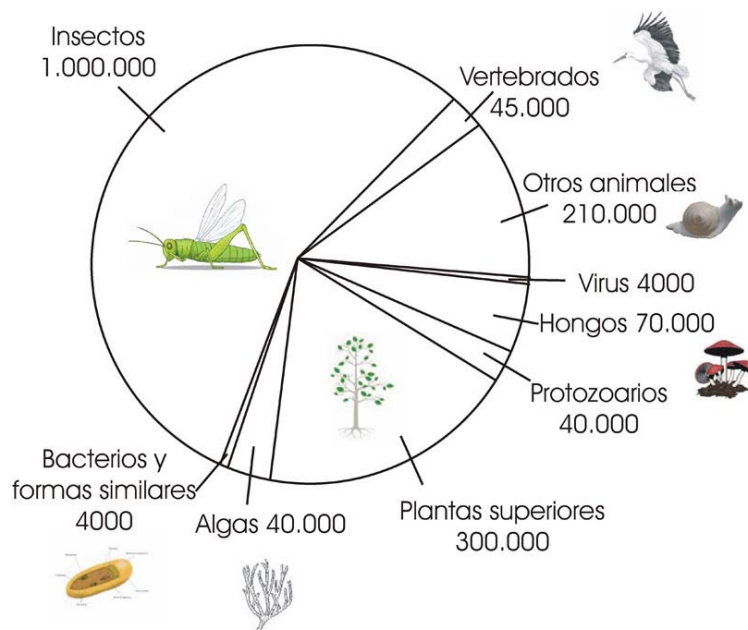


FIGURA 1. Número de especies conocidas (según grandes grupos).

FIGURE 1. Number of known species (per major group of organisms).

¿ATRAVIESA LA BIODIVERSIDAD UN MOMENTO CRÍTICO?

Para responder a esta pregunta comencemos por una historia. A mediados del siglo XIX Alexander Wilson, un prominente estudioso de las aves, fue testigo del paso por una de las praderas de América del Norte de una bandada de palomas pasajeras, que oscureció el cielo por cuatro horas. La bandada tenía 386 kilómetros de largo por 1,5 kilómetros de ancho y la constituían millones de individuos. En 1914 moría en el zoológico de Cincinnati el último individuo de esta especie. ¿Cómo pudo extinguirse en menos de 50 años una especie que alguna vez fue el ave más abundante de América del Norte? La respuesta es simple: la gente. La mayor causa para la extinción de esta especie fue la caza comercial indiscriminada y sin control a la que fue sometida. A partir de 1858 se la cazó para alimento y para producir fertilizantes. Escopetas, rifles, trampas, artillería y hasta dinamita fueron utilizados para cazar esta especie que se movía

en grandes bandadas. En 1878 un cazador profesional mató, él solo, más de tres millones de palomas pasajeras. Para principios del siglo XX sólo quedaban unas pocas colonias de esta especie y, en 1914, como dijimos, muere el último individuo. Esta historia claramente demuestra que la biodiversidad atraviesa un momento crítico.

La extinción o pérdida definitiva de una especie es un fenómeno natural que ocurre y ha ocurrido con frecuencia en la historia de la vida. La tasa natural de extinción para unas 10 millones de especies es de cuatro especies por año.

En las últimas décadas del siglo XX numerosas especies de plantas y animales se han extinguido a un ritmo tal que se puede decir que estamos frente a una extinción masiva (Raven 2002). En la historia del planeta se han registrado cinco episodios de extinciones masivas; en el último de ellos, hace 65 millones de años, desaparecieron los dinosaurios. Como prueba de que vivimos el sexto episodio de

extinciones masivas tenemos las extinciones documentadas para el período 1930-1990 para las especies conocidas de aves y mamíferos (sobre un total de unas 13.000 especies): se extinguieron 19 especies de aves y 14 especies de mamíferos, lo que representa 100 veces la tasa natural de extinción.

Si calculamos la tasa de extinción de este momento en forma indirecta, basándonos en los números de especies por área, teniendo en cuenta la pérdida de bosques tropicales (aproximadamente 1/3 en los últimos 40 años): se extinguen 50.000 especies por año (sólo 7.000 de ellas conocidas). Esto representa 10.000 veces la tasa natural de extinción y significa un 5% (del total de especies) por década. De mantenerse esta tasa, a finales del siglo XXI habrán desaparecido dos tercios (2/3) de las especies del planeta (Raven & McNeely 1998).

¿CUÁLES SON LAS CAUSAS?

Está claro que la actual extinción masiva se debe principalmente a la actividad humana que genera (Crisci 2001):

- (1) La pérdida o fragmentación del hábitat de numerosas especies;
- (2) la sobreexplotación de los recursos vivientes;
- (3) la invasión de especies introducidas;
- (4) la contaminación del agua, del suelo y de la atmósfera y
- (5) el cambio del clima mundial.

Las causas esenciales o primarias de la pérdida de especies están arraigadas en un modo de vida que deberíamos cambiar, y entre esas causas están:

- (1) El crecimiento de la población;
- (2) las políticas, sistemas económicos y jurídicos que no atribuyen su debido valor al medio ambiente y a sus recursos vivientes;
- (3) la evaluación de políticas con una escala de tiempo inadecuada;
- (4) la injusticia social; y
- (5) la insuficiencia de conocimientos científicos y errores en la aplicación de los mismos.

¿DE QUÉ MANERA INFLUYE EN EL HOMBRE COMÚN EL PROBLEMA DE LA BIODIVERSIDAD?

Existen muchas razones para pensar que la pérdida de

especies es un serio problema que afecta a la sociedad en su conjunto. La biodiversidad tiene, al menos, cuatro valores: económico, estético, científico y ético (Crisci 2001).

VALOR ECONÓMICO

La dimensión más fácil de visualizar cuando se habla de la importancia de la diversidad biológica es la económica o productiva. Los principales usos que el ser humano hace de las especies animales y vegetales están relacionados con su alimentación, vestimenta, producción de energía y distintos tipos de materiales. Estos usos están tan ligados a nuestra vida diaria que resulta innecesario explayarse sobre ellos.

Por otra parte, muchas plantas, hongos y bacterias constituyen una importante fuente de productos medicinales. Al respecto, basta recordar el impacto producido por la aparición de las siguientes medicinas y sus efectos benéficos:

· ALIVIAR EL DOLOR

1817: Morfina extraída de las cápsulas inmaduras de la amapola blanca: *Papaver somniferum* (Papaveraceae).

· TRATAR LA INFLAMACIÓN

1829: Ácido acetilsalicílico (aspirina) extraído de la corteza del sauce: *Salix fragilis* y *Salix purpurea* (Salicaceae).

· REGULAR EL RITMO CARDÍACO

1868: Digitalina extraída de las hojas del digital: *Digitalis purpurea* y *Digitalis lanata* (Scrophulariaceae).

· COMBATIR EL PALUDISMO

1820: Quinina obtenida de la corteza de la quina: *Cinchona succirubra* (Rubiaceae).

1972: Artemisina extraída de los capítulos inmaduros y hojas de la *Artemisa annua* (Asteraceae).

· EVITAR EL RECHAZO DE LOS INJERTOS

1970: Ciclosporina resultante de un hongo noruego.

· LUCHAR CONTRA EL CÁNCER

1958-1965: Derivados, vimblastina y vincristina, obtenidos de las partes aéreas de la vincapervinca: *Catharantus roseus* (Apocynaceae) de Madagascar.

1971: Taxol obtenido de la corteza del tejo del Pacífico: *Taxus brevifolia* (Taxaceae).

1980: Taxoterol obtenido a partir de las hojas del tejo europeo: *Taxus baccata* (Taxaceae).

Por otro lado, la venta de medicinas de origen natural en un solo país (USA) y de un solo laboratorio suma

alrededor de 6.000 millones de dólares anuales. En el mundo, y teniendo en cuenta a todos los laboratorios, la cifra trepa a 80.000 millones de dólares anuales. Recientemente se descubrió en una especie de *Catharanthus* de Madagascar (*C. roseus*) dos sustancias derivadas que resultaban efectivas contra ciertas formas de leucemia infantil, aumentando la tasa de supervivencia de un 10% a un 90%. Este hallazgo demuestra la inacabable potencialidad de la biodiversidad como fuente de medicinas.

Una pregunta que ha surgido es ¿quién es el dueño de la naturaleza? O dicho de otra forma ¿quién tiene los derechos sobre las riquezas generadas por las nuevas medicinas naturales?, ¿Los pobladores de la región donde se hallaron las plantas?, ¿los botánicos que las hallaron?, ¿los laboratorios o instituciones que solventaron la búsqueda? ¿el país donde fue hallada? No existe una respuesta única en este tema, por lo que es un tema que despierta controversias.

Asimismo, las especies animales y vegetales juegan un papel fundamental en el funcionamiento de los ecosistemas. Ellas protegen los suelos, regulan los ciclos hidrológicos, funcionan como controles biológicos de plagas y polinizadores de plantas útiles y tienen una influencia fundamental en la determinación de las características atmosféricas y del clima de la Tierra. La alteración de los ecosistemas naturales por parte del hombre suele acarrear graves consecuencias, tales como desertización, empobrecimiento de suelos, aludes, surgimiento de plagas y alteraciones en la composición de la atmósfera.

VALOR ESTÉTICO

Existe, además, una dimensión estética de la diversidad biológica. Si esta no se preserva, la humanidad habrá perdido la posibilidad de apreciar y disfrutar de una gran parte de los resultados de millones de años de evolución biológica en nuestro planeta. La recompensa estética que los seres humanos obtienen al contemplar la naturaleza es invaluable.

VALOR CIENTÍFICO

Si los organismos y los ecosistemas que ellos integran son destruidos o profundamente alterados, el conocimiento científico quedará obligadamente incompleto y, por lo tanto, no se tendrán elementos

suficientes para hacer un uso racional de los recursos naturales y para manejar los ecosistemas artificiales (agroecosistemas y plantaciones forestales, entre otros).

VALOR ETICO

Finalmente, el hombre tiene un compromiso ético con la diversidad biológica, lo cual implica el respeto por la existencia de los demás seres vivos y la obligación de preservar los recursos naturales para las generaciones humanas futuras.

¿QUÉ HACER DESDE LA SISTEMÁTICA Y DESDE LA EDUCACIÓN?

SISTEMÁTICA

Es obvio que para evitar la extinción de una especie, el primer paso es conocerla científicamente incluyendo en ese conocimiento: ubicación sistemática, distribución geográfica, ecológica, y vulnerabilidad a los cambios en su ambiente. La sistemática biológica es la que provee esta información. Por lo tanto, es imprescindible estimular estas investigaciones, sobre todo teniendo en cuenta que sólo conocemos científicamente alrededor de un 15% de las especies (Wilson 2003).

La comunidad internacional de sistemáticos a través de numerosas sociedades e instituciones, ha reconocido la urgente necesidad de describir y comprender la biodiversidad. Por ejemplo, la Willi Hennig Society, la Society of Systematic Biologists, la American Society of Plant Taxonomists y la Association of Systematics Collections han creado recientemente el proyecto "Systematics Agenda 2000" (anónimo 1994) (Fig. 2).

Este proyecto define tres misiones básicas de la sistemática del siglo XXI: 1) realizar un inventario completo de la biodiversidad. Esto implica descubrir y describir especies aún desconocidas para la ciencia y describir en detalle las ya conocidas; 2) comprender la diversidad biológica. Esto conlleva la realización de revisiones sistemáticas de grupos elegidos, su análisis filogenético y la construcción de clasificaciones jerárquicas; y 3) creación de bases de datos para el manejo de la información sistemática relevada y creación de redes informáticas a través de las cuales fluya la información en todas direcciones. Las tres misiones convergen en un objetivo común: el uso sustentable y la conservación de la biodiversidad.

AGENDA SISTEMÁTICA 2000

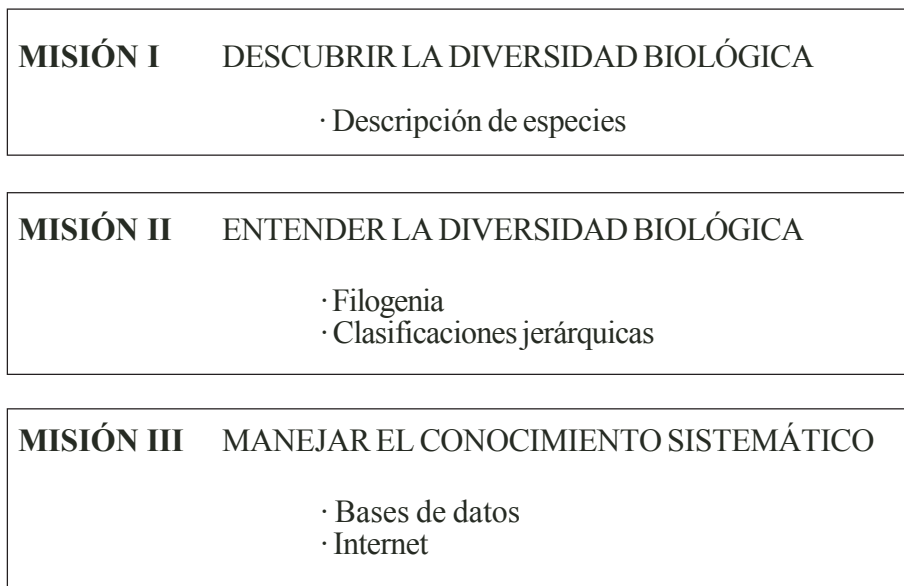


FIGURA 2. Las tres misiones propuestas para la Agenda Sistemática 2000.

FIGURE 2. The missions of Systematics Agenda 2000.

Linneo al crear su sistema clasificatorio, a mediados del siglo XVIII, reconocía unas 9.000 especies de seres vivos. Casi 250 años después se reconocen científicamente alrededor de 1.700.000. Actualmente se describen unas 10.000 especies nuevas (en realidad unas 13.000, pero 3.000 resultan especies ya descritas con anterioridad) por año. Si mantenemos constante la velocidad de descubrimientos de nuevas especies, tardaríamos no menos de 500 años en inventariar científicamente al total de especies existentes. Pero los científicos creen que la mayoría de estas especies se habrán extinguido mucho antes de ser descubiertas.

El Impedimento Taxonómico (“taxonomic impediment”) es el concepto utilizado para definir los errores y deficiencias en nuestro conocimiento sobre el total de las especies que existen, la falta de sistemáticos y el impacto que esta situación causa en nuestra capacidad para conservar y utilizar la biodiversidad (Crisci 2006).

La mayoría de los gobiernos del mundo adhieren a la Convención para la Diversidad Biológica (“Convention on Biological Diversity”, CBD) (Glowka *et al.* 1994) y a través de ella han reconocido la necesidad de invertir recursos para combatir el impedimento taxonómico. Esto ha sido expresamente aceptado en 1996 por la Conferencia de las Partes (“Conference of Parties”), órgano supremo de la CBD, a través del apoyo a la denominada “Global Taxonomy Initiative”, propuesta por su órgano asesor SBSTTA (“Subsidiary Body on Scientific, Technical and Technological Advice”).

La GTI incluye en su programa de trabajo evaluaciones de necesidades y capacidades de taxonomía en los niveles nacional, regional y mundial, medidas orientadas relativas a la biodiversidad forestal, marina, costera, de tierras secas, poco húmedas, aguas continentales, agrícola, y de montañas y actividades planificadas concernientes a especies exóticas invasoras.

EDUCACIÓN

Toda educación proviene de alguna imagen del futuro. Cuando un alumno pregunta para qué tiene que aprender álgebra, no le decimos “porque tu abuelo la aprendía” sino que le decimos porque la necesitará en el futuro. Esto presupone que los padres, los responsables de los programas de estudio y los docentes desarrollan una serie de hipótesis respecto de cómo será la sociedad más adelante.

Esto significa preparar a los jóvenes a planear la sociedad y sus propias vidas en función de las circunstancias en las que vivirán, o dicho en otras palabras, atribuir significado a lo que se enseña.

“Peggy Sue tu pasado te espera” es una película de Francis Ford Coppola de 1986, que tiene en una de sus escenas la definición de la educación como herramienta de vida. Peggy Sue, el personaje principal, tiene 43 años y asiste al 25° aniversario de su promoción de la escuela secundaria. Durante la reunión con sus ex compañeros, se desmaya y despierta a sus 18 años pero con la memoria de los 43 años vividos. Al principio se resiste a lo que le sucede y trata de explicar a quienes la rodean el extraño momento en que se encuentra, pero luego de luchar contra lo que le sucede finalmente lo acepta y lo toma como una posibilidad de cambiar el curso de su vida. Como parte de la aceptación vuelve a ir a clases a su colegio secundario. La primera clase a la que asiste es, si mal no recuerdo, la de matemática, pero pudo haber sido la de biología. El profesor toma un examen y por supuesto que Peggy Sue, que no estudió, entrega su hoja llena de garabatos. El profesor sorprendido le pregunta “¿Peggy Sue, qué significa esto?!”; Peggy Sue lo mira con suficiencia y le dice: “En el futuro nada de lo que usted me enseña me será útil, y se lo digo por experiencia”. Peggy Sue en su respuesta nos está dando la clave para enseñar atribuyendo significado a lo transmitido, y que ese significado sea para el alumno una herramienta de vida.

Una fuerte hipótesis sobre el futuro incluye al problema de la biodiversidad. Por ello, el director general de la UNESCO ha dicho:

“Se necesita un esfuerzo enorme en el tema educación y biodiversidad con el objeto de crear una conciencia global de los problemas que afrontamos. Sólo una sociedad educada sobre la biodiversidad puede crear las condiciones que nos

lleven a un futuro sustentable. La UNESCO está desarrollando junto a otros organismos una nueva iniciativa global en esta dirección, que tendrá como objetivo la educación, el entrenamiento, y el desarrollo de una conciencia pública sobre el tema biodiversidad”. (Koïchiro Matsuura, director general UNESCO, *Biology International* N° 39, julio 2000).

Esta situación exige nuevos objetivos educacionales que contemplen la problemática de la biodiversidad y que resalten el papel que la sistemática biológica tiene en la prevención y minimización del problema (Crisci 1994).

Los nuevos objetivos educacionales de la sociedad con referencia a la biodiversidad son:

- Crear conciencia sobre la pérdida de la biodiversidad.

- Fundamentar la necesidad de aprender más acerca de la biodiversidad.

- Producir ciudadanos informados y educados sobre la biodiversidad.

Los nuevos objetivos educacionales con referencia a la biodiversidad desde el punto de vista de los estudiantes son:

- Aprender a valorar la biodiversidad.

- Aprender a valorar la sistemática.

- Aprender a comunicar información utilizando conceptos sistemáticos.

- Aprender a tomar decisiones racionales con respecto a la biodiversidad.

Un cambio educativo que contemple estas necesidades de la sociedad y de los estudiantes debe partir de los siguientes fundamentos: la biodiversidad es un recurso global que necesita ser preservado; la sistemática es la herramienta básica para el estudio de la biodiversidad; la enseñanza de la sistemática juega un papel importante en la conservación de la biodiversidad; el aprendizaje de la sistemática es un proceso activo y constructivo; y la enseñanza de la sistemática debe estar basada en problemas reales, que demuestren el significado de la biodiversidad para la sociedad y las personas.

Un ejemplo de la preocupación que la comunidad educativa internacional tiene sobre la problemática de la sistemática en la educación es un libro publicado en 1993 por la Unión Internacional de Ciencias Biológicas en cooperación con la UNESCO. “Order & Diversity in the Living World: Teaching Taxonomy & Systematics in Schools” (Crisci *et al.* 1993).

Recientemente una institución reconocida

internacionalmente por su extraordinaria contribución a la educación biológica, Biological Sciences Curriculum Study (BSCS), ha desarrollado y publicado, encomendada por la National Science Foundation (NSF) de los Estados Unidos de América, un software educativo “Climbing the Tree of Life: Taxonomy & Phylogeny for High School Biology” con el objeto de ser utilizado en las escuelas secundarias, es decir, dirigido a adolescentes.

La esencia del tema educación y biodiversidad ha sido resumida de una bella manera por el escritor argentino Jorge Luis Borges:

“A un chico lo llevan por primera vez al jardín zoológico. Ese chico será cualquiera de nosotros o, inversamente, nosotros hemos sido ese chico y lo hemos olvidado. En ese jardín, (...) el chico ve animales vivientes que nunca ha visto; ve jaguares, buitres, bisontes y, lo que es más extraño, jirafas. Ve por primera vez la desatinada variedad del reino animal, y ese espectáculo, que podría alarmarlo u horrorizarlo, le gusta. Le gusta tanto que ir al jardín zoológico es una diversión infantil (...)

¿Cómo explicar este hecho común y a la vez misterioso?”

Y se responde el mismo Borges:

“(...) el niño mira sin horror a los tigres porque no ignora que él es los tigres y los tigres son él o, mejor dicho, que los tigres y él son de una misma esencia”.

Educación en el tema biodiversidad no es otra cosa que volver a recordar lo que sabíamos cuando éramos niños y que hemos olvidado: que todos los seres vivos somos de la misma esencia.

PAÍSES EN DESARROLLO Y BIODIVERSIDAD

América Latina forma parte de los llamados países en desarrollo. La población humana de estos países presenta ciertas estadísticas que describen crudamente su realidad y su relación con el problema de la biodiversidad: constituye el 77% (4.300 millones de personas) de la población mundial; un 40% de la misma vive en condiciones de extrema pobreza; utiliza sólo el 20% de la energía mundial; controla sólo el 15% de la economía mundial; contiene sólo el 6% de los científicos e ingenieros del mundo; pero convive con el 80% de la biodiversidad del planeta (Crisci 1998).

CONCLUSIONES

La pérdida de la biodiversidad es un problema global que avanza a una velocidad preocupante, mucho mayor que la de otros problemas más conocidos, como el calentamiento global, la disminución de la capa de ozono o la contaminación atmosférica. Esta pérdida tendrá consecuencias futuras negativas sin precedentes para la especie humana. Cualquier intento de solución implicará forjar una nueva relación con el mundo natural.

La conducta humana que provoca la extinción de numerosas especies y exige esa nueva relación se da, y no por azar, en una época que adora el dinero, la fama, el poder y los ídolos de la sangre y en la que poderes mediocres pueden destruirlo todo. En los trópicos de América del Sur existe una planta, *Bertholletia excelsa*, a la que llaman atrapa monos. Tiene un fruto del tamaño de un ananá, es hueco y contiene numerosas semillas del tamaño de una almendra. El fruto es duro con gruesas paredes leñosas, posee la consistencia de un tronco y una pequeña abertura en su parte superior. Los monos colocan la mano dentro del fruto y toman algunas semillas, al cerrar el puño con las semillas, la mano del mono no sale del fruto y quedan atrapados y recorren la selva con esa carga. Sólo bastaría que soltaran las semillas para ser liberados de la carga, pero no logran asociar la idea de abandonar las semillas para lograr la libertad. Esta es una excelente metáfora de la codicia que rige nuestro difícil tiempo. Parafraseando al escritor franco-argelino Albert Camus, podemos decir que cada generación se siente predestinada a cambiar el mundo (o a su época si ustedes quieren). La mía no lo logró y es muy posible que la de ustedes tampoco lo logre. Sin embargo, la generación de ustedes tiene una misión mucho más trascendente: evitar que el mundo se destruya. Ustedes, herederos de una historia corrompida, en la que se mezclan las revoluciones frustradas y las ideologías extenuadas, ustedes, tienen en sus manos una enorme responsabilidad: defender la vida. Para ello necesitarán de dos prodigios, un oído finísimo al que no se le escape el menor diapasón de la época y el de una pasión sin límites por contribuir al progreso y bienestar de la humanidad.

Se ha dicho que la esperanza viene al mundo en las patas de una paloma. Si aguzamos el oído acaso oigamos en medio del estrépito de la codicia, la injusticia social y la violencia, un débil aleteo, un

suave bullicio de vida y de esperanza. Unos dirán que este aleteo está alimentado por un pueblo, otros por una ideología, otros por un hombre. Yo creo, sin embargo, que está sustentado en millones de jóvenes como ustedes, cuyas acciones y obras niegan cada día a la cultura de la muerte y rescatan el extraordinario momento que 3.500 millones de años atrás heredó para siempre al hombre con el resto de los seres vivos.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue presentado como conferencia inaugural de la XVII Reunión Anual de la Sociedad de Botánica de Chile. Agradezco a las autoridades de la Sociedad de Botánica de Chile y al Comité Organizador de dicha reunión por la invitación a presentar esta conferencia. Asimismo, agradezco a Alicia Marticorena y Liliana Katinas la lectura crítica y el apoyo brindado.

BIBLIOGRAFIA

ANÓNIMO. 1994. Systematics Agenda 2000. Charting the biosphere. Documento producido por la Systematics Agenda 2000, un grupo constituido por la American Society of Plant Taxonomists, la Society of Systematic Biologists y la Willi Hennig

Society, en cooperación con la Association of Systematics Collection.

- CRISCI, J.V. 1994. Biodiversity in the classroom. En: A call for action-Environmental education now and for a sustainable future. (Ed. K. Nakayama), pp. 161-168. Papers presented at the IUBS/CBE Symposium 1993. Tsukuba, Japón.
- CRISCI, J.V. 1998. La Sistemática de nuestro tiempo: hechos, problemas y orientaciones. Boletín de la Sociedad Botánica de México 63:21-32.
- CRISCI, J.V. 2001. La biodiversidad como recurso vital de la humanidad. Anales de la Academia Nacional de Agronomía y Veterinaria. Tomo LV:256-269.
- CRISCI, J.V. 2006. One-Dimensional Systematist: Perils in a Time of Steady Progress. Systematic Botany 31:217-221.
- CRISCI, J.V., J.D. MCINERNEY & P.J. MCWETHY. 1993. Order and diversity in the living world: Teaching taxonomy and systematics in schools. The Commission for Biological Education of the International Union of Biological Sciences. The Sheridan Press. Hannover, Pennsylvania, USA. 96 pp.
- GLOWKA, L.E., F. BURHEUME-GUILMIM, H. SYNGE, J.A. MCNEELY & L. GÜNDLING. 1994. A guide to the Convention on Biological Diversity. Gland, Switzerland. World Conservation Union.
- RAVEN, P.H. 2002. Science, sustainability and the human prospect. Science 297:954-958.
- RAVEN, P.H. & J.A. MCNEELY. 1998. Biological extinction: Its scope and meaning for us. En: Protection of global biodiversity. Converging strategies. (Eds. D. Lakshman & J.A. McNeely), pp. 3-32. Duke University Press. Durham and London.
- WILSON, E.O. 2003. The encyclopedia of life. Trends in Ecology and Evolution 18:77-80.

