



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE
CÓRDOBA**

Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales

***MAESTRÍA EN EDUCACIÓN EN CIENCIAS
EXPERIMENTALES Y TECNOLOGÍA***

**La enseñanza de la diversidad
biológica en la Universidad:
epistemología y didáctica en las guías
de trabajos prácticos**

Autor: Carlos Urcelay

Director: Dra. Nora Valeiras

Co-director: Dr. Leonardo Galetto

ISBN: 978-950-33-0938-4

Urcelay, Carlos

La enseñanza de la diversidad biológica en la Universidad : epistemología y didáctica en las guías de trabajos prácticos / Carlos Urcelay y Beatriz Nora Valeiras. - 1a ed. - Córdoba : Universidad Nacional de Córdoba, 2011.

E-Book.

ISBN 978-950-33-0938-4

1. Epistemología. I. Valeiras, Beatriz Nora II. Título
CDD 121

Fecha de catalogación: 05/12/2011

Índice

Agradecimientos.....	3
Resumen.....	4
Capítulo 1: Antecedentes.....	5
Objetivo general.....	11
Objetivos particulares.....	11
Metodología de la investigación.....	12
Capítulo 2: Enseñanza de las Ciencias Biológicas en la Universidad.....	15
Introducción.....	15
Enseñanza tradicional.....	16
Una problemática recurrente.....	19
Constructivismo: ¿una propuesta superadora?.....	21
Visiones antagónicas.....	24
Una reflexión sobre la formación del Biólogo en la Universidad Nacional de Córdoba.....	26
Compartimentalización del conocimiento.....	28
Hacia un cambio de enfoque.....	29
Las actividades en los trabajos prácticos.....	30
La integración de los contenidos procedimentales y actitudinales a las actividades prácticas.....	32
Síntesis y conclusiones.....	33
Capítulo 3: el concepto de especie.....	36
Introducción.....	36
¿Son reales las especies?.....	36
¿Qué son las especies?.....	40
¿Cuál es el concepto de especie?.....	44
El problema de la especie.....	45
Sobre el concepto biológico de especie.....	46
Sobre el tradicional concepto tipológico.....	47
¿Un concepto único de especie?.....	48
Síntesis y conclusiones.....	52
Capítulo 4: Taxonomía y sistemática de eucariotas.....	54
Introducción.....	54
El origen de la sistemática y la taxonomía.....	55
El realismo en la sistemática.....	56
Las escuelas de la sistemática.....	60
La sistemática ¿debe ser independiente de la teoría?.....	61
La sistemática y la jerarquía linneana.....	62
Taxonomía y sistemática: situación actual.....	67
¿Qué ocurre con los Eucariotas?.....	68
¿Y a nomenclatura?.....	70
Síntesis y conclusiones.....	71
Capítulo 5: Análisis de las guías de Trabajos Prácticos de las asignaturas ‘Diversidad’.....	74
Introducción.....	74
Materiales y métodos.....	76
Reseña de las guías de trabajos prácticos.....	79
Análisis de las Guías de trabajos prácticos.....	82
Discusión.....	85
Síntesis y conclusiones.....	93
Capítulo 6: Consideraciones finales.....	100
Referencias.....	105

Agradecimientos

Deseo expresar mi más sincero agradecimiento a Nora Valeiras y Leonardo Galetto, directores de esta tesis, que me orientaron en todo el transcurso del desarrollo de la misma y trabajaron arduamente en varias versiones previas a este manuscrito. Las discusiones mantenidas con ellos han sido muy fructíferas y me han dejado muchísimas enseñanzas. Quiero agradecer también a todos los docentes y compañeros de la Maestría quienes de una forma u otra, tanto en el cursado como en la elaboración de trabajos, han contribuido significativamente en toda la experiencia transcurrida hasta llegar a esta instancia.

También deseo agradecer a los tres evaluadores de la Tesis: Dres. Ana Lía De Longhi, Luis Acosta y Jaime Polop. Sus exhaustivos exámenes, constructivas críticas y atinados comentarios sobre una versión previa de este trabajo sin dudas han contribuido a elevar la calidad del mismo.

Finalmente quiero expresar un agradecimiento muy especial a Paula Tecco quien me ha apoyado y acompañado durante todo el proceso de realización de cursos y elaboración de esta Tesis. A ella y a Imanol les dedico este modesto trabajo.

Resumen

En la presente tesis se caracterizan críticamente los fundamentos epistemológicos de la sistemática biológica y se establecen posiciones pedagógico-didácticas respecto de la enseñanza universitaria en Ciencias. Luego, mediante reseñas, tablas comparativas y un instrumento diseñado para tal fin se analizan las guías de trabajos prácticos de las asignaturas 'Diversidad' de la Carrera de Ciencias Biológicas (FCEF-UNC) en el contexto de dichos fundamentos y posiciones. Se observa que frecuentemente las concepciones y fundamentos epistemológicos de las metodologías de enseñanza-aprendizaje no son compatibles con la naturaleza de ciencia. Además, se pone en evidencia que cada una de estas asignaturas se encuentra desarticulada de las demás en casi todos los aspectos analizados aquí, desde los conceptuales, y los fundamentos que los subyacen, hasta las formas de desarrollar las clases prácticas.

Capítulo 1: Antecedentes

El estudio de la diversidad biológica o biodiversidad es uno de los aspectos centrales de la Biología. Esto se ve reflejado en el currículo de las carreras relacionadas a las Ciencias Biológicas independientemente de la importancia que reciba en diferentes universidades del mundo. En un sentido amplio, el abordaje de la diversidad biológica implica el estudio de la *variedad de los organismos vivos, su organización, sus esquemas de parentescos y clasificación, sus interacciones y su distribución en la tierra*. En los currículos universitarios, la organización de los organismos es abordada a través del estudio de la morfología, anatomía y fisiología, los esquemas de parentescos (relaciones filogenéticas) y clasificación por la sistemática, las interacciones con el medio biótico y abiótico por la ecología y la distribución por la biogeografía. Cada una de estas áreas suelen estar comprendidas en diferentes asignaturas que variarán de acuerdo a las universidades dependiendo de la orientación de la carrera, además del perfil y el alcance que se desea tengan los profesionales y científicos que en cada una de ellas se forman.

En la carrera de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de Córdoba, como en muchas otras universidades, el estudio de la morfo-anatomía, la fisiología, la sistemática, la ecología y la biogeografía suelen ser abordadas por distintas asignaturas. Así, aquellas que llevan el nombre de ‘diversidad’ (Diversidad Vegetal I y II y Diversidad Animal I y II) se centran más bien en el estudio de la sistemática de los organismos. Hay autores que definen la **sistemática** como “el estudio científico de las clases y la diversidad de los organismos y de sus interrelaciones; comprende la **clasificación**, la **taxonomía** y la **determinación**” (Crisci & Lopez Armengol 1983). En este caso, los autores se refieren a *diversidad* en el sentido de variedad y a *interrelaciones* como relaciones de parentesco entre los taxones. A partir de aquí entonces, nos referiremos al estudio de las asignaturas que llevan el nombre ‘diversidad’ como el estudio de la sistemática de los organismos vivos en la carrera de Ciencias Biológicas de la Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de Córdoba. Estas asignaturas son: Diversidad Vegetal I (algas y hongos), Diversidad Vegetal II (plantas vasculares), Diversidad Animal I (protistas e invertebrados) y Diversidad Animal II (vertebrados).

La sistemática como disciplina científica está siendo sujeta a profundas modificaciones con el desarrollo de la Biología molecular. Esto es, en las dos últimas décadas han habido enormes cambios en el establecimiento de relaciones filogenéticas y por lo tanto en la clasificación de los organismos biológicos. En la mayoría de los casos estos cambios han sido tan importantes que no exageramos si nos referimos a ellos como cambios paradigmáticos (en el sentido Kuhniano del término, ver Kuhn 1971). Como en todo cambio paradigmático esto trae aparejado nuevas concepciones teóricas y metodológicas en la disciplina. Sin embargo, no siempre tales cambios se reflejan en los planes de estudio, los currículos o las concepciones mismas de los docentes. Además, frecuentemente se observa escasa preocupación por los aspectos metodológicos y epistemológicos que fundamentan las disciplinas, y consecuentemente las implicancias de fundamentar adecuadamente las distintas escuelas desde los metodológico y epistemológico en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Se sostiene que para la buena formación de alumnos universitarios en ciencias es necesario que los currículos de las disciplinas contenidas en los planes de estudios sean coherentes con los fundamentos epistemológicos disciplinares y con la práctica científica que subyace a éstos. En otras palabras, los modelos de enseñanza deben ser coherentes con los modelos de ciencias (Campanario & Moya 1999, Pozo & Monereo 1999, Quintanilla Gatica 2000). Sin embargo, es frecuente el hecho de concebir la epistemología y práctica científica por un lado y la enseñanza de las disciplinas científicas por el otro, sin relación entre ellas (Campanario & Moya 1999, González del Solar & Marone 2001). Esta ‘separación’ conspira contra la formación científica y profesional de los estudiantes universitarios de ciencias. La separación disciplinar que aparece entre la epistemología y praxis científica de una determinada disciplina y su enseñanza en el aula universitaria puede verse reflejada a partir del análisis de la transposición didáctica; entendida ésta como el proceso de transformaciones adaptativas por el cual el conocimiento erudito se constituye en conocimiento a enseñar y éste en conocimiento enseñado (Chevallard 1998).

Ahora bien, ¿qué entendemos por currículo? Zabalza (2009) propone que “es el conjunto de los supuestos de partida, de las metas que se desea lograr y los pasos que se dan para alcanzarlas; el conjunto de conocimientos, habilidades y actitudes, etc. que se considera importante trabajar en la escuela año tras año. Y por supuesto la razón de cada

una de esas opciones” y agrega, “hay una gran diferencia entre un profesor que actúa en clase sabiendo por qué hace todo aquello, a qué está contribuyendo con ello de cara al desarrollo global del alumno, de cara a su progreso en el conjunto global de las materias, etc. y otro que simplemente da su asignatura” (Zabalza 2009, p. 14). Por lo tanto, el currículo de enseñanza en ciencias debería integrar de manera congruente desde los objetivos hasta los materiales didácticos, pasando por las concepciones docentes y articulación de los contenidos. De acuerdo con esta posición, el diseño curricular debería ser “un punto de encuentro entre reflexiones de carácter teórico sobre los modelos de aprendizaje o la naturaleza de la ciencia, con la puesta en práctica de unas estrategias determinadas, y con la elaboración o utilización de unos materiales concretos” (Jiménez Alexandre 1998, p. 204). A esto debe sumarse la necesidad de que un currículo contemple “espacios [curriculares] dedicados a la búsqueda de relaciones, la interconexión o la integración de los diferentes ámbitos o niveles de especialización que son en realidad las asignaturas” (Coll 2003, p. 275). A partir de lo expuesto, es evidente que un buen diseño curricular no puede dejar de tener en cuenta distintos tipos de contenidos como los conceptuales, procedimentales y actitudinales que desarrollaremos más adelante. Es necesario aclarar que el concepto de currículo puede ser examinado a diferentes escalas, por ejemplo a nivel de una carrera de grado, a nivel de área disciplinar, a nivel de una asignatura, etc. En esta tesis nos referimos a un área disciplinar (sistemática y taxonomía biológica) que en el caso de la carrera de Biología de la U.N.C abarca principalmente las cuatro asignaturas analizadas aquí.

En la enseñanza de la Biología como en otras disciplinas, los currículos de las asignaturas conllevan implícita o explícitamente, fundamentos metodológicos y concepciones epistemológicas sobre las ciencias. Así, en la sistemática biológica en particular, siempre subyace alguna concepción de ciencia, concepto de especie y criterio de organización de los taxones en sus diferentes niveles y, por cierto, alguna concepción de lo que es la práctica científica. En este sentido, al analizar los fundamentos y concepciones que asumen los docentes de una determinada disciplina científica, y también lo que subyace en el modelo de enseñanza que utilizan, pueden surgir elementos de juicio que permitan determinar si existen o no contrasentidos fundamentales que pueden dificultar u obstaculizar la buena formación de los estudiantes en la disciplina. Esto obstáculos puede ser por ejemplo: 1. que las concepciones epistemológicas que

subyacen los contenidos de las asignaturas no sean coherentes con los fundamentos epistemológicos disciplinares actualmente vigentes; 2. que el modelo de enseñanza no sea coherente con los fundamentos epistemológicos disciplinares o no permita entender los fundamentos metodológicos; y 3. que las asignaturas afines asuman entre ellas distintas concepciones epistemológicas y modelos de enseñanza. Quizá algunas de estas razones o la combinación de ellas, sean parte de las causas de los problemas frecuentemente evocados y comentados que impiden una completa integración de los contenidos. Así es que frecuentemente se observa excesiva compartimentalización de los conocimientos que adquieren los alumnos, baja capacidad de éstos para establecer relaciones entre los distintos cuerpos del conocimiento que necesariamente se dividen entre diferentes asignaturas, bajo rendimiento académico, por mencionar sólo algunos de los problemas actuales de la educación en ciencias (Coll 2003) y particularmente en Biología de la Universidad Nacional de Córdoba (UNC) (Bernardello 2004, Urcelay & Enrico 2005, Comisión de planes de estudio de Cs. Biológicas, FCEFN-UNC, 2008).

Numerosos autores han propuesto y fundamentado que el currículo en ciencias debe ser coherente con los fundamentos epistemológicos disciplinares (Pozo & Monereo 1999, Campanario & Moya 1999, Quintanilla Gatica 2000, González del Solar & Marone 2001, Gallego Torres & Gallego Badillo 2007). Yendo más lejos, otros proponen que los procesos de enseñanza de las ciencias deben tener una relación directa, por no decir íntima, con la práctica científica (Hodson 1996, Tanner et al. 2003, Handelsman et al. 2004, Musante 2005, Iyengar et al. 2008). En este sentido, las propuestas pedagógicas, tanto en lo teórico como en lo que se refiere a la práctica docente, son auspiciosos y han logrado un importante avance en el desarrollo de modelos de enseñanza innovadores. Sin embargo, las aproximaciones epistemológicas de éstos, mayoritariamente se refieren a ciencias en general, frecuentemente con sesgos hacia el reduccionismo imperante en la física y la química. Esto no sería compatible con la situación epistemológica actual donde los fundamentos de las distintas ciencias naturales no son necesariamente los mismos. En particular, la epistemología de la Biología intenta diferenciarse como una disciplina autónoma respecto de la epistemología tradicional basada principalmente en la físico-química (Mayr 2006, Keller 2007, Enquist & Stark 2007); de hecho esta temática se discute en artículos de revistas periódicas específicas como por ej. *Biology and Philosophy*. Más aun, dentro de la Biología, existen diferentes *corpus* epistemológicos

que enmarcan las discusiones teóricas de acuerdo a distintas subdisciplinas (ej. morfo-anatomía, fisiología, sistemática y ecología por mencionar algunas) (De Queiroz 1992, Frost & Kluge 1994, Mikkelson 2001, O'Hara 2005, Nuñez & Nuñez 2007, entre otros). Por cierto que existe una fuerte interrelación entre ellas pero no por ello dejan de tener fundamentos gnoseológicos y metodológicos propios.

Otra de las limitaciones que presentan los aportes sobre la relación epistemología y enseñanza es que en numerosas ocasiones las propuestas y/o análisis no distinguen entre niveles educativos. Si bien los principios generales pueden ser aplicables a cualquier instancia de aprendizaje, consideramos que es necesario comenzar a profundizar el análisis de dicha relación en el ámbito de la universidad teniendo en cuenta las características propias de cada nivel, ya que tanto los aspectos cognitivos de los sujetos como el contexto de acción, tanto para el sujeto que aprende como el para el que enseña, poseen características distintas (Coll 2003). Más aun, los criterios de transposición didáctica pueden ser sustancialmente distintos. Entonces, consideramos que el abordaje de la problemática referida a las relaciones entre modelos epistemológicos y modelos de enseñanza debe avanzar en el sentido de profundizar el análisis de sus fundamentos teniendo en cuenta las características propias de las distintas ciencias, y dentro de ellas, las disciplinas específicas, como también los niveles educativos específicos.

Hasta aquí hemos hablado de concepciones y modelos y los consideramos íntimamente ligados. Por ello, se asume en esta Tesis que los modelos epistemológicos y de enseñanza influyen sobre las concepciones que adquieren los alumnos sobre la naturaleza de la ciencia. En este sentido, ha sido ampliamente documentado que los docentes (e investigadores) suelen no tener una adecuada noción acerca de la naturaleza de la ciencia, es decir sobre los aspectos epistemológicos, lo que puede incidir negativamente sobre las concepciones de los alumnos (Lederman 2007).

Frente a lo expuesto y luego de la reflexión sobre las posibles incoherencias entre los fundamentos y concepciones epistemológicas de la disciplina a enseñar y los fundamentos y concepciones del modelo de enseñanza, se considera relevante realizar un análisis epistemológico y didáctico de las asignaturas biológicas principalmente relacionadas con la sistemática de Eucariotas.

Si bien la distinción entre teoría y práctica no tiene paralelo con lo que ocurre en la actividad científica (Gil Pérez et al. 1999), en la Universidad, las clases teóricas y

prácticas suelen estar temporal y espacialmente separadas. Frente a esta circunstancia, el gran desafío de las actividades prácticas es establecer “la conexión entre un modelo teórico y un dominio de los fenómenos” (Izquierdo et al. 1999, p. 49). Es en este campo donde nos centraremos en esta Tesis. En particular, analizaremos las guías de T.P. ya que es en éstas donde aparecen explícitamente e implícitamente documentados los modelos de ciencia y de enseñanza de los cuerpos docentes que las elaboran. Es importante destacar que puede ocurrir que las concepciones epistemológicas del docente sean adecuadas pero estas no sean adecuadamente plasmadas o explicitadas en la enseñanza (Lederman 2007). En otras palabras, que el docente tenga determinadas concepciones pero el modelo de enseñanza implique otras distintas. El asunto es que los alumnos aprenden a partir del modelo de enseñanza. A pesar de esto, el estudio sobre las concepciones epistemológicas se han centrado más en las concepciones que tienen los docentes que en lo que el docente hace por las concepciones que pueden adquirir los alumnos: “cuando uno considera la influencia del profesor sobre el aprendizaje del alumno, hay al menos dos direcciones que pueden ser seguidas. Una sería estudiar qué es lo que hace el docente que afecta la comprensión de la naturaleza de la ciencia por parte del alumno. La otra es focalizarse sobre el conocimiento que tienen los docentes. Pocos argumentarían en contra de la noción de que el docente debería tener comprensión de lo que intenta enseñar. Desafortunadamente, esto último es lo que principalmente ha sido investigado excluyendo la atención sobre lo primero” (Lederman 2007, p. 844). Por ello, consideramos que el análisis del material curricular (elaborado por los docentes), como las guías de T.P., que constituyen la hoja de ruta de los alumnos para el desarrollo de las actividades prácticas, es una buena estrategia para indagar sobre las concepciones epistemológicas que explícitamente llegan a todos los alumnos. Además, es en los T.P. donde la experiencia adquiere un papel fundamental e inexorablemente se pueden observar los contenidos procedimentales y actitudinales, además de ser el espacio donde los alumnos se ponen efectivamente en contacto con el objeto de estudio, entre otros aspectos (Séré 2002). En particular se aborda la problemática descrita más arriba en relación a las asignaturas que involucran la sistemática biológica. Se elige esta área de la Biología porque es el núcleo curricular de la carrera de Ciencias Biológicas que involucra gran parte de la diversidad de la vida y su organización sistemática y es donde concepciones biológicas fundamentales, como el concepto de especie, son

indefectiblemente puestas en relieve como veremos más adelante. Además, la concepción integrada de la diversidad biológica puede verse sensiblemente afectada en dichas asignaturas porque el conjunto de grupos de organismos biológicos deben ser abordados en distintas asignaturas generando así, una falsa concepción de la diversidad biológica como divisible en fragmentos o compartimentos sin relación o articulación entre ellos.

Objetivo General

En la presente tesis se propone analizar la situación de la enseñanza en ciencias en el nivel universitario para luego caracterizar críticamente los fundamentos epistemológicos de la sistemática biológica y el/los modelo/s de enseñanza en las asignaturas Diversidad Vegetal I y II y Diversidad Animal I y II (Carrera de Ciencias Biológicas de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de Córdoba), establecer la relación que existe entre ellos y evaluar la adecuación respecto de la visión actual de la ciencia, la práctica científica y su enseñanza en la universidad.

Objetivos particulares

- Establecer una posición pedagógico-didáctica relacionada a las actividades de trabajos prácticos en la enseñanza de la Biología en la Universidad.
- Analizar los fundamentos epistemológicos de la sistemática en Biología.
- Elaborar un instrumento que incluya indicadores para el análisis de los modelos de enseñanza y concepciones epistemológicas implícitos en las guías de T.P. de las asignaturas que involucran el estudio de la diversidad biológica en la Carrera de Biología de la U.N.C
- Analizar las guías de T.P. a partir de la interpretación de sus contenidos y de la aplicación del instrumento de análisis diseñado a tal fin.
- Establecer relaciones entre los fundamentos epistemológicos disciplinares y el modelo de enseñanza plasmado explícitamente en las guías de T.P.
- Evaluar la articulación curricular entre las asignaturas que abordan la sistemática biológica en dicha carrera.

Metodología de la investigación

Tradicionalmente, la investigación en el área de las Ciencias Sociales reconoce tres paradigmas fundamentales: positivista, interpretativo y crítico (Colás Bravo & Buendía Eisman 1994, Peme-Aranega 1999). La presente tesis se enmarca principalmente en un enfoque de investigación interpretativo en el cual “la finalidad de la teoría educacional es describir y comprender las realidades educativas a través de la interpretación de los significados de sus participantes; identificar las pautas, normas y reglas, subyacentes a los fenómenos y contribuir a iluminar y a aclarar su sentido. El propósito del investigador (generalmente distinto del docente) es describir y comprender las realidades educativas a través de la interpretación de sus participantes” (Peme-Aranega 1999, p. 12). Este enfoque admite un diseño de la investigación abierto y flexible donde “la observación y análisis de la realidad aportan datos necesarios para la delimitación de qué investigar y para la planificación del proceso” (Colás Bravo & Buendía Eisman 1994, p. 56). En este sentido, a partir de establecer un posicionamiento pedagógico-didáctico y de analizar los fundamentos epistemológicos de la sistemática biológica, se pudo elaborar el instrumento de análisis de las guías con sus indicadores. El objeto de estudio son las guías de T.P. del año 2008 de las asignaturas Diversidad Vegetal I, Diversidad Vegetal II, Diversidad Animal I y Diversidad Animal II a través de las cuales se abordan los aspectos mencionados (ver fig. 1.1). Una vez diseñado el instrumento, el análisis se llevó a cabo tomando datos cualitativos y cuantitativos de las guías de T.P. A los cuantitativos se los analizó mediante el uso de herramientas estadísticas. Esto último se detalla en la sección metodológica del capítulo 5. Es necesario aclarar aquí, que además de las asignaturas ‘Diversidad’, en la carrera de Biología se brinda otra asignatura relacionada con la Sistemática y Taxonomía Biológica denominada: Teoría y Métodos Taxonómicos (<http://www.efn.uncor.edu/departamentos/divbioeco/otras/teorymet/>). Esta asignatura no se incluyó en el análisis principalmente por las siguientes razones: 1. es una materia optativa para los alumnos, es decir sólo una parte de ellos toma este curso, mientras que las ‘Diversidad’ son obligatorias para todos; 2. pertenece a un año lectivo (4º/5º año) distinto al correspondiente a las asignaturas ‘Diversidad’ (3º año) y 3. la modalidad de desarrollo implica clases teórico-prácticas, a diferencia de las ‘Diversidad’ donde los teóricos y los prácticos se desarrollan por separado. Por estas razones se consideró que la

asignatura ‘Teoría y Métodos taxonómicos’ excedía los objetivos planteados al inicio del proyecto.

A continuación se describe los contenidos que se desarrollan en cada capítulo.

En el **capítulo 2** se analizan y discuten aspectos relacionados a la problemática que involucra la educación en ciencias en la universidad y se establecen las posiciones epistemológicas y pedagógico-didácticas, en particular respecto de los trabajos prácticos, que se sostienen en esta tesis.

En el **capítulo 3** se examinan y caracterizan los conceptos filosóficos y biológicos que asignan implícita o explícitamente los biólogos a la especie.

En el **capítulo 4** se refiere a los fundamentos de la sistemática y taxonomía biológica.

El **capítulo 5** se centra en el análisis de las guías de trabajos prácticos proponiendo instrumentos de análisis de las mismas y discusión acerca de dicho análisis que involucra fundamentos epistemológicos y pedagógico-didácticos.

En el **capítulo 6** se exponen las conclusiones y unas consideraciones finales.

Problemática general: Enseñanza de la Sistemática y Taxonomía Biológica en la Universidad

Pregunta

¿Existe coherencia entre los fundamentos epistemológicos de la Sistemática y Taxonomía biológica y su enseñanza en la Universidad?

Desarrollo

Caracterización de la problemática de la educación en ciencias en la universidad y de las posiciones epistemológicas y didácticas

Examen de los conceptos filosóficos y biológicos que asignan los biólogos a la especie

Análisis de la sistemática y taxonomía biológica

Propuesta de instrumentos de análisis de las guías de trabajos prácticos – análisis y discusión de aspectos epistemológicos y didácticos de las mismas

Conclusiones

Consideraciones finales

Figura 1.1. Sinopsis de los contenidos de la tesis

Capítulo 2: Enseñanza de las Ciencias Biológicas en la Universidad

“Cuanta más información acumulemos, tanto más sabremos y tanto mejor podremos actuar. ¿No? No. Para aprender debemos buscar y seleccionar la información, entenderla, asimilarla, ordenarla, ubicarla adecuadamente en nuestro sistema de conocimientos y, sobre todo, hacer uso de ella”
(Bunge 2006, p. 141).

Introducción

Resulta evidente que transitamos una época de importantes cambios globales. Las redes de comunicación se han incrementado de tal forma que las distancias en el espacio virtual han desaparecido haciendo que podamos saber lo que ocurre en este instante en casi cualquier rincón del planeta. Hay una importante integración de productos, mercados y capitales. Paralelamente, el ambiente donde vivimos y nos desarrollamos está sufriendo cambios tan profundos que en muchos casos es difícil tener una idea precisa acerca de las futuras consecuencias de dichos cambios. Junto a la extendida pobreza y la enorme desigualdad social, la ciencia y la tecnología generan avances espectaculares no imaginados décadas atrás. Uno de los desafíos más importantes que tienen las sociedades actuales es la de generar estrategias que impliquen adecuarse a los cambios globales manteniendo la identidad cultural, la igualdad de oportunidades para los sujetos que las integran y la sustentabilidad al medio ambiente donde se desarrollan. Estas circunstancias exigen una mirada que tenga en cuenta la gran complejidad que presentan los contextos actuales.

La educación, como proceso social y cultural no es ajena a dichos cambios. Como todo proceso humano, la educación depende de las concepciones y acciones de los hombres -e instituciones de las que éstos forman parte- que participan en el proceso. A lo largo de la historia, fundamentalmente en las épocas de transición o de cambios paradigmáticos, es frecuente observar desacoples entre las concepciones del hombre, las

instituciones de las que forman parte y los contextos sociales y culturales que generan dichos cambios.