Recibido 10.03.06
Aceptado 24.03.06

Capítulo 17: BIODIVERSIDAD, CLASIFICACIÓN Y FILOGENIA

Alberto Tinaut y Francisca Ruano

DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA ANIMAL Y ECOLOGÍA. UNIVERSIDAD DE GRANADA.
18071. Granada. E-mail: hormiga@ugr.es

DEPARTAMENTO DE AGROECOLOGÍA Y PROTECCIÓN VEGETAL. ESTACIÓN EXPERIMENTAL DEL ZAIDÍN. CSIC.
C/. Profesor Albareda, 1. 18008-Granada. E-mail: francisca.ruano@eez.csic.es

En este capítulo se analizan una serie de aspectos que giran alrededor del concepto de especie. En primer lugar se aborda el estudio de la biodiversidad, un tema de interés general debido fundamentalmente a que la flora y fauna del mundo está desapareciendo a tasas demasiado elevadas. De las diferentes propuestas para solucionar de forma rápida este problema, analizamos en este capítulo las posibilidades de realizar un inventario de todas las especies y las ventajas e inconvenientes de conservar y proteger los ecosistemas y con ellos a sus especies. Otros aspectos importantes que inciden en este problema es el papel de las especies clave y el de las especies bioindicadoras, especies sensibles a determinadas alteraciones. Por último la detección de los puntos calientes de biodiversidad, es decir áreas relativamente pequeñas pero que contienen un gran número de especies endémicas, puede ayudar a dirigir las medidas de protección a estas áreas de especial interés y concentrar y rentabilizar los esfuerzos. Los elementos en los que se basan todos los estudios sobre biodiversidad son las especies, entidades aparentemente discretas y concretas pero de muy difícil definición. En este capítulo se estudian los conceptos de especie más importantes y los criterios que, relacionados con cada uno de los conceptos, se han desarrollado para ordenar o clasificar las especies.

Concepto y medida de la biodiversidad

Antecedentes del concepto de biodiversidad: la diversidad ecológica

La diversidad es un concepto ecológico medible, previo al de biodiversidad, que incorpora los términos de riqueza específica y constancia de abundancias relativas de especies. El estudio de este concepto comenzó a abordarse en los años 40, cuando se comprobó que la diversidad de especies es baja cuando el número de especies crece despacio con respecto al incremento en el número de individuos y alta cuando el número de especies crece rápidamente. A partir de los años 50 se propusieron modelos para explicar cómo se comportaba la diversidad, y cómo se podía extrapolar en diferentes ecosistemas (Preston 1948, MacArthur 1957). Desde entonces una gran variedad de índices han sido presentados (para una revisión ver Magurran 1989), hasta el punto que la diversidad de especies corrió el riesgo de perder su sentido original. Debido a su dependencia del tamaño de muestreo y a la pérdida de información biológica que se produce usándolos, los índices de diversidad ecológica pueden considerarse un descriptivo estadístico más, que por sí mismo no es muy informativo (Noss 1990). Purvis y Hector (2000) recomiendan la intercorrelación de varios índices. Cuanto mayor sea la correlación entre ellos más razonable será reducir las medidas múltiples a unos pocos componentes principales, creando dimensiones de diversidad. Sin em-

bargo, uno de los problemas principales del uso de índices de diversidad es que la riqueza específica conocida para un ecosistema varía dependiendo del tipo y del esfuerzo de muestreo, lo que dificulta la comparación de diversidad de especies en comunidades diferentes. Para esto se ha desarrollado una herramienta estadística que permite llevar a cabo medidas de diversidad utilizando procedimientos de aleatorización de los muestreos, tales como la rarefacción, para ajustar la abundancia y el esfuerzo de muestreo en los ecosistemas que se comparan (Gotelli y Entsminger 2001).

Definición de biodiversidad

El término biodiversidad es una simple contracción de las palabras diversidad biológica, que engloba la variabilidad biológica a lo largo de todas las escalas, desde los genes, hasta las especies o ecosistemas, incluso los paisajes (Purvis y Hector 2000). La biodiversidad es el resultado, entre otros procesos, de la selección natural y de la adaptación de las especies a condiciones de vida cambiantes y, en definitiva, de la evolución.

Algunos autores consideran que la definición de biodiversidad debe incluir los procesos ecológicos, tales como interacciones interespecíficas, perturbaciones naturales y ciclos de nutrientes (Noss 1990), sin embargo en este punto no hay acuerdo entre los científicos, debido a que los que proponen el estudio del funcionamiento del ecosistema como medida de biodiversidad, en muchos

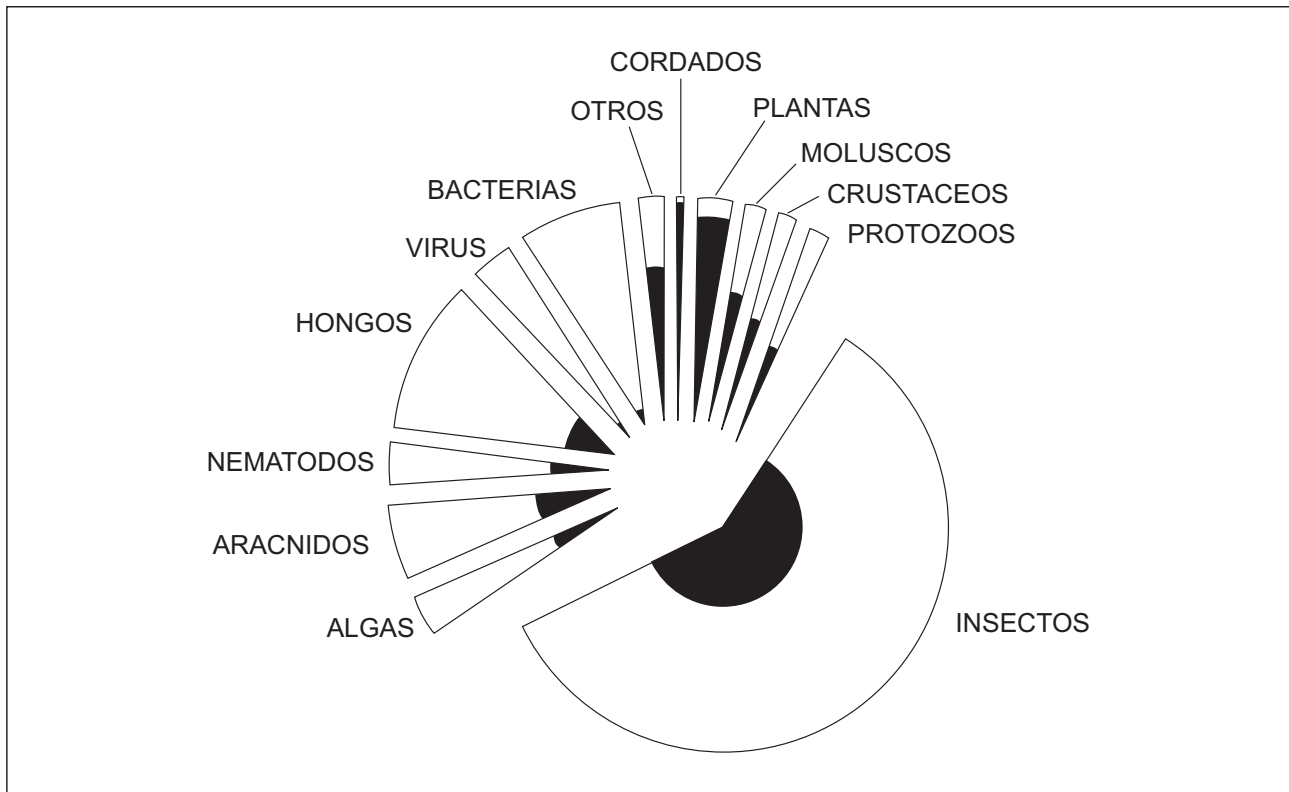


Figura 1. Proporción estimada de especies descritas (en negro) y por describir (en blanco), en los diferentes grupos de seres vivos (modificado de Purvis y Hector 2000).

casos se han limitado al estudio de factores o condiciones abióticas, perdiendo de vista a los organismos (“species approach”) (Ghilarov 1996).

Incluso hoy día sigue existiendo controversia sobre qué conceptos deben incluirse en el término biodiversidad (<http://www.gencat.es/mediamb/bioassess/bacontr2.htm>) y si deben de prevalecer en su definición los organismos vivos (Goldstein 1998), o pueden ser incorporados incluso los procesos que se producen en el ecosistema (en el sentido de Noss 1990).

Con un criterio integrador Bowen (1999) apunta que conservar especies sin ecosistemas tiene tanto sentido como perpetuar ecosistemas sin especies y propone que no deben conservarse objetos (genes, especies o ecosistemas), sino los procesos de la vida. Esta tarea supone la identificación y protección de varias ramas del árbol de la vida (filogenia), el mantenimiento de los ecosistemas como soporte de los organismos (ecología) y la continua adaptación de los organismos al entorno fluctuante (evolución) (Bowen 1999).

El tema de la biodiversidad se ha convertido en un tema de interés prioritario debido a que la flora y fauna del mundo está desapareciendo a tasas superiores a las de las extinciones en masa que recogen los registros fósiles (McCann 2000).

El objetivo de proteger los ecosistemas y especies en peligro, se convirtió en preferente a partir de finales de los 80. Sin embargo se trata de una tarea ingente e inabordable a nivel específico, debido al gran número de taxones absolutamente desconocidos. Hoy día es imposible cono-

cer y describir el número total de especies existentes en la Tierra. Una nueva especie de mamífero es aún descubierta cada tres años (Pine 1994) y un gran vertebrado marino cada cinco (Paxton 1998). Basándose en las tasas de descubrimiento de nuevas especies (una media de 300 especies/día) y teniendo en cuenta la variabilidad geográfica, parece que el total de especies descritas hasta el momento (1,75 millones) son únicamente un 10% del total (Fig. 1) (Purvis y Hector 2000).

Y no sólo se encuentran y describen nuevas especies, Cycliophora y Loricifera son filos animales que han sido descubiertos para la ciencia en los últimos 20 años (Funch y Kristensen 1995). Dentro del reino Archaea se producen nuevos descubrimientos al nivel de filo cada mes (Fuhrman y Campbell 1998). Si además incluimos la problemática sobre el concepto de especie, que se analiza posteriormente, puede llegarse a la conclusión de que el conocimiento de todos los organismos vivos del planeta es una tarea inabordable.

El estudio de la biodiversidad: ¿genes, especies, ecosistemas?

Los científicos intentan responder a la inquietud de la sociedad y el apremio de los políticos, que desean evaluar fácil y rápidamente cuáles son las especies en peligro, y qué zonas deben ser conservadas para evitar la pérdida masiva de biodiversidad.

Las respuestas han sido múltiples, la primera es el estudio concienzudo de todas las especies, o al menos de las que estén en peligro (Caughley 1993). Esta es una tarea que puede llevarse a cabo sólo a largo plazo y que no

tiene mucho sentido, cuando diariamente están desapareciendo especies que aún no han sido descritas. Además puede considerarse que esta tarea necesitaría, al ritmo actual, décadas e incluso varios siglos de trabajo, dependiendo de la estima que se haga del número de especies que quedan por describir y del ritmo de descripciones (Bellés 1998, Purvis y Hector 2000).

Otra idea es la de conservar los ecosistemas. Los ecosistemas se consideran formados por una parte composicional (las especies), una estructura (las relaciones entre ellas) y una función (los procesos que se llevan a cabo en el ecosistema) (Noss 1990). La aproximación conservacionista del ecosistema se ha llevado a cabo desde diversos puntos de vista, fundamentalmente desde dos perspectivas ecológicas diferentes: la ecología de comunidades (que principalmente estudia la dinámica, evolución, diversidad y complejidad de los componentes biológicos del ecosistema) y la ecología de ecosistemas (que trata del funcionamiento del ecosistema, de los organismos biológicos y su entorno abiótico, fundamentalmente de los flujos de materia y energía entre los compartimentos funcionales).

En los últimos años existe una controversia sobre cómo afecta la pérdida de biodiversidad al mantenimiento de las funciones del ecosistema. Por todo ello, se hace cada vez más necesario el enfocar objetivos comunes entre estas dos disciplinas (ecología de comunidades y ecología de ecosistemas) y aportar nuevas interpretaciones, generalizaciones y predicciones de los resultados experimentales que nos aproximen al conocimiento de la relación entre biodiversidad y los procesos del ecosistema y nos conduzcan hacia una nueva teoría ecológica de síntesis (Loreau 2000).

Especies redundantes y especies clave

Otra de las propuestas sobre cómo enfocar el estudio de la biodiversidad es la de Walker (1992, 1995) que propone el estudio, en vez de sobre especies particulares, sobre los grupos funcionales o gremios, y analizando si en estos grupos funcionales se sitúan varias especies (especies redundantes) o una única especie (especie clave). De esta manera se tendría un criterio para decidir prioridades de conservación, puesto que la equivalencia ecológica de las especies pertenecientes al mismo grupo funcional permite que el ecosistema siga funcionando (Walker 1995). Desde este punto de vista es prioritaria la conservación de las especies clave, aunque esto no quiere decir que las especies redundantes no tengan importancia, puesto que la diversidad de especies funcionalmente equivalentes refuerza la resistencia y elasticidad del ecosistema y su capacidad para mantener su funcionamiento original (Walker 1995).

Especies bioindicadoras

Otro tipo de aproximación al funcionamiento del ecosistema es buscar especies correlacionadas con la modificación de procesos o especies sustitutas para cuantificar

la biodiversidad y comparar sus valores en el espacio y el tiempo (Purvis y Hector 2000), son los llamados indicadores de biodiversidad o especies bioindicadoras, que son las especies más sensibles a ciertos procesos.

El mayor problema del uso de especies bioindicadoras, es que suelen ser grupos de especies bien conocidos (aves, mamíferos) (Landres et al. 1988), y se ha demostrado que los patrones de diversidad en estos grupos mejor conocidos no siempre se corresponden con los de los grupos menos estudiados, por lo que no puede correlacionarse la presencia de una especie bioindicadora con la riqueza específica de otros grupos (Reid 1998). Landres et al. (1988) propone el uso de indicadores como parte de una estrategia de análisis de riesgos que se dirija a hábitats clave (incluyendo corredores, mosaicos y otras estructuras del paisaje) así como a especies. Noss (1990) propone incluir en esa estrategia indicadores de biodiversidad composicional, estructural y funcional a múltiples niveles de organización.

Muchos grupos animales de invertebrados tienen capacidad de comportarse como indicadores (ver trabajos en Paoletti 1999), sin embargo para que su uso sea útil, es preciso, en primer lugar, definir el objetivo del estudio a llevar a cabo, y el uso que se quiere dar al bioindicador, así como la escala de aplicación (McGeoch 1998).

Puntos calientes de biodiversidad

Los puntos calientes de biodiversidad (“hotspots”) fueron definidos por Myers (1989, 1990) como áreas relativamente pequeñas que contienen un gran número de especies endémicas, que se enfrentan a una amenaza significativa de pérdida de hábitats. De forma más general el término punto caliente de biodiversidad es ahora aplicado a áreas geográficas que son particularmente ricas en cuanto a número de especies que albergan, niveles de endemismo y número de especies raras o amenazadas (Reid 1998).

Nuevamente, debido al desconocimiento de muchas especies, de su patrón de distribución y de sus poblaciones, no se conoce en muchos casos qué zonas pueden ser más apropiadas para conservar el total (o la mayoría) de las especies. Debido a esto se ha intentado utilizar sustitutos (bioindicadores), de esta manera una buena parte de los puntos calientes de biodiversidad se han definido según grupos “indicadores”. Algunos autores han demostrado que no se puede correlacionar el nivel de endemismos con la riqueza específica de diferentes taxones en el mismo lugar (Reid 1998), por lo que el uso de sustitutos para la limitación de los puntos calientes de biodiversidad es positiva a gran escala (Reid 1998), mientras que a escalas más finas, a menudo, hay poca correspondencia en la riqueza específica de taxones (Balmford 1998). Por otro lado se ha comprobado que en lugares heterogéneos, en los que los diferentes taxones exhiben patrones biogeográficos comunes, la conservación de espacios complementarios asegura la protección de un mayor número de taxones (Howard et al 1998).

Muchos de estos puntos calientes de biodiversidad, establecidos con los criterios expuestos anteriormente, se convierten en espacios protegidos. Se considera que mucha de la biodiversidad tropical es improbable que sobreviva sin protección efectiva (Myers et al 2000). Los conservacionistas están probando diferentes estrategias, que van desde establecer y mantener áreas estrictamente protegidas, a promocionar manejos sostenibles del bosque y otros proyectos de conservación integrada y desarrollo. Sin embargo existe controversia sobre si los parques cumplen su función, o no pueden proteger los recursos biológicos dentro de sus límites, y hay un sentimiento general de que los parques simplemente no funcionan (Bruner et al. 2001). En este trabajo se analizan datos de 93 parques en 22 países diferentes, y demuestran que la mayoría de los parques en el trópico son efectivos a la hora de frenar el clearcut de los bosques, y en un menor grado, evitan la tala, la caza, el fuego y la desertificación. La efectividad de un parque se correlaciona altamente con las actividades básicas de manejo (capacidad de hacer cumplir la ley, demarcación de límites y compensación directa a las comunidades locales), y especialmente con la densidad de guardas. Esto sugiere la necesidad de aumentar el presupuesto de los parques, para incrementar su capacidad de proteger la biodiversidad.

Consecuencias de la pérdida de diversidad

La biodiversidad tiene efectos importantes sobre los ecosistemas. A corto plazo los ecosistemas deteriorados realizan de forma diferente o menos eficiente los procesos que le dan entidad, si los comparamos con los sistemas más ricos en especies de los cuales derivan (Schulze y Mooney 1993). Esta hipótesis, sobre los efectos a corto plazo de la biodiversidad, ha sido comprobada experimentalmente en varios estudios recientes (Hector et al. 1999).

A largo plazo, la biodiversidad es importante a la hora de mantener el ecosistema en condiciones cambiantes o impredecibles. Las especies que son funcionalmente redundantes para los procesos de un ecosistema en un momento dado, pueden no serlo en el caso de futuras fluctuaciones ambientales (Walker 1992).

Aunque existe controversia entre los científicos a la hora de interpretar los resultados obtenidos recientemente, podemos concluir que la biodiversidad tiene efectos importantes, a corto plazo, pues asegura el funcionamiento de los ecosistemas, y a largo plazo, puesto que hace a los ecosistemas más resistentes y capaces de reorganizarse ante las fluctuaciones abióticas.

Por otra parte, la biodiversidad parece tener otros efectos importantes. En primer lugar, una mayor diversidad parece incrementar la resistencia del ecosistema ante las invasiones. Las posibilidades de invasión de un lugar dependerían de la disponibilidad de recursos que limitan el crecimiento de las especies invasoras. Debido a que los recursos excedentes son generalmente menores en los ecosistemas más diversos dentro del mismo hábitat (Tilman et al 1996, 1997), una menor cantidad de invasores potenciales serían capaces de establecerse en los ecosis-

temas más diversos. Knops et al. (1999) han demostrado que la consideración de las variables: nitrato del suelo e interceptación de la luz, eliminan a la riqueza de especies como una variable significativa, sugiriendo que el mecanismo por el cual la diversidad influye sobre el crecimiento de los organismos invasores, es a través del efecto sobre los niveles de recursos, lo que apoya de forma contundente la hipótesis de la diversidad-estabilidad.

En segundo lugar, una mayor diversidad disminuiría la importancia de las enfermedades (hipótesis de la enfermedad-diversidad (Elton 1958)). Un principio de epidemiología es que las tasas de transmisión son proporcionales a la abundancia del hospedador (Antonovics et al. 1995). La mayor riqueza de especies conlleva una menor abundancia de la mayoría de especies, por lo que teóricamente, la severidad de las enfermedades descendería con el incremento de riqueza específica. Algunos estudios realizados sobre agroecosistemas apoyan esta hipótesis, pero los estudios en ecosistemas más complejos son poco frecuentes (Boudreau y Mundt 1997). Knops et al. (1999) han demostrado en ecosistemas experimentales complejos que la tasa de enfermedades foliares provocadas por hongos estaba correlacionada negativamente de forma significativa con la riqueza de especies. Este resultado también apoya de forma experimental la hipótesis de la enfermedad-diversidad.

En tercer lugar, el aumento de diversidad incrementaría la riqueza de los niveles tróficos superiores. Debido a que la mayoría de especies de insectos herbívoros están especializadas en una o unas pocas especies de plantas, el incremento de diversidad de plantas, permitiría incrementar la diversidad de insectos herbívoros, lo que a su vez incrementaría la diversidad de insectos depredadores, especies insectívoras y parásitas. Algunos estudios observacionales muestran una correlación positiva entre la riqueza de plantas e insectos (Murdoch et al. 1972, Southwood et al. 1979). En este caso también Knops et al. (1999) han demostrado que la riqueza de herbívoros es significativamente dependiente de la riqueza de plantas, incluso cuando se controla por los cambios en la biomasa total de plantas y por la abundancia de herbívoros.

En conclusión, la mayor riqueza de plantas conduce a una mayor productividad, menores niveles de luz y de nutrientes libres en el suelo, así como a una menor pérdida de nutrientes del suelo (Tilman et al 1996, 1997). La riqueza de plantas, por influencia sobre estos recursos, también actúa sobre las plantas invasoras, disminuye la densidad de hospedadores enfermos y soporta un mayor número de insectos herbívoros, que son recurso para insectos depredadores, especies insectívoras y parásitas. Por tanto la diversidad debería situarse junto a la productividad, perturbaciones y composición de los ecosistemas como las variables que conjuntamente influyen la dinámica, estructura y funcionamiento de los ecosistemas (Knops et al. 1999).

Existe un creciente reconocimiento de que los ecosistemas operan en una forma que produce bienes (como comida) y servicios (como la asimilación de la basura) importantes a los humanos y que son críticos para

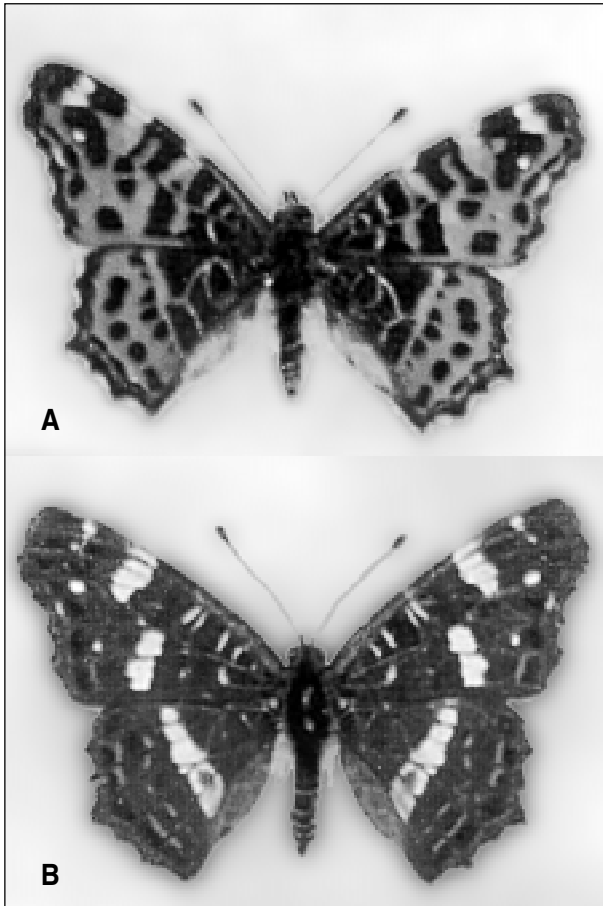


Figura 2. Forma *levana* de primavera (A) y forma *prorsa* de verano (B) de la especie *Araschnia levana*.

el funcionamiento del sistema de soporte de la vida en la tierra. Costanza et al. (1997) realizaron una aproximación al valor económico de un conjunto de ecosistemas, por lo que pudieron hacer una estima económica del valor mínimo de toda la biosfera (16-54 trillones de dólares US por año), un valor en alza, puesto que se deteriora día a día.

El concepto de especie

Introducción

Los seres vivos, tanto en la naturaleza como en los ambientes artificiales, se muestran en su mayoría como entidades discretas, bien por la forma, el color u otras características. Esta discontinuidad permite establecer diferentes clases, modelos o categorías, que posibilitan la inclusión en ellas de todos los seres vivos y en definitiva su ordenación. Estas categorías son, a su vez, la base para los estudios sobre diversidad y evolución, y han sido denominadas tradicionalmente como “especies”, término procedente del latín “specie” y que significa: conjunto de cosas a las que conviene una misma definición.

La palabra especie recoge por tanto la idea de una clase de objetos cuyos miembros comparten unas propiedades concretas, pero esta idea no es fácil de aplicar a los seres vivos. Por ejemplo (Fig. 2) en la mariposa *Araschnia*

levana existe una forma de primavera: *A. levana* forma *levana*, claramente diferente en su diseño y coloración, de la forma de verano que se conoce como *A. levana* forma *prorsa* a pesar de lo cual no hay duda de que se trata de la misma especie. Por el contrario podemos encontrarnos con animales muy similares entre sí y que, a pesar de lo cual, son considerados como especies diferentes, lo que ocurre con más frecuencia que el caso anterior. Por tanto ¿cuál es el criterio que nos permite considerar a las dos formas tan distintas de *Araschnia levana* como pertenecientes a la misma especie y por el contrario separar como dos especies diferentes a organismos prácticamente idénticos entre sí?, ¿qué es una especie?

El hallazgo de una definición aquilatada y generalizable de especie es doblemente importante, ya que el concepto de especie trasciende al objetivo inmediato de la ordenación de la variabilidad orgánica en entidades discretas y entra de lleno en el campo de la evolución. Para muchos biólogos el estudio de las especies y del proceso de especiación constituye el nexo entre microevolución y macroevolución (Futuyma 1986). Además es precisamente la variabilidad orgánica la medida de la evolución y de la diversidad taxonómica, uno de los problemas fundamentales de la biología evolutiva (Cracraft 1983a). Conseguir una definición de especie aquilatada y generalizable viene intentándose desde Platón o Aristóteles (ver Mayr 2000) y es un tema debatido con profusión a partir del siglo XIX, como resultado del afianzamiento de la teorías evolutiva. Es en ese momento cuando surgen numerosos intentos para conseguir un sincretismo entre la aparente discontinuidad de los seres vivos y la evolución, que implica todo lo contrario, es decir, una continuidad entre todos los seres vivos.

El resultado es que actualmente se pueden contar más de veinte conceptos diferentes de especie (Tabla 1) buena parte de los cuales se diferencian por pequeños matices (Tabla 2) y no son de uso habitual, por ello nos vamos a limitar a comentar aquellos que son más utilizados, o los que tienen mayor repercusión por la riqueza del concepto que encierran.

Concepto Tipológico

Utilizado por Linneo y precursores, fue el único empleado hasta comienzos del siglo XX y sigue siendo aplicado, aunque no con total aceptación, a la hora de definir nuevas especies y el correspondiente holotipo (ejemplar tipo que constituye el modelo o referente de una especie). Un individuo se considera perteneciente a una determinada especie si se ajusta lo suficiente, en una serie de caracteres esenciales, al ejemplar tipo. El concepto fijista de la vida aceptaba sin ninguna duda la distinción entre especies por criterios de identidad morfológica.

Este concepto posee la ventaja de que es muy pragmático y en cierta manera fácil de aplicar. El problema fundamental es que no tiene en cuenta el aspecto evolutivo de los caracteres. Con anterioridad al siglo XIX los naturalistas estaban muy ocupados haciendo el inventario de las especies existentes en la naturaleza, sin más

Tabla 1

Relación de los diferentes conceptos de especie desarrollados hasta hoy día (Modificado de Hey 2001)

• Concepto de Agamospecie
• Concepto Biológico
• Concepto Cladístico
• Concepto Cohesivo
• Concepto de Especies Compuestas
• Concepto Ecológico
• Concepto Evolutivo
• Concepto de Concordancia Genealógica
• Concepto Genético
• Concepto de Cluster Genotípico
• Concepto de Hennig
• Concepto Internodal
• Concepto Morfológico
• Concepto No Dimensional
• Concepto Fenético
• Concepto Filogenético (varias versiones)
• Concepto Politético
• Concepto Competencia Reproductora
• Concepto Sucesional
• Concepto Taxonómico

pretensiones, y el método que ellos usaban para la discriminación de éstas, fue reconocerlas por sus diferencias morfológicas con relación a las especies ya conocidas. Además, incluso en la actualidad, muchos taxónomos están más interesados en discriminar toda la variación taxonómica discreta que existe en la naturaleza que en conocer el proceso que ha conducido a esa variación. La aparición de las teorías evolutivas y de nuevas técnicas de estudio han tenido una importancia capital en el desarrollo de los nuevos conceptos.

Concepto Biológico

La aceptación y desarrollo de la teoría de la evolución provocó un cambio en la filosofía de la clasificación de los seres vivos, buscando a partir de entonces no sólo una forma de ordenarlos, sino además reproducir lo más certeramente las relaciones evolutivas o filogenéticas que existen entre todos los elementos clasificados, eso llevó a la aparición de nuevas escuelas y métodos de clasificación pero indudablemente también a un cambio en la concepción de lo que representaban las especies. Asumir la variabilidad en la descendencia suponía asumir la variabilidad dentro de las especies y por tanto que esas unidades discretas que representaban las especies dejaban de serlo. El nuevo problema radicaba en precisar el rango de variabilidad que debía de aceptarse dentro de cada espe-

Tabla 2

Autor (es), y definición de algunos conceptos de especie. Como información al lector se señala el año en el que se realizó cada una de las descripciones. Salvo que se haya usado en el texto, estas referencias no se incluyen en la bibliografía

Concepto Biológico (primera versión)	Dobzansky, 1937	Desde el punto de vista dinámico, la especie representa aquel estadio de divergencia evolutiva, en el cual la diversidad de formas (entes) en algún momento real o potencial, llega a segregarse en dos o más grupos que son fisiológicamente incapaces de entrecruzarse.
Concepto Biológico	Mayr, 1942	Las especies son grupos de poblaciones actual o potencialmente reproductoras que están reproductivamente aisladas de otros grupos similares.
Concepto Bioeconómico	Ghiselin, 1974	Las especies, son las unidades más extendidas en la economía natural, de tal manera que la competencia reproductora ocurre entre sus elementos.
Concepto Filogenético (versión 1)	Cracraft, 1987	El mínimo cluster de organismos, dentro del cual hay un modelo parental de ancestro y descendiente, y que es diagnosticablemente distinto de otros clústeres similares.
Concepto Filogenético (versión 2)	Mishler y Brandon, 1987	Una especie es el menor taxón reconocido en una clasificación, en el cual los organismos son agrupados por la evidencia de monofilietismo (usualmente, pero no solamente, por la existencia de sinapomorfias), que es considerado como especie por ser el menor linaje importante merecedor de un reconocimiento formal. Importante se refiere a la acción de aquellos procesos que son dominantes en la producción y el mantenimiento de linajes en un caso particular.
Concepto Filogenético (Versión 3)	Mishler y Theriot, 2000	Una especie es el menor taxón reconocido en una clasificación filogenética. En este tipo de clasificación, los organismos se agrupan en especies por evidencias de monofilietismo, en vez de a un nivel más alto porque son el menor grupo monofilético que merece un reconocimiento formal a causa del grado de apoyo para su monofilietismo y/o a causa de su importancia en los procesos biológicos que operan en el linaje en cuestión.
Concepto Filogenético (Versión 4)	Wheeler y Platnick, 2000	La especie es la más pequeña agregación de poblaciones (en organismos sexuales) o de linajes (en organismos asexuales) diagnosticables por una única combinación de caracteres.
Concepto Evolutivo (versión 1)	Simpson, 1961	Una especie evolutiva es un linaje (una ancestro-descendiente secuencia de poblaciones) que evoluciona separadamente de otros y con su propio papel y tendencias en la evolución.
Concepto Evolutivo (versión 2)	Wiley, 1978	Una especie es un linaje no ramificado cuya secuencia de poblaciones u organismos ancestro descendiente, mantiene su identidad frente a otros linajes y que tiene sus propias tendencias evolutivas y destino histórico.
Concepto Cohesivo	Templeton, 1989	El mayor grupo posible de organismos que tienen potencial para un intercambio genético o demográfico.

cie. El criterio clásico de especie (tipológico o morfológico) no daba ninguna respuesta y ésta se encuentra por primera vez en el concepto biológico de especie (Tabla 2) según el cual se considera que no sólo las características morfológicas pueden servir para definir a una especie, sino que la existencia de un aislamiento reproductor justifica, en último extremo, la validez o no de los caracteres morfológicos utilizados.

Este concepto es también muy intuitivo y la introducción del aislamiento reproductor es su principal aportación pero es también su principal escollo. La introducción del requisito “potencialmente” en la definición de Mayr (Tabla 2) provoca algunas dificultades a la hora de aplicar este concepto a poblaciones reales, pero es una aportación importante ya que tiene muy en cuenta la posibilidad de que dos poblaciones aisladas históricamente, que incluso hayan podido presentar alguna desviación de tipo fenotípico, mantengan sin embargo la posibilidad de entrecruzarse si se pierde ese aislamiento (Fig. 3). Puesto que sólo muy raramente, las especies son identificadas por criterios reproductores, la existencia de poblaciones espacialmente separadas dificulta el establecimiento de su status real de especie por criterios reproductores. Este inconveniente junto con la existencia de organismos asexuales, representan los dos problemas más importantes para la aceptación general de este concepto (ver Futuyma 1986). Mayr (2000) resuelve parte de los problemas señalando que dos especies próximas y simpátricas retienen sus características de especie, no porque ellas sean diferentes en algunos caracteres taxonómicos, sino porque están genéticamente programadas para no poderse mezclar. Ésto sólo podría ocurrir cuando dos especies están próximas entre sí, en un punto de contacto y no hay duda de que es la barrera reproductiva la que impide que estas especies se mezclen.

Concepto Evolutivo

Cuando en las clasificaciones se buscan las relaciones filogenéticas y por tanto la reconstrucción de los procesos evolutivos lo más certeramente posible, se hace necesario incorporar nuevos conceptos de especie, cambiar la visión horizontal propia de los conceptos tipológicos o biológicos e introducir una visión vertical, es decir evolutiva o histórica en el concepto de especie.

En esta línea aparecen los conceptos evolutivos y los filogenéticos. Así, casi paralelamente con el desarrollo del concepto biológico surgió el concepto de especie evolutiva por parte de Simpson (1961) (Tabla 2). La principal aportación de Simpson es la visión evolutiva y espacio-temporal de la especie, de la que carecen los anteriores conceptos. Simplificando y siguiendo a Hennig (1968) y Ghiselin (1974, 1981) el concepto evolutivo de especie implica que existe un origen, una existencia y un fin para cada especie (Fig. 3).

Concepto Filogenético

El concepto filogenético de especie surge como un intento por resolver el valor de esas entidades discretas

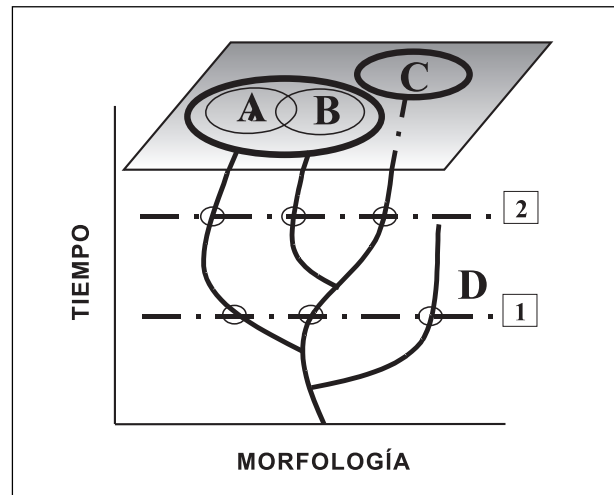


Figura 3. Representación de diferentes conceptos de especies. A, B y C constituyen especies morfológicas pero A y B son capaces de entrecruzarse en la zona de contacto por lo que en conjunto constituirían una especie biológica, igual que C. Las líneas 1 y 2 nos ponen de manifiesto la existencia de tres especies filogenéticas diferentes a lo largo del tiempo. Cada una de las ramas del árbol filogenético podría representar cuatro especies evolutivas diferentes.

(las especies) dentro de una clasificación natural en la que cada una de ellas debe proceder y/o haber dado origen a otra. En este sentido aparece una contradicción pues ni las especies morfológicas ni las biológicas son claramente, o en todos los casos, aceptadas como las unidades de la evolución (Cracraft 1983a), pero sin embargo, la evidencia es que la evolución desencadena la aparición de nuevas formas discretas o entidades, separadas entre sí de acuerdo con el proceso evolutivo que las ha originado, y que según la clasificación Linneana deberían de estar provistas de algún nombre y pasar a tener una categoría taxonómica, dentro de una estructura no necesariamente jerarquizada, pero sí relacionada filogenéticamente.

Esta nueva visión de especie surgió sobre todo a partir de la publicación del libro “Sistemática Filogenética” por Hennig en 1950 (Hennig 1968). Hennig consideró que el criterio de comunidad reproductiva, por sí sólo, no satisfacía las demandas de una sistemática filogenética, puesto que no podía ser aplicado en una dimensión temporal de la especie. Cualquier concepto potencialmente útil en sistemática filogenética debía especificar de forma precisa los límites en el tiempo de una especie. Hennig (1968) propuso que todos los individuos conectados a través de relaciones tokogenéticas (ver más adelante) constituirían una potencial comunidad reproductora y que tal comunidad podría ser denominada especie. Meier y Willmann (2000) sugieren una modificación a la definición de Hennig señalando que: las especies son poblaciones naturales reproductivamente aisladas. Se originan a través de la disolución de la especie troncal en un proceso de especiación y dejan de existir bien por extinción o por una nueva especiación (Figs. 3 y 4).

La incorporación de las relaciones tokogenéticas como parte integrante de la especie en el concepto de Hennig

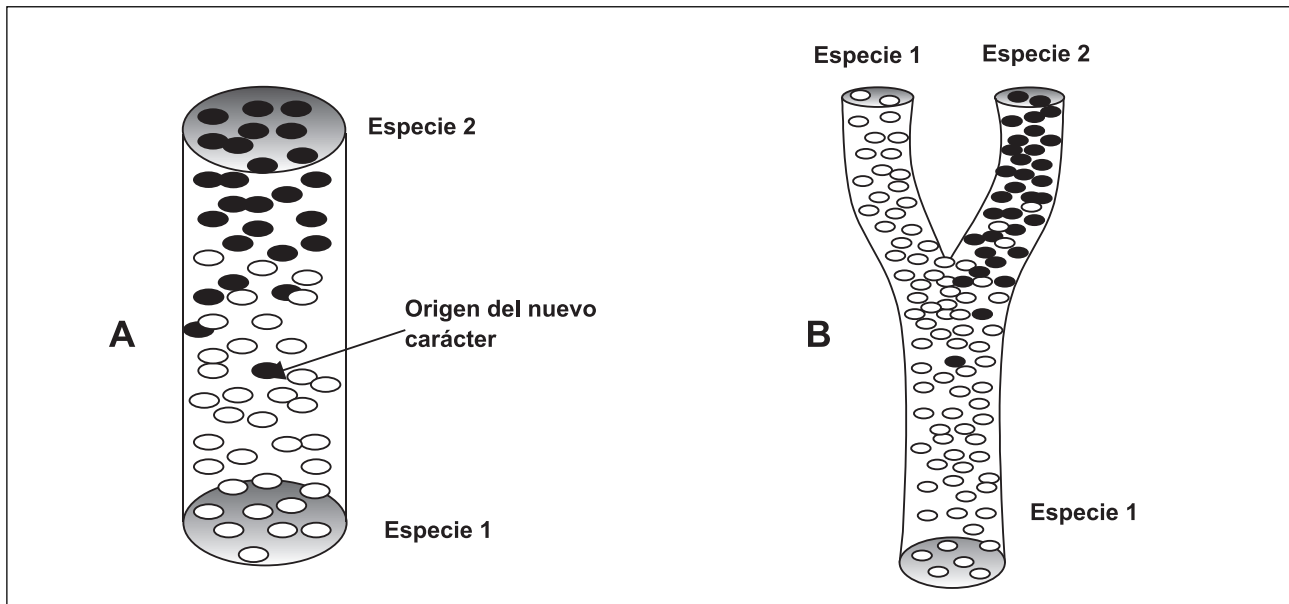


Figura 4. Las especies 1 y 2 representan especies filogenéticas. En el caso A: la especie ancestral 1 desaparece siendo substituida por la especie filogenética 2. En el caso B: la especie ancestral permanece. Este proceso es independiente de que ambas especies (1 y 2) estén en simpatria o en alopatría (modificado de Wheeler y Platnick 2000).

permite apreciar que los individuos de una población tienen entre sí y a lo largo de su historia relaciones reticulares y no exclusivamente jerarquizadas, como ocurre cuando se habla de taxones específicos o supraespecíficos (De Haro, 1999). La existencia de estas relaciones tokogenéticas impiden aplicar, de una forma estricta, el concepto de monofilia a las categorías infraespecíficas.

Para permitir una mejor comprensión de la idea de Hennig y de las relaciones tokogenéticas, Willey y Mayden (2000) nos sitúan en un paralelismo con el esquema general de las cosas. Así, los organismos multicelulares están compuestos de partes (células) relacionadas por mitosis y manifestadas por ontogenia. De la misma manera las especies están compuestas de partes (organismos individuales) relacionados por reproducción y manifestadas por tokogenia. Por último los clados están compuestos por partes (especies individuales) relacionados por especiación y manifestados por filogenia. De esta manera Ontogenia, Tokogenia y Filogenia no son procesos sino que son el resultado de procesos.

Además del concepto de Hennig existen otras versiones diferentes del Concepto Filogenético de Especie (Tabla 2). Pero una vez más, en lugar de cerrar problemas, el nuevo concepto suscita nuevos comentarios y disputas. Avise y Wollenberg (1997) señalan que la diferencia entre los conceptos biológicos y filogenéticos de especie es “ilusoria” y que se debe al distinto origen de ambos conceptos, uno, el Concepto Filogenético enraizado en la biología filogenética (macroevolución) y el otro, el Concepto Biológico, enraizado en la genética de poblaciones (microevolución). Concluyen que la historia de la ascendencia de una especie y los lazos reproductivos son aspectos filogenéticos relacionados entre sí y que conjuntamente explican la discontinuidad biológica (véase Capítulo 18).

Discusión

¿Qué hacer ante tantos conceptos diferentes? Como se ha podido ver el concepto de especie ha ido cambiando paralelamente con los conocimientos y los métodos utilizados. La cantidad de críticas a favor y en contra que han recibido los diferentes conceptos de especie es demasiado alta como para reflejarlas en este capítulo, una revisión de todas ellas se puede encontrar en Wheeler y Meier (2000). Ante este maremagnun, quizás la opinión de Cracraft (2000) puede ser la más adecuada, este autor concluye que la realidad es que cada uno de los autores de los diferentes conceptos propuestos consideran que el “suyo es el mejor” y que la existencia de diferentes intereses científicos es la que va a condicionar de forma muy importante la elección o la necesidad de los diferentes conceptos de especie. Vamos a analizar a continuación las ventajas e inconvenientes en la aplicación de cada uno de los diferentes conceptos.

Especie morfológica y especie biológica parecen dos términos distantes uno de otro, sin embargo hay que tener en cuenta que en muchos casos los taxónomos, aunque se basan exclusivamente en características morfológicas para describir nuevas especies, asumen que las diferencias morfológicas encontradas son lo suficientemente grandes como para evidenciar la existencia de un aislamiento reproductivo entre estas especies (Futuyma 1986). Volviendo a los ejemplos utilizados en la introducción del concepto de especie, el reconocimiento de que las dos formas de la *Araschnia levana* pertenecen sin ningún tipo de duda a la misma especie se debe a la existencia de una misma entidad reproductora y a la existencia de una relación ancestro-descendiente para las dos formas. De la misma manera, el aislamiento reproductor de las especies similares refuerza el valor diagnosticable de las pequeñas di-

ferencias morfológicas que puedan existir entre ellas. Por tanto se considera que la ausencia de entrecruzamiento entre dos especies próximas es algo consustancial o inherente con el concepto de especie, con lo que, de forma implícita, se apoya al Concepto Biológico de Especie. Ante los problemas del Concepto Biológico para poder ser aplicado de forma estricta, es el Concepto Morfológico de Especie el más práctico y el más pragmático y muchos de sus resultados son corroborados con el uso de las nuevas técnicas de secuenciación de ADN como ocurre por ejemplo en los Anfibios (Hanken 1999).

Sobre el concepto biológico de especie Mayr (2000) dice que “El concepto de especie biológica ha sido casi universalmente aceptado por estudiantes del comportamiento, la mayoría de los ecólogos y aquellos taxónomos animales que hacen revisiones de géneros y familias y por los biólogos moleculares. Los taxónomos que trabajan sobre escasos taxones (especialmente paleontólogos), los que catalogan colecciones con un orden cladista para los altos taxones, con taxonomía de plantas y con organismos asexuales prefieren no tener un concepto definitivo de especie, sino una metodología para delimitar las especies taxon”.

El concepto evolutivo introduce la variable espacio-temporal que es muy interesante, pero es difícilmente aplicable, salvo en el caso de la paleontología. De todas formas este concepto y el concepto filogenético están muy próximos entre sí. Wiley y Mayden (2000) ven al Concepto Evolutivo de Especie como idéntico con la parte central de la filosofía de Hennig (1968), al considerar las especies como líneas evolutivas (Fig. 3).

En el caso del concepto filogenético de especie, una de las ventajas es que elude el problema de la especie biológica y la necesidad de incorporar el criterio del aislamiento reproductor en la identificación de una especie, ya que la especie filogenética se reconoce estrictamente en función de su valor como taxón evolutivo, el cual se evidencia por la presencia de caracteres compartidos dentro y entre poblaciones. Así en el caso de que dos taxones próximos puedan hibridar, estos taxones se considerarán especies si cada uno es diagnosticable como un taxón discreto, quedando los híbridos sin incluir en ninguno de los dos taxones previos (Cracraft 1983b) o pudiendo ser considerados estos híbridos como nuevas especies (Fig. 5). La justificación a este razonamiento es que estos taxones han tenido una historia filogenética y geográfica distinta entre sí, con anterioridad a la existencia de una hibridación y es esta historia evolutiva y geográfica la que les permite ser reconocidos como especies filogenéticas independientes a pesar de no existir aislamiento reproductor.

En síntesis, la problemática creada en torno a qué es una especie o no y la profusión de conceptos y de las correspondientes críticas a cada uno de ellos se debe, en buena medida, a que el concepto de especie intenta aportar soluciones a dos campos que no siempre tienen el mismo objetivo: la taxonomía y la evolución. En el campo de la taxonomía la especie es la unidad de referencia para ordenar todos los seres vivos y para elaborar todo el sistema jerarquizado de taxones utilizados para clasificar a los

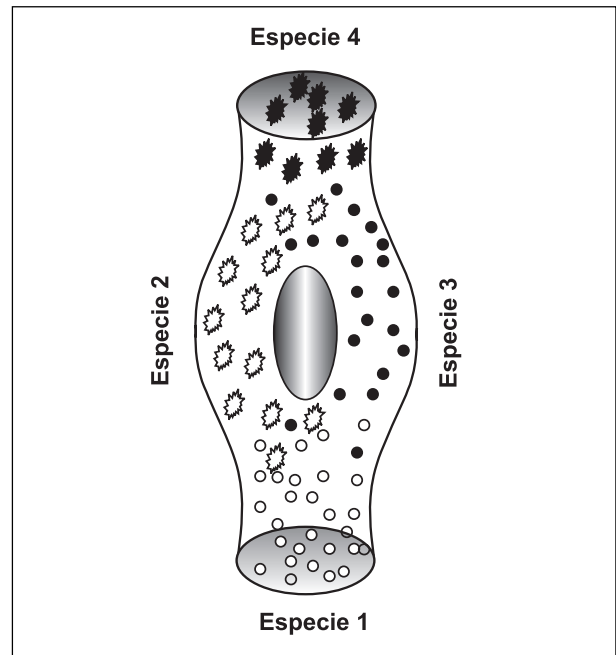


Figura 5. La especie ancestral 1 en algún momento de su evolución da lugar a dos nuevas poblaciones que se aíslan geográficamente y reproductivamente y divergen en su morfología. Puestas de nuevo en contacto pueden originar híbridos fértiles y dar lugar a nuevos morfotipos y a una nueva especie. Estas especies representan cuatro especies filogenéticas diferentes pero una sola especie biológica (modificado de Willman y Meier, 2000).

seres vivos. Si la clasificación que hacemos es una clasificación natural (ver más adelante) entonces la especie pasaría a ser considerada también como la unidad de medida de la evolución, y en ese caso, el concepto de especie debe reunir otros requisitos, fundamentalmente el carácter temporal.

En el campo de la evolución, buena parte de los requerimientos que se necesitan para que se produzca una especiación genética es el aislamiento reproductor (ver Capítulo 18). De acuerdo con ello la especie biológica se correspondería con la unidad de la evolución, pero no en todos los casos sería así pues, si tenemos en cuenta que el aislamiento reproductor puede actuar con frecuencia sobre los diferentes morfotipos de una especie polimórfica, entonces, las unidades de la evolución serían cada uno de los morfotipos de la especie polimórfica y no la especie biológica o la especie morfológica.

El que las especies sean originadas por procesos diversos (ver Capítulo 18) puede ser la razón de la dificultad para encontrar una definición válida para todos los casos.

Clasificación de los seres vivos

La clasificación tiene como objetivo ordenar o incluir los seres vivos dentro de grupos y proporcionar un esquema de dicha ordenación. Básicamente el proceso de clasificación consiste en analizar los modelos de distribución

Tabla 3

Relación de las categorías taxonómicas de mayor uso. Como ejemplo se recoge el encuadre taxonómico de *Parnassius apollo ardanazi* un lepidóptero que vive en la Cordillera Cantábrica.

(El encuadre taxonómico puede diferir en algunos detalles según autores)

Categoría taxonómica	Grupos animales incluidos
Reino Animal	Todos: Poríferos, Cnidarios, Nematodos, Anélidos, Artrópodos, Moluscos, Cordados, etc
Phylum Artropoda	Quelicerados, Miriápodos, Insectos, Crustáceos
Subphylum Atelocerata	Miriápodos, Insectos
Superclase Hexapoda	Insectos en sentido amplio: Colémbolos, Proturos, Dipluros e Insectos en sentido estricto
Clase Insecta	Insectos en sentido estricto: apterigotas y pterigotas
Subclase Pterigota	Insectos alados: Ortópteros, Dípteros, Himenópteros, Lepidópteros, Tricópteros y otros
Orden Lepidoptera	Mariposas: Zeuglópteros, Monotrysia y Dityrsia
Suborden Dityrsia	Tineoideos, Cosoideos, Zigenoideos, Piraloides, Papilionoideos, Geometroideos y otros
Superfamilia Papilionidea	Ninfálidos, Licénidos, Papiliónidos, Satíridos y otros
Familia Papilionidae	Papilios, <i>Parnassius</i> y otros
Subfamilia Parnassiidae	<i>Parnassius</i> , <i>Zerynthia</i> , <i>Kailasius</i> y otros
Tribu Parnassiini	<i>Parnassius</i> y otros
Genero Parnassius	Dieciocho especies, entre ellas: <i>apollo</i> , <i>mnemosyne</i> , <i>glacialis</i> , <i>clodius</i> y otras
Especie apollo	Numerosas subespecies, entre ellas: <i>hispanicus</i> , <i>ardanazi</i> , <i>nevadensis</i> , <i>gadorensis</i> , <i>odriozolae</i> , <i>pyrenaicus</i> y otras
Subespecie ardanazi	Exclusivamente esta subespecie que vive en la Cordillera Cantábrica

de los caracteres entre los organismos, para ello los especímenes son agrupados en especies, las especies en géneros, los géneros en familias, etc. (ver Tabla 3), es decir en unidades discretas denominadas taxones. Sin embargo volvemos a encontrarnos de nuevo diferencias de criterios en cuanto al valor de los caracteres y en cuanto a qué es lo que se quiere reflejar en esa clasificación final que obtengamos. Estas diferencias de criterio han ido paralelas con las que hemos comentado sobre el concepto de especie.

Taxonomía y Sistemática

Antes de profundizar en los criterios de clasificación vamos a revisar dos conceptos que han sido y van a ser utilizados con mucha frecuencia: taxonomía y sistemática, pero que suelen utilizarse de forma equívoca, imprecisa o sinónima. Para complicar la situación, ambas disciplinas tienen el mismo objetivo final, que es reflejar la historia evolutiva de los seres vivos en una ordenación que sea una reproducción de ésta.

Una de las definiciones más adecuadas es la de Quicke (1993) según el cual la taxonomía es una disciplina que incluye diferentes áreas que se ocupan de la descripción y denominación de los nuevos taxones (nomenclatura), la posición de los organismos en un sistema adecuado de clasificación y la construcción de sistemas (claves) de identificación para grupos determinados de organismos. Simpson (1990) y Mayr y Ashlock (1991) también asumen la confusión existente entre estos términos y proporcionan sendas definiciones, que difieren de la anterior en pequeños matices.

En cuanto al concepto de sistemática también nos parece más apropiada la idea de Quicke (1993) ya que según este autor la taxonomía es sólo una parte de la sistemática la cual añade los aspectos teóricos y prácticos de la evolución, la genética y la especiación. Para Simpson (1990) la sistemática es el estudio científico de los tipos y diversidad de organismos y de las relaciones evolutivas existentes entre ellos. Mayr y Ashlock (1991) consideran que la Sistemática es la ciencia de la diversidad de los organismos.

De acuerdo con la práctica habitual se podría decir que la rama de la biología que se ocupa de establecer los diferentes taxones, las relaciones jerárquicas entre ellos y las diferentes normas que deben existir para establecer esta jerarquía es la que podíamos denominar Taxonomía y puede definirse como: aquella parte de la Sistemática que se ocupa de la ordenación de los animales y plantas en diferentes grupos o taxones. Por su parte, la Sistemática sería

aquella rama de la biología que establece los criterios por los cuales se ordenan a los animales y plantas, tratando de encontrar y de explicar las relaciones filogenéticas entre ellos y sus ancestros.

Por tanto la ordenación taxonómica reproduce una estructura jerarquizada en la que cada uno de los grupos que corresponden a una categoría determinada constituye un taxón. Las categorías jerarquizadas establecidas y reconocidas por el Código Internacional de Nomenclatura Zoológica se pueden ver en la Tabla 3.