La institución universitaria, como entidad social relacionada con la producción y transferencia del conocimiento no puede soslayar tales desacoples y las consiguientes problemáticas que éstos traen aparejadas. Por esta razón, resulta necesario que los integrantes de la comunidad universitaria reflexionen sobre los diversos aspectos implicados en la educación y producción del conocimiento que se imparte en la misma (Gairín 2003, Morán Oviedo 2004, Monteiro de Aguiar Pareira, 2005).

Existe actualmente un importante debate acerca de lo que constituye la naturaleza de la ciencia y su relación con la educación (Matthews 2009) ya que se ha observado con frecuencia que la ‘ciencia’ que aparece en los libros o en las aulas no tiene nada que ver con los fundamentos epistemológicos ni con la ciencia que practican los científicos (Wong & Hodson 2008). Por ello, se ha subrayado la necesidad de vincular la enseñanza de la ciencia con su práctica, epistemología y los contextos globales. En este sentido, “existe creciente expectativa sobre que, además de aprender acerca de los contenidos de ciencia y su método, los estudiantes aprendan sobre ciencia y su metodología (entendida ésta como análisis intelectual, qué se hace con los datos una vez recolectados, cómo se relaciona la información con la verdad, o de otro modo con las hipótesis y las teorías), su historia, sus alcances, sobre cómo difiere de disciplinas no científicas en pos de comprender y dar sentido al mundo, y sus interacciones con la sociedad y la cultura, incluyendo la filosofía, la religión y las orientaciones éticas” (Matthews 2009, p. 652).

Esta mirada, sin dudas pone en tela de juicio las metodologías de enseñanza tradicionales que todavía hoy en día se siguen viendo aplicadas en los cursos universitarios de ciencias. En este capítulo analizaremos la vinculación entre las metodologías de enseñanza más ampliamente reconocidas y aplicadas en la Universidad y la epistemología subyacente para luego discutir sobre estos aspectos en las clases de trabajos prácticos.

Enseñanza tradicional

A partir de los cambios mencionados, ya sociales y culturales, ya científicos, surge la necesidad de una reflexión crítica acerca del papel de la universidad frente a tales cambios, en particular lo que concierne a la producción del conocimiento y su enseñanza

y sobre cómo se aprende. Así, ha sido propuesta la necesidad de una reforma universitaria que rompa con ciertas concepciones y/o paradigmas pedagógico-didácticos tradicionales que no son coherentes con los atributos epistemológicos de las ciencias. Llamamos concepciones pedagógico-didácticas tradicionales a aquellas que muestran frecuentemente a las aulas universitarias como espacios unidireccionales, donde el profesor transmite conocimientos (información) encapsulados que el alumno deberá repetir lo más textualmente posible en alguna instancia de evaluación. En la literatura este tipo de enseñanza ha sido frecuentemente asociado a la corriente psicológica conocida de modo general como ‘conductismo’. El conductismo “comparte la teoría del conocimiento del empirismo inglés, cuyo exponente más lúcido es la obra de Hume... ..el conocimiento humano está exclusivamente constituido de impresiones e ideas. Las impresiones serían los datos primitivos recibidos a través de los sentidos, mientras que la ideas serían copias que recoge la mente de esas mismas impresiones, que perdurarían una vez desvanecidas éstas. Por lo tanto, el origen del conocimiento serían las sensaciones, hasta el punto que ninguna podría contener información que no fuese previamente recogida por los sentidos. Pero las ideas no tienen valor en sí mismas. El conocimiento se alcanza mediante asociación de ideas según los principios de semejanza, contigüidad espacial y temporal y causalidad” (Pozo 1989, p. 26). Así, la base del conocimiento se centra en la experiencia observable y se enseña por transmisión directa donde el aprendiz actúa como receptor pasivo. De esta manera, “...un rasgo constitutivo del conductismo es la idea de que cualquier variable mediacional o interviniente que se defina ha de ser isomorfa con las variables observables. En otras palabras, la mente, de existir, es necesariamente una copia de la realidad, un reflejo de ésta y no al revés. Este es el principio de correspondencia que según algunos autores constituye uno de los rasgos nucleares del conductismo y que se deriva directamente del asociacionismo. Al asumir este principio, es obligado, desde el conductismo, negar la eficacia causal de los estados mentales, por lo que el control de la conducta sigue en cualquier caso residiendo en el medio” (Pozo 1989, p. 26-27). De allí viene la unidireccionalidad que mencionamos más arriba. Esto es, existe un conocimiento que tiene que ser inscripto en la mente del que aprende y provocar un cambio de conducta. Por ello “...el conductismo, como enfoque asociacionista y mecanicista, sitúa el principio motor de la conducta fuera del organismo. El aprendizaje siempre es iniciado y determinado por el ambiente” (Pozo 1989, p. 28). A

modo general, bajo esta concepción, en la enseñanza de las ciencias suelen primar el determinismo, imparcialidad del conocimiento, el mecanicismo lineal y el reduccionismo disciplinar, por mencionar algunos de los más relevantes, dando una falsa impresión de lo que es la naturaleza de la ciencia (Izquierdo et al. 1999, Rudolph 2000, Musante 2005, Wong & Hodson 2008). Esto no es coherente con los atributos epistemológicos científicos como son el carácter provisional del conocimiento, la falsabilidad de las hipótesis y la complejidad de los problemas entre otros (Chalmers 1996, Echeverría 1998, Morin 1997, García 2006). Este tipo de enseñanza tradicional, a veces dogmática, hoy es reconocida como inapropiada para una disciplina científica (González del Solar & Marone 2001).

Como consecuencia de esto, los avances producidos por la investigación en enseñanza de las ciencias nos muestran los problemas que traen aparejados los métodos de enseñanza tradicional como formación de estudiantes con escasa autonomía profesional y académica para resolver problemas, incapacidad de analizar críticamente y argumentar, baja capacidad para la articulación, síntesis e integración del conocimiento. A esto se suma el escaso entrenamiento en actividades colaborativas de discusión y comunicación entre pares que implica esta modalidad. Es claro que las concepciones de enseñanza tradicional aplicadas hoy, influirán en la preparación del futuro profesional o científico ya que “es dudoso que en cualquier contexto de su futura vida profesional vayan a encontrarse con la necesidad de recuperar sus conocimientos en un formato tan artificial. Normalmente deberán explicar, argumentar lo que saben, para convencer, informar a alguien de su criterio de decisión, deberán ser capaces de comunicarse, lo que será muy improbable si los contextos de enseñanza no favorecen espacios de comunicación grupal” (Monereo & Pozo 2003, p. 28). Por lo tanto, resulta necesaria una reforma que involucre un mayor énfasis en los contenidos procedimentales (entendidos aquí como acciones y habilidades destinadas a la construcción del conocimiento) y actitudinales (valoración del conocimiento y compromiso con el saber científico incluyendo conductas acordes a los mismos).

Una metodología de enseñanza reduccionista con una concepción de conocimiento encapsulado, también suele traer aparejadas consecuencias que se manifiestan a nivel de los currículos. Por ejemplo, frecuentemente se observa escasa articulación y coordinación vertical y horizontal entre las asignaturas promoviendo

concepciones fragmentarias del conocimiento (Coll 2003, Perez Echeverría et al. 2003), lo que plantea serias dificultades cognitivas. Esto hace que los alumnos “se encuentren no sólo con saberes inabarcables, sino también diversos y difíciles de relacionar” (Monereo & Pozo 2003 p. 16). Lo expuesto nos sugiere a las claras que el problema excede a las aulas y a las asignaturas en particular, extendiéndose a los diseños curriculares de las carreras ya que “...los currículos universitarios o, para ser más exactos, los planes de estudios, consisten muchas veces en proporcionar a los alumnos las piezas de un ‘puzzle’ que nadie o casi nadie conoce, y que inevitablemente acaban por no encajar entre sí, si es que el alumno llega a plantearse la necesidad de hacerlas encajar. Como cada profesor tiende a concebir los contenidos que transmite como un fin en sí mismo, algo que se justifica por el mero hecho de ser enseñado, los alumnos no aprenden a buscar la relación entre esos saberes; relación que, por otra parte, sus propios profesores tendrían dificultad en establecer ya que ignoran lo que otros profesores enseñan” (Monereo & Pozo 2003 p. 17). Esto sin dudas trae aparejada una visión reduccionista del conocimiento científico. Sostenemos aquí que, tanto las concepciones epistemológicas como las concepciones pedagógicas y estrategias didácticas no pueden estar desligadas entre sí.

Una problemática recurrente

El diagnóstico de la problemática mencionada más arriba no es nuevo; se viene poniendo en relieve desde décadas atrás con el consecuente planteo de propuestas alternativas y superadoras que abordaremos más adelante. Pero nos preguntamos aquí, ¿por qué seguimos observando en la universidad un escenario anclado en concepciones como las descritas que tanto la epistemología como la didáctica en ciencias han mostrado superadas?

Posiblemente, porque la investigación y/o reflexión sobre epistemología y luego sobre la enseñanza en la universidad, siguen siendo insuficientes (Coll 2003, Perez Echeverría et al. 2003). “Ello puede interpretarse como el resultado de la escasa familiarización de los profesores con las aportaciones de la investigación e innovación didáctica y, más aun, como expresión de una imagen espontánea de la enseñanza, concebida como algo esencialmente simple, para lo que basta con un buen conocimiento de la materia, algo de práctica y a lo sumo algunos complementos psicopedagógicos” (Gil Pérez 1991 p. 70). Handelsman y colaboradores atinadamente se preguntan “¿Porqué

algunos científicos que, como tales demandan pruebas rigurosas para las aserciones científicas en su investigación, continúan usando, y aun defendiendo sobre la base de la intuición, metodologías de enseñanza que no son efectivas? Muchos científicos todavía no conocen los datos y análisis que demuestran la efectividad de técnicas de aprendizaje activo. Otros quizá descreen de los datos porque ven científicos que han florecido en el actual sistema de educación. También otros, se sienten intimidados por el desafío que implica aprender nueva metodología de enseñanza o temen que la identificación de ellos preocupados en la docencia reduzca su credibilidad como investigadores” (Handelsman et al. 2004, p. 521). A esto se le podría agregar aquí la apatía de los docentes frente a la reflexión crítica acerca de la naturaleza de la ciencia y/o una concepción inapropiada de la misma.

Menos auspicioso aún es el hecho de que tales concepciones parecen tan arraigadas en los profesores que permanecen incólumes: “La omnipresente transmisión de conocimientos ya elaborados, las colecciones de ejercicios resueltos como ‘no problemas’ y las ‘prácticas de laboratorio’ desarrolladas a modo de recetas y desligadas de la estructura lógica de las asignaturas (con mayor o menor apoyo de las ‘nuevas tecnologías’) parecen insustituibles, por diversas razones que sería muy conveniente investigar, entre las que puede jugar un papel importante, pensamos, un pensamiento docente espontáneo que desliga completamente enseñanza e investigación” (Martínez Torregosa et al. 2003 p. 232).

Por estas razones, el conocimiento científico y, por ende, su enseñanza en la universidad requiere de nuevas concepciones orientadas a la re-problematización crítica, el pensamiento complejo y la interdisciplinariedad (Coll 2003, García 2006). Con re-problematización crítica nos referimos a la necesidad de reflexionar, analizar, poner en tela de juicio y discutir la naturaleza del conocimiento a enseñar y aprender. El pensamiento complejo, como oposición al reduccionismo, se relaciona con la idea de sistema complejo “en el cual los procesos que determinan su funcionamiento son el resultado de la confluencia de múltiples factores que interactúan de tal manera que el sistema no es descomponible sino sólo semi-descomponible. Por lo tanto, ningún sistema complejo puede ser descrito por la simple adición de estudios independientes sobre cada uno de sus componentes” (García 2006, p. 182). Esta idea sería análoga a lo que el filósofo de la Biología Ernst Mayr da en llamar la ‘emergencia’: “La diferencia más

decisiva entre reduccionistas y no reduccionistas (= holistas) es su actitud respecto de la emergencia. Para los reduccionistas, las totalidades no son más que la suma de sus partes; no poseen propiedades emergentes. Para el holista, las propiedades y los modos de acción en un nivel de integración más alto no son explicables en forma exhaustiva por la adición de las propiedades y los modos de acción de sus componentes tomados aisladamente” (Mayr 2006, p. 102). En tercer lugar, el estudio integrado de la Biología sólo es posible a partir de un abordaje interdisciplinario donde “la articulación entre las disciplinas comienza en el mismo punto de partida de la investigación, a través de un mismo marco epistémico” (García 2006, p. 105).

Finalmente podemos decir que es necesario que los docentes integren los fundamentos epistemológicos con los pedagógicos y didácticos disciplinares. En palabras de Monereo & Pozo (2003): “Aceptando que existen aspectos de la metodología docente que están fuertemente mediatizados por la epistemología propia de cada materia y especialidad, la conclusión parece diáfana: el buen profesor es aquel que toma decisiones ajustadas a las condiciones del contexto en que enseña (contenidos, pero también alumnos, requisitos institucionales e incluso características, preferencias y recursos personales) para lograr sus objetivos, que no pueden ser otros que conseguir que sus estudiantes aprendan los contenidos de sus asignaturas de manera significativa, profunda, permanente y, sobretodo, generalizable” (Monereo & Pozo 2003, p. 19).

Constructivismo: ¿una propuesta superadora?

Todas las críticas y evidentes falencias de aquella forma de concebir el aprendizaje y las concepciones epistemológicas que la subyacen, ya habían comenzado a ser fuertemente cuestionadas a partir de, entre otras, las postulaciones de Jean Piaget y psicólogos cognitivos tales como Kelly o la teoría de adquisición del lenguaje de Vygotsky (Von Glasersfeld 1995). Fue así como surgió, en contraposición a la enseñanza conductista, un nuevo paradigma relacionado a una forma de concebir el aprendizaje que se centraba en las construcciones mentales que hace el sujeto. Esta teoría del aprendizaje es conocida como “constructivismo” y ha tenido un amplio consenso entre pedagogos y educadores desde finales de los 70” hasta nuestros días. Si bien el constructivismo comenzó como una teoría del aprendizaje, progresivamente expandió sus dominios hacia la teoría de la enseñanza, de la educación, sobre el origen de las ideas y una teoría del

conocimiento (Matthews 2002). En el campo de la epistemología, surge como una alternativa a la visión positivista de principios del siglo XX –asociada frecuentemente al conductismo pedagógico– que se caracterizó por concebir la posibilidad del conocimiento imparcial, generado a partir de los sentidos libre de supuestos teóricos subyacentes y una teoría del desarrollo científico inductivista (Mathews 1993, García 2006).

En el campo de la educación, uno de los aspectos más importantes de la concepción constructivista es que se centra fundamentalmente en un aprendizaje basado en la comprensión de lo que se aprende más que en una mera memorización y repetición como forma de aprendizaje de las ciencias por lo que, ciertamente, ha constituido una importante propuesta superadora. De manera resumida podríamos decir que esta concepción hace énfasis en captar el interés de los estudiantes estableciendo la importancia de comprender los esquemas conceptuales y, a partir de allí, enseñar progresivamente centrándose en el diálogo, la conversación, la argumentación y la justificación de alumnos y docentes en un escenario social. El objetivo final es implicar a los alumnos en la (re)construcción del conocimiento científico como manera de llegar a un aprendizaje significativo y duradero (Gil-Pérez et al. 2002).

A partir de la expansión que ha tenido el constructivismo, examinaremos las concepciones básicas del mismo. En este sentido, han sido reconocidos cuatro constructivismos básicos que se encuentran interrelacionados (Irzik 2000): 1) el *constructivismo cognitivo* donde los agentes cognitivos individuales entienden el mundo y se desenvuelven en éste a través del uso de representaciones mentales que ellos han construido. 2) el *constructivismo epistémico* sostiene que el conocimiento es un producto radicalmente distinto de la representación objetiva de un mundo independiente del observador; en cambio, se refiere a estructuras conceptuales que los agentes epistémicos, dado el rango de la experiencia presente dentro de la tradición del pensamiento y el lenguaje que consideran viable. El constructivismo no trata con el tradicional concepto de verdad que requiere que uno conozca o al menos crea, que una idea, una teoría, o cualquier constructo conceptual es una representación adecuada o duplicación de algo que está más allá del campo de la experiencia. Por lo tanto, el conocimiento científico se origina en el mundo social y no en el mundo natural. Dicho en otras palabras, el mundo natural no tiene un papel importante en la construcción del conocimiento científico. 3) el *constructivismo semántico* básicamente postula que los conceptos y los significados de

los conceptos no se encuentran en la naturaleza o en la sociedad, sino que son construidos por fuera de la percepción material del individuo. Esto implica que los conceptos tienen poco que ver con las cosas por lo tanto no tienen carácter público sino individual. 4) el *constructivismo metafísico* está bastante relacionado con el epistémico y sostiene básicamente que las cosas del mundo son construidas por nosotros. Es decir, no existe realidad por fuera del observador, los hechos y las cosas son socialmente (o individualmente) construidos.

De esta breve descripción surge que el primero tiene que ver exclusivamente con la mente del sujeto, el segundo y tercero tienen que ver con la interacción entre el sujeto y el mundo natural, mientras que el cuarto tiene que ver con (la negación de) el mundo natural. Aunque retomaremos la discusión más adelante, podemos decir aquí que el constructivismo cognitivo es el menos controversial ya que sería difícil no aceptar que las representaciones mentales son construidas más que recibidas pasivamente (Bunge 1995, Irzik 2000). Las controversias comienzan con los otros tres y serán discutidas en conjunto. En su versión más radical, el constructivismo epistemológico sostiene que el conocimiento no tiene nada que ver con el mundo natural sino que es socialmente o colectivamente construido, por lo tanto, el conocimiento científico es solo una forma más de conocimiento entre otras creencias de las cuales no se diferencia demasiado (ver por ej. Von Glasersfeld 1995, Knorr Cetina 2005). En este sentido, justifican dicha visión sobre la base de que todo conocimiento es conjetural y teórico. Nada es absoluto y final por lo tanto todo conocimiento es relativo a la situación local de las mentes que lo producen (Bloor 1991, citado en Irzik 2000 p. 628). Más aun, para los constructivistas radicales no existe realidad alguna fuera de la mente, es decir son antirealistas. En cambio, “la mayoría de los realistas son conscientes de que los científicos llegan a conclusiones equivocadas, y que sus modelos e hipótesis son aproximaciones. Pero todos están de acuerdo con que hay algo allí fuera que están tratando de entender y en última instancia juzgará el valor de tal esfuerzo intelectual” (Mathews 1993, p. 362). Esto en parte aclara la extendida confusión entre lo que implica la falibilidad del conocimiento científico con el relativismo que proponen los antirealistas (Bunge 1995, Irzik 2000). No obstante, es curioso escuchar o leer con frecuencia a proponentes del constructivismo decir que el conocimiento es relativo porque es falible y por lo tanto no tiene nada que ver con la realidad.

El constructivismo ha hecho valiosos aportes en relación a lo que implica el aprendizaje del conocimiento y a partir de ello en la elaboración de propuestas pedagógicas pero su epistemología subyacente es muy controversial y entra en franca contradicción con las posturas epistemológicas más ampliamente aceptadas en el mundo de la ciencia, sobretodo las ciencias biológicas como veremos en el próximo capítulo. En palabras de Mathews: “el constructivismo es correcto cuando pone en relieve los aspectos que tienen que ver con la inventiva humana, cultural y temporalmente dependientes de los objetos teóricos de la ciencia... ...Los constructivistas han dado un gran servicio en destacar que la ciencia es de hecho creada por humanos, pero esto de ninguna manera implica en sí mismo la negación de la verdad. En otras palabras, el hecho de que el conocimiento es humanamente construido de ninguna manera implica que no tenga nada que ver con la verdad...” (Mathews 1993, p. 367). Estos aspectos epistemológicos controversiales han llevado a reconocidos constructivistas del campo de la educación a postular que “...debemos destacar que lo que llamamos constructivismo en la educación en ciencias tiene poco que ver el constructivismo filosófico” (Gil-Pérez et al. 2002, p. 559). Este aspecto es esencial en la presente tesis porque, como hemos sostenido y seguiremos haciéndolo, la educación en ciencias tiene mucho que ver con comprender cuál es la naturaleza del conocimiento científico y su filosofía.

Visiones antagónicas

Estas dos visiones antagónicas de lo que constituye conocimiento científico y su enseñanza han sido ampliamente debatidas en la literatura. Es importante destacar, que hemos sintetizado aquí los rasgos más radicales de cada visión a fin de que, a partir del contraste, surjan con mayor claridad los atributos de las concepciones discutidas. Sin embargo, no está de más insistir: todavía siguen siendo frecuentes diversos rasgos radicales de estas concepciones, tanto en las clases universitarias como en la literatura de investigación en educación y pedagógica. Justamente, en el prefacio de su libro “Radical constructivism” Ernst von Glaserfeld dice: “Va a sorprender a algunos lectores que ocasionalmente contrastaré mis ideas con el conductismo. Pueden llegar a sentir que estoy azotando un caballo muerto. Puedo acordar que el conductismo ya ha pasado como movimiento, pero algunas de sus nociones centrales están todavía muy vivas, tanto en psicología como en educación.” (Von Glaserfeld 1995, p. viii). A la inversa, las nociones

epistemológicas del constructivismo y sus implicancias en la educación siguen siendo ampliamente discutidas en la literatura: “es lamentable que las actuales visiones constructivistas han devenido en ideológicas y frecuentemente epistemológicamente opuestas a la presentación y explicación del conocimiento (Kirschner et al. 2006, p. 84).

Entonces, a partir de lo discutido previamente, podemos ver que hay posiciones contrapuestas sobre las concepciones sobre cómo debe ser la enseñanza de las ciencias, la epistemología y la concepción del mundo natural. Claramente esta dicotomía tiene sus raíces en la sempiterna antinomia sujeto-objeto donde una concepción extrema vino a reemplazar a la opuesta. En palabras de Edgar Morin, “a la eliminación positivista del sujeto le responde, desde el polo opuesto, la eliminación metafísica del objeto, el mundo objetivo se disuelve en el sujeto que piensa” (Morin 1997, p. 66). Si consideramos lo discutido hasta aquí, es evidente que cualquiera de estas dos visiones encierran contradicciones importantes ya que “si bien esos términos [sujeto-objeto] disyuntivos/repulsivos se anulan mutuamente, son, al mismo tiempo, inseparables. La parte de la realidad oculta por el objeto lleva nuevamente hacia el sujeto, la parte de la realidad oculta por sujeto, lleva nuevamente hacia el objeto. Aun más: no hay objeto si no es con respecto a un sujeto (que observa, aísla, define, piensa), y no hay sujeto si no es con respecto a un ambiente objetivo (que le permite reconocerse, definirse, pensarse, etc., pero también existir)” (Morin 1997, p. 67).

Como hemos mencionado, en la presente tesis discutiremos acerca de aspectos esenciales de epistemología de la sistemática y taxonomía biológica y su enseñanza en la universidad teniendo en cuenta la búsqueda de una visión que implique coherencia entre las estrategias de enseñanza de las ciencias, epistemología y concepción del mundo natural. Intentaremos que en la raíz de esta visión se reconozca la existencia de ambos, sujeto y el objeto, ya que “...librados cada uno a sí mismo, son conceptos insuficientes. La idea de universo puramente objetivo está privada no solamente de sujeto sino también de ambiente: es una idea de extrema pobreza, cerrada sobre sí misma, que no reposa sobre nada que no fuera el postulado de la objetividad, rodeada por un vacío insondable. El concepto de sujeto, ya sea obstaculizado a nivel empírico, ya sea hipertrofiado a nivel trascendental, está a su vez desprovisto de un ambiente y, aniquilando al mundo, se encierra en el solipsismo” (Morin 1997, p. 67). Si aceptamos lo expuesto, habrá entonces que reconocer una concepción epistemológica y de enseñanza de las ciencias que surja de

la interacción de ambos reconociendo la existencia de cada uno. Esta visión será confrontada con la situación de la carrera de Biología de la F.C.E.F.N de la U.N.C. y luego, más específicamente, como se mencionó en la introducción, focalizaremos en las guías de trabajos prácticos de las asignaturas 'Diversidad' a las que analizaremos en relación a los aspectos mencionados.

Como se mencionó en el capítulo 1, es posible que las concepciones de los docentes no sean las mismas que las que subyacen en las guías de trabajos prácticos. Aquí nos referiremos a éstas últimas ya que en ellas están explícitamente documentadas tales concepciones y son la que con inevitablemente llegan a los alumnos en las actividades prácticas.

Una reflexión sobre la formación del Biólogo en la Universidad Nacional de Córdoba

Nuestra Facultad, como institución Universitaria no puede ser ajena a las discusiones expuestas más arriba. Los problemas en la formación de los estudiantes de Biología en la U.N.C. son frecuentemente comentados informalmente entre docentes y alumnos de la carrera y se han visto particularmente reflejados en una encuesta realizada a biólogos egresados de la Universidad Nacional de Córdoba (Urcelay & Enrico 2005). En ese trabajo, el 72 % de los encuestados consideró que la formación recibida no fue la adecuada, en particular para actividades que tiene que ver con el análisis crítico y la resolución de problemas en el ámbito profesional.

Como se mencionó previamente en este capítulo, es posible que parte de esta problemática resida en deficiencias epistemológicas, pedagógicas y didácticas. Es frecuente observar que siguen primando las estrategias orientadas a la memorización de contenidos que luego deben ser repetidos en una instancia de evaluación. Sumados a los negativos aspectos didácticos y epistemológicos de este tipo de estrategias de enseñanza, es preciso profundizar aquí cómo dicha manera de enseñar y aprender en la universidad, es decir transmisión-memorización-repetición del conocimiento validado, centrando la enseñanza del objeto en ausencia del sujeto, excluyéndolo de la construcción del mismo y de las reflexiones subyacentes, se encuentra en franca contraposición con lo que constituye la naturaleza de la ciencia y la producción del conocimiento científico en la actualidad.

Además de los problemas epistemológicos que conlleva esta visión parcializada del conocimiento en la enseñanza de la Biología, discutidos previamente, existe otro de índole práctica que actualmente tiene enorme repercusión en los currículos. Nos referimos a lo que se conoce como la ‘explosión del conocimiento’. Específicamente, si revisamos la cantidad de artículos científicos nuevos que salen publicados mensualmente podemos catalogar como inabarcable la cantidad de datos y conocimiento científico que se ‘producen’ continuamente en el área de la Biología. Este aspecto conlleva una dificultad fundamental a la hora de enseñar todo lo que hay para aprender ya que cada vez existe una mayor cantidad de conocimiento disponible para ser enseñado/aprendido, lo que indica la necesidad de reflexionar y reformular estrategias: “Las facilidades de comunicación y distribución del saber en nuestra sociedad global, unidas a la multiplicación de los centros de producción del conocimiento, hacen muy difícil la selección de conocimientos incluso en el ámbito de investigación específico. Cada vez es más complicado saber qué es lo que hay que saber en una materia, conocer lo que hay que conocer, por lo que la selección de contenidos que constituyen el currículo de las diferentes materias, e incluso la misma selección de esas materias, está sujeta a crecientes incertidumbres. Aunque cada uno de nosotros, en cada una de nuestras materias, presentemos los contenidos como saberes imprescindibles en la formación de nuestros alumnos, cada vez resulta más difícil encontrar criterios que justifiquen esas decisiones” (Monereo & Pozo 2003, p. 16).