Clasificación. Escuelas Tipológica o Linneana, Fenética o Numérica y Cladística

La tradicional subjetividad achacada a la taxonomía a la hora de establecer las agrupaciones de los organismos, o incluso a la hora de la aceptación de nuevos taxones (una buena especie era todo aquello que un taxónomo reputado consideraba que era una buena especie (Funk y Brook 1990)) impedía crear las bases adecuadas para que

la taxonomía pudiera ser considerada como una disciplina con un método riguroso. Esta situación dio lugar a que se impusieran criterios más objetivos para determinar cuándo una especie pertenecía a un nuevo taxón o no, o las relaciones que debían de existir entre diferentes taxones. Teniendo en cuenta los criterios actuales de clasificación, la ordenación y la posición en la que se colocan a las especies debe responder a criterios de parentesco. Uno de los preceptos fundamentales es que el taxón debe ser monofilético, lo que quiere decir que el conjunto de organismos que constituyen un determinado taxón debe tener antecesores comunes. Las relaciones filogenéticas resultan de la historia evolutiva seguida por los organismos. Por ello una clasificación debe reflejar esta historia si pretende estar basada en relaciones filogenéticas. En este sentido y paralelamente con la evolución del concepto de especie, nos encontramos con tres escuelas de clasificación.

Escuela Tipológica o Linneana

Los primeros criterios utilizados para la ordenación de los animales se basaban en el principio de la jerarquización de los caracteres establecido por Linneo por lo que eran independientes de las relaciones filogenéticas. Los taxónomos clásicos se fijaban en los caracteres morfológicos externos y en el parecido o semejanza y no se intentaba reflejar ninguna historia evolutiva, puesto que tanto Linneo como buena parte de sus contemporáneos eran creacionistas. Uno de los mayores problemas que tiene esta ordenación es que no tiene en cuenta el valor de las homologías o de las analogías.

Escuela Fenética o Numérica

Durante los años 60 surgió la Taxonomía Numérica o también denominada Fenética y fue especialmente desarrollada por Sneath y Sokal (1973).

Su argumento es que no es posible conocer con certeza cuál es la filogenia más correcta. Por tanto, en lugar de establecer las clasificaciones basadas en reconstrucciones hipotéticas de la historia filogenética de un grupo animal, los organismos deben ser clasificados estrictamente de acuerdo con nuestra conveniencia, como los libros en una librería. Así los fenetistas dicen que si se evitan todas las consideraciones sobre la evolución de los taxones y simplemente se miden tantos caracteres como sea posible, entonces se pueden generar clasificaciones basadas en similitudes, que serán los sistemas más útiles. El argumento principal es que si las similitudes fenéticas son un reflejo de la similitud genética, entonces una amplia muestra de caracteres puede representar una larga muestra de un genoma.

Las bases teóricas de esta escuela, expuestas muy someramente, son las siguientes: (a) La similitud morfológica es un reflejo del parentesco filogenético y evolutivo, (b) La similitud morfológica es cuantificable y (c) La cuantificación de esta similitud, y su tratamiento matemático, permite elaborar agrupaciones de unidades taxonómicas

operacionales que constituyen una taxonomía empírica, objetiva y reproducible por cualquier otro taxónomo.

El método consiste básicamente en codificar mediante números, diferentes caracteres, cuantos más mejor. A estos caracteres codificados se les aplican varios procedimientos matemáticos, generalmente índices de afinidad, que dan como resultado unos dendrogramas que reflejan la similitud y por tanto la distancia fenética, lo que se asume como una distancia genética y por tanto como una medida del parentesco filogenético entre los taxones utilizados.

Esta escuela no duró más de un decenio. Uno de los mayores inconvenientes de este sistema de clasificación es que no tiene en cuenta tampoco las homologías y que las ausencias juegan a veces un papel más importante que las presencias. Este método falla por no tener en cuenta el hecho de que miembros de un taxón son similares entre sí porque tienen una herencia común, pero no pertenecen al mismo taxón porque sean similares, ya que las similitudes pueden ser resultado de convergencias, lo que no es detectado por el método fenético.

Escuela Cladista

Desarrollada por Hennig en 1950 (Hennig 1968), su aparición fue más o menos simultánea con la Taxonomía Fenética, pero no se generalizó hasta hace unos veinte años, constituyendo actualmente una auténtica revolución en el campo de la sistemática. La contribución más importante de Hennig es que él daba mucha importancia a la reconstrucción filogenética tomando como base el seguimiento de los caracteres derivados, pero además proporcionó un método para poder llevar a cabo estos análisis filogenéticos. Él denominó a su método como Sistemática Filogenética y actualmente se conoce también como Cladística. Es el método más empleado hoy día, independientemente de la naturaleza o cantidad de caracteres utilizados. El desarrollo de las modernas técnicas computacionales no han hecho más que potenciar la utilidad y eficacia de este método. Se han desarrollado diferentes programas que permiten analizar caracteres morfológicos, moleculares, estratigráficos, etc. (<http://evolution.genetics.washington.edu/phylip/software.htm>) (ver también Maddison y Maddison 1992).

El problema con el que se encontraba la sistemática, hasta ese momento, era que una agrupación en base a similitudes no reflejaba necesariamente un parentesco o una historia evolutiva común ya que la similitud podía deberse a evoluciones convergentes o paralelas (homoplasias), las cuales acarrearán bastantes conflictos a la hora de establecer las relaciones filogenéticas. Era necesario, por tanto, distinguir claramente entre caracteres análogos, que no pueden utilizarse para deducir filogenias, y caracteres homólogos, los cuales evidencian siempre una historia evolutiva común. Además, según el momento de aparición del carácter utilizado, éste sería de utilidad para establecer filogenias o no, por ejemplo, la existencia de vértebras dentro de los vertebrados no da ninguna información útil para clasificar a los vertebrados, pero sí a los vertebrados con respecto al resto de los cordados.

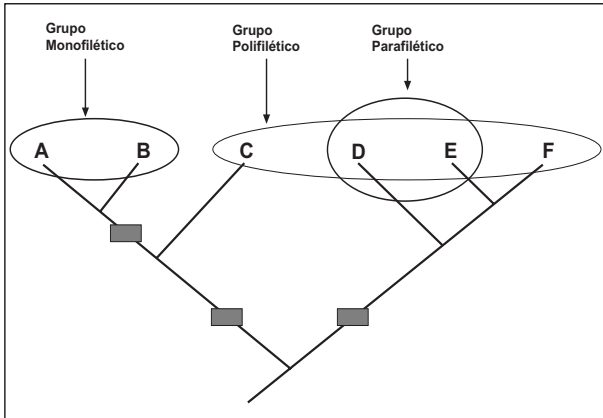


Figura 6. Ejemplo de grupos monofiléticos, parafiléticos y polifiléticos. Los rectángulos representan sinapomorfías que definen a los grupos A + B, A + B + C y D + E + F. Aceptando como válido el árbol filogenético representado, pueden escogerse otros grupos monofiléticos, polifiléticos y parafiléticos además de los utilizados como ejemplo.

Otra ventaja de la cladística es el poder construir filogenias que puedan ser comprobadas. La metodología es parecida a la sistemática numérica, pero la diferencia fundamental es que en cladística se discute el valor evolutivo de los caracteres. Tienen muy en cuenta si un carácter es primitivo (plesiomórfico) o derivado (apomórfico). Para ello es necesaria la inclusión de un grupo externo (“out-group”) y la atribución de una serie de propiedades a los caracteres (polaridad, irreversibilidad, posibilidad de mutar de un carácter a otro, etc.) lo que permite reconstruir una filogenia eludiendo el problema de la circularidad, es decir, sin ninguna asunción previa, excepto en la elección del grupo externo.

Este método permite distinguir entre dos tipos de homologías, las resultantes de caracteres ancestrales heredados (plesiomorfías) y las resultantes de caracteres recientes o derivados (apomorfías). Estas últimas son las más válidas para la interpretación del proceso evolutivo.

El proceso se centra en el descubrimiento de los caracteres recientes compartidos (sinapomorfías) que pongan en evidencia la relación filogenética entre los grupos que los ostentan.

Filogenia

La palabra Filogenia ya ha sido usada a lo largo de este capítulo, pues va íntimamente ligada a taxonomía y sistemática. Se puede definir como la parte de la biología que estudia las relaciones de afinidad y parentesco de los animales, tratando de dilucidar, en lo posible, el origen y la historia evolutiva de los taxones.

Para la reconstrucción filogenética se utilizan árboles filogenéticos, denominados dendrogramas cuando lo que se representan son distancias de similitud y han sido elaborados a partir de un método fenético o numérico o bien cladogramas cuando se ha utilizado un método cladístico. Según que en un determinado taxón o clado se incluyan a todos los descendientes o no de un mismo antecesor,

entonces podremos hablar de grupos monofiléticos, polifiléticos o parafiléticos (Fig. 6). Toda clasificación o reconstrucción filogenética debe obtener grupos monofiléticos, para ello es muy importante tener en cuenta el error que pueden introducir las convergencias, las cuales se pueden poner de manifiesto en muchos casos únicamente con el conocimiento de la morfología comparada, la bioquímica, genética o el desarrollo embrionario.

Una de las más importantes contribuciones que los estudios filogenéticos, y con ellos la taxonomía y sistemática, pueden hacer a otras ramas de la Biología es que permiten la separación de posibles caracteres equívocos en los estudios de biología comparativa. El “Método Comparativo” de comprobación de hipótesis, utilizado en primer lugar por Darwin, ha sido especialmente desarrollado por Harvey y Pagel (1991) y es de gran utilidad para poder discernir cuándo un determinado aspecto, ecológico, fisiológico, etológico, etc, es intrínseco a un determinado taxón o población o, por el contrario, es dependiente de la historia evolutiva de ese taxón, de la filogenia al fin y al cabo. También permite ver con certeza la historia evolutiva de un carácter y si éste realmente ha aparecido varias veces a lo largo de la evolución o no. El problema con el que se encuentra este método es que en muchos grupos animales las filogenias no están bien establecidas, por lo que los resultados en esos casos pueden ser erróneos.

La utilización de la filogenia en el método comparativo, es quizás una de las evidencias más claras de la contribución de la Taxonomía y Sistemática al estudio de la evolución, resaltando por tanto el interés de los trabajos taxonómicos y quitándoles ese papel tan estático y descriptivo que les resulta casi inherente o ese papel de “coleccionista” (Mayr y Ashlock, 1991).

La incorporación de las técnicas de secuenciación de ADN a los estudios filogenéticos permite disponer de unos criterios objetivos donde existía un componente subjetivo muy importante. Actualmente las filogenias construidas con datos moleculares no implican el abandono de los criterios morfológicos, es más, en muchos casos, existe una retroalimentación que permite que una filogenia molecular y una morfológica se apoyen mutuamente cuando los resultados son congruentes, existiendo una tendencia hacia la utilización simultánea de caracteres morfológicos y moleculares para elaborar la filogenia (ver Carpenter y Wheeler 1999).

Otras posibilidades de las técnicas moleculares, en la reconstrucción de la filogenia, es que permiten, dentro de unos márgenes, establecer las tasas de especiación o de extinción, obtener información sobre las posibles causas de especiación en un grupo concreto, o establecer la cronología de los diferentes momentos de especiación o de extinción (Barraclough y Nee 2001; Caccone y Sbordoni 2001).

Agradecimientos

Agradecemos a Manuel Soler su paciencia y la exhaustiva revisión de este manuscrito, y a Francisco Perfectti sus provechosos comentarios tras la revisión del manuscrito.

Bibliografía

- ANTONOVICS, J., IWASA, Y. y M.P. HASSELL. 1995. A generalized model of parasitoid, venereal, and vector-based transmission processes. *Am. Nat.* 145: 661-665.
- AVISE, J.C. y WOLLENBERG, K. 1997. Phylogenetics and the origin of species. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 94: 7748-7755.
- BALMFORD, A. 1998. On hotspots and the use of indicators for reserve selection. *Trends Ecol. Evol.* 13 (10): 409.
- BARRACLOUGH, T.G. y NEE, S.. 2001. Phylogenetics and speciation. *Trends Ecol. Evol.* 16: 391-399.
- BELLÉS, X. 1998. Supervivientes de la biodiversidad. Rubes Ed. Barcelona. 142 p.
- BOUDREAU, M.A. y MUNDT, C.C. 1997. Ecological approaches to disease control. En: *Environmental Safe Approaches to Crop Disease Control*. Rechcigl, N.A. y J.E. Rechcigl. CRC Press, Boca Raton, pp. 33-62.
- BOWEN, B.W. 1999. Preserving genes, species, or ecosystems? Healing the fractured foundations of conservation policy. *Molecular Ecology* 8 (S12): S5-S10.
- BRUNER, A.G., R.E. GULLISON, R.E. RICE, G.A.B. DA FONSECA. 2001. Effectiveness of Parks in Protecting Tropical Diversity. *Science* 291: 125-128.
- CACCONI, A. y SBORDONI, V. 2001. Molecular biogeography of cave life: a study using mitochondrial DNA from bathysciine beetles. *Evolution* 55: 122-130.
- CARPENTER, J.M. y WHEELER, W.C. 1999. Towards simultaneous analysis of morphological and molecular data in Hymenoptera. *Zoologica Scripta* 28: 251-260.
- CAUGHLEY, G.C. 1993. Directions in conservation biology. *Journal of Animal Ecology* 63: 215-244.
- COSTANZA, R., D'ARGE, R., DE GROOT, R., FARBER, S. GRASSO, M., HANNON, B., LIMBURG, K., NAEEM, S., O'NEILL, R.V., PARUELO, J., RASKIN, R.G., SUTTON, P., VAN DEN BELT, M. 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387: 253-260.
- CRACRAFT, J. 1983a. Species concepts and speciation analysis. *Curr. Ornithol.* 1: 159-187.
- CRACRAFT, J. 1983b. Cladistic analysis and vicariance biogeography. *Am. Sci.* 71: 273-281.
- CRACRAFT, J. 2000. Species concept in theoretical and applied biology: A systematic debate with consequences. En: Wheeler, Q.D. y R. Meier (eds): *Species concept and phylogenetic theory*. Pp: 3-16. Ed. Columbia University Press. New York.
- DE HARO, J.J. 1999. ¿Qué es una especie? *Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa* 26: 105-112.
- ELTON, C.S. 1958. *The Ecology of Invasions by Animals and Plants*. Methuen & Co. London.
- FUHRMAN, J.A. y CAMPBELL, L. 1998. Marine ecology: microbial microdiversity. *Nature* 393: 410-411.
- FUNCH, P. y KRISTENSEN, R.M. 1995. Cyclophora is a new phylum with affinities to Entoprocta and Ectoprocta. *Nature* 378: 711-714.
- FUNK, V.A. y BROOK, D.R. 1990. *Phylogenetic systematics as the basis of comparative biology*. Smithsonian Institution Press. Washington.
- FUTUYMA, D.J. 1986. *Evolutionary Biology*. Sunderland, England: Sinauer Associates.
- GHILAROV, A. 1996. What does 'biodiversity' mean- scientific problem or convenient myth? *TREE* 11: 304-306.
- GHISELIN, M.T. 1974. A radical solution to the species problem. *Systematic Zoology* 23: 536-544.
- GHISELIN, M.T. 1981. Categories, life, and thinking. *Behavioral and Brain Sciences* 4: 269-313.
- GOLDSTEIN, P.Z. 1998. Functional Ecosystems and Biodiversity Buzzwords. *Conservation Biology* 13: 247-255.
- GOTELLI, N.J. y ENTSMINGER, G.L. 2001. *Ecosim: Null models software for ecology*. Version 7.19. Acquired Intelligence Inc. & Kesey-Bear. <http://homepages.together.net/~gentsmin/ecosim.htm>.
- HANKEN, J. 1999. Why are there so many new amphibian species when amphibians are declining? *Trends Ecol. Evol.* 14: 7-8.
- HARVEY, P.H. y M.D. PAGEL. 1991. *The comparative method in evolutionary biology*. Oxford University Press, Oxford.
- HECTOR, A., B. SCHMID, C. BEIERKUHNEIN, M.C. CALDEIRA, M. DIEMER, et al. 1999. Plant diversity and productivity experiments in European grassland. *Science* 286: 1123-1127.
- HENNIG, W. 1968. *Elementos de una sistemática filogenética*. EUDEBA. Editorial Universitaria Buenos Aires.
- HEY, J. 2001. The mind of the species problem. *Trends Ecol. Evol.* 16: 326-329.
- HOWARD, P.C., VISKANIC, P., DAVENPORT, T.R.B., KIGENYI, R.W., BALTZER, M., DICKINSON, C.J., LWANGA, J.S., MATTHEWS, R.A. y BALMFORD, A. 1998. Complementarity and the use of indicator groups for reserve selection in Uganda. *Nature* 394: 472-475.
- KNOPS, J.M.H., D. TILMAN, N.M. HADDAD, S. NAEEM, C.E. MITCHELL, J. HAARSTAD, M.E. RITCHIE, K. M. HOWE, P. B. REICH, E. SIEMANN y J. GROTH. 1999. Effects of plant species richness on invasion dynamics, disease outbreaks, insect abundances and diversity. *Ecology Letters* 2: 286-293.
- LANDRES, P.B., VERNER, J. V. y THOMAS, J.W. 1988. Ecological uses of vertebrate indicator species: a critique. *Conservation Biology* 2: 316-328.
- LOREAU, M. 2000. Biodiversity and ecosystem functioning: recent theoretical advances. *Oikos* 91: 3-17.
- MACARTHUR, R.H. 1957. On the relative abundance of bird species. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 45: 293-295.
- MADDISON, W.P. y MADDISON, D.R. 1992. *Mac Clade. Analysis of phylogeny and character evolution*. Sinauer Associates, Inc., Sunderland.
- MAGURRAN, A.E. 1989. *Diversidad ecológica y su medición*. Ed. Vedral. Barcelona. 200 p.
- MAYR, E. 2000. The biological species concept. En Wheeler, Q.D. y R. Meier (eds): *Species concept and phylogenetic theory*. Ed. Columbia University Press. New York (19-29).
- MAYR, E. y P.D. ASHLOCK. 1991. *Principles of Systematic Zoology*. Segunda edición. MacGraw Hill Inc, New York.
- MCCANN, K. 2000. The diversity-stability debate. *Nature* 405: 228-233.
- McGEOCH, M.A. 1998. The selection, testing and application of terrestrial insects as bioindicators. *Biol. Rev.* 73: 181-201.
- MEIER, R. y WILLMANN, R. 2000. A defense of the Hennigian Species Concept. En Wheeler, Q.D. y R. Meier (eds): *Species concept and phylogenetic theory* Pp: 167-178. Ed. Columbia University Press. New York.
- MISHLER, B.D. y THERIOT, E.C. 2000. The phylogenetic species concept (sensu Mishler and Theriot): Monophyly, Apomorphy, and Phylogenetic Species Concept. In Wheeler, Q.D. y R. Meier (eds): *Species concept and phylogenetic theory*. Pp: 44-54. Ed. Columbia University Press. New York.
- MURDOCH, W., EVANS, F. y PETERSON, C. 1972. Diversity and pattern in plants and insects. *Ecology* 53: 819-829.
- MYERS, N. 1989. Threatened biotas: "Hotspots" in tropical forests. *Environmentalist* 8: 1-20.
- MYERS, N. 1990. The biodiversity challenge: expanded hotspots analysis. *Environmentalist* 10: 243-256.
- MYERS, N., MITTERMEIER, R.A., MITTERMEIER, C.G., DA FONSECA, G.A.B., KENT, J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403: 853-858.

- NOSS, R.F. 1990. Indicators for Monitoring Biodiversity: A Hierarchical Approach. *Conservation Biology* 4: 355-364.
- PAOLETTI, M.G. (Ed.) 1999. Invertebrate biodiversity bioindicators of sustainable landscapes. *Agriculture, Ecosystems & Environments*, 74 (Special issue). Elsevier Science.
- PAXTON, C.G.M. 1998. A cumulative species description curve for large open water marine animals. *J. Mar. Biol. Assoc.* 78: 1389-1391.
- PINE, R.H. 1994. New mammals not so seldom. *Nature* 368: 593.
- PRESTON, F.W. 1948. The commonness and rarity of species. *Ecology* 29:254-283.
- PURVIS, A. y HECTOR, A. 2000. Getting the measure of biodiversity. *Nature* 405: 212-219.
- QUICKE, D.L.J. 1993. Principles and techniques of contemporary taxonomy. Blackie Academic & Professional, London.
- REID, W.V. 1998. Biodiversity hotspots. *Trends Ecol. Evol.* 13 (7): 275-280.
- SCHULZE, E.D. y MOONEY, H.A. 1993. Biodiversity and Ecosystem function. Springer, Berlín.
- SIMPSON, G.C. 1961. Principles of animal taxonomy. Columbia University Press. New York.
- SIMPSON, G.C. 1990. Principles of animal taxonomy. Columbia University Press. New York.
- SNEATH, P.H.A. y SOKAL, R.R. 1973. Numerical taxonomy. Ed. W.H. Freeman and Company. San Francisco.
- SOUTHWOOD, T.R.E., BROWN, V.K. y READER, P.M. 1979. The relationships of plant and insect diversities in succession. *Biol. J. Linnean Soc.* 12: 327-348.
- TILMAN, D., KNOPS, J., WEDIN, D., REICH, P., RITCHIE, M. y SIEMANN, E. 1997. The influence of functional diversity and composition on ecosystem processes. *Science* 277: 1300-1302
- TILMAN, D., WEDIN, D. y KNOPS, J. 1996. Productivity and sustainability influenced by biodiversity in grassland ecosystems. *Nature* 379: 718-720.
- WALKER, B.H. 1992. Biodiversity and Ecological Redundancy. *Conservation Biology* 6: 18-23.
- WALKER, B.H. 1995. Conserving Biological Diversity through Ecosystem Resilience. *Conservation Biology* 9: 747-752.
- WHEELER, Q.D. y MEIER, R. 2000. Species concept and phylogenetic theory. Ed. Columbia University Press. New York.
- WHEELER, Q.D. y PLATNICK, N. I. 2000. The phylogenetic Species Concept. (*sensu* Wheeler and Platnick). En: Wheeler, Q.D. y R. Meier (eds): Species concept and phylogenetic theory. Ed. Columbia University Press. New York. (55-69).
- WILEY, E.O. y MAYDEN, R.L. 2000. The evolutionary species concept. En: Wheeler, Q.D. y R. Meier (eds): Species concept and phylogenetic theory. Ed. Columbia University Press. New York. (70-92).
- WILLMANN, R. y MEIER, R. 2000. A critique from the Hennigian Species Concept Perspective. En: Wheeler, Q.D. y R. Meier (eds): Species concept and phylogenetic theory. Ed. Columbia University Press. New York. (101-118).

Lecturas recomendadas

- (1) BELLÉS, X. 1998. *Supervivientes de la biodiversidad*. Rubes Ed. Barcelona. De forma sintética se tocan gran parte de los conceptos de biodiversidad, especialmente los de carácter más aplicado y con repercusión más directa en las sociedades humanas. Un libro ameno que enfoca desde una perspectiva científica un problema social, la pérdida de biodiversidad.
- (2) QUICKE, D.L.J. 1993. *Principles and Techniques of Contemporary Taxonomy*. Blackie Academic & Professional, London. Tiene unos capítulos generales sobre concepto de especie, taxón, fenética y cladística, nomenclatura y clasificación, pero lo más útil son los capítulos dedicados a revisar la utilidad y métodos de la citotaxonomía, quimiotaxonomía, inmunotaxonomía, taxonomía molecular y paleotaxonomía, aspectos no tratados con esta amplitud en ninguna otra obra.
- (3) MAGURRAN, A.E. 1989. *Diversidad ecológica y su medición*. Ed. Vedral. Barcelona. En este libro se hace un repaso a los índices de diversidad, explicando en qué aspectos son más adecuados unos u otros.
- (4) HOWLETT, R. y R. DHAND (Eds.). 2000. *Nature Insight. Biodiversity*. *Nature*. 405: 207-253. Interesante y útil revisión de los temas más estudiados con respecto a la biodiversidad. Indispensable para conocer las nuevas vías abiertas de investigación y los resultados y conclusiones más recientes.
- (5) WHEELER, Q.D. y R. MEIER. 2000. *Species Concept and Phylogenetic Theory*. Ed. Columbia University Press. New York. Revisión de los conceptos de especie con una presentación, defensa y discusión de cada uno de ellos realizada por los propios autores en la mayoría de los casos.

Anexo 2. Registro en audio de dos grupos de discusión que validan la pertinencia de la propuesta de intervención. Debido a su peso, subimos los archivos a la nube de Google (Google Drive); este es el vínculo: <https://drive.google.com/drive/#my-drive>

Contenido y enlace para acceder a los archivos de audio

Contenido

1. Discusión de estrategias 1 y 2 (2012/03/28)
2. Discusión de estrategias 3 y 4 (2012/03/29)
3. Discusión de estrategias 2 y 5 (2012/03/3)

Vínculo

<https://drive.google.com/drive/#my-drive>

Anexo 3. Proyecto aprobado por la Vicerrectoría de Investigaciones de la Universidad del Quindío, con el código 639. Esta propuesta nació de la presente investigación. Anexamos el documento que fue sometido al proceso de arbitraje.

FORMATO PRESENTACIÓN DE PROYECTOS

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN
PRESENTADO BAJO LA MODALIDAD:**

***CONGLOMERADO I, EDUCACIÓN; GRUPOS DE
INVESTIGACIÓN CATEGORÍAS D y B***

Facultades: EDUCACIÓN Y CIENCIAS BÁSICAS Y TECNOLOGÍAS

Programas: LICENCIATURA EN ESPAÑOL Y LITERATURA Y BIOLOGÍA

***LA ARGUMENTACIÓN CIENTÍFICA. PROPUESTA DIDÁCTICA PARA LA ESCRITURA
ARGUMENTATIVA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS***

Armenia-Quindío



FORMATO PRESENTACIÓN DE PROYECTOS

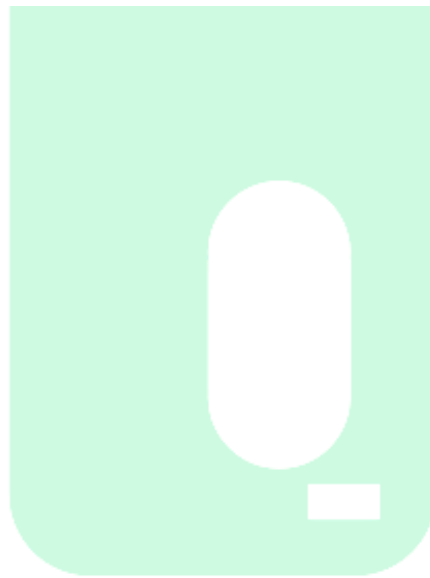
FICHA RESUMEN

Título: La argumentación científica. Propuesta didáctica para la escritura argumentativa en ciencias biológicas
Investigador Principal: Juan David Zambrano-Valencia Coinvestigadores: Ana Lucía López González y Andrés Felipe Orozco Cardona Grupo de Investigación: Didáctica de la Lengua Materna y la Literatura – DiLeMa (Categoría D) y Centro de Estudios e Investigaciones en Biodiversidad y Biotecnología - CIBUQ (Categoría B) Línea de Investigación: Didáctica de la Lengua Materna y la Literatura (DiLeMa), Diversidad Vegetal y Biotecnología Vegetal (CIBUQ) Facultades: Educación y Ciencias Básicas y Tecnologías Total de Investigadores: 3 Entidad: Universidad del Quindío N° de Acta y Fecha de revisión Consejo de Investigaciones de la Facultad: N° de Acta y Fecha Comité de Bioética: N° de Acta y Fecha Consejo Curricular del programa: Acta 06 del 25 de abril de 2012 (Licenciatura en Español y Literatura) N° de Acta y Fecha Aprobación Consejo de Investigaciones de la Facultad:
Lugar de Ejecución del Proyecto: Universidad del Quindío Ciudad: Armenia
Duración del Proyecto: 1 año (12 meses)
Tipo de Proyecto: Cualitativo
Modalidad: Conglomerado I, Educación; grupos de investigación categorías D y B
Valor Solicitado a la Universidad del Quindío: \$ 2.058.000 Valor Solicitado a **: \$*’000.000 Valor Total del Proyecto: \$ 2.058.000
Descriptor / Palabras Claves: Argumentación científica, estrategias didácticas, escritura argumentativa, ciencias biológicas.
Resumen: Este proyecto se propone diseñar un conjunto de estrategias didácticas que favorezcan la



FORMATO PRESENTACIÓN DE PROYECTOS

producción argumental escrita de estudiantes del ámbito de las ciencias biológicas (programa de Biología de la Universidad del Quindío). Para ello es necesario, primero, identificar cómo se argumenta en ciencias; segundo, diseñar una propuesta didáctica; y tercero, aplicar y evaluar dicha propuesta.