Entonces, de no ser que se busquen otras alternativas a la preponderante memorización y reproducción de contenidos, tendremos una miope concepción epistemológica y resultará muy difícil acompañar los cambios en la producción del conocimiento sin agregar más contenidos y horas a las clases, solución que resultaría casi imposible en la mayoría de los currículos e iría en sentido contrario a las tendencias actuales relacionadas a la duración de las carreras universitarias. Esto sugiere a las claras que para resolver una de las aristas de la problemática, habría que pasar de el ‘saber memorizar’ al ‘saber seleccionar’ criteriosamente los contenidos. Un aspecto importante destacar aquí y que brinda apoyo a lo anterior, es que parte de la información que el estudiante memoriza hoy será obsoleta o estará desactualizada el día que ejerzan como profesionales o científicos debido al carácter provisorio del conocimiento científico (Popper 1980, Khun 1971, Chalmers 1996).

Ahora bien, ¿qué es lo que debe implicar dicho aprendizaje en los contextos actuales? Lo primero que surge a modo general es que dicho aprendizaje debería involucrar no solo contenidos conceptuales sino también una combinación de diversos contenidos procedimentales y actitudinales que le den un papel más activo al sujeto, es decir el estudiante (Guisasola et al. 2003). Más aun, que el aprendizaje no se limite a habilidades de primer nivel cognitivo como memorizar información conceptual, sino de niveles cognitivos superiores. De no ser así, otra de las limitaciones que traen aparejadas las estrategias asociadas a la enseñanza tradicional es que en muchos casos los estudiantes adquieren la información, pero son incapaces de entender, interpretar y aplicar los conceptos y el conocimiento científico porque desconocen el proceso de construcción de los mismos (Tanner & Allen 2005). Esto ocurre actualmente porque “los contenidos conceptuales articulan por completo el currículum... ..dejando aparcados conocimientos tan importantes para la futura vida profesional como los procedimientos de búsqueda de información selectiva o aquellos útiles para detectar, analizar y sintetizar los apartados más relevantes de un texto oral o escrito, o imprescindibles para tomar decisiones solventes en situaciones imprevistas” (Monereo & Pozo 2003, p. 25).

Compartimentalización del conocimiento

A lo expuesto hasta aquí se suma un obstáculo fundamental que también se observa actualmente en los currículos universitarios y del que el nuestro no está exento (Comisión de planes de estudio de Cs. Biológicas, FCFN-UNC, 2008): la compartimentalización del conocimiento, que no es otra cosa que una forma de reduccionismo. Frecuentemente se observa que existe una escasa articulación entre diversas asignaturas de la carrera de Biología (Bernardello 2004). En otras palabras, los conocimientos de distintas asignaturas que pertenecen al mismo campo disciplinar son abordados sin mostrar relación alguna entre ellos, como si pertenecieran a campos del conocimiento completamente distintos. La visión compartimentalizada y reduccionista del conocimiento científico entra en franca contradicción con los fundamentos epistemológicos de la Biología donde existe una estrecha interrelación entre las partes de los sistemas y entre los sistemas propiamente dichos, donde el producto de las interrelaciones no es una suma aditiva de las partes sino que emergen propiedades únicas no predecibles a partir de los componentes de los sistemas (Mayr 2006). Es por ello que,

ya lo hemos mencionado, una visión más adecuada sería la de la complejidad (García 2006) donde cada área disciplinar (desde Biología molecular hasta ecología de ecosistemas) debe ser visto como un componente de esa unidad que es la Biología (Mayr 2006).

Hacia un cambio de enfoque

A partir de lo expuesto resulta evidente que la enseñanza de la Biología en la UNC parece tener, al menos en parte, características propias de las concepciones tradicionales en educación y por lo tanto requiere de enfoques alternativos a éstas. Un enfoque superador debería estar basado en concepciones epistemológicas acordes con la naturaleza de la disciplina y concepciones didácticas coherentes con ellas (Bernardello 2004). Dicha visión se beneficiaría con los aportes del constructivismo sobre ciertos aspectos que deberían involucrar las estrategias de enseñanza que brinden un papel más protagónico al sujeto que aprende pero sin caer en el relativismo propio del constructivismo radical.

Podríamos sintetizar el cambio de enfoque desde uno centrado en el conocimiento justificado y validado, donde prima la unidireccionalidad docente-alumnos y la memorización de contenidos como aspecto central del aprendizaje a otro que tiene en cuenta los fundamentos y procesos relacionados con esa construcción del conocimiento, la multidireccionalidad de la relación docente-alumnos y el aprendizaje basado en los contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales apuntando a una formación orientada a la autonomía de los estudiantes con una concepción realista del mundo natural. Del enfoque que aquí se propone, claramente emerge un cambio de énfasis donde los contenidos procedimentales y actitudinales deben jugar un papel central. Vale destacar que la propuesta de ninguna manera implica un antagonismo entre ellos y los contenidos conceptuales. Para no caer en ese error, primero debemos reconocer la diferencia entre la estructura sustancial de la disciplina científica, esto es el conocimiento justificado y validado, de la estructura sintáctica, es decir la forma en que los conceptos sustanciales son formados (Kirschner 1992). Dicho en otras palabras, debe tenerse en claro las diferencias entre la construcción del conocimiento por parte de los científicos y la construcción de conceptos por parte del alumno que aprende. Se sostiene aquí que en la educación universitaria, ambos aspectos deben estar involucrados en el diseño curricular

de las asignaturas y se considera falso el dilema entre enseñar contenidos y enseñar procedimientos: “El conocimiento de procedimientos (cómo proceder) y de estrategias (cuándo y por qué proceder) debe construirse basándose en los contenidos propios de cada disciplina” (Monereo & Pozo 2003, p. 24). De esta manera, se sostiene que un currículo universitario no debería descuidar ninguno de los dos aspectos en la enseñanza de las ciencias.

Las actividades en los trabajos prácticos

Como se mencionó en la introducción de esta tesis, los trabajos prácticos constituyen instancias esenciales donde se puede aprender y poner en práctica buena parte de lo que constituye el quehacer científico y profesional del biólogo. A partir del análisis de las ‘Guías de trabajos prácticos’ se pueden establecer los modelos epistemológicos y de enseñanza que subyacen en el desarrollo de las actividades prácticas de las asignaturas. Es pertinente señalar que, en la carrera de Biología de la U.N.C., las clases de actividades prácticas son las únicas requeridas para que los alumnos obtengan la regularización de la asignatura, por lo tanto, constituyen la única instancia de aprendizaje presencial en la que se ven implicados todos los alumnos. Por contrapartida, las clases teóricas son optativas y suele ocurrir que muchos alumnos no asisten a ellas.

En consonancia con lo que se ha discutido en este capítulo, en general es frecuente observar que en las clases de T.P. los alumnos deben seguir consignas explicitadas en las guías que implican generalmente actividades de observación y repetición. Como surge de otras investigaciones, “ [En las clases de T.P.] ...es frecuente que los estudiantes deban utilizar su tiempo en ejercicios similares a recetas de cocina, siguiendo como esclavos las directivas del docente y muy rara vez involucrándose en actividades tales como pensar críticamente sobre lo que se está haciendo o por qué se siguen determinados procedimientos” (Hodson 1992, p. 115). Este tipo de problemática ha sido reiteradamente observada en las clases de ciencias (González 1992, Gil Pérez et al. 1999, Álvarez & Carlino 2004). Alternativamente, se suele priorizar el desarrollo de habilidades tales como clasificar, medir, registrar, dibujar, incluso formulando hipótesis, realizando análisis estadísticos y reportando los resultados. Si bien el desarrollo de estas habilidades es muy loable e inclusive útil para la formación de los estudiantes de ciencias, si no van acompañadas de una buena articulación con el marco teórico disciplinar y una reflexión

sería de lo que implican dichas actividades en la construcción del conocimiento, no es un enfoque científico: "...la forma en que uno clasifica, mide, hipotetiza y el nivel de sofisticación que se alcanza depende de manera crucial de la comprensión teórica. Puesto en simple, observar, clasificar, medir e hipotetizar *per se* puede que ya lo hagan muy bien. Posiblemente lo vienen haciendo antes de hacer nuestra materia y continúan haciéndolo en la vida diaria fuera del laboratorio. Lo que debemos enseñar es la observación científica, clasificación científica, a formular hipótesis científicas" (Hodson 1996, p. 123). Sin dudas esto último no puede llevarse a cabo sin una buena comprensión e integración de un marco teórico y sus fundamentos. Más aun, las mediciones, clasificaciones y los resultados en sí mismos pueden tener múltiples interpretaciones si no van acompañadas del un marco teórico que los guía y a la luz del cual hay que interpretarlos; de no ser así, caeríamos en una visión relativista de dicho conocimiento (discutido previamente). Por lo tanto, los objetivos de las actividades deberían centrarse en aspectos básicos relacionados al saber qué hacer y porqué para luego adquirir habilidades de laboratorio, para plantear problemas y diseñar experimentos para finalmente resolverlos (Hodson 1992).

Entonces, las actividades prácticas dirigidas a la mera observación o desarrollo de otras actividades siguiendo las consignas a modo de receta o los intentos de implicar a los estudiantes sólo en el desarrollo de habilidades de laboratorio (aun siendo una propuesta superior a la tradicional), no resultan suficientes para la formación integral de los futuros científicos o profesionales. Por lo tanto, las actividades de trabajos prácticos no pueden estar desvinculadas de un marco teórico y epistemológico. Esta idea ha llevado inclusive a cuestionar la separación entre clases teóricas y prácticas (Gil Pérez et al. 1999). La posición que se sostiene aquí es que cualquier actividad práctica sin una buena articulación con la teoría científica, sin reflexión acerca de lo que implican tales actividades y con poca relación con lo que hace un investigador científico, no tendrá impacto alguno en la formación científica de un estudiante que en pocos años será un científico o un profesional que deba utilizar el conocimiento científico para desarrollar su profesión.

En el caso de la sistemática y clasificación biológica, objeto de estudio de las asignaturas 'Diversidad', las actividades de observación deberían estar estrechamente vinculadas con la teoría científica que orientan tales observaciones. Además, tanto las

actividades de clasificación de los organismos como el establecimiento de las relaciones de parentesco deben estar subordinadas a los paradigmas actuales y no pueden estar exentos de una reflexión epistemológica acorde con éstos. Si esto no ocurre, estamos todavía lejos de implicar lo que constituyen las actividades prácticas con lo que es el conocimiento científico (Hodson 1992, 1996, Izquierdo 1999). En palabras de Hodson: “El proceso sólo puede ser considerado científico cuando se utiliza contenido significativamente científico e involucra un propósito científico. La clasificación científica no es sólo una cuestión de establecer similitudes y diferencias porque para ello ya sería suficiente con practicar clasificando estampillas postales. La cuestión pasa por reconocer y utilizar categorías basadas en la teoría... ...Siempre existe una variedad de formas de clasificar; para el científico, la utilidad de cualquiera de esas formas depende de establecer las características que significativamente científicas y relacionarlas con el propósito, a su vez, ambas implican necesaria comprensión conceptual... ...La tarea de la clasificación, y la habilidad de los estudiantes para llevarla a cabo exitosamente, depende del conocimiento, experiencia, supuestos y expectativas sobre el propósito que se tiene en hacerlo. Esto es, todas las actividades que implican hacer ciencia están impregnadas de teoría y todas están orientadas por la teoría” (Hodson 1992, p. 122).

Se ha mencionado más de una vez aquí la necesidad de asumir concepciones actuales acerca de lo que constituye el conocimiento y la actividad científica. La visión reduccionista es una de las concepciones inadecuadas que se suelen observar. Los T.P. constituyen escenarios ideales para revertir la tendencia a la fragmentación y el reduccionismo que afecta la enseñanza de la Biología. Dado el carácter interactivo que intrínsecamente tienen, en tanto espacios de enseñanza, constituyen muy buenas oportunidades para analizar, comparar, articular e integrar los contenidos relacionados a la clasificación de los organismos biológicos y sus fundamentos.

La integración de los contenidos procedimentales y actitudinales a las actividades prácticas

A partir de la propuesta que emerge de las discusiones previas acerca del carácter científico que deben revestir las actividades prácticas en la enseñanza de Biología en la Universidad, tanto en lo conceptual como lo epistemológico, el mayor énfasis sobre los contenidos procedimentales y actitudinales sostenido más arriba debería constituir una

consecuencia natural de dicha propuesta. En efecto, los contenidos procedimentales tales como identificación de problemas, formulación de hipótesis a partir de la teoría, identificación de relaciones de dependencia de las variables, diseño de experimentos, identificación de propiedades observables, establecimiento de criterios de clasificación, análisis de datos, juicio crítico de los resultados, síntesis y comunicación científica, entre otros (De Pro Bueno 1998), implican en esencia una profunda comprensión teórica disciplinar y una reflexión epistemológica subyacente. Lo mismo ocurre con contenidos actitudinales tales como, la motivación, la honestidad intelectual que debe tener quien realiza una actividad científica y la actitud pluralista aunque rigurosa y crítica frente al conocimiento, por mencionar algunos de los más relevantes (Coll et al. 1994, Marone & González del Solar 2007). La inclusión de estos contenidos implica una importante reflexión epistemológica, contribuye de manera importante a la formación del Biólogo, ya científico, ya profesional, y constituye uno de los principales aportes que realiza la formación científica de los estudiantes a la sociedad y la cultura (Marone & González del Solar 2006).

Síntesis y conclusiones

Queda claro que en el contexto actual las concepciones acerca del conocimiento científico y su enseñanza en la universidad requieren una reforma profunda orientada a un abordaje interdisciplinar, asumiendo el carácter complejo del mismo y entendiéndolo de manera integrada y a la vez crítico, además de no dogmático, particularmente en el área de la Biología. Hemos visto que el carácter reduccionista y determinista de la enseñanza tradicional no es compatible con la visión actual del conocimiento científico (aspecto que se abordará con más detalles en los próximos capítulos). A su vez, el relativismo del constructivismo radical también entra en franca contradicción con la epistemología científica y no es compatible con el valor que se le otorga a la enseñanza de las ciencias y la alfabetización científica. Desde el punto de vista pedagógico-didáctico, los aspectos constructivistas centrados en la comprensión, el diálogo, la argumentación y la justificación, claramente son en conjunto una propuesta superadora al modelo de transmisión-recepción-memorización-repetición. En lo que concierne a los trabajos prácticos en la enseñanza de la Biología en la universidad, tales aspectos del constructivismo deberían estar integrados en actividades orientadas por un marco teórico

e incorporar una visión epistemológica que tenga en cuenta la reflexión sobre la naturaleza del conocimiento científico, esto es, su falibilidad pero aceptando que constituye una mejor aproximación a la representación del mundo natural.

Es oportuno señalar aquí que este enfoque no implica que el proceso se centre exclusivamente en el alumno con escasa participación del docente como subyace en algunas propuestas constructivistas. Más bien se propone la utilización de modelos de enseñanza que combinen la presentación de contextos y conceptos teóricos fundamentales por parte del docente con la aplicación orientada y guiada a través de metodologías que tengan la finalidad de que los alumnos adquieran conocimientos y capacidad para resolver problemas (Blumhof et al. 2001, Handelsman et al. 2004, Lodish & Rodriguez 2004, Kliensky 2004, Kirschner et al. 2006, Lujan & Di Carlo 2006). Por lo tanto, sin descuidar los conceptos y contextos fundamentales que debe brindar el docente, el eje de la enseñanza debería centrarse más en la forma de obtener los conocimientos y la selección, articulación e integración de los mismos, que en la adquisición de gran cantidad de información y su mera memorización. Entendiendo la manera en que se construye el conocimiento, las interrelaciones entre las áreas temáticas, los cambios y la evolución del mismo a lo largo de la historia no serían un problema, ya que el estudiante/profesional estaría preparado para llegar a ellos por contar con herramientas para actualizarse y haber desarrollado y ejercitado la capacidad crítica necesaria para procesar e integrar la gran cantidad de información disponible. En lo que concierne a las actividades prácticas, el enfoque propuesto aquí implica una fuerte articulación e integración de las actividades prácticas con el contexto teórico y la epistemología subyacente. Esto solo puede ser posible si se establece un mayor énfasis en los contenidos procedimentales y actitudinales en el modelo de enseñanza.

Como se mencionó en este capítulo, existen evidencias de que la formación de profesionales y científicos en Biología no parece ser la más adecuada en la actualidad y que al menos parte de este problema, podría tener su origen en las concepciones epistemológicas y modelos de enseñanza tradicionales todavía vigentes en nuestras carreras universitarias. En este sentido, consideramos que los profesores universitarios deberían cambiar ciertas concepciones e incorporar metodologías de enseñanza adecuadas a los contextos actuales y que sean coherentes con los atributos epistemológicos disciplinares.

De acuerdo a lo expuesto, habría que poner énfasis en estrategias y metodologías de enseñanza-aprendizaje que le brinden un papel más activo al alumno, haciéndolo partícipe de la construcción del conocimiento, capacitándolo en la resolución de problemas complejos y estimulando el análisis el crítico, la argumentación, la discusión de ideas y la reflexión acerca de la naturaleza de la ciencia. A su vez, habría que promover el abordaje interdisciplinar de los problemas, asumiendo su complejidad y proponiendo análisis integradores mediante la aplicación de herramientas pedagógicas y cognitivas que han sido evaluadas y han mostrado ser adecuadas. En la opinión del autor de este trabajo, de no generarse cambios en las concepciones epistemológicas y las metodologías de enseñanza, los problemas relacionados al aprendizaje que existen en la actualidad en la universidad seguirán profundizándose.

Capítulo 3: el concepto de especie

Especie. (Del lat. specĭes). Bot. y Zool. Cada uno de los grupos en que se dividen los géneros y que se componen de individuos que, además de los caracteres genéricos, tienen en común otros caracteres por los cuales se asemejan entre sí y se distinguen de los de las demás especies. La especie se subdivide a veces en variedades o razas.

(Diccionario de la Real Academia Española)

Introducción

El concepto de especie es central en la Biología. En latín, especie significa tipo; en Biología se utiliza para indicar tipos de organismos biológicos (Curtis & Barnes 1992). En numerosos trabajos, diversos autores han debatido y discutido acerca de él sin llegar a acuerdos (por ej. ver Wheeler & Meier 2000). A pesar de esto, la proporción de biólogos que han reflexionado sobre el mismo parecería ser muy pequeña en comparación con el número que lo usan. Asimismo, es un tema que suele ser poco tratado en la enseñanza de la Biología en la UNC. Sin embargo, la mayoría de los científicos, profesores y estudiantes asume implícitamente posiciones respecto de él. En el presente capítulo se intentará sintetizar posiciones respecto a preguntas esenciales que atañen a la noción de ‘especie’. En particular, se tratará de poner énfasis en las concepciones que tienen los biólogos respecto de tres aspectos filosóficos y biológicos que orbitan alrededor de ella: 1) ¿son reales las especies?, 2) ¿qué son las especies? y 3) ¿cuál es el concepto de especie? Respecto del último punto se discutirá sobre los conceptos tradicionalmente usados y aceptados y sobre las aproximaciones actuales que son consideradas adecuadas.

¿Son reales las especies?

En Biología la palabra especie debe ser una de las más utilizadas sin embargo, da la sensación que los científicos muchas veces la usan sin reflexionar efectivamente acerca

del carácter ontológico de la misma. Esto puede ser debido a que nadie duda acerca de su existencia, es decir que son reales, o que no se reflexiona sobre este aspecto porque en general se prefieren obviar las reflexiones filosóficas relacionadas a las disciplinas que practican. Sea cual fuera la razón, tales reflexiones necesariamente deben ser explicitadas sobre todo si hablamos de la enseñanza de la Biología.

Si examinamos las concepciones de especies no explícitas en los textos de Biología, por ej. textos de ecología o conservación de la diversidad biológica, queda claro que los científicos asumen el carácter real de las especies. Es decir, generalmente se habla de conservar tal o cual especie, o sobre la extinción de alguna de ellas; en textos de ecología una especie compite con otra, o tal especie es predadora y tal especie es presa. En contrapartida, es raro encontrar alguna referencia como las descritas referida a un rango taxonómico superior (ej. familia, orden, etc.).

Entre los filósofos de la Biología ocurre algo similar; aunque en ocasiones pueda ser poco discutido, generalmente asumen a las especies como reales; por ej Michael Ruse en su libro *Filosofía de la Biología* dice: "... los grupos que son especies biológicas dan la impresión de ser, en cierto sentido, 'reales', impresión que no dan otros grupos del mismo modo. Los grupos que son taxones más elevados o que se adecuan a un concepto distinto de especie son, según se piensa, mera ficción" (Ruse 1979).

Más recientemente, el Biólogo Ernst Mayr, en su último libro *¿Por qué es única la Biología?*, comienza abordando el tema de la 'especie' tratándola como una entidad real al equipararla con entidades cuya realidad es menos controvertible, aunque sin discutir esta noción: "La especie junto con el gen, la célula, el individuo y la población local, son en Biología las unidades más importantes" (Mayr 2006, p. 215).

Más adelante, ya imbuido en la discusión relacionada al concepto de especie y las distintas posturas de diversos autores, Mayr deja clara su posición acerca del carácter de las especies: "Desgraciadamente varios de los autores de trabajos recientes sobre esta cuestión sólo poseían una experiencia práctica limitada con las especies. Nunca habían lidiado con situaciones taxonómicas concretas que involucraban el rango (¿especie o no?) de poblaciones naturales; en otras palabras, no tenían experiencia práctica con especies reales en la naturaleza" (Mayr 2006, p. 216). En esta parte del capítulo se intentará de discutir acerca de la existencia real que le atribuyen los biólogos y filósofos de la

Biología a las ‘especies’ y del carácter de éstas como entidades centrándonos en el contexto de dos doctrinas filosóficas antagónicas: realismo-antirealismo.

Las discusiones sobre lo que es realidad y verdad han ocupado desde siempre a los filósofos de la Ciencia. En este sentido, las ‘especies’ representan un problema que no parece tener solución sencilla. Ian Hacking ha abordado el asunto del realismo científico principalmente centrado en la física. Aquí tomaremos como base sus discusiones para abordar el problema de la existencia real o no de las especies. Trataremos concretamente de establecer qué es lo que implícitamente asumen los biólogos cuando hablan de especie. Comenzaremos viendo de qué se trata el realismo científico (y el antirealismo) en palabras de Hacking (1996): “El realismo científico sostiene que las entidades, estados y procesos descritos por teorías correctas realmente existen. Los protones, los fotones, los campos de fuerza y los hoyos negros son tan reales como las uñas de los pies, las turbinas, los remolinos de una corriente y los volcanes... ..El antirrealismo nos dice lo opuesto: no hay cosas tales como electrones. Seguramente hay fenómenos eléctricos y de herencia, pero lo que hacemos es construir teorías acerca de estados, procesos y entidades diminutas, únicamente para tener la capacidad de predecir y producir sucesos que nos interesan. Los electrones son ficticios. Las teorías acerca de ellos son herramientas del pensamiento. Las teorías son adecuadas o útiles o admisibles o aplicables, pero no importa que tanto admiremos los triunfos especulativos y tecnológicos de las ciencias naturales, no deberíamos considerar verdaderas ni siquiera sus teorías más reveladoras” (Hacking 1996, p. 39).

Si consideramos que numerosas teorías en Biología –sin ir más lejos la de la evolución– describen y se basan fundamentalmente en la existencia de las especies, entonces podemos decir que los biólogos son realistas acerca de ellas. Pero el asunto no termina tan rápidamente; ¿a qué tipo de realismo adscriben los biólogos cuando se refieren a especie?

Por ejemplo, el realismo ha sido vinculado con el materialismo que en una de sus versiones dice que todo lo que existe está compuesto de bloques materiales más pequeños (Hacking 1996). En este caso, si los biólogos fuéramos materialistas no podríamos pensar que las especies existen ya que no las podemos tocar, ni ver, ni sentir. Tal materialismo podría ser realista acerca de los individuos que componen una especie pero no acerca de las especies en sí mismas. Entonces ‘especies’ sería una noción abstracta. Evidentemente

los biólogos no son o no pueden ser materialistas. Pero el realismo científico no se agota allí mismo sino que tiene otros alcances. Entonces, dejando el materialismo de lado, asumiendo un realismo más general y tratando de seguir avanzando vamos a distinguir dos tipos de realismo científico, uno para las teorías y uno para las entidades:

“El realismo acerca de las entidades nos dice que muchas entidades teóricas realmente existen. El antirealismo niega esto y dice que son ficciones, construcciones lógicas, o partes de un instrumento intelectual para razonar acerca del mundo... ..El realismo acerca de las teorías nos dice que las teorías científicas son verdaderas o falsas independientemente de lo que sabemos: la ciencia cuando menos aspira a la verdad, y la verdad es como es el mundo. El antirealismo nos dice que las teorías son a lo mucho legítimas, adecuadas, buenos instrumentos de trabajo, aceptables pero increíbles...” (Hacking 1996, p. 46).

¿En qué tipo de realismo entrarían las especies? Resulta evidente que los biólogos cuando hablan de especie se refieren a una entidad ya que de ninguna manera ponen explícita o implícitamente en duda que tal concepto puede llegar a ser falsable como es el caso de las teorías. Lo que sí hipotetizan son los alcances de lo que se asume como determinada especie o hipotetizan que tal o cuál individuo o grupo de individuos pertenecen a determinada especie. Es decir, lo que constituye una hipótesis es el nombre que la representa a cada una de las especies. Esto queda fuera del campo ontológico y entra en el campo de los criterios taxonómicos que delimitan las especies y formalizan la representación nominal de la misma. Sin embargo, hay autores que aceptan el aspecto nominal pero no el ontológico. Así, Rapini (2004) postula “...las especies (y taxones de otras categorías taxonómicas) tiene una existencia lógica o analógica, pero no una real... ..No deben ser confundidas con el nombre que las representan ni con el grupo de organismos que son incluidas en ellas” (Rapini 2004, p. 682).

Aquí sostenemos que se puede dudar sobre si un individuo pertenece a esta o aquella especie o, en todo caso, si pertenece a una especie nueva no descrita previamente, pero no dudamos respecto de que pertenece a una especie, sea cual fuere. De no ser así, no podría hablarse de conservar tal o cual especie, o de que aquella especie compite fuertemente con ésta mientras que la otra no. Por lo tanto, la mayoría de los biólogos son realistas respecto de las especies a las que consideran entidades, al menos en el discurso y en la *praxis* científica. Podríamos decir entonces que la mayoría de los

biólogos, así como también los filósofos de la Biología, asumen que las especies son entidades reales. Vale poner en relieve que esto es así desde el punto de vista ontológico pero desde el punto de vista nominal-taxonómico constituyen hipótesis. Debajo veremos que lo ontológico aquí se relaciona con el concepto de especie mientras que lo nominal tiene que ver con el o los criterios de delimitación.

¿Qué son las especies?

En las décadas de los 70 y los 80 existió un importante debate acerca de si las especies eran clases naturales o individuos. Exponentes tales como Ghiselin (1974) y Hull (1976) sostienen que las especies no son clases naturales sino individuos. Ellos sostienen que son individuos integrados donde su relación con la especie a la que pertenecen pasa por ser una parte del todo más que un miembro de esa clase. Para ellos las especies son reales en el mismo sentido en que cualquier individuo biológico lo es. En oposición, muchos otros autores sostienen que las especies son clases naturales (ej. Ruse 1987).

Quizá el apoyo biológico más fuerte para las tesis de las especies como individuos viene de la noción que la especie es un conjunto de organismos que comparte un 'pool genético' común y que esos genes pueden ser transmitidos a la descendencia. Aquí quizá se pueda pensar en el tipo de integración que necesitamos para la individualidad. Los partidarios de la especie como individuo ponen el flujo génico entre poblaciones como el proceso esencial del mantenimiento de una especie.

Sin embargo, existen importantes objeciones a esta tesis. Por ej. Ruse (1987) argumenta que si hablamos de especies como individuos nos encontramos con el problema de que difícilmente podamos considerarla como una unidad cuyas partes están integradas como en el caso de un organismo. Los organismos individuales de una especie trabajan por su propio beneficio, no por el beneficio de la especie. En sus propias palabras: "Supongamos un organismo, ¿cómo sabemos que mi mano es parte del individuo, Michael Ruse? – simplemente porque están pegados y funcionalmente integrados. Pero mi perro no está integrado de la misma manera a la especie *Canis familiaris*. Entonces, ¿por qué decimos que es parte de la especie? Porque desciende del mismo ancestro original como el resto del grupo - esa es la razón!" (Ruse 1987, p. 236).

Ahora, ¿cuál es la concepción –generalmente no explícita- que tienen los biólogos respecto de estos aspectos. Más allá de las discusiones filosóficas, los biólogos

asumen las especies como clases ya que generalmente para que una especie exista o deje de existir necesitará la presencia o ausencia de muchos de sus individuos, pero no necesariamente de todos. Es decir, si se mueren uno o varios individuos de una determinada especie, ésta no se ve afectada sensiblemente (salvo que su tamaño poblacional sea muy reducido). En cambio, si se asumieran las especies como individuos, la pérdida de una o varias de sus partes sería un asunto muy relevante ya que en cualquier individuo la falta de unas o varias de las partes sería un problema importante, por no decir definitivamente drástico. Se podría argüir aquí que si a un hombre le amputan un brazo no deja de ser un individuo. Esto es cierto, pero si le amputan la cabeza o el corazón la historia es otra. En cambio, en las especies, los componentes contribuyen en términos generales de igual manera a la ‘especie’, aunque puede haber excepciones, como en los casos de poblaciones pequeñas o deriva génica extrema.

En consonancia con Ghiselin y Hull, Stephen J. Gould también sostuvo que las especies constituyen individuos. En su justificación se postulan dos tipos de criterios para sostener su idea: el criterio vernáculo de individualidad y el criterio evolutivo. Respecto del primero dice:

“Para ser llamado un individuo, una entidad material debe poseer:

- un principio definible y discreto, o nacimiento;
- un final definible y discreto, o muerte; y
- estabilidad suficiente (definida como la coherencia de una sustancia y constancia de la forma) durante su vida para ameritar el reconocimiento de ser la misma ‘cosa’” (Gould 2002 p. 602).

A continuación establece: “Me doy cuenta, claramente que el tercer criterio amalgama varias nociones cruciales en una misma afirmación. Podríamos especificar al menos cuatro propiedades involucradas en nuestro concepto ordinario de ‘suficiente estabilidad’ para la individualidad” (Gould 2002 p. 602). Las cuatro propiedades que postula son: 1. cambio, 2. ser discreto y tener cohesión, 3. continuidad y 4. funcionalidad u organización. No se discutirán cada una de estas propiedades de estabilidad de la individualidad, simplemente nos detendremos en la segunda ya que toca uno de los aspectos por los cuales la ‘especie’ ha sido y sigue siendo problemática.

En referencia a esta propiedad Gould dice “Un individuo debe mantener límites claros y coherentes durante su vida. Las partes no deben diluirse en otros individuos,

mientras que componentes de otros individuos no deben entrar e incorporarse” (Gould 2002 p. 602). Quien esté familiarizado con la taxonomía y la sistemática sabrá que esto no siempre se observa en la naturaleza y además contradice la visión de la especiación como un proceso dinámico. Justamente, una de las principales causas por las que persisten las discusiones en torno de la ‘especie’ es que es difícil tener un concepto unificado y criterios de delimitación de la misma, tema que discutiremos más adelante. Lo que puntualizaremos acá es que, si bien en muchos casos, los límites de las especies son discretos y bien delimitados respecto de sus parientes más cercanos, verbigracia el hombre, el chimpancé y el gorila, en muchos otros la situación es completamente distinta. En la figura 3.1 podemos ver como ciertas especies –representadas por óvalos punteados– tienen límites discretos respecto de sus parientes mientras que en otros todavía no están bien establecidos. Esto se da, y siempre será así, porque la evolución es un proceso dinámico, en ocasiones drástico pero frecuentemente gradual en tiempos geológicos, y siempre habrá linajes que pueden estar, en un determinado momento, bajo un proceso de especiación que todavía no ha sido completado. Por lo tanto, no se han terminado de erigir las barreras necesarias (por ej. aislamiento reproductivo) para que los eventuales linajes o especies tengan delimitación precisa. Tal podría ser el caso de los híbridos que se dan entre muchas especies de plantas. Por ejemplo, en la figura 3.1, los conjuntos formados por c-d, e-f, g y h-i constituyen distintas especies aunque no se han completado las barreras entre ellas. Esto variará de acuerdo a los distintos criterios de delimitación (ver más abajo). Entonces, atribuir tal propiedad –principio definible y discreto– a las ‘especies’ sería volver a una especie de fijismo que en la naturaleza no existe.

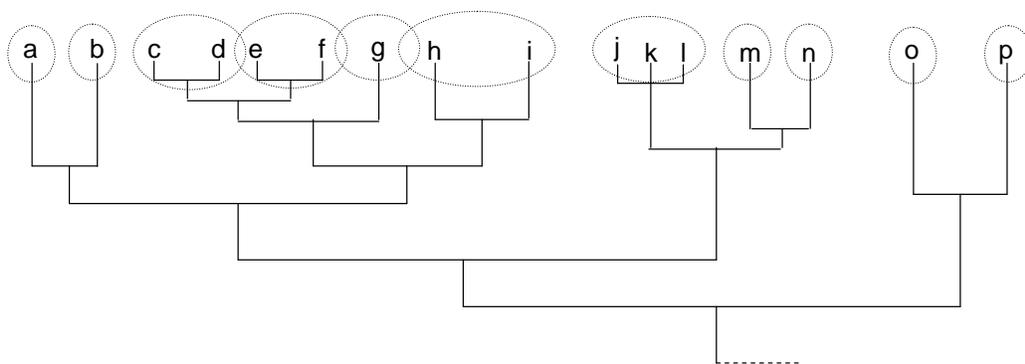


Figura 3.1. Esquema que representa distintas metapoblaciones o linajes (a-p). Los óvalos punteados indican los que pertenecen a la misma especie. En los casos de a, b, m, n, o y p no resulta difícil establecer los límites mientras que en c-d, e-f, g, h-i y j-k-l los límites no resultan fáciles de establecer por el solapamiento en el rango de variación de los caracteres, sean moleculares, morfológicos y de algún otro tipo.

Por lo tanto, es evidente que las especies no parecen comportarse como individuos. ¿Pero, qué son entonces? “La especies deben ser o bien grupos, o bien individuos; no hay tercera opción. No son individuos por lo tanto son grupos” (Ruse 1987, p. 237).

Pero no solo arribamos a esta conclusión a través del descarte del opuesto como propone Ruse; también agregaremos que, tal como se sugirió más arriba, mientras que en un individuo las partes no son equivalentes, en un grupo o un colectivo de organismos, como son las especies, las partes son mayoritariamente equivalentes. Es este sentido y de acuerdo a lo discutido, podemos decir que las especies se comportan como un conjunto de individuos que comparten algo que los hace pertenecer al mismo tipo o clase.

Ahora bien, ¿por qué siguen persistiendo las dudas acerca de qué son las especies y si realmente existen en la naturaleza? Según Ruse, los problemas persisten porque los biólogos nos se ponen de acuerdo o no pueden encontrar un concepto de especie consensuado: ‘No digo que las dificultades no persistan sino que quiero mostrar, hablando en términos genéricos, por qué los biólogos creen que las especies son naturales. Pero la otra cara de la moneda es que, cuando los biólogos comienzan a mostrarse poco convencidos sobre la naturalidad de ciertos grupos, el análisis ofrecido aquí puede mostrar el por qué. En particular, las dudas sobre lo real de las especies aparecen cuando los distintos modos de definir los nombres de las especies se separan, y

fracasan en coincidir. Es decir, no se tiene la conciliación requerida para aceptar la naturalidad' (Ruse 1987, p. 239).

De ser así, parte importante del problema aparentemente quedaría resuelto si los biólogos encontraran un concepto de especie único o universal. Esto no parece ser tarea sencilla ya que hace decenas de años que se viene discutiendo, en ocasiones acaloradamente, acerca del concepto de especie sin siquiera poder llegar a consensos razonables; aunque esto no necesariamente quiere decir que los intentos hayan sido vanos.

A continuación revisaremos el estado actual de la situación tratando de analizar si hay alguna posibilidad de llegar a una solución.

¿Cuál es el concepto de especie?

Hasta aquí hemos visto que los biólogos en general están de acuerdo con que las especies existen en la naturaleza, es decir, las consideran entidades reales (abstractas) y argumentamos que forman una clase natural. Entonces debería haber un concepto para tal entidad. Como mencionamos previamente tal concepto parece ser elusivo y es en parte por esta razón que los biólogos, cuando lo hacen, llegan a dudar del carácter real de las especies. Acerca de este problema Ernst Mayr se pregunta y nos responde:

‘¿Cuál es la naturaleza del problema? Existe una serie de respuestas posibles a esta pregunta. ¿Es quizá que diferentes tipos de organismos tienen en realidad distintos tipos de especies? Esto es concretamente así, porque lo que se denomina especie en los organismos que se reproducen en forma asexual (agamo especie) es en realidad algo muy diferente de la especie en los organismos que se reproducen sexualmente. Pero también se puede preguntar si incluso todas las especies en los organismos que se reproducen en forma sexual son de una sola clase’ (Mayr 2006, p. 217).

¿Es posible estar de acuerdo con Mayr? Es difícil, ya que si existieran distintos conceptos porque existen distintos tipos de especies, no tendríamos ‘el problema de la especie, sino ‘los problemas de las especies’. Más aun, si asumimos distintos tipos de especies estamos asumiendo que éstas tienen aspectos esenciales distintos. Esto contradice dos de las características más importantes que tienen todos los organismos biológicos y que son las que los diferencian de todo lo hasta ahora conocido en el universo: un origen común y un código genético universal. En otras palabras, si

reconocemos que las especies son reales y que todos los organismos vivos que constituyen tales especies, desde una bacteria hasta el hombre, poseen características esenciales comunes, no podemos conformarnos con el hecho de que, debido a que dicho objetivo ha sido esquivo, tengamos que aceptar plácidamente la simplicidad filosófica de los distintos conceptos; si reconocemos la unidad que dichos organismos constituyen - organismos vivos o biológicos-, es decir la unidad de la Biología, tal postura es insostenible. A raíz de la propuesta de aceptar distintos o varios conceptos, Wheeler & Platnick sostienen: "...el problema de encontrar un concepto aplicable sería simplemente reemplazado por otro aun más difícil de resolver. ¿Cómo uno determina cuál de los varios posibles conceptos se aplican para un tipo particular de organismo? Debido a que tal pluralismo introduce subjetividad en el proceso de aplicar conceptos de especie, es posible aplicar historias '*ad hoc*' para abordar cualquier dificultad. Si esta visión pesimista fuese cierta, uno puede preferir el proceso de adoptar conceptos de especie alternativos e ir rechazando cada uno por vez. Una vez que todos los posibles conceptos han sido puestos a prueba y encontrado deseables, este pluralismo de 'vale todo' puede ser finalmente aceptado. Salvo que se haga el intento de examinar individualmente potenciales conceptos universalmente aplicables, ¿cómo podemos esperar que tal concepto unificador exista? Más allá de la prolongada controversia acerca de los conceptos de especie, los sistemáticos han siempre trabajado bajo el supuesto de que un concepto teórico y práctico posible es alcanzable. Dado el rápido progreso observado desde la publicación de Hennig, sería un momento particularmente desafortunado para abandonar el intento" (Wheeler & Platnick 2000, p. 56-57).

Así las cosas, si aceptamos que es necesario –y que puede existir- un concepto único de especies, entonces abordemos el asunto.

El problema de la especie

Como se ha mencionado, existen numerosos conceptos de especies y discusiones asociadas a ellos. Así, se han publicado numerosos libros y artículos donde se revisan y discuten los distintos conceptos de especie (por ej. De Queiroz 1998, 2005, Wheeler & Meier 2000, Mayr 2006, Lanteri & Cigliano 2006). En dichas obras están detalladas las distintas posiciones por ello no vale la pena repasar exhaustivamente cada una de ellas aquí. También ocurre que distintos autores reconocen distinta cantidad de posiciones o

conceptos; por ej. Mayr (2006) reconoce cuatro mientras que Lanteri et al. (2006) reconocen nueve conceptos de especie. En general, los criterios suele diferir entre los conceptos; mientras que algunos se centran principalmente en aspectos teórico-filosóficos, otros lo hacen basados en criterios operacionales (Lanteri et al. 2006). En ese gradiente podríamos situar en el primer extremo el concepto evolutivo que asimila especie con linajes –metapoblaciones- que evolucionan separadamente de otros linajes y en el otro extremo el criterio morfológico que considera especie al conjunto de individuos morfológicamente similares. Dentro de este gradiente se pueden mencionar algunos de los conceptos más relevantes como el paleontológico –serie cronológica de un linaje-, el fenético –conjunto de poblaciones fenéticamente similares-, el biológico –conjunto de poblaciones interfértiles aisladas reproductivamente de cualquier otra- y el filogenético –menor grupo de poblaciones sexuales o linajes asexuales que puede reconocerse por una combinación de estados de caracteres-. Conceptualmente, el más ampliamente difundido ha sido el concepto biológico de especie (Mayr 2000) mientras que el más utilizado en la práctica ha sido el concepto morfológico (tipológico); basta con revisar en la literatura científica los criterios tradicionalmente usados en la descripción de especies nuevas para establecer la popularidad que ha tenido –y aun tiene- este último.

Lo que trataremos de hacer es ir al nudo del problema conceptual, analizar y discutir por qué determinados conceptos no son apropiados para finalmente poner en relieve el estado actual del problema y mostrar por qué puede haber una solución al problema de la especie a la luz de las evidencias actuales.

Sobre el concepto biológico de especie

Antes que nada, se abordará uno de los conceptos más ampliamente invocados y que estuvo vigente sin cuestionamientos durante unos 60 años: el concepto biológico de especie. Uno de los principales y conspicuos promotores y defensores de este concepto es Ernst Mayr. En pocas palabras, postula que una especie biológica es “un grupo de poblaciones naturales que se reproducen en forma cruzada y que se hallan reproductivamente (genéticamente) aisladas de otros grupos semejantes” (Mayr 2000, 2006). Él sostiene que es la combinación de cruzamiento reproductivo y flujo génico lo que le confiere a un taxón de especie biológica su cohesión interna. La razón por la cual este concepto presenta ciertas limitaciones la da el mismo Mayr: “El concepto biológico

de especie no es aplicable a los organismos asexuales, que forman clones, no poblaciones. Como los organismos asexuales mantienen su genotipo de una generación a otra, al no efectuar cruzamientos reproductivos con otros organismos, no tienen necesidad de ningún dispositivo (mecanismos aisladores) para proteger la integridad y la armonía de su genotipo” (Mayr 2006, p. 228).

Además de haber recibido distintos tipos de críticas (por ej. ver Wheeler & Meier 2000), si tenemos en cuenta que posiblemente una buena parte de las especies biológicas sean asexuales (agamospecies) –ej. procariotas y ciertos grupos de eucariotas–, resulta evidente que este concepto no posee carácter universal.

Sobre el tradicional concepto tipológico

Más allá de la discusión actual, en la práctica, el concepto de especie más ampliamente difundido a lo largo de la historia de la Biología es el tipológico.

El concepto tipológico de especie fue el más difundido durante siglos arrancando desde los griegos. Este concepto se ha basado fundamentalmente en caracteres morfológicos o fenotípicos de las especies. Tuvo vigencia durante mucho tiempo, en parte porque la concepción tradicional basada en el cristianismo postulaba que el conjunto de individuos perteneciente a cada especie tenía su origen en la pareja inicial creada por dios y salvadas por Noé en el diluvio universal. Esta concepción es coherente con el fijismo que predominó hasta la publicación del Origen de las especies de Darwin (1859). Más allá de su origen y las contingencias históricas, uno de los principales problemas que tiene el concepto tipológico de especie es que no especifica criterios para distinguir entre especies hermanas o fenotípicamente indistinguibles o puede considerar como distintas especies a individuos pertenecientes a la misma esto a causa de diferencias sexuales, de edad, estacionales o la variación genética ordinaria (Mayr 2006).

En la práctica, bajo esta concepción se atribuye un individuo o una población a una determinada especie a través de la comparación con un individuo patrón conocido como ‘ejemplar tipo’ que está depositado en alguna institución destinada a tal fin. Este ‘tipo’ provee el patrón de referencia con el cual serán comparados los individuos para determinar si pertenece o no a la especie, admitiéndose un rango de variación que generalmente es contingente a cada especie y generalmente determinado por el o los especialistas en el estudio del grupo biológico involucrado. Más allá de los evidentes

problemas que puede tener el concepto tipológico, tiene algunas ventajas muy importantes. Una de ellas es que es aplicable a cualquier organismo biológico, desde procariotas a eucariotas, desde asexuales a sexuales. No obstante, cabe destacar que en la mayoría de los procariotas además de características estructurales, las metabólicas han sido tradicionalmente muy utilizadas para delimitar especies (Stanier et al. 1976).

Un aspecto más que relevante del concepto tipológico es que, solamente asumiendo los criterios de delimitación que postula este concepto, es posible realizar trabajos que involucren determinación del número de especies en cualquier parte del mundo ya que aquellos que involucran especies como linajes filogenéticos insumen técnicas moleculares para establecer la delimitación. Estas técnicas son generalmente aplicables en laboratorios que implican costosa infraestructura e insume recursos no siempre disponibles en numerosas partes del mundo. Mas aun, bajo el concepto tipológico, se encuentran tipificadas todas las especies descritas hasta el momento mientras que la cantidad de especies caracterizadas molecularmente es infinitamente menor, aunque se va incrementando considerablemente. En este sentido, recientemente ha sido propuesto caracterizar molecularmente las colecciones de hongos depositadas en los herbarios con el fin de evaluar los efectos de este enfoque –el filogenético basado en secuencias moleculares- sobre la taxonomía y la sistemática basadas fundamentalmente en el criterio tipológico (Brock et al. 2009).

¿Un concepto único de especie?

La búsqueda de un concepto único de especie ha preocupado a muchos científicos y filósofos de la biología por las razones, en parte, expuestas previamente (ej. Wheler & Platnick 2000). Hemos sostenido que deberá existir un concepto único especie y este asunto tendría dos aspectos fundamentales: uno ontológico y el otro nominal.

El ontológico se refiere a si existe un solo tipo de especie para todos los organismos biológicos o si existen distintos tipos de especies, como sostuvo Mayr entre otros. Ya dijimos más arriba que todos los organismos biológicos poseen al menos dos características esenciales comunes a todos, lo que nos indica que puede haber un concepto único de especie aplicable a todos. Una vez que aceptamos que hay un concepto único hay que abordar el problema nominal, es decir, hay que buscar su definición.

Revisando lo anterior, Michael Ruse dice que las dudas sobre lo real de las especies aparecen porque los distintos modos de definir las especies no coinciden (Ruse 1987). Ernst Mayr justifica que quizá esto ocurra porque existen distintos tipos de especies (Mayr 2006). Más arriba hemos dado una posición por la cuál consideramos que ontológicamente es posible que exista un solo tipo de especie. Veamos ahora entonces, si es posible un concepto para ella. De Queiroz (2007) dice que a pesar de que existen diferencias entre los conceptos alternativos de especie, todos ellos poseen una unidad conceptual subyacente que provee la base para un concepto de especie unificado. Para el autor, parte de las razones acerca del problema sobre el concepto de especie reside en que los distintos autores siempre hicieron hincapié en las diferencias y no en las posibles semejanzas que tuvieran tales conceptos. Es decir, así como sostenemos que existe una unidad ontológica de especie, De Queiroz sostiene que debe existir una unidad conceptual, es decir nominal. Es este aspecto donde se han centrado la mayoría de las discusiones y disensos que encontramos en la literatura: “La razón de estas incompatibilidades tiene que ver con diferentes propiedades biológicas en las que se han basado los conceptos alternativos de especie; por ejemplo, el intrínseco aislamiento reproductivo en el caso de la versión del aislamiento del concepto biológico de especie, la ocupación de un nicho o zona adaptativa distinta en el caso del concepto ecológico, y diferencias en los estados de caracteres fijados en el caso de la versión diagnosticable del concepto filogenético de especie. Más aun, estas diferencias en énfasis son esperables porque las distintas propiedades son de gran interés para distintos subgrupos de biólogos” (De Queiroz 2007, p. 880).

Para el autor, el problema es que los diferentes conceptos de especie se han basado en propiedades diferentes para delimitar las especies. Su propuesta se centra en un concepto único de especie y distintas formas, de acuerdo a los organismos, de delimitarlas. La clave para encontrar un concepto único o unificado se centra en identificar un elemento común en todos los conceptos previos implicando un concepto general de especie: “El concepto general al que me voy a referir equipara especie con linajes metapoblacionales que evolucionan separadamente, o más específicamente, con segmentos de tales linajes” (De Queiroz 2007, p. 881). Este concepto se asemeja al concepto evolutivo previamente propuesto por (Wiley & Mayden 2000 y referencias allí).

El término linaje se refiere a la serie ancestro-descendiente mientras que el de metapoblación se refiere a la población inclusiva constituida por subpoblaciones conectadas. Vale aclarar que aquí especie no es el linaje metapoblacional entero sino un segmento del mismo que las especies dan origen a otras especies formando linajes a escala específica. Cualquier especie dada es uno de los tantos segmentos que constituyen ese linaje a escala específica (De Queiroz 2007).

Como se mencionó más arriba, el autor sostiene que los distintos conceptos de especie propuestos se han basado en propiedades secundarias de las mismas y la razón por la cual estas propiedades condujeron a conceptos incompatibles es que éstas aparecen en distintos momentos del proceso de especiación: “La especiación puede ser conceptualizada en términos de unos pocos procesos evolutivos: mutación, selección natural, migración (o ausencia de la misma) y deriva génica. Los caracteres afectados por esos procesos, sin embargo, son altamente diversos. Pueden ser genotípicos o fenotípicos; cualitativos o cuantitativos, selectivamente ventajosos, desventajosos o neutrales; y pueden involucrar diferentes aspectos de la Biología orgánica, incluyendo genética, desarrollo, morfología, fisiología y conducta. Con respecto al problema del concepto de especie, el punto importante es que cambios en tales caracteres conducen a la adquisición de un diferente número de propiedades por linajes divergentes” (De Queiroz 2007, p. 881).

En el diagrama de la figura 3.2 se representa el proceso de separación de un linaje y su divergencia para dar origen a dos especies según el autor. Los distintos cortes en el área gris representan la ubicación de los distintos procesos y propiedades asociadas que tienen lugar en el proceso de especiación y que son los que han conducido a las discusiones mencionadas más arriba. Entonces: “... algunas personas realizarán el corte relativamente temprano en el proceso de divergencia donde diferencias cuantitativas en los caracteres quizá hagan los linajes fenéticamente distinguibles. Otros lo harán cuando la divergencia está más avanzada, quizá cuando los linajes ya han desarrollado barreras reproductivas intrínsecas. Mientras que otros harán el corte más tarde aun, quizá cuando ambos linajes formen grupos (monofiléticos) exclusivos en términos de árboles basados en conjuntos de genes” (De Queiroz 2007, p. 881).

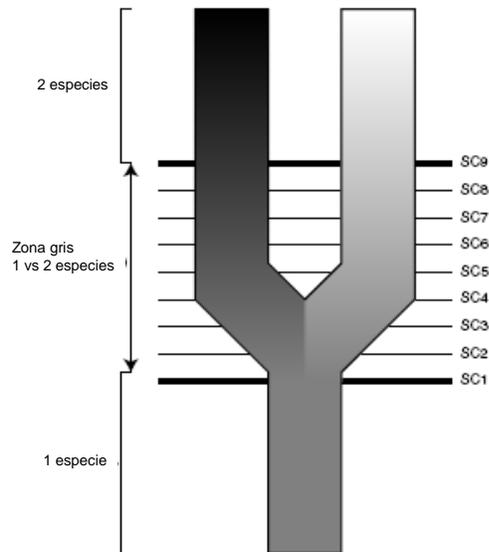


Figura 3.2. El diagrama representa un linaje (especie) dando origen a dos linajes (especies). La gradación de grises los dos linajes divergiendo en el tiempo y las líneas horizontales notadas con SC (criterio de delimitación de especie) de 1 a 9 representan el tiempo en que se adquieren las distintas propiedades (por ej. cuando se convierten en fenéticamente distinguibles, diagnosticables, recíprocamente monofiléticos, reproductivamente incompatibles, ecológicamente distintos, etc.). Extraído de De Queiroz (2007).

Una de las consecuencias más importantes del concepto unificado de especie es que clarifica el problema de la delimitación de las mismas separando el problema conceptual de la definición de la categoría especie (conceptualización de la especie) del problema metodológico de inferir los límites y el número de especies (delimitación de las especies) (De Queiroz 2007).

Esta solución si bien parece resolver parte de la cuestión, sigue padeciendo el problema que a la hora de identificar especies, el concepto unificado no es muy útil ya que no posee un criterio de reconocimiento (Taylor et al. 2000) o, mejor dicho, posee varios. Podríamos decir que propone una solución solo en el aspecto teórico-filosófico previamente mencionado. El extremo relacionado al aspecto operacional sigue dependiendo del grupo de organismos biológicos que se esté abordando. En este sentido, todavía siguen siendo inconmensurables los conceptos tales como conservación, extinción y diversidad cuando se refieren a grupos de especies taxonómicamente distintos.

En la actualidad, mientras que las técnicas moleculares están cada vez más al alcance de los taxónomos para ser utilizadas como herramientas que contribuyen a la

delimitación de las especies, se transita una etapa de transición en las que se combinan los criterios morfológicos tradicionales con los moleculares. Asimismo, continúa la búsqueda incesante de criterios de delimitación más efectivos de acuerdo a los distintos grupos de organismos biológicos.

Síntesis y conclusiones

El objetivo de este capítulo fue principalmente establecer a qué se refieren los biólogos cuando hablan de especie y sentar una posición en los aspectos controversiales o sobre los que no hay consenso. La idea fue abordar la cuestión desde lo esencialmente ontológico hasta lo eminentemente práctico u operativo. Queda claro que, en general, los biólogos son pragmáticos y consideran que las especies realmente existen en la naturaleza, que constituyen entidades que se comportan como tipos o clases y no como individuos. Parecen estar menos de acuerdo sobre cuál es el concepto de especie ya que involucra una discusión ontológica que necesita de criterios comunes a los distintos grupos de organismos pero que todavía no se han alcanzado. Es decir, no parece tan asequible como aparenta a partir de la definición vertida en el epígrafe de este capítulo. Hemos argumentado sobre las desventajas del concepto biológico de especie. Recientemente, se propuso un concepto de especie que postula que son segmentos de linajes metapoblacionales que evolucionan separadamente (De Queiroz 2007). Este concepto tiene la ventaja de que en principio es aplicable a toda la diversidad biológica presente en nuestro planeta. Conceptualmente es una propuesta adecuada, el desafío que resta es encontrar algún criterio de delimitación que sea aplicable a la mayor cantidad posible de organismos biológicos o aceptar que estos criterios varían entre grupos taxonómicos, pero en este último caso, sería deseable encontrar métricas que los hagan comparables. Por ejemplo, los microbiólogos consideran que a partir del 70 % de similitud en el ADN, los linajes, poblaciones o cepas procarióticas pertenecen a la misma especie. Si tenemos en cuenta que la similitud del ADN entre el hombre y el chimpancé es del 98 % (Oren 2004) o que al comparar las secuencias genómicas de tres cepas de *Escherichia coli* ecológicamente distintas -es decir, una misma especie de bacteria- se observa que comparten sólo el 40 % de sus genes (Welch et al. 2002), el criterio de distancia molecular (absoluta) resulta inviable desde el punto de vista heurístico. Entonces, siendo que el peso relativo de la Biología molecular en la taxonomía es cada

vez mayor, quizá un buen camino sea establecer métricas que hagan comparables a las especies pertenecientes a grupos muy separados filogenéticamente. Esto sería importante en tanto se sigan utilizando ampliamente paradigmas conceptuales que abarcan espectros biológicos muy amplios como ‘conservación de la diversidad biológica’.