**UNIVERSIDAD
DEL QUINDÍO**

FORMATO PRESENTACIÓN DE PROYECTOS

FICHA DEL PROYECTO

TÍTULO: La argumentación científica. Propuesta didáctica para la escritura argumentativa en ciencias biológicas.

INVESTIGADOR PRINCIPAL: Juan David Zambrano-Valencia

GRUPO DE INVESTIGACIÓN: Didáctica de la Lengua Materna y la Literatura – DiLeMa (Categoría D) y Centro de Estudios e Investigaciones en Biodiversidad y Biotecnología - CIBUQ (Categoría B)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Didáctica de la Lengua Materna y la Literatura (DiLeMa), Diversidad Vegetal y Biotecnología Vegetal (CIBUQ)

FACULTADES: Educación y Ciencias Básicas y Tecnologías

Si necesita reconocimiento de docencia directa, especifique quienes y cuántas horas a la semana por cada uno, con el visto bueno del Decano y Director del programa respectivo. Este reconocimiento se considera una **pre-aceptación** para la ejecución del proyecto.

Nombre del docente	Tipo de vinculación (Cátedra, Ocasional, Planta)	Hora/Semana	Firma del Decano	Firma Director Programa
Juan David Zambrano-Valencia	Ocasional tiempo completo	10		
Ana Lucía López González	Ocasional tiempo completo	2		
Andrés Felipe Orozco Cardona	Ocasional tiempo completo	2		

Aceptamos asumir COMO INVESTIGADORES la responsabilidad por la conducta científica del proyecto y entregar los informes escritos requeridos.

FORMATO PRESENTACIÓN DE PROYECTOS

Nombre	Firma	Cédula
Juan David Zambrano-Valencia		9.772.119
Ana Lucía López González		41.916.189
Andrés Felipe Orozco Cardona		89.003.657

Estudiantes participantes en el proyecto

Nombre	Programa Académico	Semestre
Por definir (se elegirá mediante convocatoria después de la aprobación completa del proyecto)	Licenciatura en Español y Literatura	Por definir
Por definir (se elegirá mediante convocatoria después de la aprobación completa del proyecto)	Biología	Por definir

FORMATO PRESENTACIÓN DE PROYECTOS

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PRESENTADO BAJO LA MODALIDAD:
Conglomerado I, Educación; grupo de investigación categoría D

a. Título del Proyecto: La argumentación científica. Propuesta didáctica para la escritura argumentativa en ciencias biológicas.

b. Nombre de los Investigadores

Investigador principal: Juan David Zambrano-Valencia

Investigadores: Ana Lucía López González
Andrés Felipe Orozco Cardona

Investigador asociado: Ana Lucía López González
Andrés Felipe Orozco Cardona

Auxiliar de investigación: Por definir
Por definir

Estudiante investigador: **

c. Línea de Investigación: Didáctica de la Lengua Materna y la Literatura (DiLeMa), Diversidad Vegetal y Biotecnología Vegetal (CIBUQ)

d. Objetivos

1. General

Diseñar una propuesta didáctica que favorezca la escritura argumentativa en ciencias biológicas.

2. Específicos

- Identificar la forma como se argumenta en ciencias biológicas desde la escritura.
- Caracterizar la forma de argumentar en ciencias biológicas desde la escritura.
- Diseñar un conjunto de estrategias de argumentación escrita para ciencias biológicas.
- Aplicar ese conjunto de estrategias a estudiantes y/o docentes del programa de Biología de la Universidad del Quindío.

FORMATO PRESENTACIÓN DE PROYECTOS

e. Estado General del Tema. Marco Teórico

Este proyecto nace en el seno de la *Maestría en Ciencias de la Educación* de la Universidad del Quindío, se inscribe en el énfasis de *Didáctica de la lengua materna y la literatura* (uno de los tres que alimentan dicho programa académico), y se corresponde con su propósito central: “la formación académica y actualización de profesores y estudiantes, en algunas disciplinas de las ciencias del lenguaje y la comunicación, y la contribución de estas últimas a la enseñanza e investigación en el campo de la didáctica de la lengua materna y la literatura”. Se enmarca también en el campo epistemológico de *Didáctica del texto y lingüística textual* (procesos y estrategias de producción escrita). Además, esta preocupación tiene sus bases en las investigaciones del grupo DiLeMa, en la concepción de didáctica del programa de Licenciatura en Español y Literatura y en el trabajo efectuado en el *Semillero en Didáctica del Texto Argumentativo – Sedar*. En DiLeMa porque que el grupo se propone, entre otros asuntos, “promover el aprendizaje de prácticas innovadoras de lectura y escritura que posibiliten un mejor rendimiento académico de los estudiantes” e “incentivar el diseño de modelos innovadores en la enseñanza y el aprendizaje de la escritura”, y su tradición investigativa da amplia cuenta de ello¹. En la concepción de didáctica de la Licenciatura por cuanto coincide con los principios de sus líneas de investigación, con los fines del grupo DiLeMa, con la malla curricular del Programa y, por supuesto, esta concepción no riñe con el presente proyecto. Entendemos la didáctica, desde las perspectivas francesa y española, como una disciplina de intervención que se ocupa de los complejos y dinámicos procesos de enseñanza/aprendizaje a fin de resolver problemas de aula concretos (Camps, 2004). Y en los procesos investigativos de *Sedar* puesto que se ha encargado de estudiar la enseñanza y el aprendizaje de la argumentación en diversos ángulos: “Rastreo de falacias en los lenguajes de la publicidad y de los medios masivos de comunicación”, “La retórica de los discursos cotidianos” y “La didáctica de los textos antitéticos”.

Por tanto, lograr lo que el proyecto se propone implica centrar la investigación en los presupuestos de Toulmin (2007) y de Adam (1992).

¹ Aquí algunas de las investigaciones desarrolladas por DiLeMa: *Estrategias para la comprensión y producción de textos argumentativos desde un enfoque sociocultural; una propuesta didáctica dirigida a profesores de Educación Básica para el mejoramiento de la competencia lectoescritural de sus estudiantes*. (inicio: febrero de 2008, finalización: diciembre de 2010); *Análisis de una muestra representativa de los relatos presentados al Concurso Nacional de Cuento Gabriel García Márquez (2007)*. Proyecto de investigación financiado por el Ministerio de Educación Nacional (MEN) en el marco del convenio interinstitucional entre el MEN y la Universidad del Quindío No. 666 de 2008 (inicio: noviembre de 2008, finalización: enero de 2009); *Estrategias para la comprensión y producción de textos expositivo-explicativos desde un enfoque sociocultural; una propuesta didáctica dirigida a profesores de cuarto grado de educación básica para el mejoramiento de la competencia lectoescritural de sus estudiantes* (inicio: febrero de 2005, finalización: diciembre de 2007).

FORMATO PRESENTACIÓN DE PROYECTOS

De las tres perspectivas de argumentación más conocidas, la Analítica de Toulmin, la Retórica de Perelman y la Pragma-dialéctica de van Eemeren y Grootendorts, nos inclinamos por la primera dado que se ajusta al objeto de esta investigación. La Retórica no es de nuestro interés en este caso por cuanto en ella se aceptan falacias para persuadir, y en las ciencias exactas se suelen evitar las falacias. La perspectiva Pragma-dialéctica fija sus esfuerzos no en el carácter persuasivo de la argumentación, sino en la posibilidad que esta tiene de contribuir a la resolución de diferencias de opinión o disputas (van Eemeren y Grootendorts, 2002: 29), bien en la escritura o bien en la oralidad.

Toulmin y Adam son nuestra elección, entre otras razones, porque el primero considera que “el devenir de las ciencias como un proceso plural, dinámico y comunal de interacción de teorías explicativas, en el cual la argumentación, como externalización de razonamientos sustantivos, se constituye en la expresión de una racionalidad local y contingente que permite dichos cambios” (2007). El segundo (Adam, 1995: 10) opina que un “discurso argumentativo trata de influir en las opiniones, actitudes o comportamientos de un interlocutor o de un auditorio haciendo creíble o aceptable un enunciado (conclusión) apoyado, según diversas modalidades, en otro (argumento/dato/razón)”. A más de estas teorías y autores, será conveniente hacer un estudio minucioso del concepto de *texto* de van Dijk (1996) y Beaugrande y Dressler (1997).

f. Impacto social y económico

Con esta investigación se beneficiarán estudiantes del campo de ciencias experimentales de la Universidad del Quindío; de igual modo, se buscará la proyección de los resultados conseguidos en diversos espacios de discusión con docentes en ejercicio, tanto de educación superior como de educación básica y media. Además, quizás, la promoción de algunos jóvenes investigadores abrirá paso a nuevos y mejores proyectos de extensión, lo que redundará en la calidad de sus prácticas como futuros profesionales. En última instancia, se espera que el proyecto le aporte a la cultura académica de la Universidad del Quindío.

Frente a los impactos ambientales, por tratarse de una investigación con seres humanos, se solicitará a todos los participantes de la investigación su consentimiento para el trabajo en el proyecto. De manera específica, se les pedirá que lean y firmen (en caso de estar de acuerdo) un documento en el que se expondrán brevemente los puntos clave del proyecto: problema de investigación, objetivos, referentes conceptuales, metodología. Con este consentimiento informado se espera que los participantes sean conscientes de la intención del proyecto y de lo que implicará participar en él.

FORMATO PRESENTACIÓN DE PROYECTOS

g. Planteamiento del Problema

A pesar de que la producción textual en el ámbito de la cultura académica cuenta, en mayor o menor grado, con la exigencia y el estímulo del Ministerio de Educación Nacional —MEN—, del Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación -Colciencias-, de la Asociación Colombiana de Universidades —ASCUN— (solo por citar algunos organismos nacionales), el número de producciones textuales del profesorado de la universidad colombiana no es el mejor en comparación con otras universidades latinoamericanas o de otras parte del mundo (por ejemplo: EE.UU, España, Francia).

Al tiempo, preocupa la escasez de la composición argumental en la Universidad del Quindío, si se entiende esta tipología textual como clave para la construcción de sentido, la reflexión autónoma, la postura crítica, el planteamiento y la defensa de ideas, la oposición o adhesión cultural. También, sabiendo que argumentar es una competencia que requiere de procesos más duraderos y profundos de reflexión, en tanto su complejidad escritural y oral (concepto y forma: lo que se dice, cómo se dice y para qué se dice); y conociendo que los docentes —no la totalidad— de esta casa de estudio no cuentan con estrategias para agenciar la producción personal de textos argumentativos ni para orientar tal proceso en el marco de la formación estudiantil, aunque se considera una solicitud frecuente del profesorado hacia los alumnos de todos los campos disciplinares de la Universidad del Quindío.

El problema se agudiza no sólo para los profesores sino para los alumnos si se traslada, por ejemplo, a la Facultad de Ciencias Básicas y Tecnologías en la que algunos docentes son profesionales que carecen de formación pedagógica y didáctica. Piénsese, para muestra, en el resultado de propuestas de construcción de textos argumentativos esgrimidas por profesores de este campo epistemológico, encaminadas a tutelar procesos de producción textual del alumnado. En algunas ocasiones las tareas no llegan a su fin o no consiguen un buen término (aun cuando se concluyen) puesto que luego de pasar por la evaluación respectiva, la calificación obtenida no reconoce el esfuerzo realizado por el estudiante que, se supone, no contó con un acompañamiento preciso. O, en otros momentos, los estudiantes eligen pagar por la producción del texto u optan por descargarlo de la internet (la mayoría de esos textos no coincide con la superestructura de la tipología textual argumentativa).

Por ende, es necesario que docentes de ciencias biológicas cuenten con estrategias didácticas para guiar la producción argumental propia y, también, dispongan de saberes conceptuales y procedimentales sólidos, a más de un repertorio amplio de estrategias de intervención de aula para asesorar la producción argumental del estudiantado, a partir de proyecciones didácticas que dinamicen dicho proceso y garanticen la escritura de calidad.

Complementando lo antes mencionado, el proyecto logra justificarse ya que:

FORMATO PRESENTACIÓN DE PROYECTOS

[...] la importancia [y pertinencia] de los textos escritos [argumentativos] en cualquier ámbito social es innegable, y todavía más si se piensa en las Instituciones de Educación Superior, promotoras de la cultura académica y responsables en primera línea de la construcción de conocimiento y del desarrollo social. Para ello, sin duda, se requiere de la escritura en cuanto a divulgación científica, exposición y argumentación de ideas, análisis e interpretación de fenómenos sociales y planteamiento de salidas a problemáticas actuales [etc.] (Zambrano, Medina, Muñoz, 2008: 7).

Con ello en mente, es posible formular la siguiente pregunta:

¿Cómo estructurar una propuesta didáctica que permita a profesores y a estudiantes de ciencias biológicas de la Universidad del Quindío cualificar la producción de textos argumentativos escritos?

Vale agregar, no obstante, que una propuesta didáctica que favorezca la escritura argumentativa en ciencias biológicas no es la única forma de responder o proponer soluciones al problema de investigación planteado; es apenas una posibilidad para enfrentarlo. Por tanto, dicha problemática merece atención en diversas perspectivas teóricas y prácticas.

h. Justificación

De acuerdo con las perspectivas actuales de la escritura, el individuo se expresa a través de textos tanto en ámbitos académicos (por ejemplo universitarios) como cotidianos. Y no sólo se expresa mediante textos sino que los piensa, los lee, los analiza, los juzga, los deconstruye, los crea, los destruye, etcétera. Esto permite afirmar que el individuo utiliza los textos —y en efecto el lenguaje— para comunicarse en el tiempo y el espacio: aquí y allá, ayer, hoy y mañana. Hecho que reviste de fuerza la necesidad de comprender y producir textos orales y escritos en los diversos ámbitos de interacción de las sociedades². No es gratuito, pues, que los *Estándares Básicos de Competencia en Lenguaje* (2006) se fundamenten sobre la competencia comunicativa cuya naturaleza es el uso del lenguaje en contextos específicos; es decir, hablar, oír, leer y escribir en situaciones reales concretas; y que las pruebas SABER, en el área de lenguaje, se basen en la lectura y la escritura.

El lenguaje es, por lo tanto, multidireccional y, en consecuencia (si son permitidos los conceptos) se multi-habla, se multi-oye, se multi-lee y se multi-escribe según la necesidad de comunicarse: narrar, exponer, explicar, dialogar, describir o argumentar.

² En el contexto universitario, dadas sus características, más los últimos que los primeros.

FORMATO PRESENTACIÓN DE PROYECTOS

Por todo lo anterior la lengua, en este caso la lengua materna escrita, será el soporte de esta investigación (nos referimos al uso de la lengua escrita en el escenario de la cultura académica; esto es, la cultura universitaria). Exactamente, la producción de textos argumentativos escritos en el marco de una propuesta didáctica pensada para actores del área de ciencias biológicas.

Por qué la producción del texto argumentativo escrito en la Universidad

Comprender y producir textos escritos en la Universidad es verdaderamente importante para ampliar los horizontes intelectuales e intervenir en la escena académica con eficacia, tanto por parte de quienes desempeñan el rol de aprendices: los estudiantes, como del lado, —aún más relevante— de quienes cumplen la función de formar: los docentes.

En las esferas de la actividad lingüística la *producción* alude “al proceso por medio del cual el individuo genera significado, ya sea con el fin de expresar su mundo interior, transmitir información o interactuar con los otros” (MEN, 2006: 20-21); mientras que la *comprensión* hace referencia al proceso de “búsqueda y construcción del significado y sentido que implica cualquier manifestación lingüística” (MEN: 2006, 21). Como se evidencia, el papel de la comprensión es vital para leer el mundo, para reconocer al otro (y a lo otro) y legitimar su discurso, para comprenderse a sí mismo y erigirse, para moverse en la cultura académica. Pero, a pesar de su valor indiscutible, no es el objeto de esta investigación; su preocupación reside, más bien, en los procesos de producción, pues, si la comprensión implica inquirir sentidos literales y ocultos, la producción implica construir sentidos literales y profundos. En otras palabras, la producción supera la idea de leer el mundo académico y opta por su escritura, por su construcción.

Tampoco será ocupación de esta investigación estudiar la producción de cualquier tipología textual sino, exactamente, del texto argumentativo, por varios motivos:

1. Porque “generalmente hablar [de manera oral o escrita] consiste en tratar de compartir con un interlocutor opiniones o representaciones relativas a un tema determinado, es querer provocar o aumentar la adhesión de un oyente o de un auditorio más amplio a las tesis que uno presenta para su asentimiento” (Adam, 1992), lo cual resulta importante en la Universidad por su carácter de espacio generador de ideas que se oponen, complementan o establecen puentes; por la necesidad de formar seres humanos capaces de opinar y de defender sus opiniones; básicamente porque la sociedad requiere de individuos con habilidades para cimentar reflexiones y defenderlas y, en caso tal, aceptar que existen otras ideas que pueden superar las suyas y, en consecuencia, ser capaces de admitir la diferencia, a más de reconocer al otro como interlocutor válido (*Ética de la comunicación*).
2. Porque el medio académico no sólo requiere de la enunciación y desarrollo de saberes, sino de la lectura crítica de aquellos y de la configuración de argumentos que faciliten sostener los conocimientos que se enuncian y desarrollan.

FORMATO PRESENTACIÓN DE PROYECTOS

3. Porque la tipología textual argumentativa no sólo aporta en materia profesional, sino en materia humana, ya que argumentar implica convencer al otro desde lo académico y desde lo ético: desde el comportamiento mismo a lo largo de la vida y la conciencia en la toma de decisiones. Ello lo advirtió Cicerón (1997) al referirse al rétor, a la luz de sus cuatro rasgos constitutivos (seguridad, honestidad, brillantez y jocundidad), como un buen ciudadano y al aludir a la retórica antigua (distinta a la retórica clásica y madre fundante de la argumentación):
[...] A juicio mío por cierto, sin embargo, hay que estudiar la elocuencia, aunque algunos abusan de ella tanto en privado como en público, pero ciertamente con más ahínco por esto: porque los malos no puedan mucho más con gran detrimento de los buenos y ruina común de todos, es especial cuando esto es lo único que máximamente concierne a todas las cosas, las públicas y las privadas: por esto se hace segura la vida; por esto, honrosa; por esto, brillante; por esto mismo, jocunda” (1997: I, 5)³.
4. Porque pensar en la formación del estudiantado en el contexto de la producción argumental, significa pensar en la cualificación pedagógica, didáctica y disciplinar del profesorado que orienta dicha formación.
5. Porque el texto argumentativo es, dentro de la teoría de las tipologías textuales, uno de los más complejos; y enfrentar a los estudiantes a mencionada complejidad implica iluminarlos con procesos de producción escrita cuidadosos y acordes con las necesidades del alumnado y con los intereses y exigencias del profesor.
6. Porque el texto argumentativo circula en el contexto universitario y cotidiano permanentemente (piénsese por ejemplo en la publicidad), y esto amerita que docentes y estudiantes cuenten con recursos y estrategias que les permitan dilucidar sus intenciones y construir las suyas propias al momento de componerlo.

A modo de aproximación. Algunas palabras sobre el *ensayo* en el contexto de las ciencias experimentales en la Universidad del Quindío

Daniel Cassany (1999) sostiene que escribir es el “acto cognitivo más complejo que existe porque involucra pensamiento, lenguaje e interpretación de la realidad”. Este acto se potencia, más que al exponer una idea, narrar un suceso o describir un objeto, al argumentar una tesis, al defender una opinión. Dicho de otra forma, convencer al otro (intención primaria de la argumentación) de que el calentamiento global pone en riesgo la vida del planeta, resulta más difícil que exponer las características de este fenómeno climático o relatar lo ocurrido en cierta región del mundo a causa de un tornado o describir el estado de Haití después del movimiento telúrico del 12 de enero de 2010. Argumentar exige un ejercicio profundo del pensamiento, exige poner en juego una serie de

³ Al respecto, Alfonso Reyes (1997) apuntala que “se dice lo que se es, o, a pesar de que parezca lo mismo, se es lo que se dice”.

FORMATO PRESENTACIÓN DE PROYECTOS

estrategias retóricas premeditadas y planeadas, exige una reflexión larga sobre un tema acerca del cual se dice algo entre novedoso y auténtico, entre verosímil y contundente.

Tal como sucede con otras tipologías textuales, el texto argumentativo se materializa en géneros discursivos: discusiones, editoriales, artículos de opinión, artículos de crítica en la prensa, debates, publicidad, ensayo y otros. Entre todos ellos, el género más distintivo y controversial de esta tipología es el ensayo, “un género de la tensión”:

De las variadas definiciones propuestas para el ensayo, me llama la atención el hecho de que en la mayoría de ellas se eche mano de dos conceptos o dos términos para dar razón de su ser. O bien son la didáctica y la poesía, o la literatura y la filosofía, o la imagen y el concepto. En todo caso, cuando se busca definir el ensayo, se llega a la conclusión [de] que es un género híbrido, una mezcla de fuerzas. Un centauro, según el pensar de Alfonso Reyes (Vásquez, 2008: 13).

Complementando lo antes dicho, Fernando Vásquez (2008) en *Pregúntele al ensayista*, precisamente en “El centauro de los géneros. Voces en búsqueda de una definición del ensayo”, profiere que el ensayo:

Por su forma o ejecución verbal, puede tener una dimensión estética en la calidad de su estilo, pero requiere, al mismo tiempo, una dimensión lógica, no literaria, en la exposición de sus temas. Por su materia significada, puede referirse a temas propiamente literarios, como son los de ficción, pero, en la mayoría de los casos, se ocupa de asuntos propios de otras disciplinas: historia, ciencia, etc. Es pues, ante todo, una peculiar forma de comunicación cordial de ideas en la cual éstas abandonan toda pretensión de impersonalidad e imparcialidad para adoptar resueltamente las ventajas y las limitaciones de su personalidad y su parcialidad. En los ensayos más puros y característicos cualquier tema o asunto se convierte en problema íntimo, individual; se penetra de resonancias humanas, se ánima a menudo con un toque humorístico o cierta coquetería intelectual y, renunciado cuando es posible a la falacia de la objetividad y de la seriedad didáctica y a la exposición exhaustiva, entra de lleno en un “historicismo” y se presenta como testimonio, como voto personal y provisional (2008: 17-18).

La cita previa, al tiempo, ayuda a justificar las ideas subsiguientes.

El género discursivo predominante en el campo de las ciencias experimentales de la Universidad del Quindío es el artículo científico. No obstante, el ensayo —por ejemplo—, a más de lo dicho hasta aquí, es una solicitud frecuente de los docentes de tal campo. Sin embargo, algunos de ellos carecen de formación pedagógica y didáctica. Por ende, la construcción de una propuesta didáctica que ofrezca estrategias adecuadas para la producción escrita de textos argumentativos se transformará, quizás, en una manera de guiar adecuadamente a los estudiantes por el complejo camino de la composición argumental.

FORMATO PRESENTACIÓN DE PROYECTOS

i. Metodología

Tal como se infiere de lo planteado anteriormente, este proyecto de investigación se ciñe al método investigación-acción que implica la operación simultánea de la investigación pedagógica y la aplicación inmediata de los resultados con el objetivo de intervenir y resolver problemas de aula (práctica profesional); igualmente, es un enfoque investigativo válido para la identificación, el análisis y la solución de diversos problemas didácticos, entre ellos la composición de textos argumentativos. Según Elliot (1993: 5) “el propósito de la investigación-acción consiste en profundizar la comprensión del profesor (diagnóstico) de su problema. Por tanto, adopta una postura exploratoria frente a cualquier definición inicial de su propia situación. La investigación-acción interpreta lo que ocurre desde el punto de vista de quienes actúan e interactúan en la situación problema, por ejemplo, profesores y alumnos, profesores y director”.

En virtud de lo anterior, este proyecto se llevará a cabo en tres fases: la primera vendrá determinada por la identificación y caracterización de los modos particulares de argumentar en el campo de las ciencias biológicas a partir de un estudio detallado de géneros discursivos propios de esta área; la segunda supondrá el diseño de un conjunto de estrategias pensadas para escribir textos argumentativos en ciencias biológicas; la tercera contemplará la puesta en práctica de dichas estrategias, a más de la evaluación de su eficacia y pertinencia.

j. Resultados esperados directos e indirectos

Pensar la producción de textos argumentativos desde la configuración de una propuesta didáctica, aportará de modo directo al fortalecimiento de las prácticas de composición argumental de los profesores y estudiantes del ámbito de las ciencias biológicas y, de manera indirecta, contribuirá a la consolidación de la cultura académica de esta casa de estudio.

k. Estrategias de comunicación incluyendo publicaciones

Para la difusión de los resultados de la investigación se cuenta con la posibilidad de participar en el programa radial *La imprenta* de la UFM, en el Foro anual de *Estudios didácticos, lingüísticos y literarios* de la Licenciatura en Español y Literatura, en la Red para la Transformación de la Formación de Docentes en Lenguaje (Red del lenguaje) y en la Asociación Red Nacional de Estudiantes de Literatura y Afines (REDNEL).

FORMATO PRESENTACIÓN DE PROYECTOS

También se buscará la posibilidad de publicar los resultados en algunas de las revistas que la Universidad tiene destinadas para tal fin, con el propósito de que profesores y estudiantes analicen y discutan sus perspectivas.