Finalmente, está claro que el tradicional concepto tipológico de especie no es conceptualmente adecuado. Sin embargo, la utilidad práctica de su criterio de delimitación todavía no ha podido ser igualada y menos aun reemplazada, principalmente para organismos macroscópicos. De cualquier manera, las aproximaciones basadas exclusivamente en la Biología molecular también tienen limitaciones por lo que no se vislumbra un cambio paradigmático en el futuro, sino más bien, una integración concertada de distintos criterios de delimitación para poder aproximarnos a distinguir adecuadamente eso que llamamos especie.

A partir de lo discutido hasta aquí emerge entonces que, siendo un concepto central en Biología, que involucra una complejidad tal que hace no solo difícil definirlo sino que su significación puede variar de acuerdo a los organismos biológicos y el contexto y que ha merecido profundos debates entre los biólogos y los filósofos, su abordaje y las reflexiones subyacentes no pueden estar excluidas de los currículos de las carreras de Biología y menos aun de las asignaturas que tratan la diversidad biológica.

Capítulo 4: Taxonomía y sistemática de eucariotas

“[Los naturalistas] ...*procuran ordenar las especies, géneros y familias dentro de cada clase según lo que se llama el sistema natural; pero, ¿qué quiere decir este sistema?*” (Darwin, 1859, p. 545).

Introducción

En el capítulo anterior vimos que el concepto de especie y la delimitación de la misma es un aspecto de la Biología que no goza de un consenso absoluto. Sin embargo, hemos llegado a la conclusión de que explícita o implícitamente los biólogos tratan a las especies como entidades reales.

Si bien se postuló la posibilidad de la existencia de un concepto de especie único, también subrayamos que varían los criterios de delimitación. Esto se debe a que distintos autores utilizan variados criterios de acuerdo a los distintos grupos biológicos (ver capítulo anterior). Los aspectos que se tienen en cuenta en la delimitación de las especies son esenciales para identificar, describir y clasificar los organismos biológicos.

La identificación y descripción de los organismos es el objetivo de la taxonomía, mientras que la clasificación –clasificar organismos y/o crear sistemas de clasificación– es el de la sistemática. Vale destacar que algunos autores asignan el mismo sentido a taxonomía y sistemática (ej. Lanteri & Cigliano 2006). No obstante, sus diferencias en la práctica científica son evidentes. Esto queda puesto en relieve aun en autores que no establecen tales diferencias, como es el caso de J. Wiens: “Puede considerarse que la sistemática tiene dos objetivos principales: (1) descubrir y describir especies y (2) determinar las relaciones filogenéticas de ellas” (Wiens 2007, p. 875). Es por esta clara diferencia entre los dos objetivos, y en los métodos aparejados a ellos, que aquí seguimos el primer criterio, es decir distinguir entre sistemática y taxonomía.

En la enseñanza de la Biología en la Universidad, la sistemática y taxonomía de los organismos biológicos constituyen un aspecto curricular central. Lamentablemente, en numerosas ocasiones su abordaje se relaciona más con aprender de memoria una gran cantidad de nombres que integran los sistemas de clasificación con escasa reflexión

acerca de los fundamentos que subyacen tales sistemas. En el presente capítulo se intentará abordar los aspectos filosóficos y biológicos de la taxonomía y sistemática de los organismos eucariotas teniendo principalmente en cuenta los siguientes aspectos: el origen de la sistemática y la taxonomía, el realismo en la sistemática, las escuelas de la sistemática y la situación actual.

El origen de la sistemática y la taxonomía

El hombre de ciencia piensa que entre los organismos distribuidos en la tierra existe un orden que se refleja a través de relaciones de parentesco. Hoy en día, difícilmente haya algún científico que no esté de acuerdo con la teoría de que todas las especies biológicas que habitan nuestro planeta poseen un ancestro común universal, por lo tanto la visión generalizada es la de un árbol genealógico común (pero ver Doolittle & Baptiste 2007). Dentro de ese árbol se reconocen ramificaciones primarias y de ahí en adelante ramificaciones de mayor orden. De acuerdo con ellas pueden establecerse grupos cada vez menos inclusivos hasta llegar a especie.

La tarea del taxónomo/sistemático que se dedica a proponer un ordenamiento general de los grupos teniendo en cuenta la historia evolutiva, es buscar sistemas de clasificación que se adecuen al orden de parentesco que encontramos en la historia evolutiva de las especies. En palabra de Adl y colaboradores: “El propósito de la clasificación es ordenar la diversidad biológica de modo tal que se facilite la comunicación y el intercambio de información. El sistema de clasificación debe operar en un contexto filogenético y debe ser modificable pero reteniendo la estabilidad de los nombres” (Adl et al. 2007, p.686).

Los primeros intentos de clasificación de los organismos se remontan a los Griegos. Aristóteles (384 – 322 A.C.) clasificó los organismos (animales) de la siguiente manera: hombre; animales con sangre: mamíferos (excluidos los cetáceos), las aves, los cuadrúpedos ovíparos (reptiles y anfibios), los cetáceos y los peces. Animales sin sangre: cefalópodos, crustáceos, insectos y moluscos (Radl 1931). Si bien muchos otros filósofos naturales se dedicaron a la clasificación de organismos biológicos, como por ejemplo Andrea Cesalpino (Goyenechea 2007), Carl von Linné, médico y naturalista sueco, publicó una obra que ganó enorme aceptación donde se estableció un sistema de clasificación y clasificó los organismos biológicos y no biológicos de manera

sistematizada en tres reinos: animal, vegetal y mineral (Linné 1748). En su *Philosophia botanica*, Linné propone varias de las reglas nomenclaturales aun vigentes en la actualidad, como por ej. el nombre científico específico constituido por un binomio: un nombre genérico –o género- y un epíteto específico (Koerner 1996). Con el tiempo los minerales quedaron fuera de la clasificación biológica pero se fueron agregando una mayor cantidad de categorías intermedias por encima de género. Así, los géneros se agruparon dentro familias, las familias dentro de órdenes, los órdenes dentro de clases y las clases dentro de División –en el caso de las plantas y las algas- y en Filum en el caso de hongos, animales y ciertos grupos de protistas. Posteriormente también fueron agregadas categoría intermedias a las mencionadas.

Las categorías taxonómicas superiores son construcciones que varían de acuerdo al criterio de distintas escuelas. Por lo tanto se discutirán aquí los fundamentos de tales escuelas conjuntamente con los aspectos biológicos para luego discutir el estado de la sistemática biológica actual.

El Realismo en la sistemática

Así como lo hicimos con el concepto de especies, comenzaremos discutiendo aquí si las clasificaciones que hacen los biólogos de los organismos biológicos resultan en clases que constituyen entidades reales o no.

Las raíces de la cuestión las encontramos en la historia de la sistemática donde se puede ver que la noción de ‘relaciones naturales’ se remonta a los griegos. Nelson & Platnick (1981) describen exhaustivamente la forma en que se han ido reconociendo esas relaciones naturales y los intentos de los filósofos naturales a lo largo de la historia por encontrar o, más bien, definir clases naturales en la naturaleza a partir de las mismas. En el transcurso del relato es interesante advertir como ciertos conceptos de la era pre-evolucionaria (i.e. antes de la formulación de la teoría de la evolución) se mantuvieron vigentes aunque lo que varió fueron las explicaciones causales de los mismos. En este sentido, la revisión historiográfica realizada por los autores nos muestra que: “Previo al origen de la teoría de la evolución, se pensaba que, en una clasificación natural, las especies debían estar agrupadas porque compartían, o debían compartir, ‘afinidades naturales’ (grupos concebidos por una similitud general ‘natural’ en vez de ‘artificial’). Pero no había una respuesta clara a la pregunta ¿qué es una afinidad natural? En esa

época existían dos posibles respuestas, aunque vagas: (1) el plan de la creación, (2) verdaderas afinidades que tiene las especies, una con otra. El plan de la creación podía ser desentrañado por el estudio de las maneras en que las especies se asemejan y difieren unas con otras. Y la noción de verdadera afinidad (o semejanza) fue siempre una pregunta abierta ‘¿qué es una afinidad verdadera en oposición a una falsa?’ (Nelson & Platnick 1981, p. 121). Es a partir de esa búsqueda que surge la idea de que considerar solo un carácter daría grupos artificiales y que en realidad había que observar el conjunto. A partir del estudio del conjunto se podían detectar cuáles eran los caracteres que serían los determinantes de las afinidades. Esos caracteres fueron llamados homólogos y aquellos que podían ser compartidos pero daban una falsa afinidad fueron llamados análogos. A modo de ejemplo de los análogos se utilizan las alas de los picaflones y las abejas. Una vez descubiertas las afinidades naturales se podían establecer las bases para un ‘sistema natural’ de clasificación. Nelson & Platnick (1981) destacan el hecho de que tales conceptos no difieren demasiado de los modernos.

Desde el punto de vista epistemológico, quisiéramos subrayar aquí que dichas nociones son útiles bajo paradigmas completamente distintos, algo ya observado en otros ejemplos de cambios paradigmáticos como lo ha sido el reemplazo de la física newtoniana por la física cuántica. Aunque sin referirlo de este modo, dicho fenómeno epistemológico se puede observar explícitamente en el relato de Nelson & Platnick: “Luego de que los científicos aceptaron el principio de evolución, la afinidad natural comenzó a ser vista como el resultado de la evolución en vez de la creación. Pero la idea de afinidad natural, y la forma de descubrirla, no cambió. Grupos que se pensaban naturales seguían siendo naturales, y por las mismas razones: las similitudes y diferencias observadas entre especies. Para la pregunta ‘¿qué es un grupo?’ Un científico pre-evolucionario habría respondido: ‘un grupo natural - un grupo con afinidad natural.’ Presionado por la pregunta: ¿qué es una afinidad natural? Hubiese añadido ‘el plan de la creación.’ A la misma pregunta (‘¿qué es un grupo?’) un científico evolucionario temprano habría respondido: ‘un grupo natural - un grupo con afinidad natural.’ Presionado más aun por ¿qué es una afinidad natural? Hubiese añadido ‘propinquidad de la descendencia’” (Nelson & Platnick 1981, p. 122-123). Este análisis en conjunto nos muestra que la noción de que la diversidad biológica puede ser ordenada a partir de relaciones entre los organismos parece ser independiente de los paradigmas ya que en

diversas formas estuvo conceptualmente presente desde los primeros filósofos naturales. Esto conduce a la fundada sospecha de que las relaciones naturales son reales. Más allá del paradigma bajo el cual progresó la sistemática, los grupos naturales se pueden definir por las homologías y la forma de representar las relaciones de afinidades entre dichos grupos es a través de un esquema basado en ramificaciones. Dependiendo del nivel jerárquico de la ramificación podemos establecer grupos o clases más o menos inclusivos. Ahora bien, aceptada la existencia de relaciones naturales, retomemos la pregunta inicial acerca de si las clases o grupos, o más específicamente rangos taxonómicos tales como familia, órdenes, etc., constituyen entidades reales o no.

En el capítulo anterior hemos discutido sobre las dificultades de tener un concepto único de especie. Se ha mostrado la posibilidad de una definición ontológica y sobre la variedad de criterios de delimitación, todos de raigambre biológica. Más allá de las dificultades, esa ontología existe y se atribuye a la especie el carácter real. En el caso de los rangos taxonómicos superiores no encontramos tales posibilidades. Es decir, no existe carácter ontológico de estas categorías (De Queiroz & Gauthier 1992, Ereshefsky 1994). Esto se pone claramente en evidencia cuando Nelson & Platnick (1981) nos dicen: “Una vez determinadas [las homologías], pueden ser utilizadas para construir un árbol filético. Una vez construido, el árbol puede ser desmembrado para establecer una clasificación. El único problema es donde aplicar el hacha. El mismo árbol puede ser particionado de diversas maneras, y así ha sido” (Nelson & Platnick 1981, p. 126). A partir de esto la conclusión es que los rangos taxonómicos serían construcciones artificiales porque los criterios de delimitación son completamente arbitrarios y no hay concepto acerca de cada una de ellos.

Los criterios de delimitación a su vez son muy variables y dependen de los distintos grupos biológicos. Por ejemplo, ha sido propuesto que un criterio posible podría ser que los taxones del mismo rango deberían haberse originado en el mismo periodo de tiempo (Hennig 1965). Como veremos más adelante, esto ha resultado difícil de integrar en un sistema ya que taxones que se originaron en el mismo periodo pueden poseer estructuras de relaciones filogenéticas distintas. Por ejemplo, “ciertos taxones que se originaron en el cretácico tardío (Clases) han sido exitosos en términos de diversificación y contienen numerosos órdenes y géneros: estos taxones tienen ramificaciones filogenéticas extensas. Por otro lado, otros taxones que se originaron en el mismo periodo

son monotípicos y están constituidos por un solo taxón basal: son ramas filogenéticas simples. Desde una perspectiva filogenética, el criterio de Hennig ubica diferentes tipos de taxones bajo un mismo rango” (Ereshefsky 2008 p. 113). Esto es sólo un ejemplo de las dificultades que se presentan a la hora de establecer criterios para elaborar un sistema. Es claro que no surge –y difícilmente pueda surgir- un criterio universal para definir los rangos taxonómicos y menos aun que existan como clases naturales ya que lo que existe es un continuo de relaciones naturales (filogenéticas). Sin embargo, en la actualidad se propone un sistema donde los rangos taxonómicos serían reemplazados por clados definidos por un carácter común (apomorfía) lo que de alguna manera sería un criterio generalizable y ontológicamente definible dándoles un carácter real a los mismos (ver más abajo).

Hasta aquí podríamos decir que de los sistemas de clasificación utilizados hasta la actualidad, los biólogos consideran a los rangos taxonómicos como entidades no reales ¿De qué clase de antirealismo estamos hablando? Ian Hacking dice que el nominalismo no niega que haya cosas reales que existan independientemente de la mente; sólo niega que estén intrínseca y naturalmente ordenadas de alguna manera en particular, independiente de cómo pensemos acerca de ellas (Hacking 1996). Si volvemos sobre esta afirmación y le ponemos nuestros términos en cuestión, encontraremos que su propuesta en parte es consistente con lo que surge de lo discutido hasta aquí: el nominalismo no niega que haya cosas reales –*las especies*- que existan independientemente de la mente; sólo niega que estén intrínseca y naturalmente ordenadas de alguna manera particular –*los sistemas de clasificación*-, independiente de cómo pensemos acerca de ellas –decimos ‘en parte’ porque previamente hemos visto que sí existen relaciones naturales-. En efecto, “el nominalismo [es una tesis] acerca de la clasificación. Dice que sólo nuestras maneras de pensar nos hacen distinguir pasto de paja, carne de follaje. El mundo no tiene por qué clasificarse de esa manera; no viene empaquetado en ‘clases naturales’. En contraste, el realista aristotélico (el antinominalista) dice que el mundo sólo viene en ciertas clases. Es el modo de la naturaleza, no del hombre” (Hacking 1996, p. 132). Entonces, en la actualidad los biólogos son nominalistas respecto de los rangos taxonómicos independientemente de que a las especies en particular las consideren entidades reales.

Las escuelas de la Sistemática

En sistemática biológica se reconocen tres escuelas principales: fenética, filogenética o cladística y evolutiva. Se diferencian entre ellas por los criterios y fundamentos sobre los cuales se deben desarrollar los sistemas de clasificación.

La escuela fenética o taxonomía numérica (Sokal & Sneath 1963, Crisci & Lopez Armengol 1983) (fig. 4.1A), sostiene que las clasificaciones deben estar basadas en numerosos caracteres, asignando igual peso a cada uno de ellos, agrupando las unidades taxonómicas de acuerdo a determinados algoritmos matemáticos y utilizando métodos estadísticos. Como consecuencia de estos criterios, los taxones pueden ser desde monofiléticos a polifiléticos y el carácter de especie es meramente nominal (Lanteri et al. 2006).

La escuela filogenética o cladística sostiene que las clasificaciones deben reflejar la filogenia de los organismos representando las relaciones genealógicas naturales de sus taxones. Es decir, cada taxón debe estar formado por taxones que comparten un ancestro común (fig. 4.1B) (Hennig 1968). Asumen el carácter real de las especies y monofilético de los taxones (Lanteri et al 2006).

La escuela evolutiva establece también que las clasificaciones biológicas deben ser coherentes con la filogenia de los organismos pero los criterios para el reconocimiento de los taxones son las relaciones genealógicas y la cantidad de cambios evolutivos respecto de un antecesor (fig. 4.1C) (Simpson 1961, Mayr 1969). Los adherentes a esta escuela reconocen taxones monofiléticos pero también parafiléticos, es decir, no necesariamente todos los descendientes de un antecesor común serán parte del mismo taxón. También admiten el carácter real de las especies (Lanteri et al. 2006).

Hasta aquí una breve descripción de las escuelas pero, ¿cuál es la más apropiada de acuerdo a los paradigmas actuales de la sistemática biológica. A partir de lo discutido previamente acerca del carácter real o no real de los rangos taxonómicos, sumado a lo que discutiremos a continuación, trataremos de establecer una posición adecuada.

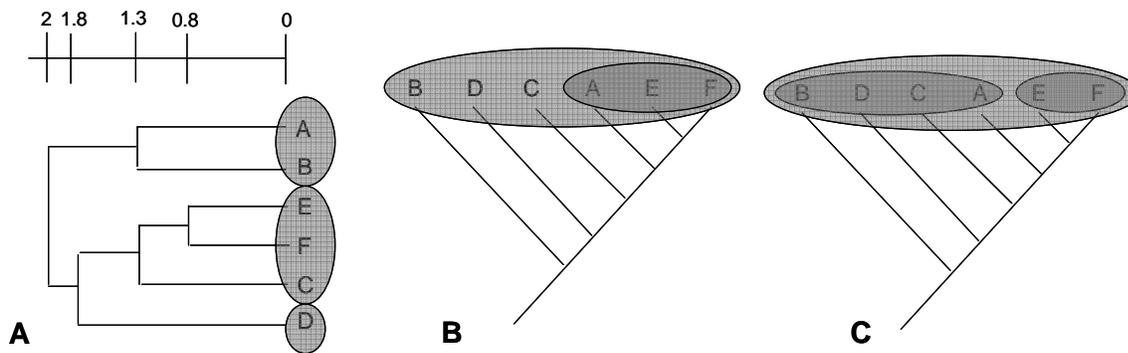


Figura 4.1. Relaciones entre taxones según distintas escuelas. A, fenética (tomado de Lanteri et al. 2006); B, cladística o filogenético, donde únicamente se reconocen taxones monofiléticos; C, evolutiva, donde se tiene en cuenta la filogenia pero se reconocen taxones parafiléticos como sería el que incluye a B, D, C y A.

La sistemática ¿debe ser independiente de la teoría?

Una de las características que tradicionalmente se ha sugerido que deben tener los sistemas de clasificación es la estabilidad, es decir, que permanezca vigente frente a los cambios que ocurren en las áreas biológicas que tiene que ver con la sistemática. Si esta premisa es tomada como un valor fundamental es difícil compatibilizarla con los cambios en los sistemas de clasificación a medida que ocurren cambios en las teorías en tanto progresa el conocimiento (Kuhn 1971). Este asunto no es menor y es objeto de debate entre los filósofos de la Biología y los sistemáticos (Hull 2001).

Quienes sustentan la posición de que la sistemática debe estar libre de la teoría, sostienen que las clasificaciones deben estar basadas en numerosos caracteres, asignando igual peso a cada uno de ellos, agrupando las unidades taxonómicas de acuerdo a determinados algoritmos matemáticos y utilizando métodos estadísticos, como es el caso de la fenética. De esta manera las clasificaciones son objetivas basadas estrictamente en datos numéricos que surgen de los caracteres de los organismos (Sokal & Sneath 1973, Crisci & Lopez Armengol 1983). Para los fenetistas, los sistemáticos deberían tener por objeto fundamentalmente los organismos y sus características. No tiene importancia aquí la identidad y el peso de los caracteres ni conceptos tales como homología para definir las clasificaciones biológicas; las teorías científicas juegan un papel secundario en las mismas. Esto contrasta con la visión de la ciencia en general (Chalmers 1996) y en particular con el reclamo de algunos científicos dedicados a la sistemática y taxonomía:

“Sistemática no es simplemente la identificación de especímenes, es la reconstrucción de la historia evolutiva; debería recuperar su relevancia no solo por sus aplicaciones prácticas (que las tiene) sino también por constituir una disciplina científica fundamental” (O’Hara et al 1988, p.276).

Es evidente que la visión de una sistemática libre de teoría contrasta con el modo de ver que prevalece entre filósofos y científicos acerca de que una clasificación como propuesta heurística. A partir de la teoría de la evolución formulada por Darwin cualquier sistema de clasificación debería reflejar el desarrollo evolutivo de los organismos (Hull 2001). En célebres palabras de Theodosius Dobhansky: “nada en Biología tiene sentido excepto a la luz de la evolución” (Dobhansky 1973). En este sentido, es difícil concebir un sistema de clasificación biológica que no tenga implícita la teoría de la evolución sobre todo considerando dos aspectos fundamentales: “Primero, que las unidades básicas de la clasificación evolutiva –las especies- deben ser cosas que evolucionan como resultado del interjuego entre mutación y selección. Así, nuestra comprensión del proceso evolutivo entra en la formulación de una clasificación desde el comienzo. Segundo, las especies deben ser agrupadas en taxones superiores sobre la base de las relaciones filogenéticas. Las relaciones filogenéticas son teorías. Por tanto, las clasificaciones basadas en la evolución están *cargadas de teoría* en dos sentidos. La teoría de la evolución como una teoría de proceso que determina las unidades básicas de clasificación, y la constitución de los taxones superiores diseñada para reflejar las relaciones filogenéticas inferidas. Las relaciones filogenéticas no son parte de la teoría de la evolución sino un producto del proceso de la evolución” (Hull 2001, p. 222).

Por lo expuesto, podemos decir que la taxonomía numérica o fenética no es consistente con el núcleo duro de la Biología como ciencia –la teoría de la evolución- ni con sus principios fundamentales (ej. procesos biológicos de determinan la interacción genotipo-ambiente-fenotipo).

La sistemática y la jerarquía taxonómica

La cladística es la escuela con mayor aceptación en la actualidad en relación a los esquemas de clasificación que producen, aunque existen propuestas sistemáticas actuales siguen utilizando agrupamientos parafiléticos, propio de la escuela evolutiva, para definir taxones de diversos rangos (ej. Adl et al. 2007). Es de notar que ambas establecen

estrecha relación con la teoría de la evolución y por lo tanto, proponen sistemas que representan hipótesis sobre las relaciones genealógicas naturales de sus taxones. Quizá la principal diferencia conceptual y técnica que existe entre ellas es que la cladística no acepta taxones parafiléticos mientras que la evolutiva sí lo hace. En esta parte discutiremos este aspecto y la relación de estas escuelas con el tradicional sistema de clasificación basado rangos taxonómicos jerárquicos.

Detrás de la diferencia mencionada hay aspectos fundamentales que conviene abordar aquí para entender qué subyace detrás de la aceptación o no de taxones parafiléticos. Hemos discutido previamente que los rangos taxonómicos no son clases naturales sino artificiales. Esto quiere decir que un sistema de clasificación no necesariamente debe ceñirse a un posible criterio de clases naturales aunque sí debe ser compatible con una teoría. El sistema que propone la escuela cladística actual se centra en la filogenia de los organismos (De Queiroz 2007, Cantino & De Queiroz 2007). Provee tres criterios básicos para establecer clados: basados en un nudo donde se produce una divergencia de linajes, basado en una rama y basado en una apomorfía (fig. 4.2).

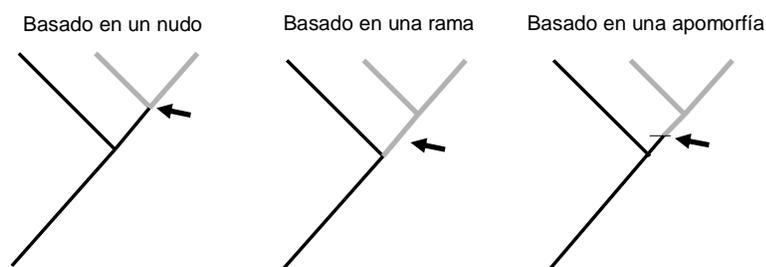


Figura 4.2. Criterios para establecer clados según un sistema basado en la filogenia.

De esta manera busca asemejar los taxones a clases –clados- que reflejan un orden natural. El sistema filogenético es independiente del rango taxonómico por ello una de las principales ventajas de la nomenclatura filogenética es que “elimina una de las mayores fuentes de inestabilidad de los códigos basados en rangos, es decir cambios en el nombre de los clados debido a cambios en el rango que ocupan. Además, por estar definidos a partir de una apomorfía, nudo o rama algunos les asignan carácter real a los mismos (ver discusión más arriba). También se facilita el nombramiento de nuevos clados a medida que van siendo descubiertos. Bajo los códigos basados en rangos, es frecuentemente difícil nombrar clados de uno por vez, en forma similar a lo que ocurre cuando se da nombre a nuevas especies,

debido a que el nombre de un taxón es afectado por el rango que ocupa, que a su vez depende de los rangos de los taxones más o menos inclusivos... ..causando así cambios en cascada” (Cantino & de Queiroz 2007). No obstante, la existencia de rangos taxonómicos o clases tiene la ventaja de postular grupos que intentan ser comparables entre sí teniendo en cuenta varios aspectos que van más allá de las apomorfías, como por ejemplo la cantidad de cambios evolutivos acumulados. En el sistema filogenético, en cambio, no se tienen en cuenta la relación entre divergencia (de dos ramas), cambios evolutivos acumulados y tiempo transcurrido. Por ej. un clado cuyo ancestro se originó en el cretácico y luego de una importante radiación adaptativa dio origen a distintas especies, es equivalente a un clado que quizá se originó en el devónico a partir de una divergencia y casi se mantiene igual desde aquella época (fig. 4.3).

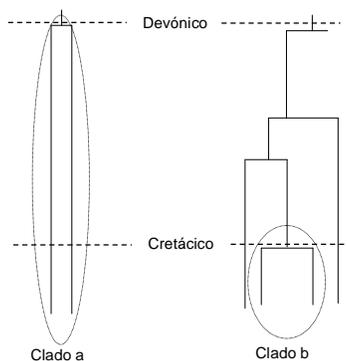


Figura 4.3. Identificación de clados basada exclusivamente en la filogenia, es decir, sin tener en cuenta los cambios evolutivos.