I. Bibliografía

- Adam, Jean-Michel (1985). "Quel types de textes?". *Le français dans le monde*. París: Nathan.
- Adam, Jean-Michel (1992a). *Les textes: types et prototypes. Récit, description, argumentation, explication et dialogue*. París: Nathan.
- Adam, Jean-Michel (1995b). "Hacia una definición de la secuencia argumentativa". *Comunicación, lenguaje y educación*, Madrid, (25).
- Adam, Jean-Michel et al (1995). "Enseñar a argumentar". *Comunicación, lenguaje y educación*, Madrid, (26).
- Agüera, Isabel (1993). *Curso de creatividad y lenguaje*. Madrid: Narcea.
- Alisedo, Graciela, Melgar, Sara y Chiocci, Cristina (1994). *Didáctica de las ciencias del lenguaje. Aportes y reflexiones*. Barcelona: Paidós.
- Albaladejo, Tomas (1989). *Retórica*. Madrid: Síntesis.
- Alvarado, Maite y Yeannoteguy, Alicia (1999). *La escritura y sus formas discursivas*. Buenos Aires: Eudeba.
- Álvarez, Miriam (1999). *Tipos de escrito II: Argumentación*. Madrid: Arco / Libros.
- Álvarez, Teodoro (2001a). *El texto argumentativo*. Barcelona: Octaedro.
- Álvarez, Teodoro (2001b). *Textos expositivo-explicativos y argumentativos*. Barcelona: Octaedro.
- Álvarez, Teodoro (2005a). *Didáctica del texto en la formación del profesorado*. Madrid: Síntesis.
- Álvarez, Teodoro (2010b). *Competencias básicas de escritura*. Barcelona: Octaedro.
- Anscombe, Jean Claude y Ducrot, Oswald (1983). *La argumentación en la lengua*. Madrid: Cátedra.
- Aristóteles (1986). *El arte de la Retórica*. Buenos Aires: Eudeba.
- Armañanzas, Emy y Díaz, Javier (1996). *Periodismo y argumentación, géneros de opinión*. Bilbao: Servicio Editorial, Universidad del País Vasco.
- Arquillos, Francisco (1996). "Producción de un texto argumentativo". *Textos*, Grao, (7): 99-110.
- Austin, John (1962). *Cómo hacer cosas con palabras*. Barcelona: Paidós.
- Bassart, Dominique (1995). "Elementos para una didáctica de la argumentación en la escuela primaria". *Comunicación Lenguaje y Educación*, Madrid, (26): 41-49.
- Bassols, Margarida y Torrent, Anna (1997). *Modelos textuales*. Barcelona: Octaedro.
- Bernárdez, Enrique (1982). *Introducción a la lingüística del texto*. Madrid: Espasa-Calpe.
- Berrío, Jordi (1983). *Teoría social de la persuasión*. Barcelona: Mitre.
- Borges, Jorge L. (1980). "Del culto a los libros". En *Otras inquisiciones* (). Barcelona: Bruguera.
- Borges, Jorge L. (2008). *Tlön, Uqbar, Orbis Tertius*. En: Paredes, Alberto (edit.), *El estilo es la idea. Ensayo literario hispanoamericano del siglo XX. Antología Crítica*. México: Siglo XXI.

FORMATO PRESENTACIÓN DE PROYECTOS

- Calsamiglia, Helena y Tusón, Amparo (1999). *Las cosas del decir*. Barcelona: Ariel.
- Camargo, Zahyra y Uribe, Graciela (2007). “Modelos de comprensión y producción textual y sus posibilidades de proyección didáctica”. *Cuadernos Interdisciplinarios Pedagógicos*, Universidad del Quindío, (8): 25-67.
- Camargo, Zahyra. Uribe, Graciela y Caro, Miguel A. (2009). “Modelos de comprensión y producción textual”. En: *Didáctica de la comprensión y producción de textos académicos* (. Armenia: Universidad del Quindío.
- Camps, Anna (1995a). “Aprender a escribir textos argumentativos: Características dialógicas de la argumentación escrita”. *Infancia y aprendizaje*, Barcelona, (25): 51-63.
- Camps, Anna (1995b). “La ‘secuencia didáctica’ como unidad de enseñanza/aprendizaje de la composición escrita en la escuela”. *Textos*, Barcelona, (5): 24-28.
- Carlino, Paula (2006). *Escribir, leer y aprender en la universidad. Una introducción a la alfabetización académica*. Buenos Aires: Fondo de Cultura Económica de Argentina.
- Caro, Miguel A. (2007a). “El texto argumentativo y su transposición didáctica: En busca de un hilo de Weston para huir de un minotauro”. *Cuadernos interdisciplinarios pedagógicos*, Universidad del Quindío, (8): 69-81.
- Caro, Miguel A. (2007b). “Del ágora al salón de clases: Rastreo de algunos aportes de la retórica antigua a la didáctica de la lengua”. *Cuadernos de Lingüística*, Universidad Tecnológica de Pereira, (1): 53-65.
- Cassany, Daniel (2000). *La cocina de la escritura*. Barcelona: Anagrama.
- Cassany, Daniel (2006): “Géneros escritos”. En: *Taller de textos. Leer, escribir y comentar en el aula* (17-48). Barcelona: Paidós.
- Castelló, Montserrat (1995) “Estrategias argumentativas: escribir para convencer”. *Textos*, Barcelona, (6): 97-106.
- Castelló, Montserrat y Monereo, Carles (1996). “Un estudio empírico sobre la enseñanza y el aprendizaje de estrategias para la composición escrita de textos argumentativos”. *Infancia y aprendizaje*, Madrid, Edisa, (74): 39-55.
- Castrillón, Carlos A. y Caro, Miguel A. (2010). “Manual para la presentación de textos académicos”. Armenia: Universidad del Quindío.
- Chevallard, Yves (1991). *La transposición didáctica. Del saber sabio al saber enseñado*. Buenos Aires: Aique.
- Ciapuscio, Guiomar E. (1994). *Tipos textuales*. Buenos Aires: Universidad de Buenos Aires.
- Comesaña, Juna M. (1998). *Lógica informal, falacias y argumentos filosóficos*. Buenos Aires: Eudeba.
- Copi, Irving (1995). *Introducción a la lógica*. México: Limusa.
- Correa, José, Ditamé, Cecilia y Martínez, Nancy (1999a). *Saber y saberlo demostrar. Hacia una didáctica de la argumentación*. Bogotá: Universidad Externado de Colombia-Colciencias.
- Correa, José, Ditamé, Cecilia y Martínez, Nancy (1999b). *Contextos cognitivos: argumentar para transformar*. Bogotá: Universidad Externado de Colombia.

FORMATO PRESENTACIÓN DE PROYECTOS

- Cotteron, Jany (1995). *Secuencias didácticas para enseñar a argumentar en la escuela primaria*. En: A. Camps y Joaquim Dolz (coords.), *Comunicación, Lenguaje y Educación* (pp. 79-94). Madrid: Edisa.
- Cros, Anna (1995). *El discurso académico como un discurso argumentativo. El argumento de autoridad en la primera clase de un curso académico*. En: A. Camps y Joaquim Dolz (coords.), *Comunicación, Lenguaje y Educación* (pp. 95-106). Madrid: Edisa. ()
- Cros, Anna (2003). *Convencer en classe. Argumentación y discurso docente*. Barcelona: Ariel.
- Cros, Anna y Vilà, Monserrat (1998). "La evaluación de la lengua oral: una secuencia didáctica". *Textos*, Barcelona, Graó, (16): 9-23.
- Cros, Anna y Vilà, Monserrat (2002). "El oral formal. La discusión oral: Argumentos y falacias". *Textos*, Barcelona, Graó, (29): 31-46.
- Cuenca, María J. (1995). *Mecanismos lingüísticos y discursivos de la argumentación*. En: A. Camps y Joaquim Dolz (coords.), *Comunicación, Lenguaje y Educación* (pp. 23-40). Madrid: Edisa. ()
- Damborenea, Ricardo (2000). *Uso de razón. Diccionario de falacias*. Madrid: Biblioteca Nueva.
- Deaño, Alfredo (1987). *Introducción a la lógica formal*. Madrid: Alianza Editorial.
- De Beaugrande, Robert-Alain y Dressler, Wolfgang U. (1997). *Introducción a la lingüística del texto* (trad. Sebastián Bonilla). Barcelona: Ariel. (Original: 1972).
- Díaz, Álvaro (1986). *La argumentación escrita*. Medellín: Universidad de Antioquia.
- DIDACTEXT (Grupo) (2003). "Modelo sociocognitivo, pragmalingüístico y didáctico para la producción de textos escritos". *Didáctica (Lengua y Literatura)*, (15): 77-104 (www.didactext.net).
- Dijk, Teun A. van (1977). *Texto y contexto (Semántica y pragmática del discurso)*. Madrid: Cátedra.
- Dijk, Teun A. van (1978). *La ciencia del texto. Un enfoque interdisciplinario*. Barcelona: Paidós.
- Dijk, Teun A. van (1996): "Macroestructuras semánticas". En: *Estructuras y funciones del discurso* (pp. 43-57), México, Siglo XXI.
- Dolz, Joaquim (1993). "La argumentación". *Cuadernos de Pedagogía*, 216: 68-70.
- Dolz, Joaquim (1995). *Escribir textos argumentativos para mejorar su comprensión*. En: A. Camps y Joaquim Dolz (coords.), *Comunicación, Lenguaje y Educación* (pp. 65-77). Madrid: Edisa. ()
- Dolz, Joaquim y Pasquier, Auguste (1996). *Argumentar para convencer. Una secuencia didáctica de iniciación al texto argumentativo para el primer ciclo de la Educación Secundaria Obligatoria*. Departamento de Educación y Cultura.
- Ducrot, Oswald (1986). *El decir y lo dicho*. Barcelona: Paidós.
- Durante, J. V. (1999). *No-sí estoy de acuerdo. Claves de la argumentación*. Buenos Aires: Kapelusz.
- Eemeren, Frans H. van y Grootendorst, Rob (2002). *Argumentación, comunicación y falacias. Una perspectiva pragma-dialéctica*. Santiago de Chile: Universidad Católica de Chile.
- Eemeren, Frans H. van, Grootendorst, Rob y Henkemans, Francisca S. (2006). *Argumentación. Análisis, evaluación, presentación*. Buenos Aires: Biblos.

FORMATO PRESENTACIÓN DE PROYECTOS

- Fernández, A. *et al.* (1997). *Proyecto Jerigonza 3. El texto argumentativo*. Barcelona: Octaedro.
- Fuentes, Catalina y Alcaide, Esperanza (2002). *Mecanismos Lingüísticos de la persuasión*. Madrid: Arco/Lilbros.
- Garabelli, Bice (1988). *Manual de Retórica*. Madrid: Cátedra.
- García, Luis E. (1995). *Lógica y pensamiento crítico*. Manizales: Universidad de Caldas.
- García, Marisol (2004). *Análisis discursivo de ensayos estudiantiles*. Ballaterra: Universidad Autónoma de Barcelona.
- Garrido, Manuel (1974). *Lógica simbólica*. Madrid: Tecnos.
- Gómez, Adolfo L. (1993). *Argumentos y Falacias*. Cali: Universidad del Valle.
- Gómez, Adolfo L. (2001). *Seis lecciones sobre teoría de la argumentación*. Cali: Alego.
- Goyes, Adriana C. (sf). “Dificultades de los estudiantes para elaborar ensayos. Estrategias didácticas para mejorar la escritura argumentativa”. Bogotá: Universidad De La Salle.
- Habermas, Jürgen (1987). *Teoría de la acción comunicativa*, vols. I y II. Madrid: Taurus.
- Henao, Berta L. (2010). *Hacia la construcción de una ecología representacional: aproximación al aprendizaje como argumentación desde la perspectiva de Stephen Toulmin*. Burgos: Universidad de Burgos.
- Henao, Berta L. y Stipcich, María S. (2008). “Educación en ciencias y argumentación: la perspectiva de Toulmin como posible respuesta a las demandas y desafíos contemporáneos para la enseñanza de las Ciencias Experimentales”. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, (7): 47-62.
- Henao, Berta L., Stipcich, María S. y Moreira, Marco A. (2010). *II Congrés Internacional en Didàctiques*. “Una perspectiva epistemológica moderada como nicho y condición de posibilidad para propiciar la enseñanza como argumentación”. Girona.
- Herrero, Juan (2006). *Teorías de pragmática, de lingüística textual y de análisis del discurso*. La mancha: Universidad de Cataluña.
- Jolibert, Josette (1995). “Formar niños lectores/productores de textos. Propuesta de una problemática didáctica integrada”. *Textos de Didáctica de la Lengua y de la Literatura*, Barcelona, Graó, (5): 81-92.
- Jurado, Fabio y Bustamante, Guillermo (1995). *Los procesos de la lectura*. Bogotá: Magisterio.
- Lloyd. G.E.R. (1987). *Polaridad y analogía: dos tipos de argumentación en los albores del pensamiento griego*. Madrid: Taurus.
- Lo Cascio, Vincenzo. (1998). *Gramática de la argumentación: estrategias y estructuras*. Madrid: Alianza.
- Loman, M. (1995). “Un modelo para evaluar la comprensión de la lectura”. *Desde el Sur, Humanismo y Ciencia*. México: Universidad Nacional Autónoma de México, (3): 44-48.
- Lomas, Carlos, Osoro, Andrés y Tusón, Amparo. (1993). *Ciencias del lenguaje, competencia comunicativa y enseñanza de la lengua*. Barcelona: Paidós.
- Lomas, Carlos (1999). “Cómo enseñar a hacer cosas con las palabras”, *vol. I y 2*. En: *Teoría y práctica de la educación lingüística*: Barcelona: Paidós.

FORMATO PRESENTACIÓN DE PROYECTOS

- Lomas, C. y Osoro, Andrés (2001). “De la lingüística aplicada a una educación lingüística implicada. Formación del profesorado y cambios en las aulas de lengua”. *Textos. La formación del profesorado*. Barcelona: Graó, (27): 8-27.
- Lomas, Carlos (2002). *El aprendizaje de la comunicación en las aulas*. Barcelona: Paidós
- Loureda, Óscar (2003). *Introducción a la tipología textual*. Madrid: Arco/Libros.
- Marafioti, Roberto (comp) (1995). *Temas de argumentación*. Buenos Aires: Biblos.
- Martín, María A. y Montolío, Estrella (Coords) (1988). *Los marcadores del discurso. Teoría y análisis*. Madrid: Arco/ Libros.
- Martín, Jesús B (1997). *Descentramiento del libro y estallido de la lectura. Lectura y nuevas tecnologías*. Santafé de Bogotá: Cerlalc.
- Martínez, María C. (1999) (comp). *Comprensión y producción de textos académicos: expositivos y argumentativos*. Cali: Cátedra UNESCO, Universidad del Valle.
- Martínez, María C. (coord.) (2001). *Aprendizaje de la argumentación razonada*. Cali: Universidad del Valle.
- Mejía, Orlando (2001). *De clones, ciborgs y sirenas*. Manizales: Universidad del Caldas.
- Mendoza, Antonio, López, Amando y Martos, Eloy (1996). *Didáctica de la lengua para la enseñanza primaria y secundaria*. Madrid: Akal.
- Meyer, Michael (1987). *Lógica, lenguaje y argumentación*. Buenos Aires: Hachette.
- Ministerio de Educación Nacional (1998). *Lineamientos curriculares de Lengua Castellana* Santafé de Bogotá: MEN.
- Ministerio de Educación Nacional (2003). *Estándares básicos de Lenguaje para la Educación Básica y Media*. Bogotá: MEN.
- Miranda, Tomás (1995). *El juego de la argumentación*. Madrid: Ediciones de la Torre.
- Miranda, Tomás (2002). *Argumentos*. Universidad de Valencia, Marfil/Publicaciones.
- Monsalve, Alfonso (1992). *Teoría de la argumentación*. Medellín: Universidad de Antioquia.
- Neruda, Pablo (1974). *Confieso que he vivido*. Santafé de Bogotá: RBA.
- Nussbaum, Luci (1999). “La discusión como género discursivo y como instrumento didáctico”. *Textos. La discusión como instrumento de aprendizaje*, Barcelona, Graó, (20): 9-17.
- Parodi, Giovanni (2000). “La evaluación de la producción de textos escritos argumentativos: Una alternativa cognitivo/discursiva”. *Signos 33*, Chile, Universidad Católica de Valparaíso, (47): 151-166.
- Perelman, Chaim (1997). *El imperio retórico: Retórica y argumentación*. Bogotá: Norma.
- Perelman, Chaim y Olbrechts-Tyteca, Lucie (1989). *Tratado de la argumentación. La nueva retórica*, Madrid: Gredos.
- Pérez, Mauricio (2001). “Hacia una pedagogía del discurso: Elementos para pensar la competencia argumentativa en los procesos de escritura en la educación básica”. En: *Competencias y proyecto pedagógico*. Santafé de Bogotá, Universidad Nacional de Colombia.
- Pérez, Eulalia (1991). *Ejercicios de lógica*. Madrid: Siglo XXI.
- Petőfi, Janos y García-Berrio, Antonio (1979). *Lingüística del texto y crítica literaria*. Madrid: Alberto Corazón.
- Pizaro, Fina (1986). *Aprender a razonar*. Madrid: Alhambra.

FORMATO PRESENTACIÓN DE PROYECTOS

- Plantin, Christian (2002). *La argumentación*. Barcelona: Ariel.
- Portolés, José (1988). “La teoría de la argumentación en la lengua y los marcadores del discurso”. En Zorraquino, María A. y Montolío, E. (coords.), *Los marcadores del discurso. Teoría y análisis*. Madrid: Arco/Libros.
- Quintero, Gina (2006): *El texto universitario. Guía para la redacción*. Ibagué: Coruniversitaria.
- Ribas, Montserrat (2002). “De la explicación a la argumentación”. *Textos*, Barcelona, Grao, (29): 11-20.
- Rodríguez, Alfonso (1997). “Lectura, nuevas tecnologías y escuela: ¿guerra, complementariedad o convivencia?”. *Educación y cultura*, 45.
- Ruiz, T. et al (2002). “Del análisis de un modelo a la elaboración de un texto propio o cómo escribir un texto argumentativo”. *Textos*, Barcelona, Grao, (29): 55-72.
- Santamaría, Josep (1992). “Escribir textos argumentativos: una secuencia didáctica”. *Aula*, (2): 33-40.
- Séneca (2005). *De la brevedad de la vida*. San Juan: Universidad de Puerto Rico.
- Textos (2002). *Explicar y argumentar*, 29, Barcelona.
- Toulmin, Stephen. (1958). *The uses of argument*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Vásquez, Fernando (2000). “La lectura, la abducción, el pensamiento”. En: *Oficio de maestro* (pp. 83). Bogotá: pontificia Universidad Javeriana.
- Vásquez, Fernando (2006). “¡Una ayudita, profe! Inquietudes más frecuentes al momento de elaborar un ensayo”. En: Sánchez, Jorge I. y Osorio, Jhon J. (coord.), *Lectura y escritura en la educación superior. Diagnósticos, propuestas e investigaciones* (pp. 95-107). Medellín: Sello Editorial Universidad de Medellín, Grupo de Investigación LOGOS, Lectura y Escritura Superior.
- Vásquez, Fernando (2008). *Pregúntele al ensayista*. Bogotá: Kimpres.
- Venegas, María C. (1987) *Promoción de la lectura a través de la literatura infantil en la Biblioteca y en el Aula*. Bogotá: Centro para el Fomento del Libro.
- Verneaux, Roger (1968). *Introducción general y lógica*. Barcelona: Herder.
- Vignaux, Georges (1976). *La argumentación. Ensayo de lógica discursiva*. Buenos Aires: Hachette.
- Werlich, Egon (1975). *Typologie der Texte*. Munich: Fink.
- Weston, Anthony (1994). *Las claves de la argumentación*. Barcelona: Ariel.
- Zambrano, Juan D., Medina, Rubiel y Muñoz, Beyddy (2008). “Estado de las prácticas de lectura y escritura en la Universidad del Quindío. Primera aproximación estadística e interpretativa”. *Cuadernos interdisciplinarios pedagógicos* (en prensa). Armenia, Universidad del Quindío.
- Zanotto, Mercedes (2007). *Estrategias de lectura en lectores expertos para la producción de textos académicos*. Barcelona: Universidad Autónoma de Barcelona.

FORMATO PRESENTACIÓN DE PROYECTOS

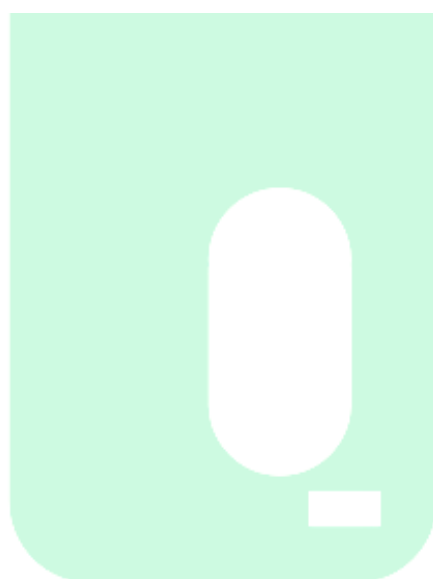
Cronograma de actividades:

ACTIVIDADES	12 MESES					
	I-II	III-IV	V-VI	VII-VIII	IX-X	XI-XII
Primera fase. Estudio de los presupuesto de Toulmin y Adam sobre <i>argumentación</i> .	X					
Primera fase. Estudio de los presupuesto de van Dijk y Beaugrande y Dressler sobre <i>texto</i> .	X					
Primera fase. Análisis de géneros discursivos propios de las ciencias biológicas a fin de identificar la manera de argumentar en este campo.		X				
Primera fase. Análisis de géneros discursivos propios de las ciencias biológicas a fin de caracterizar la manera de argumentar en este campo.		X				
Segunda fase. Diseño de 10 estrategias de argumentación escrita para ciencias biológicas.			X			
Segunda fase. Discusión y validación de la pertinencia de cada una de las estrategias con expertos.				X		
Segunda fase. Ajustes a las estrategias y consolidación de su versión final.				X		
Tercera fase. Aplicación de las estrategias a un grupo de estudiantes y/o docentes.					X	



FORMATO PRESENTACIÓN DE PROYECTOS

Tercera fase. Aplicación de las estrategias a un grupo de estudiantes y/o docentes, y evaluación de su pertinencia y eficacia.						X	X
---	--	--	--	--	--	----------	----------



UNIVERSIDAD
DEL QUINDÍO

FORMATO PRESENTACIÓN DE PROYECTOS

n. Presupuesto: Se anexan cuadros de presupuesto.

o. Curriculum Vitae de los Investigadores: Se anexan hojas de vida de los investigadores.

p. Trayectoria de los Grupos de Investigación: Se anexan síntesis del GrupLac de DiLeMa y el CIBUQ.

Anexo 4. Artículo de reflexión publicado en la revista *Sophia* de la Universidad La Gran Colombia. Anexamos la versión completa del artículo en PDF, a más de algunas páginas escaneadas del número 8 de la revista en mención.

ΣΟΦΙΑ-SOPHIA

Revista de Investigaciones

Educación 8

UNIVERSIDAD
La Gran Colombia



Afiliada a la Asociación Colombiana de Universidades "ASCUN"

Formamos en Valores para la Excelencia

SOPHIA/Universidad La Gran Colombia/Armenia (Colombia) /No. 8/p.p. 1-190/Enero-Diciembre/2012/ISSN:1794-8932

EL ENSAYO: CONCEPTO, CARACTERÍSTICAS, COMPOSICIÓN¹

THE ESSAY: CONCEPT, CHARACTERISTICS, COMPOSITION

Juan David Zambrano Valencia²

Zambrano V. Juan / Sophia / No. 8 / p.p. 137-147 / ISSN:1794-8932
Recepción: Agosto 14 de 2012 - Aceptación: Octubre 8 de 2012

Resumen

Con apoyo en las propuestas de Vásquez (2008) y Weston (2005) se define, describe y ofrecen pautas para la composición de uno de los géneros discursivos más complejos de la teoría de los tipos de texto: el ensayo, pensando de manera particular en el ejercicio de producción del escritor-estudiante y, en ciertas ocasiones, en el rol que cumple el docente como orientador de este proceso.

Palabras clave

Ensayo, Escritor-Estudiante, Proceso de producción textual, Tipología textual argumentativa.

Abstract

With the support of Vasquez (2008) and Weston (2005) proposals, guidelines for the composition of one of the most complex discursive genres of the theory of text types, the essay are defined, described and offered, thinking in a particular way on the exercise of the student writer production and at times on the role of the teacher as the process counselor.

Key words

Essay, typology, argumentative textual, process of textual production, student writer

¹ Este artículo es resultado de investigación del grupo de investigación en Didáctica de la Lengua Materna y la Literatura (DiLeMa).

² Candidato a Magíster en Ciencias de la Educación. Especialista en Enseñanza de la Literatura. Licenciado en Español y Literatura de la Universidad del Quindío. Docente del programa de Licenciatura en español y literatura. Integrante del grupo de investigación en Didáctica de la Lengua y la Literatura (DiLeMa). boreasvni@yahoo.com. Colombia.

El ensayo: Concepto, características, composición¹

Juan David Zambrano Valencia²

Zambrano, Juan D. (2012). "El ensayo: concepto, características, composición". *Sophia*, Universidad La Gran Colombia, (8): 137-147. ISSN: 1794-8932.

La tarea del ensayista es eminentemente escéptica: el dogmático no ensaya. Ensayar es, a fin de cuenta, dudar del papel, no saberlo todo, no estar seguro de los gestos que corresponden a cada frase o del tono de voz más adecuado para decirla.

(Savater, 1978:51-53)¹

Resumen

Con apoyo en las propuestas de Vásquez (2008) y Weston (2005) se define, describe y ofrecen pautas para la composición de uno de los géneros discursivos más complejos de la teoría de los tipos de texto: el *ensayo*, pensando de manera particular en el ejercicio de producción del escritor–estudiante y, en ciertas ocasiones, en el rol que cumple el docente como orientador de este proceso.

Palabras clave

Ensayo, tipología textual argumentativa, proceso de producción textual, escritor–estudiante.

Abstract

With support proposals for Vasquez (2008) and Weston (2005) defines, describes, and provides guidelines for the composition of one of the most complex discursive genres theory of text types: the essay, thinking in a particular way the exercise of the writer-student production and, at times, in the role played by the teacher in guiding this process.

Keywords

Essay, argumentative text types, text production process, writer-student.

¹ Este artículo es resultado de investigación del grupo de investigación en Didáctica de la Lengua Materna y la Literatura (DiLeMa).

² Candidato a Magíster en Ciencias de la Educación. Especialista en Enseñanza de la Literatura. Licenciado en Español y Literatura de la Universidad del Quindío. Docente del programa de Licenciatura en español y literatura. Integrante del grupo de investigación en Didáctica de la Lengua y la Literatura (DiLeMa). boreasvvn@yahoo.com. Colombia.

1. A manera de introducción

En este texto se dará cuenta del ensayo abordando sus puntos vitales y requisitos básicos de producción con base en los presupuestos de Fernando Vásquez Rodríguez (2008) y Anthony Weston (2005), en una suerte de herramienta asesora para la composición textual y documento definitorio/descriptivo de sus partes, en el marco de la actividad de los estudiantes en el aula de clases.

Se inicia con algunas consideraciones liminares. Luego se ofrece una breve definición del ensayo. Posteriormente, se enuncian y explican algunas pautas (proceso) de producción, a la vez que se describen sus características: estructura, tipos de argumentos. Y se cierra con una mirada a la defensa de los aportes personales.

2. Consideraciones liminares

De acuerdo con las perspectivas actuales de la escritura, el individuo se expresa a través de textos, tanto en ámbitos académicos (universitarios) como cotidianos, y no sólo se expresa mediante textos, sino que los piensa, los lee, los analiza, los juzga, los deconstruye, los crea. Esto permite afirmar que el individuo utiliza los textos —y en efecto el lenguaje— para comunicarse en el tiempo y en el espacio: aquí y allá; ayer, hoy y mañana. Hecho que reviste de fuerza la necesidad de comprender y producir textos orales y escritos en los diversos ámbitos de interacción de las sociedades³. No es gratuito, pues, que los *Estándares Básicos de Competencia en Lenguaje* (2006) se fundamenten en la competencia comunicativa, cuya naturaleza es el uso del lenguaje en contextos específicos; es decir: hablar, oír, leer y escribir en situaciones reales concretas, y que las pruebas SABER, en el área de lenguaje, se basen en la lectura y la escritura.

El lenguaje es, por lo tanto, multidireccional y, en consecuencia se multi-habla, se multi-oye, se multi-lee y se multi-escribe según la necesidad de comunicarse: narrar, exponer, explicar, dialogar, describir o argumentar.