Este criterio no tiene en cuenta los posibles cambios evolutivos que han ocurrido en los clados. Así, una categoría taxonómica basada en la escuela evolutiva no sólo tendrá en cuenta los niveles de parentesco, es decir las relaciones con ancestros comunes sino también los cambios evolutivos que se relaciona a determinadas categorías taxonómicas. Por ejemplo, bajo el criterio filogenético, los reptiles y las aves pertenecerían al mismo clado, es decir estarían dentro de la misma unidad taxonómica. Mientras que bajo el criterio evolutivo, debido a los cambios acumulados ocurridos en las aves, éstas pertenecen a una unidad taxonómica distinta (fig. 4.4).

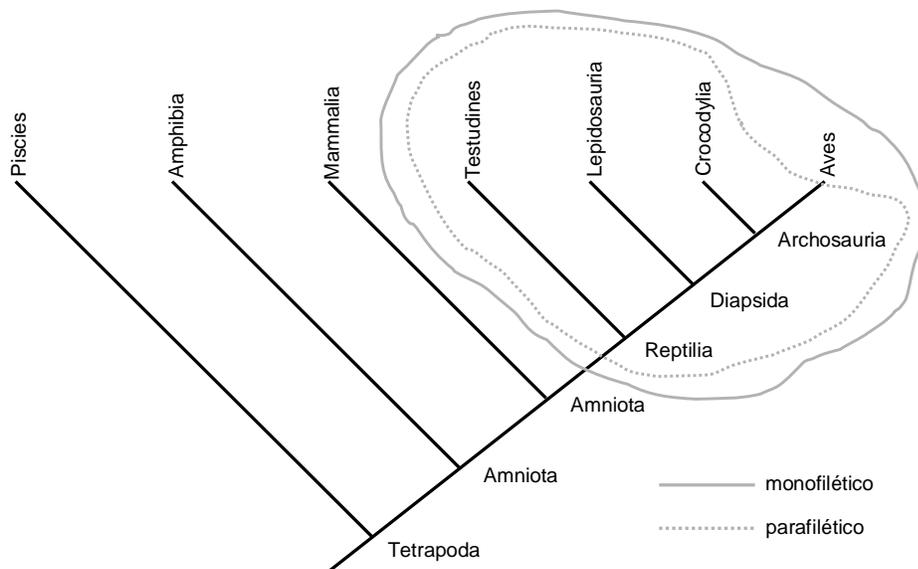


Figura 4.4. Esquema sobre relaciones de parentesco entre grupos de vertebrados distinguiendo entre taxones monofiléticos y parafiléticos.

Este criterio tiene un valor informativo más amplio ya que, una categoría taxonómica en determinado grupo nos referirá, además de relaciones de parentesco, a aspectos evolutivos y funcionales de los organismos o grupos de estos contenidos en ella. En cambio, el sistema filogenético tendría mayor poder predictivo ya que al estar definido cada clado por una apomorfía, la presencia de ésta ya predice la pertenencia al mismo. En este sentido, el criterio evolutivo es más subjetivo y menos estable. Luego de un exhaustivo análisis y discusión de las distintas escuelas descriptas más arriba, Nelson & Platnick (1981) concluyen que aquel sistema que considere grupos sinapomórficos [sinapomorfía: apomorfía compartida por dos o más grupos] será la que tendrá el mayor nivel de generalidad y carácter predictivo: “Consideradas [las sinapomorfías] como base para las predicciones, las generalizaciones conducirán a hipótesis de congruencia: esto es, que cierto grupo de especies, reconocido por ser sinapomórfico en un sentido, con mayor cantidad de estudios será evidente que es sinapomórfico en otros sentidos todavía no descubiertos” (Nelson & Platnick 1981, p. 279). Más aun, a partir de esto, desarrollan un intento de síntesis y posible conciliación entre las tres escuelas: “Habiendo explorado las clasificaciones filogenéticas, fenéticas y gradísticas [evolutivas] en relación a sus componentes, nos hacemos la pregunta obvia: ¿hay manera de resolver las diferencias? En particular, ¿pueden las diferencias ser resueltas de algún modo que sea satisfactorio

para las tres escuelas? Uno se puede preguntar si hay alguna base común que sea compartida por los proponentes de las tres persuasiones. Quizá todos los sistemáticos puedan estar de acuerdo en que se pueda predecir a partir de los componentes de sus clasificaciones un máximo número posible de caracteres desconocidos, en taxones estudiados como en no estudiados... ..Si los sistemáticos pueden acordar en esto, la pregunta original puede ser reformulada: ¿existe un concepto de carácter que pueda ser satisfactorio para las tres escuelas? Si existiese, la pregunta sobre qué tipo de clasificación es la mejor (es decir, el más exitoso en predecir caracteres desconocidos) deviene en una pregunta empírica sobre la que algún acuerdo debiera existir” (Nelson & platnick 1981, p. 301). Por supuesto, los autores se refieren a que dicho acuerdo gira en torno del reconocimiento de un concepto de carácter que, por supuesto, tiene que ver con las sinapomorfías: “Es claro, desde donde se lo mire, que los ‘mejores’ grupos, aquellos que han probado la máxima predictividad durante años, han estado explícitamente basados en caracteres generales, como los espineretes de las arañas o las glándulas mamarias de los mamíferos, que definen grupo (en el sentido de cualquier organismo que posee espineretes es una araña) que son generalmente sinapormórficos con respecto a otros organismos” (Nelson & Platnick 1981, p. 304).

Con los cambios ocurridos en los últimos 30 años en la biología, ya cada vez queda menos espacio para los cambios anagenéticos como elementos importantes para establecer criterios de clasificación. Es decir, la sistemática tiende cada vez más a recurrir a relaciones entre secuencias génicas como sustrato de las clasificaciones biológicas. A partir de esto, podemos decir que tenemos una mejor aproximación a lo que constituyen relaciones naturales entre grupos, se consolidan los sistemas de clasificación basados en éstas (i.e. filogenético) y cada vez se hace más difícil establecer clases o rangos taxonómicos que sean generalizables a toda la diversidad biológica.

Finalmente, un aspecto importante a tener en cuenta es que en los últimos años se ha incrementado la evidencia relacionada a la importancia de la transferencia horizontal de genes o de organelas a lo largo de la evolución (Keeling & Palmer 2008). Esto es, que en el curso de la evolución muchos linajes poseen genes de otros linajes muy poco emparentados con ellos debido, por ejemplo, a la transferencia mediada por plásmidos o procesos endosimbióticos entre organismos eucariotas y procariotas unicelulares que luego han integrado partes de sus genomas. En muchos casos, el genoma nuclear es un

mosaico de genes con distinta historia evolutiva. Esto hace que muchas veces la reconstrucción de esquemas de parentesco se asemeje más bien a un esquema reticulado y no uno basado exclusivamente en ramificaciones (Doolittle & Baptiste 2007, Lane & Archibald 2008). Así, en muchos casos un esquema basado exclusivamente en la filogenia de los organismos tiene más de un árbol posible y puede no haber criterio para establecer cuál es el más adecuado. También es posible que las relaciones genealógicas de los organismos en muchos casos no puedan ser adecuadamente representadas por un árbol sino más bien una estructura reticulada. En estos casos, los sistemas pensados en forma de árboles no representarían adecuadamente la situación filogenético-evolutiva (Doolittle & Baptiste 2007); Estos últimos aspectos afectarían a cualquiera de los dos sistemas sólo que el sistema evolutivo admite una adecuación *a posteriori*, mientras que un sistema filogenético necesariamente implica la representación de la estructura de un árbol lo que implicaría una limitación importante en determinados casos. Es importante poner en relieve que dicha adecuación *a posteriori* es una característica regresiva no deseable para una teoría científica ya que implica carencia de generalidad y de predictibilidad (ver por ej. Lakatos 1983)

Taxonomía y sistemática: situación actual

El conocimiento científico es provisorio; la sistemática y la taxonomía no son ajenas a esta característica general. Sin dudas, el advenimiento de las técnicas moleculares a finales de los 70' ha promovido cambios paradigmáticos en ellas.

Basado en características estructurales y el modo de nutrición, Robert Whittaker publicó un clásico artículo donde postulaba la existencia de cinco reinos: Planta, Animal, Fungi, Protista y Monera, siendo este último el reino de las bacterias u organismos procariotas (Whittaker 1969). Esta visión de organización natural de los seres vivos predominó durante décadas y sigue persistiendo en algunos libros de texto actuales. Sin embargo, desde la década del 80' en adelante comenzaron a realizarse estudios sobre relaciones de parentesco entre grupos de organismos biológicos que promovieron un a mirada distinta sobre la organización de la vida. Aunque ya había sido previamente sugerido (Woese & Fox 1977), en 1990 Karl Woese y colaboradores, basados en secuencias de ARN ribosomal, propusieron formalmente que los organismos biológicos se dividen primariamente en tres dominios, Eubacteria y Archaea (procariotas) y Eukarya

(eucariotas) (Woese et al. 1990). Es decir, quienes antes formaban parte del Reino Monera ahora pertenecen a dos Dominios separados. La categoría ‘Dominio’ es superior –o más abarcativa– que la de ‘Reino’ por lo tanto ésta última ha quedado algo desdibujada. No obstante, hay autores que han sugerido que la sistemática no debería ponderar tal criterio y sí reconocer que los procariotas –Eubacteria y Archaea– constituyen un Reino ya que las características estructurales y metabólicas de ambos grupos son similares (Cavalier-Smith 1998). Este criterio resulta incompatible con la filogenia biológica actualmente aceptada.

¿Qué ocurre con los Eucariotas?

Los criterios de delimitación y el número de Reinos contenidos en el Dominio Eukarya es un problema que aun no ha sido resuelto; es decir, no existe hoy en día una propuesta sistemática a este nivel que haya sido ampliamente concensuada y aceptada por la comunidad científica (Wegener Parfrey et al. 2006). Cavalier-Smith (1998, 2004) propuso cinco Reinos dentro de Eukarya: Protozoa, Animalia, Fungi, Plantae y Chromista. Sin embargo, esta propuesta incluye también el reconocimiento o aceptación de grupos sobre los que existe importante evidencia de que son polifiléticos como Protozoa (Lane & Archibald 2008).

En la actualidad, se reconocen seis ‘supergrupos’ (Wegener Parfrey et al. 2006, Lane & Archibald 2008) sin que esto implique categorías o rangos taxonómicos formales. Tales supergrupos son: Amebozoa (ej. amebas, mohos gelatinosos), Opisthokonta (ej. animales, hongos), Archaeplastida (ej. algas rojas, algas verdes, glaucófitas, plantas), Chromalveolata (ej. haptófitas, criptófitas, ciliados, diatomeas, algas pardas, dinófitas), Rhizaria (ej. radiolarios, foraminíferos, clorarciniófitas) y Excavata (ej. diplomonas, euglenas, parabasálidos) (Fig. 4.5).

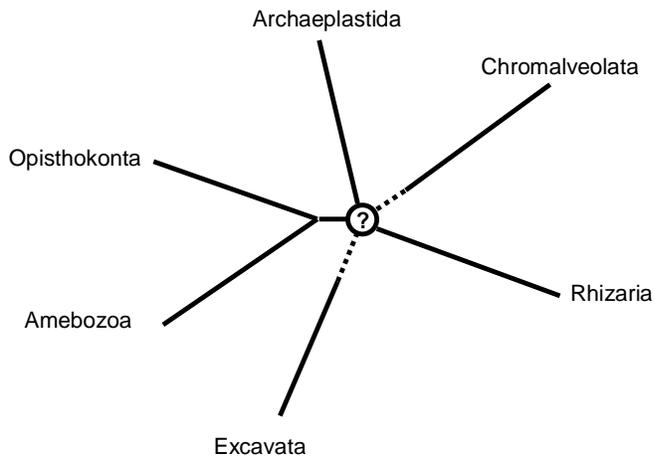


Figura 4.5. Esquema de los hipotéticos seis supergrupos que constituyen el Dominio Eukarya (*sensu* Lane & Archibald 2008)

Hay algunos autores que incluyen a Amebozoa y Opisthokonta dentro de un mismo grupo bajo el nombre de Unikonta (Keeling et al. 2005). La figura muestra además que todavía no hay certeza sobre la monofilia de todos los grupos (línea punteada). Es importante destacar aquí el carácter provisorio de estos ordenamientos ya que no sólo hay grupos sobre los que no se puede establecer monofilia en ellos, sino también que algunos están muy submuestreados, es decir que se han estudiado unos pocos organismos dentro de ellos. Sobre lo que sí hay un amplio consenso actual, es que los Protistas no constituyen un grupo natural en términos evolutivos o de relaciones de parentesco. Todo lo contrario, son un grupo polifilético cuyos organismos integrantes pertenecen a cinco de los seis supergrupos reconocidos. Es por ello que en la actualidad su rango taxonómico posee escaso valor heurístico desde el punto de vista evolutivo o filogenético.

A medida que avanzamos sobre niveles mayores dentro de cada uno de estos grupos el panorama es algo distinto. La monofilia de algunos de ellos, esto es, la alta probabilidad de que los miembros del grupo compartan un ancestro común, está apoyada por buena evidencia, como es el caso de los animales, hongos y plantas. Por ejemplo, en el caso de los hongos, se ha postulado una formalización sistemática de los mismos basada en un conjunto de criterios taxonómicos (Biología molecular, caracteres morfológico y funcionales, etc.) (Hibbett et al 2007). Sin embargo, dentro de cada uno de

ellos, no siempre existe una buena resolución sobre patrones de monofilia y relaciones de parentesco, por lo tanto, muchas ramas de los árboles aun quedan por resolver (Keeling et al. 2009). Por esta razón, la estabilidad y el respaldo de los esquemas de clasificación de los eucariotas varían entre grupos y entre niveles de clasificación; así, “nuestra evaluación de la estabilidad de la taxonomía de los supergrupos revela escenarios rápidamente cambiantes. La inestabilidad en los niveles más altos de clasificación de los eucariotas refleja la diversidad de aproximaciones filosóficas, el estado exploratorio de la taxonomía de los eucariotas y la prematura nominación de los taxones. Numerosos investigadores buscan esquemas basados en grupos monofiléticos de manera tal que la taxonomía refleje relaciones filogenéticas. Otros en cambio, emplean una filosofía taxonómica donde las relaciones filogenéticas y la monofilia son sólo un criterio dentro de un conjunto de características” (Wegener Parfrey et al. 2006, p. 2069).

¿Y la nomenclatura?

En esto de establecer sistemas de clasificación, los científicos han tenido que elaborar reglamentos donde se establecen las normas y reglas a seguir para dar nombre y validez a las distintas categorías taxonómicas. La nomenclatura tiene tanto que ver con la taxonomía como con la sistemática. Tradicionalmente han existido dos códigos: El Código Internacional de Nomenclatura Botánica y la Comisión Internacional de Nomenclatura Zoológica (ICBN y ICZN por sus siglas en inglés, respectivamente). Por razones históricas, el código de botánica ha establecido las reglas nomenclaturales para los organismos pluri- y unicelulares fotosintetizadores (ej. plantas y algas) y hongos o fungi. El código de zoología lo hizo para el resto de los eucariotas, es decir organismos pluri- o unicelulares. Estos códigos legislan la manera de aplicar los nombres taxonómicos y difieren entre ellos en algunos aspectos. Por ejemplo, el de botánica establece como condición que una especie nueva debe poseer una descripción en latín mientras que el de zoología no; además los requerimientos para establecer lo que es un espécimen tipo o de referencia –holotipo- son distintos. Otro ejemplo es que, para la categoría siguiente al rango taxonómico reino, el código de botánica utiliza ‘División’ mientras que el de zoología utiliza ‘Filum’ (ver Lanteri & Cigliano 2006). Estas diferencias en sí mismas pueden representar alguna dificultad en la comunicación entre los científicos. Sin embargo, existe un problema que es mucho más grave aun y atañe

fundamentalmente a quienes estudian organismos tradicionalmente agrupados en ‘protistas’. Lo que ocurre es que, de acuerdo a los modernos esquemas de parentesco, organismos que están relativamente emparentados entre ellos o que pertenecen al mismo supergrupo pueden estar regidos por códigos nomenclaturales distintos. Como resultado, los científicos han debido recurrir arbitrariamente a uno de los dos códigos o eventualmente usar nombres informales sin especificar autoridad o definición, lo que indudablemente conduce a generar una importante ambigüedad y confusión (Adl et al. 2007). Otro de los problemas es que las descripciones tradicionalmente basadas en microscopía y holotipos depositados en instituciones como preparados fijados o fotografías se refieren más bien a morfotipos pero fracasan en hacer referencia a especies. Además, se suma el problema de que los sistemas de clasificación jerárquicos en los que basan tales códigos, hacen que los rangos taxonómicos sean inestables. Esto es porque las modificaciones producidas en rangos superiores a la luz de la integración la información basada en la biología molecular, generan cascadas de modificaciones en los rangos inferiores, aspecto que fue discutido previamente.

Debido a inconvenientes como los mencionados, hay esfuerzos que han tratado de encontrar reglas nomenclaturales basadas en sistemas de clasificación que impliquen una mayor estabilidad de los taxones como el Phylocode, basado exclusivamente en la filogenia (Cantino & De Queiroz 2007). No obstante, previamente hemos puesto en relieve algunas limitaciones que tiene este sistema de clasificación por un lado, y por otro, si bien ya hay especies descritas bajo sus reglas, aun no ha sido formalmente implementado. No obstante, es necesario destacar que recientemente se publicó una propuesta formal de clasificación de “Protistas” por numerosos y reconocidos expertos de diversas nacionalidades donde se prescinde de los rangos taxonómicos utilizados tradicionalmente (Adl et al. 2007). Esto quizá implique un primer paso hacia sistemas de clasificación que comiencen a tener en cuenta clados monofiléticos exclusivamente.

Síntesis y conclusiones

El objetivo de este capítulo fue abordar algunos aspectos filosóficos y biológicos de la taxonomía y sistemática de los organismos eucariotas tratando de establecer donde se encuentran estas áreas disciplinares en la actualidad.

Los sistemas de clasificación y sus rangos taxonómicos son entidades artificiales construidas para ordenar con algún criterio jerárquico la diversidad de organismos biológicos, facilitar la comunicación y el intercambio de información entre investigadores y público en general. Es importante destacar aquí que, si bien los sistemas de clasificación son entidades artificiales, las relaciones de parentesco sobre las que intentan hacer representaciones, existen realmente en la naturaleza. Estos sistemas deben ser estables, en lo posible deben representar relaciones filogenéticas de los organismos y ser coherentes con la teoría de evolución. Con el advenimiento de las herramientas moleculares, los científicos han tenido la posibilidad de analizar y, en muchos casos, modificar las relaciones de parentesco entre algunos grupos, especialmente entre los organismos unicelulares y animales invertebrados. Estos cambios han venido acompañados también de nuevas incertidumbres. En la actualidad hay esfuerzos orientados en la búsqueda de sistemas de clasificación que impliquen mayor estabilidad de los taxones y que tengan mayor generalidad. Si este primer objetivo pudiese ser alcanzado y consensuado entre los sistemáticos de los diferentes grandes grupos de organismos biológicos, un segundo paso importante sería la posibilidad de contar con un solo código nomenclatural unificado, en vez de diferentes códigos de acuerdo a los distintos organismos estudiados. No obstante, las propuestas no están exentas de críticas o limitaciones.

Las categorías taxonómicas y los aspectos nomenclaturales del sistema jerárquico publicado por Linné, aunque han sido modificados varias veces, en lo esencial han permanecido vigentes por más de 250 años. Sin embargo, no está exento de implicar inestabilidad de los taxones. Por esta razón ha sido motivo de críticas (ej. Cantino 2004) aunque en algunos casos éstas han sido relativizadas (Barkley et al. 2004). En definitiva, en lo que respecta a la sistemática y la taxonomía, estamos transitando una época de importantes cambios, casi diríamos paradigmáticos; el establecimiento de un sistema de clasificación y reglas nomenclaturales consensuados, ya sea uno nuevo o manteniendo el tradicional, deberá involucrar discusiones que sopesen las ventajas y desventajas de uno y otro. Además se deberá tener en cuenta lo que implicará el traspaso de los organismos de un sistema a otro con los cambios nomenclaturales que ello trae aparejado y sus implicancias sobre toda la información y colecciones biológicas existentes. Si hay algo de lo que podemos estar seguros, es que hasta tanto no se disponga de mayor información acerca de numerosos grupos todavía escasamente estudiados, será poco posible establecer

un sistema de clasificación de los eucariotas sólido, estable y coherente con la teoría evolutiva.

Similar a lo que ocurre con el concepto de especie y de acuerdo a lo discutido hasta aquí, resulta evidente que la sistemática es una disciplina muy dinámica que actualmente transita una época de grandes cambios. En la actualidad no hay consenso entre los científicos y los filósofos por lo tanto las discusiones persistirán. Si hay algo que es muy claro es que seguirán ocurriendo cambios acorde progresa el conocimiento disciplinar y no hay sistemas establecidos y consensuados. Por lo tanto, se sostiene aquí que la enseñanza de la diversidad en la Universidad, no puede soslayar tales aspectos propios de la disciplina ni las discusiones que ellos implican.

Capítulo 5: Análisis de las guías de Trabajos Prácticos de las asignaturas ‘Diversidad’

“Los estudiantes, de todos los niveles, deben ser motivados para valorar la biodiversidad, entender y apreciar el papel que tiene la sistemática biológica en preservar esta diversidad. Se les debe enseñar que la sistemática es más que la recolecta de ejemplares y el darles un nombre, que incluye métodos de investigación y razonamiento además de ser un medio de comunicación de la información y un sistema completo de retroalimentación informativa” (Crisci, McInerney & McWethy 1993).

Introducción

En la introducción de esta tesis y en el capítulo 2 se puso en relieve la importancia de la coherencia entre los currículos en ciencias y fundamentos epistemológicos de las disciplinas científicas (Pozo & Monereo 1999, Campanario & Moya 1999, Quintanilla Gatica 2000, González del Solar & Marone 2001, Gallego Torres & Gallego Badillo 2007). Además, los procesos de enseñanza-aprendizaje de las ciencias deberían tener una relación directa, por no decir íntima, con la práctica científica (Hodson 1992, 1996, Tanner et al. 2003, Handelsman et al. 2004, Musante 2005, Iyenegar et al. 2008). En este sentido, las guías de trabajos prácticos constituyen un objeto de estudio ideal para analizar tales aspectos ya que los Trabajos prácticos constituyen instancias obligatorias para los alumnos, la experiencia adquiere un papel fundamental e inexorablemente se pueden observar los contenidos procedimentales (Séré 2002). Más aun, es en ellas donde aparecen explícitamente documentados los modelos de ciencia y de enseñanza-aprendizaje de los cuerpos docentes que las elaboran.

Ya hemos señalado en el capítulo 1 que la separación que puede haber entre la epistemología y praxis científica de una determinada disciplina y su enseñanza en el aula universitaria puede generar importantes problemas en la formación de los estudiantes.

Tanto en la base epistemológica de las ciencias como en la praxis científica, hay un gran conjunto de procedimientos y valores que son propios de las ciencias y que distinguen al conocimiento científico de otros saberes. Consideramos que estos deberían estar reflejados en los contenidos procedimentales y actitudinales de una asignatura universitaria. Luego de lo expuesto en los capítulos 3 y 4, podemos observar que conceptos esenciales, no solo en la sistemática y la taxonomía sino en la biología, como con el concepto de especie y las relaciones de parentesco entre los organismos biológicos, no tienen solución sencilla y por lo tanto no están exentos de debates que exceden el campo teórico-empírico y entran en el terreno filosófico. Consideramos también que estos aspectos esenciales de la disciplina no pueden estar ausentes de los contenidos conceptuales y su tratamiento en las aulas debería implicar contenidos procedimentales y actitudinales que tengan estrecha relación con la praxis y los valores de la ciencia.

A partir del análisis realizado en el capítulo 4, queda claro que cuando abordamos la diversidad de organismos que habitan nuestro planeta a escala de grandes grupos –o de jerarquías taxonómicas superiores- teniendo en cuenta las relaciones filogenéticas y evolutivas que existen entre ellos, la tarea de clasificar dista de ser sencilla ya que tales relaciones constituyen un entramado complejo sin límites discretos. Sumado a esto, el progreso del conocimiento sobre estos aspectos, ha ido mostrando cambios paradigmáticos, no sólo a partir de la teoría de la evolución darwiniana sino también a partir de la segunda mitad del siglo XX con la incorporación del análisis de los ácidos nucleicos para establecer relaciones de parentesco entre los organismos. En la actualidad, los conocimientos relacionados a la diversidad biológica son muy vastos, por lo tanto, en carreras relacionadas con la Biología el abordaje de la diversidad biológica se realiza en asignaturas distintas. Por las razones mencionadas más arriba, la asignación de contenidos conceptuales sobre la diversidad biológica a distintas asignaturas, es decir, el establecimiento de las porciones de conocimientos que corresponde a cada una de ellas, no parece ser tarea sencilla. Sobre todo, teniendo en cuenta que en el universo natural “las fronteras del mapa no existen en el territorio, sino sobre el territorio, con alambres de púa y aduaneros” (Morin 1997, p. 62). Respecto de lo que nos convoca específicamente aquí, la diversidad biológica es una sola y el hombre es quien la compartimenta, tanto en términos de división en grupos o porciones, como en términos de la escala de abordaje. Esta compartimentalización de la complejidad, en sí misma, significa un desafío para la

estructura cognitiva de los estudiantes por lo tanto debería haber una articulación estrecha entre los contenidos de los trabajos prácticos de las distintas asignaturas. Frente a esto, sería un problema la posibilidad de que los docentes encargados de abordar cada porción de diversidad posean distintas concepciones biológicas, epistemológicas y pedagógicas, tal como se vio en capítulos anteriores.

Por otro lado, las investigaciones relacionadas a la efectividad de los trabajos prácticos indican que “resultan poco alentadores los resultados sobre la naturaleza de la investigación científica, porque frecuentemente los trabajos prácticos de laboratorio dan una visión distorsionada de la metodología de las ciencias” (Àlvarez & Carlino 2004, p. 251).

Tomando como base los aspectos abordados en los capítulos anteriores acerca de las concepciones de los biólogos respecto de las ciencias biológicas en general y sobre concepto de especie y la sistemática y taxonomía en particular, más los aspectos epistemológicos y pedagógico-didácticos de la enseñanza de la Biología, en el presente capítulo se analizará específicamente las guías de trabajos prácticos de las asignaturas Diversidad Vegetal I, Animal I, Vegetal II y Animal II correspondientes al año lectivo 2008. El análisis tratará de centrarse en los fundamentos biológicos, epistemológicos y pedagógico-didácticos que subyacen en las guías de trabajos prácticos y sobre el nivel de articulación que existe entre las distintas asignaturas.

Para ello se tuvieron en cuenta las propuestas de análisis curriculares desarrolladas en Tamir & García Rovira (1992) donde se establece el examen de niveles de indagación y dimensiones para analizar los trabajos prácticos que “permiten determinar las posibilidades de aprendizaje ofrecidas por un currículo específico”. Además se consideró la propuesta de Zabala Vidiella (2000) que se orienta a examinar la relación entre los objetivos y los contenidos propuestos. Estos aspectos serán interpretados a la luz de las posiciones epistemológicas y pedagógicas fundamentadas en el presente capítulo y los previos.