2.1 Por qué la producción del texto argumentativo escrito en la Universidad

Comprender y producir textos escritos en la Universidad es verdaderamente importante para ampliar los horizontes intelectuales e intervenir en la escena académica con eficacia, tanto por parte de quienes desempeñan el rol de aprendices: los estudiantes, como del lado de quienes cumplen la función de formar: los docentes.

En las esferas de la actividad lingüística la *producción* alude “al proceso por medio del cual el individuo genera significado, ya sea con el fin de expresar su mundo interior, transmitir información o interactuar con los otros”; mientras que la *comprensión* hace referencia al proceso de “búsqueda y construcción del significado y sentido que implica cualquier manifestación lingüística” (Ministerio de Educación Nacional. MEN, 2006: 20-21)². Como se evidencia, el papel de la comprensión es vital para leer el mundo, para

³ En el contexto de la cultura académica, dadas sus características, más los últimos que los primeros.

reconocer al otro (y a lo otro) y legitimar su discurso, para comprenderse a sí mismo y erigirse, y para moverse en la cultura. Pero, a pesar de su valor indiscutible, no es el objeto de este texto; su preocupación reside, más bien, en los procesos de producción, pues, si la comprensión implica inquirir sentidos literales y ocultos, la producción implica construir sentidos literales y profundos. En otras palabras, la producción supera la idea de leer el mundo y opta por su escritura, por su construcción. Análogamente tampoco será ocupación del presente escrito abordar la producción de cualquier tipología textual sino, exactamente, del texto argumentativo, por varios motivos:

- Porque “generalmente hablar [de manera oral o escrita] consiste en tratar de compartir con un interlocutor opiniones o representaciones relativas a un tema determinado, es querer provocar o aumentar la adhesión de un oyente o de un auditorio más amplio a las tesis que uno presenta para su asentimiento” (Adam, 1995: 9-22)³, lo cual resulta importante en la Universidad por su carácter de espacio generador de ideas que se oponen, complementan o establecen puentes; por la necesidad de formar seres humanos capaces de opinar y defender sus opiniones; básicamente, porque la sociedad requiere de individuos con habilidades para cimentar reflexiones y defenderlas y, en caso tal, aceptar que existen otras ideas que pueden superar las suyas y, en consecuencia, ser capaces de admitir la diferencia, además de reconocer al otro como interlocutor válido (*Ética de la comunicación*).
- Porque el medio académico no sólo requiere de la enunciación y desarrollo de saberes, sino de la lectura crítica de aquellos y de la configuración de argumentos que faciliten sostener los conocimientos que se enuncian y desarrollan.
- Porque la tipología textual argumentativa no sólo aporta en materia académica, sino en materia humana, ya que argumentar implica convencer al otro desde lo académico y desde lo ético: a partir del comportamiento mismo a lo largo de la vida y la conciencia en la toma de decisiones. Ello lo advirtió Cicerón (1997) al referirse al rétor, a la luz de sus cuatro rasgos constitutivos (seguridad, honestidad, brillantez y jocundidad), como un buen ciudadano y al aludir a la retórica antigua (distinta a la retórica clásica y madre fundante de la argumentación):

A juicio mío por cierto, sin embargo, hay que estudiar la elocuencia, aunque algunos abusan de ella tanto en privado como en público, pero ciertamente con más ahínco por esto: porque los malos no puedan mucho más con gran detrimento de los buenos y ruina común de todos, es especial cuando esto es lo único que máximamente concierne a todas las cosas, las públicas y las privadas: por esto se hace segura la vida; por esto, honrosa; por esto, brillante; por esto mismo, jocunda”⁴ (Cicerón, 1997: I, 5)⁴.

- Porque el texto argumentativo es, dentro de la teoría de las tipologías textuales, uno de los más complejos; y enfrentar a los estudiantes a mencionada complejidad supone iluminarlos con procesos de producción escrita cuidadosos y acordes con las necesidades del alumnado y con los intereses y exigencias del profesor.

⁴ Al respecto, Alfonso Reyes (1997) apuntala que “se dice lo que se es, o, a pesar de que parezca lo mismo, se es lo que se dice”.

- Porque el texto argumentativo circula en el contexto universitario y cotidiano permanentemente (piénsese por ejemplo en la publicidad), y esto amerita que los estudiantes cuenten con recursos y estrategias que les permitan dilucidar sus intenciones y construir las suyas propias al momento de componerlo.

2.2 Por qué un texto dirigido a estudiantes

Los estudiantes, según las reflexiones actuales de la *didáctica de la lengua materna*, son protagonistas de sus procesos educativos. Lo que quiere decir que en el aula de clases deben ser distinguidos y preparados por los profesores como agentes dinámicos y autónomos. En tal medida, a propósito de la producción de ensayos, los estudiantes necesitan estrategias precisas para enfrentar el reto de la composición ensayística.

De esta manera, con el presente texto se pretende evitar —en alguna medida— que los estudiantes (y el proceso mismo de producción argumental) caigan en las típicas faltas y dudas, fruto de consignas sin acompañamiento y desprovistas de instrucciones exactas. Pongamos por caso, “escriban un ensayo”: (i) confundir la superestructura de este género discursivo con otra; (ii) eludir, por una u otra razón, la elaboración de un texto cuya intención comunicativa responda al interés de persuadir a un interlocutor o a un público más amplio; (iii) desnaturalizar el ensayo, al punto de escribir un texto cuyo fin último no es la defensa de una tesis; (iv) pensar en la escritura como producto y no como proceso; (v) descargar de internet o mandar a hacer los ensayos; (vi) soslayar la necesidad de forjar pensamiento autónomo; (vii) obviar la pertinencia e importancia social y cultural del razonamiento crítico; (viii) temer a la evaluación de algo cuya construcción no produce certezas; (ix) rehuir a la consigna de escribir como acto comunicativo; (x) ignorar el ejercicio de escritura como acción para superar o resolver necesidades de contexto; entre otras.

2.3 Por qué el ensayo

Daniel Cassany (1999) sostiene que escribir es el “acto cognitivo más complejo que existe porque involucra pensamiento, lenguaje e interpretación de la realidad”. Este acto se potencia, más que al exponer una idea, narrar un suceso o describir un objeto, al argumentar una tesis, al defender una opinión. Dicho de otra forma, convencer a alguien (intención primaria de la argumentación) de que el calentamiento global pone en riesgo la vida del planeta, resulta ser más difícil que exponer las características de este fenómeno climático o relatar lo ocurrido en cierta región del mundo a causa de un tornado, o describir el estado de Japón después del movimiento telúrico del 11 de marzo de 2011. Argumentar exige un ejercicio profundo del pensamiento, exige poner en juego una serie de estrategias retóricas premeditadas y planeadas, exige una reflexión larga sobre un tema acerca del cual se dice algo entre novedoso y auténtico, entre verosímil y contundente.

Tal como sucede con otras tipologías textuales, el texto argumentativo se materializa en géneros discursivos: discusiones, editoriales, artículos de opinión, artículos de crítica en la prensa, debates, publicidad, ensayos y otros. Entre todos ellos, el género sobre el que gira este documento es el ensayo, “un género de la tensión”:

De las variadas definiciones propuestas para el ensayo, me llama la atención el hecho de que en la mayoría de ellas se eche mano de dos conceptos o dos términos para dar razón de su ser. O bien son la didáctica y la poesía, o la literatura y la filosofía, o la imagen y el concepto. En todo caso, cuando se busca definir el ensayo, se llega a la conclusión [de] que es un género híbrido, una mezcla de fuerzas. Un centauro, según el pensar de Alfonso Reyes (Vásquez, 2008: 13)⁵.

Complementando lo referido, Fernando Vásquez (2008) en *Pregúntele al ensayista*, precisamente, en “El centauro de los géneros. Voces en búsqueda de una definición del ensayo”, profiere que el ensayo:

Por su forma o ejecución verbal, puede tener una dimensión estética en la calidad de su estilo, pero requiere, al mismo tiempo, una dimensión lógica, no literaria, en la exposición de sus temas. Por su materia significada, puede referirse a temas propiamente literarios, como son los de ficción, pero, en la mayoría de los casos, se ocupa de asuntos propios de otras disciplinas: historia, ciencia, etc. Es pues, ante todo, una peculiar forma de comunicación cordial de ideas en la cual estas abandonan toda pretensión de impersonalidad e imparcialidad para adoptar resueltamente las ventajas y las limitaciones de su personalidad y su parcialidad. En los ensayos más puros y característicos cualquier tema o asunto se convierte en problema íntimo, individual; se penetra de resonancias humanas, se anima a menudo con un toque humorístico o cierta coquetería intelectual y, renunciando cuando es posible a la falacia de la objetividad y de la seriedad didáctica y a la exposición exhaustiva, entra de lleno en un “historicismo” y se presenta como testimonio, como voto personal y provisional (Vásquez, 2008: 17-18)⁶.

El ensayo, además de lo dicho hasta aquí, es una solicitud frecuente de los docentes, una tarea habitual de los estudiantes. Por ende, realizar un abordaje de sus partes y de sus lógicas de producción será de ayuda para los alumnos y se transformará en una manera de transitar por el complejo camino de la composición argumental ensayística.

3. Definición

El ensayo es un género discursivo de la tipología textual argumentativa⁵, cuya escritura se visualiza en prosa. En él, el autor cumple el objetivo fundamental de defender una tesis para lograr la adhesión del auditorio a la misma. Para ello trabaja desde dos ángulos: uno inmerso en la opinión planteada y otro inmanente al lenguaje utilizado; es decir, la forma como el escritor expresa, desde el punto de vista estético, su idea o ideas. Existen dos clases de ensayo, el literario y el científico-técnico. A pesar de sus diferencias, ambos se tocan ocasionalmente generando un vínculo. Se sabe de ensayos científicos que apelan a los componentes estéticos del ensayo literario (cómo se dice la idea, esto es, la puesta en escena del lenguaje) o de ensayos literarios que recurren a la formalidad científica para expresarse. A continuación un ejemplo. Se trata de un fragmento de “Del culto de los libros” de Borges (1980) en el que el escritor diserta sobre lo fundamental del *libro* en la construcción de la memoria humana y en la cultura a lo largo de la historia. Este es un ensayo no literario en el que el valor estético del lenguaje se pone de relieve.

En el octavo libro de la Odisea se lee que los dioses tejen dichas para que a las futuras generaciones no les falte algo que cantar; la declaración de Mallarmé: El mundo existe para llegar a un libro, parece repetir, unos treinta siglos después, el mismo concepto de

⁵ El más representativo, el más próximo a la pureza.

una justificación estética de los males. Las dos teologías, sin embargo, no coinciden íntegramente; la del griego corresponde a la época de la palabra oral, y la del francés, a una época de la palabra escrita. En una se habla de contar y en otra de libros. Un libro, cualquier libro, es para nosotros un objeto sagrado: ya Cervantes, que tal vez no escuchaba todo lo que decía la gente, leía hasta “los papeles rotos de las calles”. El fuego, en una de las comedias de Bernard Shaw, amenaza la biblioteca de Alejandría; alguien exclama que arderá la memoria de la humanidad, y César le dice: Déjala arder. Es una memoria de infamia. El César histórico, en mi opinión, aprobaría o condenaría el dictamen que el autor le atribuye, pero no lo juzgaría, como nosotros, una broma sacrílega. La razón es clara: para los antiguos la palabra escrita no era otra cosa que un sucedáneo de la palabra oral. (Borges, 1980)⁷.

4. Por dónde comenzar

Se puede comenzar por una idea que llama la atención del escritor, por una experiencia, un problema o una inquietud, por algo sobre lo que se ha pensado largo tiempo y ha pasado por la reflexión. Se trata, pues, de comenzar a definir la tesis y a determinar su validez, mediante la confrontación de lecturas previas y momentos de pre-escritura con los que se dispongan el rumbo del ensayo y los puntos que se pretenden defender o atacar en él.

Por otra parte, según el modelo de producción textual sociocognitivo, pragmlingüístico y didáctico del grupo *Didactext* (2003), es indispensable establecer el tema acerca del cual se va a hablar, definir el público al cual irá dirigido y la intencionalidad del ensayo. El *tema*, porque implica definir de qué se hablará; o sea, delimitar el terreno sobre el cual se moverá el ensayo. El *público*, porque así emergerá un diálogo entre escritor–texto, lector–texto y escritor–lector. Con el *público* previsto, es factible determinar el tipo de lenguaje que se usará, las estrategias que se emplearán para persuadirlo, las fortalezas y las debilidades de la tesis, las conclusiones y las premisas, las fuentes pertinentes para el ensayo, etc., y, la *intencionalidad*, porque de ella depende la autenticidad del ensayo; dicho en otros términos, si se escribirá para argumentar o narrar o exponer o explicar o describir. La intención fija el propósito comunicativo del texto que se busca producir; no importa la filiación tipológica o discursiva de este. Complementando lo antepuesto, *tema* y *público* se anclan a la *intencionalidad* y dependen de ella. (Didactext, 2003:77-104)⁸.

5. La exposición de la tesis

La tesis es la médula del ensayo puesto que trasluce la temática que se abordará en el mismo, la ruta que orientará el escrito, el juicio que se defenderá y la postura del escritor frente al tema. La tesis debe ser clara, concreta. No conviene decirla a medias (ello para evitarle confusiones al lector y descartar las posibles ambigüedades). Es necesario, por el contrario, mostrársela al lector de manera limpia y transparente. Es sensato ponerla ante sus ojos. Según Vásquez: “la tesis es la apuesta argumentativa que le proponemos al lector” (Vásquez, 2008: 55)⁹.

6. Las diferentes formas de argumentar o los distintos tipos de argumentos

Los argumentos se usan para la defensa de la tesis y la afirmación de las conclusiones. Hay varias clases, entre otros: basados en la analogía, en la autoridad, en el ejemplo, en la causalidad y en la definición⁶ (Weston, 2005; Álvarez, 2005).

Los *argumentos basados en la analogía* generan en el lector una sensación de familiaridad, lo hacen sentir “próximo” a la argumentación. Se trata de una comparación entre dos cosas, sucesos, lugares, gentes que conservan relación y se pueden asemejar o diferenciar metafóricamente, real y/o particularmente. Su finalidad es cimentar aseveraciones o conclusiones factibles. En otras palabras, “los argumentos por analogía, en vez de multiplicar los ejemplos, discurren de un caso o ejemplo específico a otro ejemplo, argumentando que, debido a que los dos ejemplos son semejantes en muchos aspectos, son también semejantes en otro aspecto más específico” (Weston, 2005: 51)¹⁰. Enseguida un ejemplo.

El ejemplo del detective podría iluminar un tanto lo que estoy diciendo. La escena del crimen está repleta de indicios. Por supuesto, tales pistas no son “legibles” sino para alguien capacitado. Para los demás, no hay ni huellas, ni trayectoria de la bala, ni indicios de distinta índole. Así sucede con los textos: cada uno de ellos podría denominarse un crimen. Y como crimen que posee una serie de pistas, de marcas, de índices sobre el culpable o responsable del delito. Por lo mismo, es el detective el que puede ir formulando hipótesis a partir de lo que va encontrando; allí una colilla, más allá un pañuelo, en ese otro lugar un vaso con un poco de licor. O siguiendo con la analogía: allí un verbo en infinitivo, más allá tres veces la misma palabra, en ese otro sitio una mayúscula en negrilla. Leer es ir recorriendo o reconstruyendo la escena del crimen, la escena del sentido (Vásquez, 2000: 83-85)¹¹.

Los *argumentos basados en la autoridad* son ideas de otros autores que sirven para darle fuerza a las propias (son los más comunes). Al momento de la escritura, las citas se pueden parafrasear⁷ o tomar literalmente tal como fueron planteadas por el autor o autores; sin embargo, independiente del modo como se introduzca el argumento de autoridad, se citará la fuente y se dará el lugar apropiado al autor.

Ya Thomas Hobbes en su clásico *Leviatán* (1651) señalaba la irresistible atracción (y por lo tanto el fácil engaño) que padecemos los seres humanos ante todo tipo de presagios. Es una tradición muy antigua (una socorridísima mina de oro, una piedra filosofal) explotar esta debilidad de nuestra psicología. Copio el resumen que hace Hobbes de estos engaños, el cual es preciso y exhaustivo, y parece a su vez un resumen de las técnicas de seducción esotérica que Coelho utiliza en sus libros: “Así se hizo creer a los hombres que encontrarían su fortuna en las respuestas ambiguas y absurdas de los sacerdotes de Delfos, Delos, Ammon y otros famosos oráculos, cuyas respuestas se hacían deliberadamente ambiguas para que fueran adecuadas a las dos posibles eventualidades de un asunto (Abad, 2003)¹²”.

Los *argumentos basados en el ejemplo* se refieren a datos estadísticos, a sucesos o a casos demostrables. En este tipo de argumentos la información es irrefutable, luego

⁶ Es de advertir que aquellos son apenas algunos de los muchos tipos de argumentos que existen. Se citan estos por considerarse los más frecuentes.

⁷ En este caso se glosa una idea de alguien más con palabras propias, sin desconfigurar su sentido.

reposa en hechos o datos comprobados. Ello no quiere decir que la tesis sea irrefutable, sino que los datos o hechos en los que se soporta lo son.

De acuerdo con una encuesta realizada por el Pew Hispanic Center el año pasado, el 23% de los 1.200 hispánicos encuestados pensaban que la migración ilegal estaba dañando la economía de Norteamérica y bajando los salarios. Para la entidad, aquel 23% era "una minoría significativa, concentrada entre latinos nacidos en Norteamérica [...] Una encuesta más reciente a 800 inmigrantes legales, conducida por Bendicen & Asociados de Miami, y patrocinada por New America Media, encontró que el 23% piensa que los inmigrantes indocumentados deberían ser deportados (Castillo, 2011)¹³.

Los *argumentos basados en la causalidad* intentan indicar, retornando a su raíz (causas), por qué sucede algo. Lo que ocurre es que pretenden explicar, tal vez, un suceso volviendo a las causas que lo originaron. En esta clase de argumentos los antecedentes (causas) deben estar ligados a las consecuencias (efectos) y enunciarse así en el ensayo: "cuando pensamos que A causa B, usualmente pensamos no sólo que A y B están correlacionados, sino también que 'tiene sentido' que A cause B. Los buenos argumentos, entonces, no apelan únicamente a la correlación de A y B, también explican *por qué* 'tiene sentido' para A causar B" (Weston: 2005, 69)¹⁴.

No es que dispongamos de poco tiempo; es que perdemos mucho. Bastante larga es la vida y aun sobrada para llevar a cabo las mayores empresas; pero cuando se desliza entre el lujo y la ociosidad, cuando no se destina a nada bueno, solo al vernos, por fin, obligados a cumplir nuestro último deber, sentimos que ha pasado aquella vida cuya marcha no percibíamos. Así es: la vida que hemos recibido no es corta, pero nosotros la hacemos tal; no somos pobres de tiempo, sino pródigos. [...] nuestra vida es harto suficiente para quién sabiamente la dispone (Séneca, 2005)¹⁵.

Los *argumentos basados en la definición*⁸ buscan precisar con claridad la acepción de un concepto o una serie de conceptos. Estos excluyen las ambigüedades y, en efecto, fundan la univocidad de significados.

El Software Libre es un asunto de libertad, no de precio. Para entender el concepto, debes pensar en "libre" como en "libertad de expresión", no como en "bebidas gratis". Software Libre se refiere a la libertad de los usuarios para ejecutar, copiar, distribuir, estudiar, cambiar y mejorar el software. De modo más preciso, se refiere a cuatro libertades de los usuarios del software:

1. La libertad de usar el programa, con cualquier propósito
2. La libertad de estudiar cómo funciona el programa, y adaptarlo a tus necesidades
3. La libertad de distribuir copias, con lo que puedes ayudar a tu vecino
4. La libertad de mejorar el programa y hacer públicas las mejoras a los demás, de modo que toda la comunidad se beneficie (*¿Qué es Software Libre?*, 2011)¹⁶.

Conviene observar que la búsqueda y selección de los argumentos siempre debe estar orientada por la correspondencia que ellos tengan con la tesis, pues su función es sostenerla, reafirmarla, ratificarla o contrastarla. Se recomienda prestar atención a la

⁸ A propósito, Teodoro Álvarez (2005) profiere que la definición está ligada a la argumentación puesto que restringe interpretaciones que vayan en varias direcciones para sortear el almacenamiento de dudas, confusiones e incertidumbres. (Álvarez, 2005)¹⁷.

coherencia existente entre pensamientos; en pocas palabras, a la conexión de ideas entre la tesis y los argumentos seleccionados para su defensa y los que plantea el escritor del texto. En procura de este efecto, se propone hilvanar un amplio abanico de citas o comentarios para tener de dónde beber cuando se requiera. No obstante, perder de vista que no es relevante el número de citas seleccionadas para la defensa de la tesis, sino su pertinencia, podría ser catastrófico en el proceso de producción de un ensayo.

7. La búsqueda de información

En este punto es central que el estudiante cuente con bibliografía específica para comenzar con la búsqueda de información. El propósito es recurrir a fuentes documentales que contengan datos relativos a la temática que se abordará e información que aporte a la defensa de la tesis. Para esto, entonces, se entrará en un proceso de depuración en el que el estudiante descartará los datos irrelevantes para el objetivo del escrito y le dará espacio a los significativos. En seguida, el escritor-estudiante clasificará la información y la jerarquizará. Se sugiere priorizar la calidad de la información (pertinencia) en lugar de la cantidad⁹.

En relación con la calidad de la información, es justo tener cuidado con las consultas indiscriminadas en la internet; luego páginas como *Rincón del vago*, *Monografías*, *Buenas tareas*, entre otras, suelen no aportar información precisa, ya que en algunas se permite la edición ilimitada de los textos que se publican, y en otras no se cuenta con criterios mínimos de publicación que favorezcan la regulación de la calidad de los textos¹⁰. A ello se suma el principio de autoridad y autoría que Castrillón y Caro (2010) explican en estas líneas: “Cada autor es responsable de las interpretaciones, los enfoques y las opiniones expresadas en su trabajo. Con su firma, el autor avala que las opiniones y conceptos de su texto le pertenecen (autoría) y con la responsabilidad con que asuma el proceso de escritura demuestra su competencia (autoridad)” (Castrillón y Caro, 2010: 6)¹⁸. Lo antepuesto se equipara, en cierta medida, con las fases uno y dos del modelo Didactext de composición textual: “acceso al conocimiento” (primera fase) y “planificación” (segunda fase).

8. La importancia del esbozo

El esbozo es una etapa previa a la producción de la versión final del ensayo; algunos lo consideran un borrador del mismo. En él se organizarán, *grosso modo*, las partes que constituirán el ensayo: en cuántas piezas se dividirá, de qué modo se ordenará. Es decir, por dónde comenzará, qué involucrará en el cuerpo y cómo finalizará. El esbozo permite una aproximación a la extensión del ensayo desde el punto de vista del número de párrafos. A la par, es adecuado escribir la tesis o posibles tesis y las ideas personales (conclusiones). Se seleccionarán, quizás, las citas de autoridad o los ejemplos. Acto seguido, se ubicarán las ideas centrales de los párrafos, antes de entrar a desarrollarlas.

⁹ A continuación, si se quiere, se escribirá el título o posibles títulos; cosa que no es nada sencilla por cuanto el título del ensayo debe ser lo suficientemente atractivo para ganar público: escribir títulos para vender ensayos. En síntesis, el título llamará lectores y entablará relación estrecha con la tesis y el contenido del ensayo.

¹⁰ Al respecto, vale leer “Cómo copiar (bien) de internet” de Umberto Eco.

9. La estructura de los párrafos

Párrafo de iniciación. En este, por lo general, se presenta la tesis del ensayo. Es un párrafo transcendental en tanto servirá para atrapar al lector (seducirlo para la lectura del texto) o para generar la aversión del mismo; esto es, para que deje el ensayo sobre la mesa y opte por otra lectura. En el párrafo introductorio el escritor se juega la vida del ensayo.

En el caso del docente como orientador del proceso de escritura, si se habla de un escritor novato conviene, como se dijo antes, que enuncie la tesis de modo transparente, sin rodeos, pues ellos pueden sumergir su exposición en confusiones nada recomendables en la escritura argumentativa. Si se piensa, de otro lado, en un escritor con cierta experiencia en aquella actividad, bien podría solicitársele que escriba un párrafo introductorio, previo al de la tesis, en el que comente el tema que trabajará en el ensayo, la estructura e inclusive, el público al que se dirige. Pero si el objetivo es intervenir el proceso de producción ensayística de escritores expertos, lo más apropiado es respetar su estilo, trazar sugerencias de corte teórico y procurar, en lo posible, aumentar su abanico de estrategias de composición textual.

Párrafos intermedios. En los párrafos sucesivos al introductorio se da cuenta de las premisas (información que soporta a las conclusiones) y conclusiones (afirmaciones propias en favor de las cuales se ofrecen razones) que contribuirán con la defensa de la tesis. Ambas, premisas y conclusiones, son las que la desarrollan. Parten de la tesis y, por esto, tendrán relación directa con ella, ya que es donde se plantean las ideas que la sostendrán. Su orden dependerá del esbozo trazado con anterioridad. Dicho orden, en palabras de Vásquez, se entiende como “la estructura de base que sirve de andamiaje a nuestra tesis” (Vásquez, 2008: 62)¹⁹. Cabe decir que los párrafos posteriores al de iniciación no tienen un número establecido y quizás no lo tendrán. Lo realmente valioso es que exploten el potencial argumentativo del escritor y desarrollen por completo la tesis, al punto de hacerla convincente, en pocas palabras, eficaz.

Párrafo conclusivo. Este es igual de significativo al inicial, pues allí el autor no sólo se limita a sintetizar lo comentado en los párrafos que lo anteceden, reafirmar la tesis o contradecirla, sino que puede exponer todo su arsenal argumentativo para impactar al lector y dejar en él una huella imborrable: “en el momento de terminar nuestro ensayo, es donde deberíamos lanzar lo mejor de nuestra artillería argumentativa. O sorprender al lector con algún giro insospechado en la cadena de nuestro pensamiento” (Vásquez, 2008: 74-75)²⁰. En el párrafo conclusivo no se da por hecho que el tema haya sido agotado, incluso podrá servir para continuar con las reflexiones relativas a la temática, extendiendo una invitación a los lectores.

Es significativo, entonces, ahondar en este ítem. Algunas posibilidades para favorecer la escritura del párrafo de cierre en el trabajo de aula son las que siguen: 1) leerlo en el aula y permitir que los estudiantes efectúen críticas de modo abierto y colectivo; 2) intercambiarlo entre estudiantes y aplicar un ejercicio individual de evaluación entre pares; 3) leerlo a la luz de criterios de evaluación que, por supuesto, englobarán tanto el proceso

como la versión final del ensayo; 4) someterlo a los principios de hetero, co y autoevaluación, etcétera¹¹.

10. Defensa de los aportes (argumentos) personales

El ensayo no puede convertirse en “un mar de citas”. En esa medida, resulta importante que el autor involucre su opinión, sus conclusiones (argumentos personales), con apoyo en citas de otros autores sin abusar de esto. El profesor Vásquez (2006) afirma que:

Un exceso de citas, puede llegar a sepultar nuestra idea fundamental; o, al menos, hacerla parecer raquítica o sin mucho vuelo. Tengámoslo presente: tan importante es hallar las citas adecuadas, como no rellenar nuestro ensayo de cuanta referencia encontremos en la búsqueda de información. La credibilidad de nuestro ensayo no depende del número de citas de autoridad que [introduzcamos] sino de la organización de las ideas alrededor de la tesis que hemos elegido como dispositivo articulador. (Vásquez, 2006. 95-107)²².