Materiales y métodos

A partir del análisis (revisión, descripción e interpretación) de los fundamentos didácticos y epistemológicos se establecieron criterios y categorías de análisis de las guías de T.P. para examinar las relaciones (similitudes y diferencias) que existen entre ellos.

Dichos criterios y categorías tienen en cuenta ciertas dimensiones de análisis epistemológico de la sistemática biológica que se encuentran implícita o explícitamente estipulados en las guías y comprenden aspectos tales como las que se ejemplifican a continuación:

- Concepción de ciencia y de conocimiento científico que subyace en las guías de T.P.
- Concepto de especie que se presenta en las guías
- Fundamentos en que se basa la sistemática para establecer las relaciones entre los taxones y grupos de taxones
- Práctica científica en sistemática biológica y actividades planteadas en las guías de trabajos prácticos de las asignaturas

Por otro lado, se analizaron las actividades propuestas para los trabajos prácticos y se establecen las relaciones que existen entre éstas y la práctica científica disciplinar. Se tomó como base la propuesta de Tamir & Rovira (1992) pero se incluyeron las modificaciones necesarias propias de la disciplina y del nivel educativo. De manera resumida lo que se tomó de dicha propuesta fueron ciertos puntos de vistas para analizar las guías de actividades de laboratorio como por ej. nivel de indagación en el trabajo práctico de laboratorio, habilidades desarrolladas en las actividades de laboratorio y ciertas dimensiones para evaluar el trabajo práctico. Con respecto a este último punto, las dimensiones de análisis y principales preguntas que orientaron el análisis son:

- Contexto gnoseológico y objeto de estudio
- Marco teórico y su relación con las actividades prácticas
- Contenidos procedimentales y actitudinales que se desarrollan a través de las actividades de T.P.
- Metodología de estudio

Para sintetizar toda esta información se elaboró un cuadro sinóptico (Tabla 5.1) donde se incluyen explícitamente:

- Grupos biológicos involucrados en la asignatura
- Formato de la Guía
- Contenidos conceptuales
- Modalidades de las actividades prácticas
- Habilidades que se ejercitan

Además se tuvieron en cuenta las “pautas para el análisis y la selección de los materiales curriculares” propuestas por Zabala Vidiella (2000) y se elaboró un instrumento de análisis para las guías de las cuatro asignaturas que consistió en la elaboración de una matriz (apéndice 5.1) que incluye el conjunto de objetivos y actividades explicitados en ellas y que son utilizados aquí como indicadores de los contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales que se desarrollan en los T.P. A cada uno de ellos, se le asignó una valoración cuantitativa (i.e., un número que va de 0 a 5, donde el menor indica un desarrollo nulo y el mayor un desarrollo máximo) para cada una de las asignaturas. Por ejemplo, si la valoración de un contenido es 5, esto significa que a partir de examinar los objetivos y actividades de la guías se desprende que dicho contenido tiene un desarrollo muy importante en los T.P. Los otros valores (1, 2, 3 y 4) se asignan en función de tomar como referencia a 0 y 5 que son los extremos. Por cierto, este tipo de valoración no deja de tener cierto componente subjetivo, algo muy frecuente en este tipo de análisis y muy difícil de evitar. Por esta razón, resulta difícil establecer extrapolaciones directas con otras situaciones a partir de dicha escala. Sin embargo, la valoración de los contenidos sí es útil en términos de comparación de las guías dentro de este estudio. Por lo tanto, sí es posible establecer comparaciones en términos relativos entre distintas situaciones que utilicen esta aproximación metodológica y ello es lo que permite su extrapolación y utilidad de uso en otras situaciones como la posibilidad de comparar resultados y conclusiones.

En relación a los contenidos actitudinales, resulta difícil tener una valoración muy precisa de los mismos porque en ocasiones estos pueden no estar explicitados en la guías pero pueden ser desarrollados en el curso de los T.P. Aquí, se examinaron 3 contenidos actitudinales (apéndice 5.1) y la valoración se dio en función de si estos estaban incluidos como objetivos de los T.P. o si se observa alguna actividad que los implique explícitamente.

Una vez construida la matriz se realizó un análisis multivariado de conglomerados y un análisis de componentes principales. De modo general, podemos decir que estos análisis son utilizados para describir y analizar observaciones multidimensionales obtenidas a partir de examinar información sobre los diversos contenidos presentes en las guías de cada una de las asignaturas: “El agrupamiento de objetos multivariados es frecuentemente utilizado como método exploratorio de datos con la finalidad de obtener

mayor conocimiento sobre la estructura de las observaciones y/o variables en estudio. Si bien es cierto que el proceso de agrupamiento conlleva inicialmente una pérdida de información ya que se sitúan en una misma clase unidades que no son idénticas (solo semejantes), la síntesis de la información disponible sobre las unidades consideradas puede facilitar considerablemente la visualización de relaciones multivariadas de naturaleza compleja” (Di Rienzo et al . 2008). En particular, el objetivo del análisis de conglomerados es analizar cuales asignaturas son más similares entre sí respecto de las otras en cuanto a los contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales que promueven las guías. Por su parte, el análisis multivariado de componentes principales permite analizar la interdependencia de variables métricas y encontrar una representación gráfica óptima de la variabilidad de los datos. Este análisis trata de encontrar con pérdida mínima de información, un nuevo conjunto de variables (componentes principales) no correlacionadas que explique la estructura de variación (Di Rienzo et al. 2008). Aquí se realizó para ordenar las asignaturas en un espacio de múltiples dimensiones y observar cuál –y cuál no- es el conjunto de contenidos que principalmente distinguen a una de otras y poder contrastar similitudes y diferencias entre ellas en cuanto al modelo de enseñanza. La utilización de estas herramientas se relaciona con el alcance de algunos de los objetivos más importantes de esta tesis como los son caracterizar el modelo de enseñanza y evaluar la articulación curricular de los T.P. de las asignaturas estudiadas en términos de modelo de enseñanza. Para este tipo de análisis también suele sugerirse el Análisis de Coordenadas Principales -para variables cuali y cuantitativas- considerando el coeficiente de Gower. Los resultados de este son muy similares a los del Análisis de componentes así que se elige este último ya que muestra mejor los resultados. Para realizar dichos análisis se utilizó el programa estadístico *Infostat* (Di Rienzo et al. 2008).

Reseña de las guías de trabajos prácticos

Diversidad Vegetal I

Esta guía tiene 86 páginas y no presenta ilustraciones (Prósperi et al. 2008). Posee una pequeña introducción a la misma, los objetivos y modalidades de los trabajos prácticos de campo y de laboratorio detallando la forma en que se recolecta y se conserva el material biológico del cual es objeto la asignatura. Presenta un capítulo sobre bibliografía y nomenclatura botánica donde se detallan diversos aspectos relacionados a

la sistemática, taxonomía y cuestiones nomenclaturales botánicas. Luego, entra de lleno en los grandes grupos biológicos que aborda la asignatura: Divisiones Cyanophyta, Myxomycota, Euglenophyta, Pyrrophyta, Chrysophyta, Phaeophyta y Rhodophyta; Phyla: Oomycota, Glomeromycota, Zygomycota, Ascomycota y Basidiomycota; estos grupos han sido tradicionalmente tratados como algas u hongos según el caso. En cada grupo se presenta una bibliografía básica, más otras referencias como lectura recomendada, características generales del mismo, una clave dicotómica para la identificación del material de estudio hasta género y una lista de los nombres genéricos y ubicación sistemática de los materiales a estudiar. Además se anexa un glosario de términos usados en la guía. Finalmente, se incluye un programa sintético, uno analítico y un programa combinado para los exámenes finales. De acuerdo a los objetivos planteados para los T.P. y teniendo en cuenta las características de la guía, subyace que las actividades de los T.P. se centran en la observación del material, la identificación de sus estructuras morfológicas y la identificación mediante las claves dicotómicas. No se observa que se desarrollen otros contenidos procedimentales y actitudinales más allá de los relacionados a la observación del material e identificación de los mismos.

Diversidad Animal I

En este caso la guía posee 123 páginas y se incluyen alrededor de 53 ilustraciones (Acosta et al. 2008). Comienza con la nómina del cuerpo docente de la asignatura, un reglamento de promoción de los trabajos prácticos y un esquema de los diversos grupos biológicos que se abordan en la asignatura: Reino Protista - Phyla Parabasalia, Metamonada, Kinetoplastida, Choanoflagellida, Rhizopoda, Actinopoda, Apicomplexa y Ciliphora - y Reino Animalia - Phyla Porifera, Cnidaria, Platyhelminthes, Nematoda, Namatomorpha, Annelida, Mollusca, Arthropoda y Echinodermata -. A diferencia de la guía anterior, en este caso hay un capítulo para cada T.P. En el primero se abordan nociones de nomenclatura zoológica. Este capítulo también incluye una parte dedicada a las técnicas generales de recolección y conservación de invertebrados. Al final del mismo se anexa una lista bibliográfica. En cada uno de los capítulos subsiguientes, correspondiente cada uno a un T.P. diferente, se detallan los objetivos de cada T.P., los materiales a estudiar y algunas generalidades. Luego comienzan las actividades que incluyen principalmente observación micro y macroscópica del material, para luego

completar textos incompletos, esquematizar el material señalando características morfológicas, completar cuadros sinópticos y responder preguntas. En ocasiones se presentan ilustraciones en las que hay que identificar estructuras o sobre ciclos biológicos de organismos parásitos con más de un hospedador. En tres de los doce T.P. se provee de una clave dicotómica sobre el grupo biológico aunque no se explicita ninguna actividad que indique el uso de ellas. Se observa un fuerte énfasis en lo conceptual y prácticamente es escaso el desarrollo de lo procedimental y actitudinal.

Diversidad Vegetal II

Esta guía tiene 20 páginas y dos ilustraciones (relacionadas a la preparación de herbario) (Galletto et al. 2008). Comienza con la enunciación de los objetivos generales y específicos de la materia más el programa de clases teóricas. Luego le siguen los objetivos de las clases teórico-prácticas (categoría no presente en las otras asignaturas) donde los alumnos deben realizar búsquedas en bases de datos especializadas disponibles en Internet (botánicas y bibliográficas). Esta actividad constituye un complemento de los T.P. donde a los alumnos se les solicita la elaboración de informes. A continuación se detallan los objetivos de los T.P. y las actividades de laboratorio. Provee las distintas instancias de evaluación de la asignatura. Finalmente, incluye tres cladogramas sobre las relaciones filogenéticas de los principales grupos de plantas vasculares (objeto de estudio de la materia) hasta el rango taxonómico de orden. A modo de anexo, incluye un detallado instructivo para confeccionar un herbario, incluyendo bibliografía. En esta guía no se tocan aspectos conceptuales y predomina un énfasis sobre lo procedimental y lo actitudinal se infiere a partir del planteamiento de objetivos directamente implicados en su desarrollo.

Diversidad Animal II

La guía posee 162 páginas y presenta alrededor de 150 ilustraciones (Bistoni et al. 2008). Comienza con el reglamento y objetivos de la asignatura más un breve resumen del objeto biológico de estudio de la materia, el Phylum Chordata. A continuación se plantean los objetivos generales de los T.P. y una descripción de las ecoregiones que abarcan la provincia de Córdoba. Luego se aborda cada uno de los grupos que se incluyen en los prácticos. Para cada uno de ellos se presenta una introducción que aborda

las relaciones filogenéticas y sistemáticas. Es importante destacar que desde el punto de vista de la sistemática, los rangos taxonómicos que principalmente se usan son de orden y jerarquías inferiores. Para jerarquías superiores no se utilizan rangos taxonómicos sino que se hace referencia a grupos filogenéticos (ej. Gnathostomata). Además se describen las principales características biológicas y morfológicas de cada grupo y jerarquía inferiores según el caso. Este último aspecto incluye esquemas, ilustraciones sobre las características morfológicas de los organismos, sobre todo teniendo en cuenta aquellas que tienen valor diagnóstico en la taxonomía y resultan útiles para el reconocimiento de los mismos. Finalmente, para cada grupo se incluyen claves dicotómicas para el reconocimiento de órdenes, familias y especies centradas en aquellos presentes en Córdoba. Al final se detalla la lista bibliográfica basada en las referencias utilizadas en el texto. Aquí también el énfasis está puesto en lo conceptual y el desarrollo de los contenidos procedimentales se relacionan con la observación e identificación del material. Además se explicita como objetivo la adopción de actitud crítica frente al conocimiento científico.

Análisis de las Guías de trabajos prácticos

Del análisis de los grupos biológicos que aborda cada asignatura se puede observar que la distribución es bastante heterogénea (fig. 5.1), sobretodo en Diversidad Vegetal I y Animal I; la primera abarca dos Dominios biológicos y cinco supergrupos mientras que la segunda, abarca dentro del Dominio Eukarya cuatro supergrupos. En los casos de Diversidad Vegetal y Animal II, éstas se restringen a un grupo cada una; las plantas vasculares dentro del supergrupo Archaeplastida y los animales dentro de Opisthokonta, respectivamente.

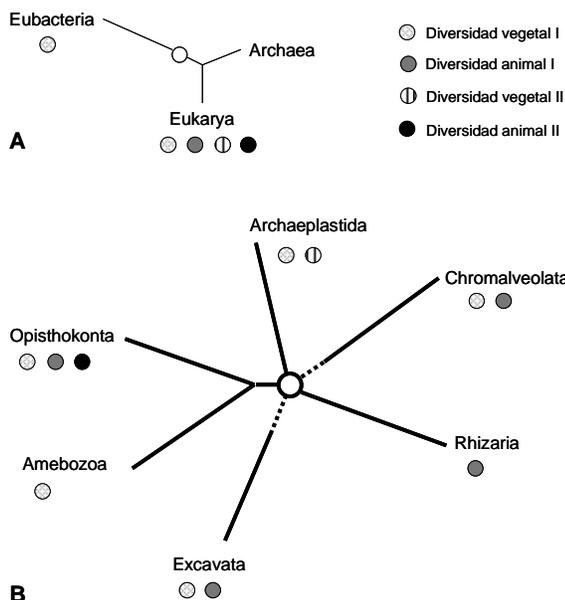


Figura 5.1. Grupos biológicos que abarcan las asignaturas Diversidad de la Carrera de Biología (Fac. Cs. Fís. y Nat. – UNC).

Considerando la reseñas de las guías y la síntesis de la tabla 5.1 se puede observar que las características del formato de las guías son muy variables entre las asignaturas. Si bien las cuatro asignaturas abordan la misma área del conocimiento biológico solo diferenciándose en el grupo de organismos de referencia, presentan una gran heterogeneidad en el tratamiento de temas centrales de las mismas. Por ejemplo, dan tratamiento distinto a contenidos tales como sistemas de clasificación, nomenclatura, concepto de especie y criterio de delimitación de éstas. Se observa que los fundamentos de la Sistemática y taxonomía son distintos lo que implica distintos sistemas de clasificación. Esto muestra la desarticulación que existe en las asignaturas, por un lado, y la dificultad de establecer para el alumno esquemas relacionados al ordenamiento de la diversidad biológica claros y generales por el otro. Lo mismo ocurre con el concepto de especie, los criterios de delimitación de las mismas y la nomenclatura.

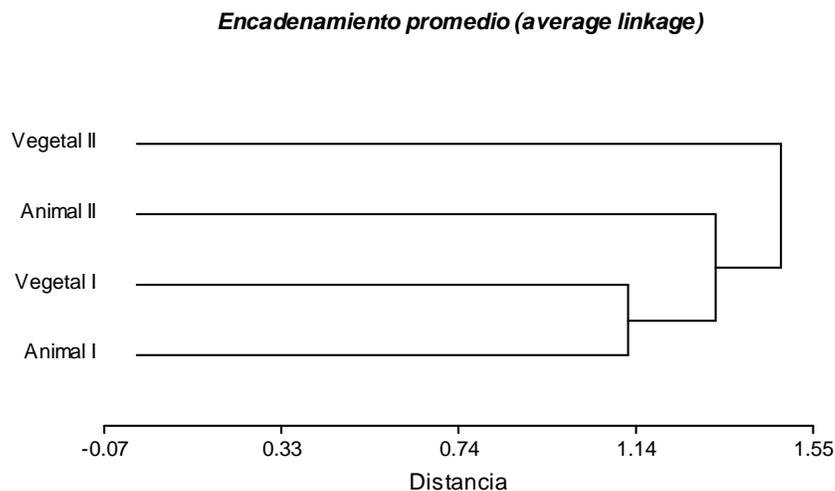


Figura 5.2. Análisis de conglomerados indicando niveles de similitud en las guías de T.P. de las asignaturas Diversidades teniendo en cuenta los contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales que éstas promueven.

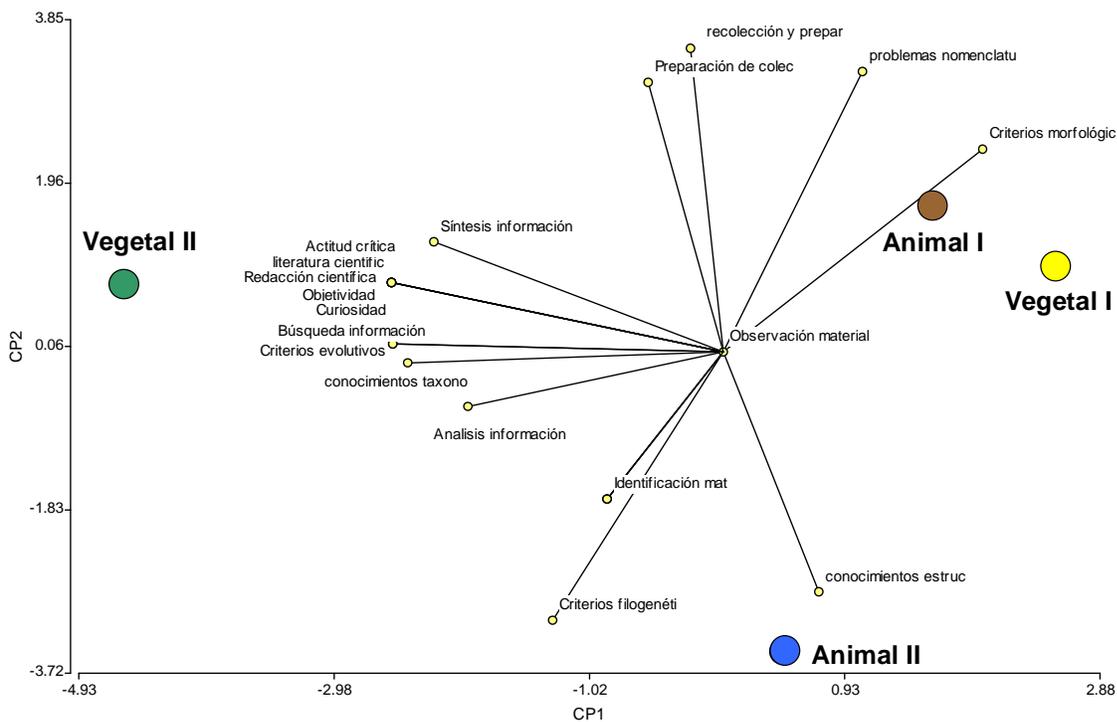


Figura 5.3. Análisis multivariado de componentes principales la ubicación de las asignaturas en un espacio de múltiples dimensiones caracterizado por las habilidades que promueven las actividades plasmadas en la Guías de T.P. Los datos originales provienen de la matriz del Apéndice 5.1.

Cuando se analizaron las guías de acuerdo a los contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales, teniendo en cuenta principalmente las habilidades que se promueven en los trabajos prácticos, se observa que las Diversidades I muestran mayor similitud entre ellas que respecto de las Diversidades II. Éstas últimas muestran muy baja similitud entre ellas y respecto de los otras dos (fig. 5.2).

Los resultados del análisis de componentes principales (fig. 5.3) muestran que con las dos primeras componentes se puede explicar el 81 % (CP1, 51 y CP2, 30) de la variación total. Similar a lo observado en el análisis de conglomerados, aquí las Diversidades I fueron las más similares entre sí en términos de su ubicación en el espacio de múltiples dimensiones caracterizado por los contenidos que promueven las actividades

prácticas. La primera componente (CP1) separa principalmente un grupo de contenidos donde Diversidad vegetal II se caracteriza por promover contenidos procedimentales, relacionados con la búsqueda, análisis, síntesis y comunicación de la información científica, contenidos actitudinales como la objetividad, la curiosidad y actitud crítica y conceptuales relacionados con los criterios evolutivos a la hora de fundamentar los sistemas de clasificación. En el otro extremo se encuentran Diversidad Vegetal I y Animal I que se caracterizan, en contraste con Vegetal II, por incluir aspectos nomenclaturales y fundar los sistemas de clasificación en criterios morfológicos. En estas asignaturas se pone mucho énfasis en conocer los nombres de numerosos grupos taxonómicos y estructuras anatómicas asociadas a los mismos. Esto implica un importante acento en la observación y memorización de contenidos conceptuales en detrimento de los procedimentales y actitudinales. Tampoco se observan actividades destinadas al análisis de los fundamentos que subyacen a aquellos contenidos conceptuales. La segunda componente separa principalmente contenidos donde Diversidad Animal II se caracteriza por ser la que más enfatiza contenidos relacionados a conocimientos sobre la estructura de los organismos y criterios filogenéticos para fundar el sistema de clasificación. En el otro extremo del eje se observan contenidos procedimentales tales como recolección y preparación de colecciones para su estudio que se relacionan más con las propuestas de Diversidad vegetal I y II y Animal I. Claramente, la observación de material es promovida en los T.P. de las cuatro asignaturas por ello se encuentra en el centro del espacio multidimensional.

Discusión

Antes que nada es conveniente aclarar aquí que este trabajo se restringió solo a lo explicitado en la guías de trabajos prácticos. El hecho de que algún contenido (conceptual, procedimental y actitudinal) no se desarrolle en la guía, de ninguna manera implica que esté ausente de la materia ya que puede ser abordado en alguna otra instancia del desarrollo de la misma (por ej. ver Galetto et al. 2009), pero ello excede los alcances de este estudio. De todos modos, es bueno señalar nuevamente que la instancia de los T.P. es la única que deben necesariamente cumplir todos los alumnos que cursan estas asignaturas.

A partir del análisis interpretativo producto de las reseñas y la tabla sinóptica más los análisis mutivariados de las guías de T.P. de las asignaturas sobre diversidad biológica, surge que el abordaje de una misma área del conocimiento biológico, como es la sistemática y taxonomía de los eucariotas, es completamente distinto en cada una de ellas. Esto es consistente con los resultados de los análisis mutivariados. Estos análisis permiten considerar el conjunto de múltiples dimensiones que caracterizan a las guías de T.P. y establecer en ese espacio multidimensional la ubicación de cada una de ellas. A partir de mismo se pueden observar qué conjunto de aspectos conceptuales, epistemológicos y pedagógicos caracterizan principalmente a cada una de ellas y analizar las similitudes y diferencias que existen. Posiblemente, parte de las diferencias observadas entre las guías se deban a que los grupos de organismos que le corresponde abordar a cada una de ellas son distintos. Sin embargo, esto no alcanza a explicar semejante disparidad por un lado, ni es coherente con la concepción de la unidad de la Biología por el otro (Mayr 2006). Se observa que no siempre existe un marco teórico explícito o implícito que oriente las actividades prácticas; de hecho en algunos casos ni siquiera se especifica el sistema de clasificación que se sigue y menos aun sus fundamentos. A la luz de lo discutido en los capítulos 2, 3 y 4, dichas ausencias conspiran contra el carácter científico que deberían tener los trabajos prácticos.

A las Diversidades I se les presenta el desafío de tener que abordar numerosos grupos biológicos, muy poco emparentados entre sí. En algunos casos, abordan grupos que están más emparentados con los que se estudian en las Diversidades II. Para complicar las cosas aun más, las Diversidades I se solapan en el estudio de ciertos grupos. Por ejemplo, ambas asignaturas estudian organismos pertenecientes a los supergrupos Opisthokonta, Chromalveolata y Excavata (fig. 5.1). Esto sin dudas radica en concepciones sobre la clasificación de la diversidad biológica que han sido superadas en las últimas décadas pero aun se mantienen en los planes de estudio. Por ejemplo, cuando se clasificaban los organismos fotosintetizadores por un lado y los no fotosintetizadores por otro. Es posible que este inconveniente pudiese ser subsanado a través de una coordinada articulación e integración entre los contenidos de las asignaturas. Más aun, consideramos que sería gnoseológicamente mucho más adecuado trabajar sobre los fundamentos de la sistemática y la taxonomía de modo que el alumno pueda comprender las razones por las que pueden llegar a observarse tales diferencias en el conocimiento enseñado. No

obstante, a juzgar por lo analizado en las guías de trabajos prácticos de estas dos asignaturas, dicha articulación y reflexión sobre los fundamentos disciplinares está casi ausente en las actividades de T.P. Esto da la idea del abordaje compartimentalizado y reduccionista de la diversidad biológica presente en el currículo de la carrera.

En el caso de las Diversidades II el inconveniente es menor porque cada una de ellas aborda un grupo de organismos biológico monofilético y con características generales homogéneas dentro de cada uno de ellos. Diversidad Vegetal II se centra en un grupo monofilético de Archaeplastida, las plantas vasculares, mientras que Diversidad Animal II sólo los cordados dentro de Metazoa (Opisthokonta).

Sin lugar a dudas que los criterios para analizar la diversidad biológica varían de acuerdo al grupo en cuestión. Resulta evidente que los criterios de delimitación de especies no serán los mismos para los vertebrados que para los hongos o para organismos unicelulares flagelados. Sin embargo, desde el punto de vista heurístico, es necesario que los criterios sean homogéneos al menos en organismos que pertenecen al mismo grupo biológico. Quizá, una alternativa sería promover el estudio y la reflexión de fundamentos que subyacen tales criterios, como los discutidos en los capítulos 3 y 4, de manera que el alumno pueda interpretar de donde surgen los mismos y porqué existen diferencias entre una asignatura y otra. A partir del examen de las guías se puede inferir que tales reflexiones no están presentes, al menos de manera generalizada en las asignaturas analizadas. Entonces, si un mismo grupo de organismos biológicos es abordado por asignaturas diferentes y los criterios para su clasificación y estudio difieren (por ej. filogenéticos-moleculares, morfológicos, metabólicos o funcionales) sin explicación y discusión de las razones, no sólo habrá conflictos heurísticos sino también cognitivos. En otras palabras, habrá conflictos epistemológicos y de aprendizaje. Nos preguntamos entonces, ¿cómo se puede pretender un aprendizaje eficaz o significativo si determinado grupo de organismos se clasifica de una forma en una asignatura y de otra manera en otra asignatura? ¿es posible esperar un aprendizaje significativo cuando a la hora de abordar un grupo biológico se siguen determinados criterios el martes y criterios totalmente distintos el miércoles? ¿es posible tener una noción científica actualizada y coherente acerca de la diversidad biológica si para la asignatura del lunes, los organismos biológicos se ordenan en cinco reinos, en la del jueves en siete y en la del siguiente cuatrimestre no hablamos de reinos sino de otros rangos taxonómicos? En estas condiciones parece difícil

que los alumnos puedan integrar cognitivamente los contenidos conceptuales relacionados a la sistemática y taxonomía de los eucariotas. Ni hablar del reduccionismo epistemológico que subyace a esta situación. Cabe destacar que los problemas relacionados al uso de sistemas de clasificación diferentes afecta más a las ‘Diversidades I’ que a las ‘Diversidades II’ ya que principalmente en las primeras se aborda el problema de la clasificación general de los eucariotas.