En esta instancia juega un papel esencial el esbozo (preescritura).

Ulterior a la etapa de producción del ensayo, se debe ingresar en otra fase de composición textual: revisión y edición, cuyo propósito es establecer la versión final del texto con base en criterios de evaluación predefinidos.

11. Conclusión

Hasta aquí se abordaron únicamente algunas particularidades del ensayo y de su ejercicio de producción; entre ellas: definición, tipos de argumentos, esbozo y búsqueda de información. Por tratarse de un tema tan vasto, no se incluyeron cuestiones que se estudiarán en otro momento, si se quiere, desde perspectivas disímiles: aspectos gramaticales y pragmáticos, aportes de la retórica antigua a la composición ensayística, conectores lógicos del ensayo, argumentos deductivos, diferencias entre argumentación y demostración, etc.

Finalmente, es importante que los estudiantes sean conscientes de la complejidad académica de la producción ensayista, del valor sociocultural del ensayo y de su funcionalidad en múltiples escenarios de la vida. De allí que valga la pena detener la mirada también en investigaciones sobre el *ensayo* que comporten reflexiones y (otras) estrategias de escritura argumental, con el ánimo de reforzar sus ideas sobre este género discursivo y, sobre todo, ampliar sus estrategias de escritura. Se espera que ello les permita enfrentar con criterio las dificultades propias de la actividad ensayística, y participar en la cultura académica y en la vida de manera segura, efectiva.

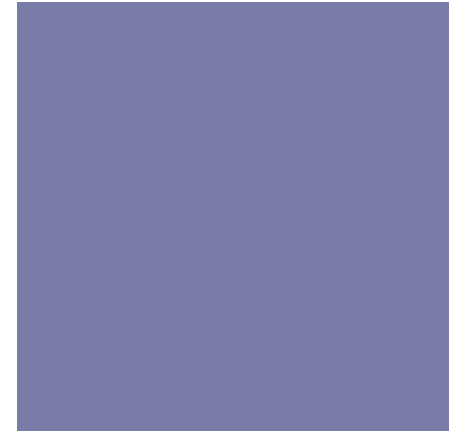
Referencias bibliográficas

¹¹ La retórica antigua y los neo-retóricos enseñan, a diferencia de lo explicado en el punto 9, que la superestructura del texto argumentativo -ensayo para nuestro caso- se circunscribe en la segunda operación retórica, la *dispositio*; a saber: *exordio* (parte inicial del discurso retórico), *narratio* (exposición de los hechos que constituyen la causa), *confirmatio* o *argumentatio* (presentación de los argumentos) y *peroratio* o *epílogo* (clausura del discurso retórico). Componentes desde los cuales es plausible proyectar otra estructura para los párrafos del ensayo. (Caro, 2007:53-65)²¹.

- 1) Savater, F. (1978): "El ensayista como rebelde y como doctrinario". *El viejo topo*, Ediciones de Intervención Cultural, (22): 51-53.
- 2) Ministerio de Educación Nacional (2006). *Estándares Básicos de Lenguaje para la Educación Básica y Media*. Bogotá: el autor.
- 3) Adam, J. (1995). "Hacia una definición de la secuencia argumentativa". *Comunicación, Lenguaje y Educación*, (26): 9-22
- 4) Cicerón, M. (1997). *De la invención retórica*, trad. B. Reyes. México: UNAM.
- 5) Vásquez, F. (2008). *Pregúntele al ensayista*. Bogotá: Kimpres.
- 6) ídem.
- 7) Borges, J. (1980). *Del culto de los libros*. Consultado el 15 de marzo de 2010. En: http://www.bnp.gob.pe/portalbnp/pdf/libros_y_artes/Librosyartes3_13.pdf
- 8) Grupo Didactext (2003). "Modelo sociocognitivo, pragmalingüístico y didáctico para la producción de textos escritos". *Didáctica (Lengua y Literatura)*, Universidad Complutense de Madrid, (15): 77-104.
- 9) Vásquez, F. (2008). *Pregúntele al ensayista*. Bogotá: Kimpres.
- 10) Weston, A. (2005). *Las claves de la argumentación*. En: Jorge F. (Trad). Barcelona: Ariel.
- 11) Vásquez, F. (2000). "La lectura, la abducción, el pensamiento". En *Oficio de maestro* (83-85). Bogotá: JAVEGRAF.
- 12) Abad, H. (2003). "¿Por qué es tan malo Paulo Coelho?". *El Malpensante*, (50). Consultado el 23 de enero 2010. En: http://elmalpensante.com/index.php?doc=display_edicion&id=129.
- 13) Castillo, L. (2011). "Tipos de argumentos". En *Lengua castellana y comunicación: viviendo la palabra*. Consultado el 25 de septiembre de 2011. En http://lenguajecastillo.blogspot.com/2011_09_18_archive.html
- 14) Weston, A. (2005). *Las claves de la argumentación* En: Jorge F. (Trad). Barcelona: Ariel.
- 15) Séneca (2005). *De la brevedad de la vida*. San Juan: Editorial Universidad de Puerto Rico.
- 16) *¿Qué es Software Libre?* (2011). Consultado el 29 marzo de 2011 en el sitio de la Red Costarricense de Software Libre. En: http://www.softwarelibrecr.org/faq/software_libre

- 17) Álvarez, T. (2005). *Didáctica del texto en la formación del profesorado*. Madrid: Síntesis.
- 18) Castrillón, C. y Caro, M. (2010). "Manual para la presentación de textos académicos". Armenia: Universidad del Quindío.
- 19) Vásquez, F. (2008). *Pregúntele al ensayista*. Bogotá: Kimpres.
- 20) ídem.
- 21) Caro, Miguel Á. (2007b). "Del ágora al salón de clases: Rastreo de algunos aportes de la retórica antigua a la didáctica de la lengua". *Cuadernos de Lingüística*, Universidad Tecnológica de Pereira, (1): 53-65.
- 22) _____ (2006). "¡Una ayudita, profe! Inquietudes más frecuentes al momento de elaborar un ensayo". En Jorge I. Sánchez y Jhon J. Osorio (eds.). *Lectura y escritura en la educación superior. Diagnósticos, propuestas e investigaciones* (95-107). Medellín: Sello.

Anexo 5. Presentación en el *Seminario Iberoamericano sobre Investigación en Escritura Académica* efectuado en la Universidad Complutense de Madrid. Anexamos la presentación en Power-Point, el certificado y el reconocimiento de la Maestría en Ciencias de la Educación por la participación en dicho evento.



La argumentación científica. Propuesta didáctica para la escritura argumentativa en ciencias biológicas

Juan David Zambrano-Valencia

+ Contenido

- Contexto de la Universidad del Quindío
- Introducción (justificación, planteamiento del problema y objetivos)
- Estado del arte
- Marco teórico
- Metodología
- Top 5 de estrategias
- Para cerrar (conclusiones)

Argumentación científica

Juan David Zambrano-Valencia

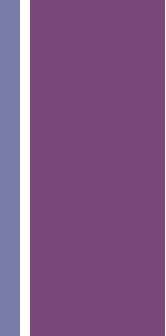


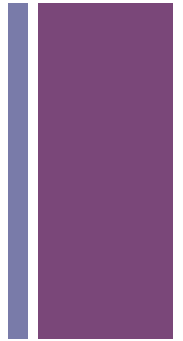
+ Contexto de la Universidad del Quindío

+ Contexto de la Universidad del Quindío

- Ubicada en la ciudad de Armenia, Quindío, Colombia.
- Cuenta con 7 facultades, 34 programas de pregrado y 13 de posgrado.
- Tiene 16957 estudiantes en las modalidades presencial y distancia.
- El programa de Biología cuenta con 435 estudiantes activos y 32 profesores.







Argumentación científica

Juan David Zambrano-Valencia



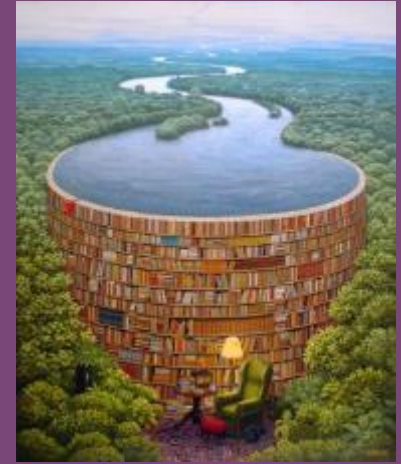
Introducción. Justificación, planteamiento del problema y objetivos...





Argumentación científica

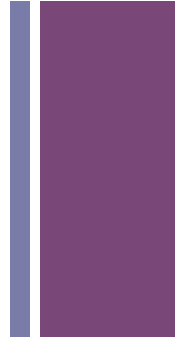
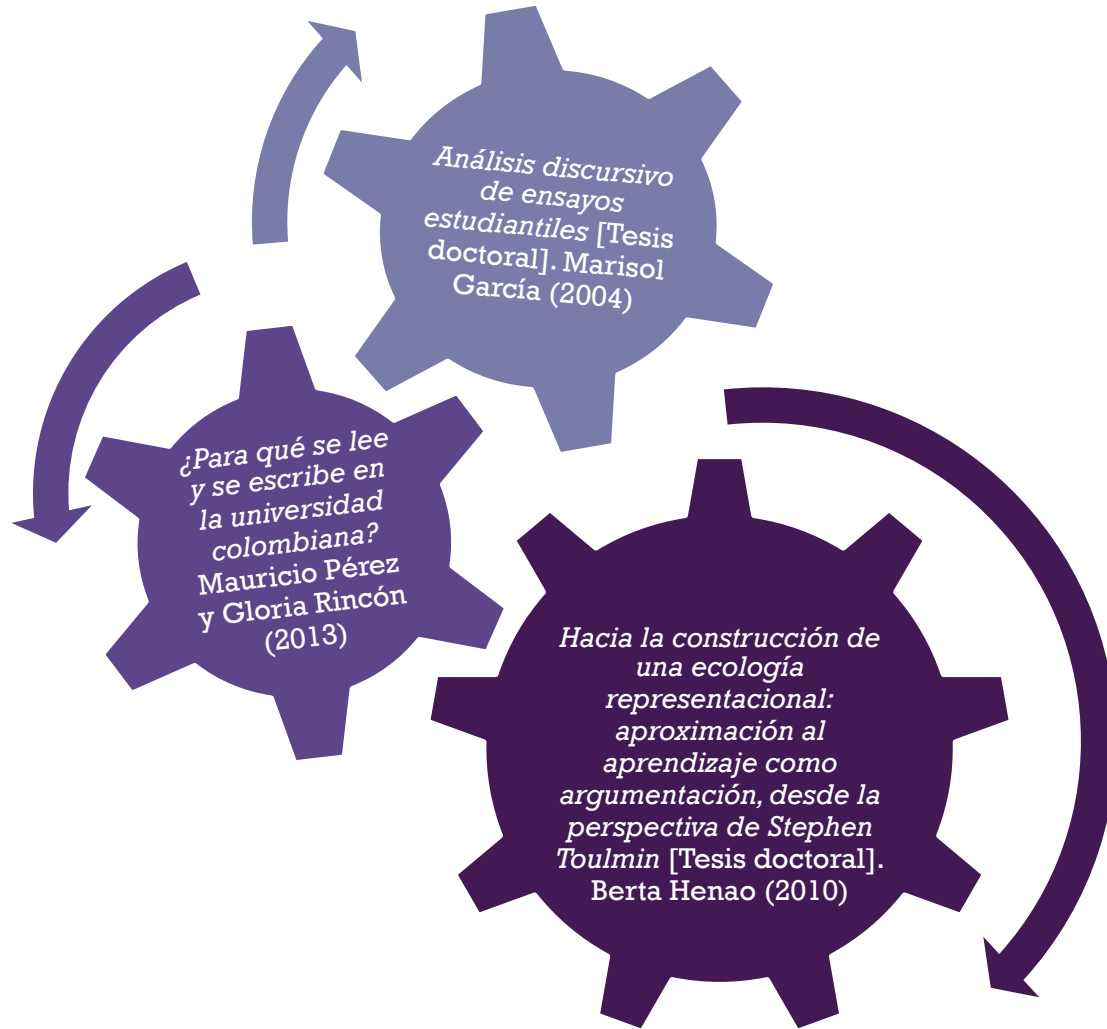
Juan David Zambrano-Valencia



+

Estado del arte

+ Estado del arte



Argumentación científica

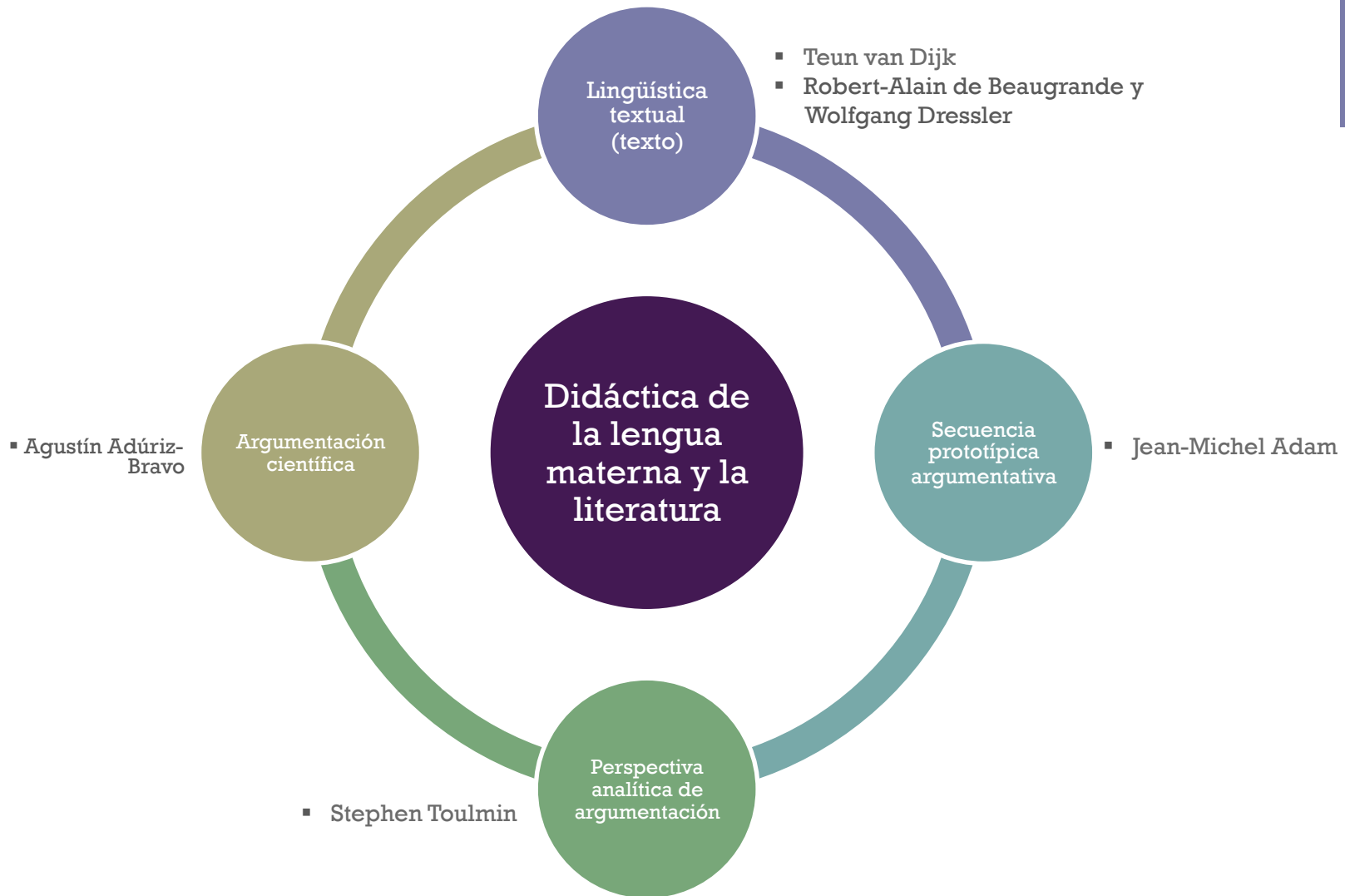
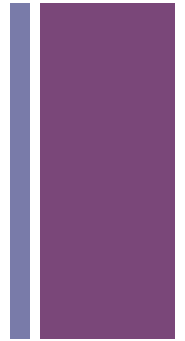
Juan David Zambrano-Valencia



+

Marco teórico

+ Marco teórico



Argumentación científica.
Por: Juan David Zambrano-Valencia

Argumentación científica

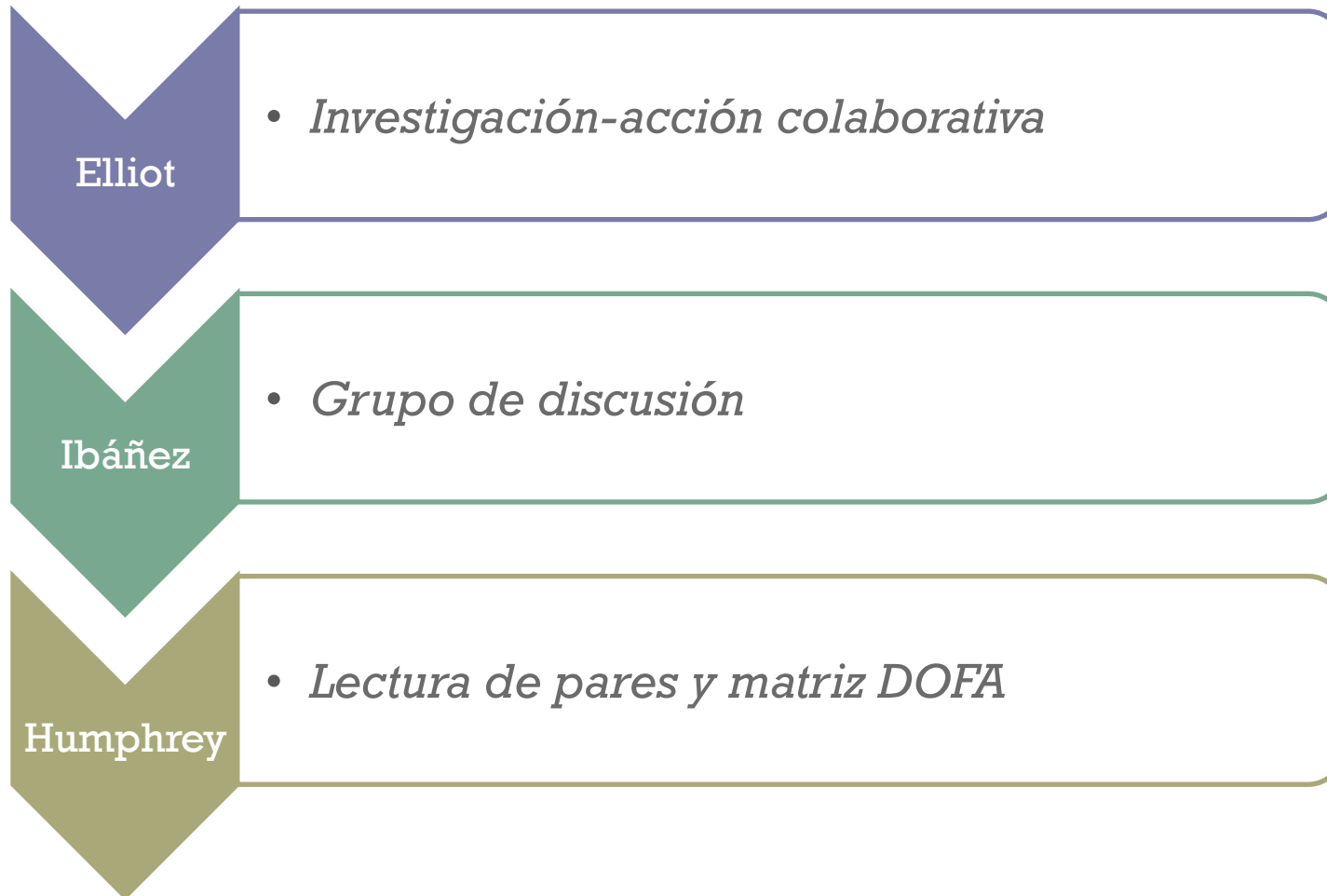
Juan David Zambrano-Valencia



+

Metodología

+ Metodología. Investigación cualitativa



Argumentación científica

Juan David Zambrano-Valencia



+

Top 5 de estrategias



Top 5 de estrategias. Textos disciplinares estudiados

«Biodiversidad, clasificación y filogenia». *Alberto Tinaut y Francisca Ruano* (**capítulo de libro**).

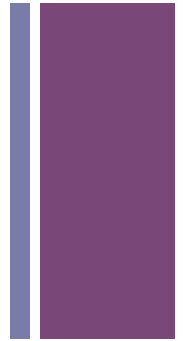
«Conceptos básicos en sistemática filogenética: los deuterostomados como ejemplo». *Jesús Martín Castillo-Cerón e Irene Goyenechea* (**capítulo de libro**).

«El concepto de especie y sus implicaciones para el desarrollo de inventarios y estimaciones en biodiversidad». *Jorge Lorente Bousquets y Layla Michán Aguirre* (**artículo científico-técnico**).

«Espejos de nuestra época: biodiversidad, sistemática y educación». *Jorge Víctor Crisci* (**artículo científico-técnico**).

«El tiempo de Darwin y el espacio de Croizat: rupturas espistémicas en los estudios evolutivos». *Juan- J. Morrone* (**artículo de reflexión**).

+ Top 5 de estrategias



1. La construcción del lector desde una *dispositio*:
«argumentar desde la estructura»

2. El reconocimiento de la autoridad:
«argumentar en los hombros de»

3. La definición como recurso persuasivo:
«argumentar con precisión»

4. El uso de la analogía: «argumentar entre»

5. La discusión: «argumentar sobre»

Argumentación científica

Juan David Zambrano-Valencia



+

Para cerrar

+ Para cerrar (i)



Producir textos escritos es **v e r d a d e r a m e n t e** importante para ampliar los horizontes intelectuales e intervenir en la escena académica con eficacia.



Argumentar resulta importante en la U. por su carácter de espacio generador de ideas que se oponen, complementan o establecen puentes.



Argumentar no sólo aporta en materia académica, sino en materia humana.



+ Para cerrar (ii)



El medio académico no sólo requiere de la enunciación y desarrollo de saberes, sino de la lectura crítica de aquellos y de la configuración de argumentos que faciliten sostener los conocimientos que se enuncian y desarrollan.



Enfrentar a los estudiantes a la argumentación en ciencias biológicas implica ofrecerles estrategias de producción escrita cuidadosas, acordes con las necesidades del alumnado y con los intereses y exigencias del profesor.



Vale agregar que una propuesta didáctica que favorezca la escritura argumentativa en ciencias biológicas no es la única forma de responder o proponer soluciones al problema de investigación planteado.



+ Para cerrar. A manera de proyección

- Investigación aprobada por la Vicerrectoría de Investigaciones de la Universidad del Quindío (Colombia).



Argumentación científica

Juan David Zambrano-Valencia



El razonamiento involucra el manejo de aseercciones atendiendo simultáneamente los contextos, las aseercciones que compiten con la(s) nuestra(s), y las personas que las sostienen. El razonamiento llama a la evaluación crítica de estas ideas mediante la aplicación de normas compartidas, llama a la disposición de modificar las aseercciones en respuesta a la crítica; y llama a un continuo escrutinio crítico tanto de las aseercciones aceptadas provisionalmente como de las nuevas que pueden aparecer subsecuentemente. Un juicio “razonado” es, por lo tanto, un juicio en defensa de las razones adecuadas y apropiadas que pueden ser producidas. La propiedad y adecuación de esas razones también depende de la situación: lo que para un grupo es aceptable como razonamiento o argumento puede no serlo para otro.

Toulmin, Rieke y Janik, 1979



(UCM, 931766)

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE EDUCACIÓN
Centro de Formación del Profesorado
Departamento de Didáctica de la Lengua y la Literatura

Teodoro Álvarez Angulo, Profesor Titular del Departamento arriba expresado y Coordinador del Grupo de Investigación Didactext (Didáctica de la escritura), reconocido por la Universidad Complutense (UCM 931766)

HACE CONSTAR

Que don **Juan David Zambrano** ha participado en el Seminario Iberoamericano "Investigación sobre escritura académica", con la comunicación: *La argumentación científica. Propuesta didáctica para la escritura argumentativa en ciencias biológicas*. Dicho evento se celebró en la Facultad de Educación –Centro de Formación del Profesorado- de la Universidad Complutense de Madrid, los días 9 y 10 de octubre de 2014.

Lo que comunico para su conocimiento y efectos oportunos.

Madrid, 10 de octubre de 2014

Fdo.: Teodoro Álvarez Angulo



FACULTAD DE EDUCACION
Centro de Formación del Profesorado
DEPARTAMENTO DE DIDÁCTICA
DE LA LENGUA Y LA LITERATURA



11612

Armenia, 24 de octubre de 2014

Profesor
JUAN DAVID ZAMBRANO VALENCIA

El Programa de Maestría en Ciencias de la Educación de la Universidad del Quindío le extiende una efusiva felicitación por su participación y destacado desempeño como ponente en el *SEMINARIO IBEROAMERICANO: INVESTIGACIÓN SOBRE ESCRITURA ACADÉMICA* organizado por el Grupo Didactext de la Universidad Complutense de Madrid, el 9 y 10 de octubre de 2014.

Para este Programa es altamente gratificante la proyección internacional de sus estudiantes y la imagen positiva de la Maestría, que usted, junto con los otros participantes de la línea de Didáctica de la Lengua Materna y la Literatura ha contribuido a difundir.

Con sentimientos de gratitud,

Silvia Valencia Giraldo. Ph.D.

Directora Maestría en Ciencias de la Educación

Anexo 6. Certificado del *II Encuentro de Investigación en Bilingüismo, Didáctica de la Lengua Materna y Educación Matemática* de la Maestría y el Doctorado en Ciencias de la Educación de la Universidad del Quindío.



11612

LA DIRECTORA DE LA MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN DE LA UNIVERSIDAD DEL
QUINDÍO

HACE CONSTAR QUE:

El profesor Juan David Zambrano Valencia, participó como ponente en el II Encuentro de Investigación en Bilingüismo, Didáctica de la Lengua Materna y la Literatura y Educación Matemática, con la ponencia “Enseñanza para la argumentación científica. Una propuesta didáctica dirigida a profesores del programa de Biología de la Universidad del Quindío”, el día 04 de abril de 2014.

Dado en Armenia a los 10 días del mes de abril de 2014.

Silvia Valencia Giraldo, Ph.D.
Directora Maestría en Ciencias de la Educación
Universidad del Quindío

Anexo 7. Fotografías de los docentes participantes en la investigación. Las agregamos todas a la carpeta citada en la nota a pie 57.













Ana Lucía López, directora del Cibuq, respalda el trabajo de los jóvenes investigadores y representa los proyectos ante Colciencias. Foto - Jhon González - AGENCIA Q.



Andrés Felipe Orozco, Docente Investigador y Presidente de la Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas, Capítulo Armenia.