En el capítulo 3 se sostuvo la importancia epistemológica de encontrar un concepto unificado de especies. Sostenemos aquí que esta posibilidad podría tener también consecuencias en la enseñanza de la biología. En efecto, el análisis de las guías nos revela que se observa explícita o implícitamente que en distintas asignaturas se utilizan definiciones de especie muy distintas con escasas reflexiones acerca de esta situación. Esto podría generar una situación confusa para el alumno tanto la diversidad conceptual como la imposibilidad de tener uniformidad en la referencia ontológica y los criterios de delimitación. Por esta razón ha sido sugerido que la adopción un enfoque unificado sobre el concepto de especie –como el propuesto en el capítulo 3- en las distintas asignaturas que abordan diferentes grupos de organismos biológicos, haría posible la construcción de un núcleo articulador en el estudio de la diversidad biológica. Esto no estaría exento de algunas desventajas ya que como se mencionó en el dicho capítulo, esta aproximación sería posible a través de la aplicación de herramientas moleculares al criterio de delimitación de unidades evolutivas lo que implicaría la falta de una referencia empírica para algunos de los modelos conceptuales (i.e. especies) que se le presentarán a los alumnos. Sin embargo, la principal ventaja es que se evitarían las ambigüedades relacionadas a los diferentes criterios de delimitación morfo-anatómicos que han predominado en la historia de la clasificación y que actualmente se reconocen como erróneos en muchos casos. Se sostiene que un abordaje de este tipo tendría diversas implicancias directas en el mejoramiento de la enseñanza de la biología en general y de la diversidad biológica en particular (Urcelay & Galetto 2010).

A partir de lo analizado y discutido en el capítulo 4, se puede observar que la sistemática de los eucariotas está atravesando momentos de importantes cambios, paradigmáticos se podría decir. Esto implica que en términos generales, no existen sistemas de clasificación completamente formalizados y consensuados por toda la comunidad científica. Esto sin dudas presenta interrogantes profundos y dificultades para

quienes están abocados a la enseñanza de la sistemática biológica. ¿Qué es lo que se enseña?, ¿sistemas de clasificación que han sido ampliamente aceptados en el pasado pero que pronto serán o están siendo reemplazados por otros? o ¿se enseña que los sistemas de clasificación sólo constituyen hipótesis acordes a los nuevos paradigmas que muestran a los estudiantes por dónde pasa el conocimiento científico en la actualidad? La cuestión apunta al corazón de las relaciones que existen –o deberían existir- entre los fundamentos epistemológicos de una disciplina científica y la didáctica de las ciencias. Posiblemente no existe una respuesta sencilla para este asunto. No obstante, si tenemos en cuenta el contexto de aprendizaje en que se generan estas disquisiciones, quizá podamos tener una mejor aproximación a tener una respuesta adecuada a ellas. Es aquí donde, en opinión de quien escribe, el nivel educativo en donde se imparte la enseñanza de la disciplina científica es de suma importancia y debe jugar un rol central en decisiones concernientes a la forma en que se debe abordar el conocimiento en las distintas asignaturas. Lamentablemente, en algunas guías se puede observar la utilización de fundamentos de los sistemas de clasificación que ya no son utilizados en la sistemática moderna.

Como se mencionó en la introducción de esta tesis, los criterios de transposición didáctica deben ser acordes al nivel educativo y a los objetivos que tienen cada uno de estos en la formación del estudiante. Hay que tener presente aquí que los estudiantes que cursan la asignatura ‘Diversidad’ están en tercer año de la universidad y que, en muchos casos, en dos años más estarán ya involucrados en la actividad científica. Estos futuros profesionales o científicos deben enfrentarse a los problemas disciplinares que afectan a la producción del conocimiento científico, asumir el carácter provisorio de los conocimientos, entender las etapas de cambios paradigmáticos y profundizar sobre los procesos que subyacen a la construcción de dichos conocimientos (Slater 2008). Es en este universo donde deberían desarrollarse los contenidos relacionados la enseñanza universitaria. Entonces, si en determinada área del conocimiento existe cierta incertidumbre o se transita una etapa de cambios, sostenemos que eso es lo que los alumnos de este nivel deberían aprender. Si del análisis de las guías surge que en algunos casos no se observa búsqueda, análisis crítico y síntesis de información relacionada a la sistemática y sólo se trata de acatar un sistema de clasificación fundamentado en criterios que ya no son utilizados ni son consistentes con el paradigma evolutivo, estamos por un

lado, soslayando el desarrollo de niveles cognitivos importantes para esta etapa de la formación del estudiante y por el otro, brindando un modelo epistemológico impropio de la ciencia actual.

A partir de los resultados, es evidente que ciertos conceptos básicos –como el de especie, por ejemplo- no son abordados de la misma manera o en forma articulada en los T.P. de las asignaturas. Si bien esto puede deberse a que es un aspecto no siempre consensuadamente resuelto y que descansa más en el campo de la filosofía que en el de la Biología, quizá sea conveniente establecer los criterios de delimitación de los organismos involucrados en cada asignatura y eventualmente discutir como varían esos criterios de delimitación en los distintos grupos biológicos. Lo mismo ocurre con la sistemática y la taxonomía plasmadas en las guías: al adoptar criterios y sistemas de clasificación distintos, las asignaturas aparecen como encargadas de objetos de estudio y problemáticas distintas. Esto no es coherente con los enfoques actuales de la diversidad de la vida y menos aun con un enfoque holístico de la Biología mencionados anteriormente.

En consonancia directa con las ideas expuestas más arriba y lo discutido en el capítulo 2, los contenidos procedimentales y actitudinales también deberían estar íntimamente relacionados con los propios de la actividad científica, es decir que sean acordes con los fundamentos epistemológicos de las disciplinas involucradas y se asemejen a la práctica del investigador (Hodson 1992, 1995, González del Solar & Marone 2001). A su vez, sería deseable que estén articuladas entre las asignaturas. Sin embargo, no parece ser lo que ocurre. Claramente, en términos generales, las asignaturas apuestan escasamente al desarrollo de los mismos contenidos actitudinales y procedimentales. Esto puede deberse a diferencias de criterios respecto del proceso de enseñanza como a la adopción, sin reflexión, de estrategias de enseñanza tradicionales heredadas que aun hoy son mantenidas pese a que, en el área de la didáctica de las ciencias, han ocurrido importantes cambios superadores en los últimos años. Sin dudas que los docentes de las distintas asignaturas hacen los mejores esfuerzos para lograr la mejor formación de los estudiantes de acuerdo a sus concepciones de enseñanza-aprendizaje y lo vuelcan de esa manera en las guías y modalidades de T.P. Pero muchas veces los criterios relacionados a los procesos de enseñanza no son coherentes con los resultados que arrojan las investigaciones en el área de la educación en ciencias. En este sentido, hay trabajos prácticos que se centran principalmente en contenidos que deben se

almacenados en la memoria para poder ser repetidos en una alguna instancia. Además de las limitaciones expuestas en el capítulo 2, esta modalidad trae aparejada el hecho poco positivo de que los alumnos terminan asociando la memorización con el éxito académico (Freeman et al. 2008). Es por ello que enseñar sólo contenidos para ser memorizados es sólo una parte de lo que debería implicar la formación de un científico o profesional de la Biología. En palabras del matemático Jules Poincaré “la ciencia está construida de hechos, como las casa de piedras. Pero una colección de hechos no es más a la ciencia que una pila de piedras a una casa” (en Wright 2005, p. 190). Esta problemática viene siendo señalada desde hace años (ej. González 1992, Bernadello 2004) sin embargo, son pocos los cambios que se observan.

En el nivel educativo universitario, los contenidos actitudinales como la creatividad, el análisis crítico, la argumentación y explicación, estimulan los procesos asociados a una mejor cognición y preparan a los estudiantes para las contingencias científicas y profesionales que les tocarán en un futuro no lejano (Bowen & Roth 2000, Handelsman et al. 2004). En este sentido, algunos de ellos pueden ser consecuencia del desarrollo de contenidos procedimentales tales como la elaboración de trabajos colaborativos, discusión de resultados científicos, redacción de textos científicos, búsqueda y selección de información científica que han mostrado ser exitosas en el proceso de aprendizaje en ciencias (Holliday et al. 1994, Colosi & Zales 1998, Driver et al. 2000, Tanner et al. 2003, Iyengar et al. 2008, Taylor et al. 2008, Berland & Reiser 2009, Sampson & Clark 2008, 2009) y no son otras que las que ejercita un científico a diario (Bowen & Roth 2000). El análisis de componentes principales muestra que estos contenidos no siempre son incluidos en el desarrollo de los T.P. de las asignaturas analizadas. Sobre lo que concierne a la sistemática y taxonomía en particular, el mismo análisis de las guías revela que no siempre se observa que las actividades prácticas se relacionen con las actividades que realiza un investigador que se desempeña en esta área del conocimiento. Entre ellas podemos mencionar: la recolección, procesamiento y almacenamiento del material biológico, la selección de las características necesarias para establecer las relaciones de parentesco, observación y uso de claves dicotómicas para la identificación, la ubicación sistemática y sus fundamentos, discusión sobre relaciones de parentesco, la búsqueda de información científica, la comunicación científica -tanto oral como escrita-, por mencionar las más importantes. Como reza el epígrafe de este capítulo

“la sistemática es más que la recolecta de ejemplares y el darles un nombre”. Más aún, no se observa que sea frecuente, al menos de manera explícita, actividades prácticas que impliquen poner a prueba hipótesis o relacionar las observaciones con marcos teóricos. Posiblemente la distancia entre lo que se aprende y lo que realiza un investigador científico sea directamente proporcional al desencanto o falta de estímulo para aprender que tengan los alumnos. Si los alumnos no están estimulados en lo que aprenden menos preparados estarán para comprender. Un reporte titulado *How people learn: Brain, mind, experience and school* escrito por científicos especialistas en cognición, psicólogos e investigadores en educación concluye: “Los estudiantes vienen a las aulas con preconcepciones sobre cómo funciona el mundo. Si la comprensión inicial no es alcanzada, van a fracasar a la hora de aprehender los nuevos conceptos e información que se les enseña, o los aprenderán a propósito de la evaluación pero luego será revertidos a las preconcepciones cuando salgan del aula. Para desarrollar confianza en un área de indagación, los estudiantes deben (a) tener fundamentos del conocimiento factual, (b) entender los hechos e ideas en el contexto de un marco conceptual y (c) organizar el conocimiento de forma tal que se facilite la recuperación y aplicación de los mismos” (Nacional Research Council 1999). Es notable que en sólo 2 de las cuatro guías se expliciten objetivos que tiene que ver con el desarrollo de contenidos actitudinales. De todos modos, tal como se señala en la descripción de los materiales y métodos es posible que estos sean desarrollados sin que estén explicitados en los objetivos explícitos de las asignaturas o en las actividades estipuladas para los T.P.

Es importante destacar nuevamente que los resultados presentados aquí se basan en el supuesto de que en las guías de T.P. se reflejan las concepciones de ciencia y de enseñanza de los cuerpos docentes que las elaboran. Alternativamente podría ocurrir que los docentes no hayan volcado en esas guías de T.P. los modelos de ciencia y de enseñanza que imparten en el desarrollo de sus clases. Este aspecto por demás relevante, excede los objetivos y posibilidades de esta tesis pero sin dudas constituye otras de las aristas de la problemática que sería deseable abordar en otros estudios. Lo cierto es que las concepciones plasmadas en las guías necesariamente llegan a los alumnos.

Si bien no existen recetas infalibles sobre los diseños curriculares, consideramos importante que los docentes involucren a los alumnos en reflexiones epistemológicas sobre las disciplinas que enseñan y tengan en cuenta los resultados más importantes de

que surgen de las investigaciones en educación. A su vez, sería importante evaluar permanentemente la coherencia entre el diseño curricular y las estrategias didácticas y los fundamentos epistemológicos. Hay que subrayar la importancia de la articulación y adopción de estrategias comunes entre las asignaturas ya que cualquier esfuerzo realizado en una o unas pocas de ellas, no podrá tener una cabal repercusión en la formación de los estudiantes si no ocurre de manera articulada e integrada tanto horizontal- como verticalmente en el currículo de la carrera.

Síntesis y conclusiones

De los resultados de este capítulo se desprende que las guías de T.P. de las asignaturas ‘Diversidad’ son muy heterogéneas en lo que concierne a los contenidos conceptuales, actitudinales y procedimentales. Los criterios de transposición didáctica son bastantes distintos entre una asignatura y otra. Por ejemplo, se observa que en ocasiones dos asignaturas (Diversidad Vegetal I y Animal I) abordan los mismos organismos biológicos pero son analizados bajo sistemas de clasificación distintos. Se puede observar que en algunos casos todavía se utilizan criterios morfológicos en casos en los que éstos ya han sido reemplazados por otros criterios. Sin dudas que siempre debe haber anclaje en los aspectos morfológicos, aun vigentes a la hora de establecer relaciones de parentesco, no obstante, es inexorable la necesidad de poner en relieve los criterios moleculares a la hora de analizar la diversidad y filogenia de los eucariotas (Judd et al. 1999, Halanych 2004, Keeling et al. 2005, Hibbet et el. 2007, Adl et al. 2007, Lane & Archibald 2008).

Cada una de ellas estimula el desarrollo de distintas habilidades; se observa que ciertos contenidos actitudinales y procedimentales propios de la actividad del científico no son incluidos en los trabajos prácticos.

Lo analizado sugiere que deberían hacerse mayores esfuerzos en el diseño de la currícula de los trabajos prácticos. Particularmente, parece ser necesaria una mayor articulación de contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales entre las cuatro asignaturas, sobre todo teniendo en cuenta que cada una de ellas aborda una porción del mismo objeto de estudio: sistemática y taxonomía de organismos biológicos eucariotas. Además, dichos contenidos deberían ser coherentes con la epistemología disciplinar y la praxis científica verse reflejada en el modelo de enseñanza plasmado en las guías.

Tabla 5.1. Resumen de las características, objetivos y actividades de los trabajos prácticos explicitadas en las guías de trabajos prácticos

<i>Niveles de análisis de las Guías de Trabajos prácticos (T.P.s)</i>	<i>Asignaturas (año 2008)</i>			
	Diversidad Vegetal I	Diversidad Animal I	Diversidad Vegetal II	Diversidad Animal II
Formato, número de páginas	Papel, 86 pags. sin ilustraciones	Electrónico, 123 pags. incluyendo alrededor de 53 ilustraciones	Electrónico, 20 pags. incluyendo dos ilustraciones	Papel, 162 pags. incluyendo alrededor de 150 ilustraciones
Programa completo	Sí	No	Sí	No
Reglamento	No	Sí	Sí	Sí
Objeto de estudio según se presenta en la guía de T.P.	Divisiones: Cyanophyta, Myxomycota, Euglenophyta, Pyrrophyta, Chrysophyta, Phaeophyta, Rhodophyta; Phyla: Oomycota, Glomeromycota, Zygomycota, Ascomycota y Basidiomycota	Reino Protista: los Phyla Parabasalia, Metamonada, Kinetoplastida, Choanoflagellida, Rhizopoda, Actinopoda, Apicomplexa y Ciliphora. Reino Animalia, Subreino Parazoa: Phyl. Porifera; Subreino Eumetazoa: los Phyla Cnidaria, Platyhelminthes, Nematoda, Namatomorpha, Annelida, Mollusca, Arthropoda y Echinodermata	Traqueófitas (plantas vasculares)	Phylum Chordata: Subphyl. Urochordata, Subphyl. Cephalochordata y Subphyl. Hemicephalochordata.

Tipo de Objetivos de la materia	No se explicitan	No se explicitan	Objetivos relacionados a contenidos disciplinares, procedimentales y actitudinales. Referencia explícita a aspectos epistemológicos y axiológicos	Objetivos relacionados a contenidos disciplinares, procedimentales y actitudinales
Objetivos de los trabajos prácticos	Explícitos, generales para los T.P. Proporcionar conocimientos y desarrollar la destreza necesaria para manipular material y ser capaz de manipularlo para la identificación. En el T.P. de campo, familiarizar al estudiante con los métodos de recolección y preparación del material.	Explícitos y específicos para cada trabajo práctico. Resumidamente: Comprender los principios básicos de Nomenclatura Zoológica y resolver problemas (1er T.P.). Reconocer características estructurales de los organismos, relacionarlas con los ambientes en que habitan e identificarlos. Compararlos con otros relacionados (T.P.s restantes).	Explícitos, generales para los T.P. Comprender que los nombres asignados a los taxones son puntos de referencia que permiten acceder a información sobre los organismos, su diversidad y sus relaciones evolutivas. Observar y analizar los materiales y luego sintetizar la información. Adquirir destreza en la recolección, disección y herborización. Identificar materiales.	Explícitos, generales. Reconocer los principales integrantes de la fauna local, su distribución y su Biología. Manejar correctamente las claves para identificación de especies. Confeccionar claves sencillas para el reconocimiento de especies.

			Manejar las fuentes de información apropiadas.	
Referencia sobre el sistema de clasificación seguido	No se explicita	Se hace referencia	No hay referencia general sobre la ubicación del objeto de estudio dentro de Eukarya Para el objeto de estudio en particular se sigue el sistema de clasificación propuesto por APG I y II (no se explicita la referencia completa de dicho trabajo)	No hay referencia general sobre la ubicación del objeto de estudio dentro de Eukarya ni un sistema de clasificación de Animalia o el Phylum Chordata. Se explicita la clasificación que se sigue para los grupos particulares
Código y reglas nomenclaturales	Explícitos	Explícitos	No están explícitas, se presentan referencias	No están explícitas
Problemas nomenclaturales	Explícitos	Explícitos	No se explicitan	No se explicitan
Concepto y delimitación de especie explícitos y/o implícitos	No se explicitan. Implícitos: concepto tipológico, criterio de delimitación principalmente morfológico.	No se explicitan. Implícitos: concepto tipológico, criterio de delimitación principalmente morfológico.	No se explicitan. Implícitos: concepto evolutivo, criterio de delimitación filogenia, morfología y bioquímica.	No se explicitan. Implícitos: concepto tipológico, criterio de delimitación principalmente morfológico.
Criterios sistemáticos-	Principalmente morfológicos	Principalmente morfológicos	Principalmente evolutivos	Combinación de filogenia y morfología

taxonómicos				
Modalidad de los T.P. – principales actividades explicitadas en las guías	Observar y analizar los materiales para luego identificarlos mediante el uso de claves provistas en la guía de T.P.	Observar y esquematizar el material. Completar párrafos incompletos. Responder preguntas e indicar características relacionadas a los organismos. Completar cuadros comparativos	Identificar el material mediante el uso de claves dicotómicas elaboradas en libros especializados. Confeccionar herbario con el material debidamente montado, etiquetado y ordenado según el sistema de clasificación propuesto. Realizar búsquedas en bases de datos a través del uso de Internet y elaborar de informes.	Identificar materiales conservados mediante el uso de claves dicotómicas e ilustraciones provistas en la guía.
Provee información sobre caracteres diagnósticos para la identificación de los organismos	No	No, esa información en parte la deben proveer los alumnos cuando realizan actividades de completar textos, cuadros sinópticos, etc.	No	Sí
Contempla explícitamente el	No	No	Sí	No

uso de literatura complementaria				
Principales habilidades que se ejercitan en base a las actividades planteadas en la guía	Observación e identificación mediante el uso de claves	Observación, Análisis de las estructuras morfológicas	Observación, búsqueda de información, análisis crítico de la literatura, sistemas de clasificación y de la filogenia. Síntesis de información y redacción	Observación e identificación mediante el uso de claves

Apéndice 5.1. Matriz donde se asigna un número que va del 0 al 5 (de menor a mayor) a los objetivos, actividades y habilidades que se ejercitan con las guías de Trabajos prácticos

	Vegetal I	Animal I	Vegetal II	Animal II
Contenidos conceptuales				
Conocimientos sobre taxonomía, nomenclatura y sistemática	2	3	4	3
Conocimientos sobre estructura de los organismos de la materia	3	4	3	5
Contenidos procedimentales				
Recolección y preparación del material	5	5	5	1
Identificación y manipulación del material	4	2	4	4
Búsqueda de información	0	2	5	2
Análisis de información	1	4	5	4
Síntesis de información	0	3	5	1
Manejo de claves	5	2	5	5
Resolución de problemas nomenclaturales	4	4	2	0
Criterios taxonómicos morfológicos	5	5	4	4
Criterios taxonómicos evolutivos	0	2	5	2
Criterios taxonómicos filogenéticos	0	0	3	5
Observación de material	5	5	5	5
Identificación de material	5	3	5	5
Preparación de colecciones	4	3	4	1
Uso de literatura científica complementaria	0	0	5	0
Redacción científica	0	0	5	0
Contenidos actitudinales				
Objetividad	1	1	4	1
Curiosidad	1	1	4	1
Actitud crítica y rigurosa	1	1	4	4

Capítulo 6: Consideraciones finales

“... la memoria, esa forma de olvido que retiene el formato, no el sentido, y que los meros títulos refleja”

(Borges 1972, p. 474)

Los resultados de las discusiones acerca del concepto de especie y de la sistemática biológica nos muestran algunos rasgos fundamentales de las áreas disciplinares que las abordan: son muy dinámicas, es decir hay permanentes cambios lo que le da al conocimiento un carácter netamente provisorio. Además, nos muestran que no pueden estar exentas de reflexiones filosóficas, no sólo a la hora de indagar sobre los fundamentos relacionados con sistemas de clasificación sino también, en ocasiones, para tomar decisiones prácticas a la hora de establecer relaciones de parentesco entre los organismos biológicos y clasificarlos. A partir de esto resulta evidente que si bien el mundo natural tiene existencia real, el conocimiento científico constituye sólo representaciones eventualmente cada vez más aproximadas del mismo y por ello es provisorio. Estos rasgos, sumados a otros propios de las disciplinas científicas sin dudas no pueden ser soslayados a la hora de diseñar un currículo universitario. Hemos visto, sin embargo, que estos aspectos suelen no ser tenidos en cuenta en los trabajos prácticos. En otros casos, las concepciones y fundamentos epistemológicos de las metodologías de enseñanza-aprendizaje no son compatibles con la naturaleza de ciencia.

Se ha destacado que la universidad no puede estar desentendida o desligada del contexto de época ya que a su vez juega un papel fundamental en la construcción de ese contexto, tanto a través de la producción y enseñanza del conocimiento como por su carácter de referente social. Para ello, el proceso mismo de enseñanza no puede estar desvinculado de lo que significan e implican actualmente la construcción y producción del conocimiento y su comunicación, ni de sus valores asociados. Sin embargo, a partir de lo analizado en el capítulo 2 podemos ver que es frecuente la inadecuación de los modelos de enseñanza con los contextos educativos y de producción del conocimiento actuales. Esto no puede tener más que efectos adversos en la formación de los estudiantes

en las carreras de ciencias. Esta tesis intentó centrarse en el análisis de la vinculación entre la construcción del conocimiento en el área de la sistemática biológica y su enseñanza en los trabajos prácticos en la carrera de Biología de la Universidad Nacional de Córdoba a través del estudio de las guías de actividades prácticas.

Uno de los principales aspectos que hay que tener en cuenta es que la sistemática biológica en la FCEFN – UNC se aborda principalmente en cuatro asignaturas: diversidad Vegetal I y II, diversidad animal I y II. El análisis de las guías pone en evidencia que los contenidos de cada una de estas asignaturas no se articulan e integran con las demás en casi todos los aspectos analizados aquí, desde los conceptuales, y los fundamentos que los subyacen, hasta la forma de desarrollar las clases prácticas. Como ejemplo valga recordar la utilización de sistemas de clasificación distintos para clasificar los mismos organismos. En otras palabras, las asignaturas ‘Diversidad’ abordan la enseñanza de contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales de manera muy distinta, en algunos casos sin relación con los fundamentos biológicos y filosóficos de la sistemática biológica y menos aun con las estrategias de enseñanza-aprendizaje que implican la formación de un profesional o científico autónomo. Se observa que en algunos casos subyace una visión reduccionista, centrada en lo estrictamente disciplinar considerando la información como conocimiento validado dando una falsa concepción acerca de lo que constituye la ciencia actual. Se suma también el hecho de que en algunos casos se sigue enseñando, y posiblemente evaluando, solo la información memorizada. Esto seguramente genera efectos muy negativos en el aprendizaje de los alumnos. En opinión de este autor, es en estos dos aspectos -reduccionismo disciplinar y aprendizaje memorístico- donde radican los pecados capitales de la enseñanza de la Biología en general. En relación al segundo aspecto, es bueno rescatar a esta altura unos párrafos de esa maravillosa metáfora de Jorge Luis Borges titulada *Funes el memorioso*:

“Podía reconstruir todos los sueños, todos los entresueños. Dos o tres veces había reconstruido un día entero; no había dudado nunca, pero cada reconstrucción había requerido un día entero. Me dijo: ‘Más recuerdos tengo yo solo que los que habrán tenido todos los hombres desde que el mundo es mundo’. Y también: ‘Mis sueños son como la vigilia de ustedes’. Y también hacia el alba: ‘Mi memoria, señor, es como vaciadero de basuras’... Me dijo que

hacia 1886 había discurrido un sistema original de numeración y que en muy pocos días había rebasado en veinticuatro mil. No lo había escrito, porque lo pensado una sola vez ya no podía borrarse. Su primer estímulo, creo, fue el desagrado de que los treinta y tres orientales requieran dos signos y tres palabras, en lugar de una sola palabra y un solo signo. Aplicó luego ese disparatado principio a los otros números. En lugar de siete mil trece, decía (por ejemplo) *Máximo Pérez*; en lugar de siete mil catorce, *El Ferrocarril*; otros números eran *Luis Melián Lafinur*, *Olimar*, *azufre*, *los bastos*, *la ballena*, *el gas*, *la caldera*, *Napoleón*, *Agustín de Vedia*. En lugar de quinientos decía *nueve*. Cada palabra tenía un signo particular, una especie de marca; las últimas eran muy complicadas... Yo traté de explicarle que esa rapsodia de voces inconexas era precisamente lo contrario de un sistema de numeración. Le dije que decir 365 era decir tres centenas, seis decenas, cinco unidades: análisis que no existe en los ‘números’ *El Negro Timoteo* o *manta de carne*. Funes no entendió o no quiso entenderme... Los dos proyectos que he indicado (un vocabulario infinito para la serie natural de los números, un inútil catálogo mental de todas las imágenes del recuerdo) son insensatos, pero revelan cierta balbuciente grandeza. Nos dejan vislumbrar o inferir el vertiginoso mundo de Funes. Éste, no lo olvidemos, era casi incapaz de ideas generales, platónicas. No sólo le costaba comprender que el símbolo genérico *perro* abarcaba tantos individuos dispares de diversos tamaños y diversa forma; le molestaba que el perro de las tres y catorce (visto de perfil) tuviera el mismo nombre que el perro de las tres y cuarto (visto de frente)” (Borges 1944, p. 488-489).

Llegado este punto es bueno preguntarse y evitar malos entendidos: ¿Quiere decir esto que la memoria no es un factor importante? De ninguna manera. La memoria, en particular la de largo plazo, es la base del aprendizaje (Izquierdo 2008) ya que, en parte, el aprendizaje es el cambio producido en la memoria a largo plazo (Kirschner et al. 2006). Lo importante es donde se pone el énfasis y para lo cual los estudiantes deben utilizar la memoria.

En relación a esto y lo discutido en parte en el capítulo 2, Augusto Pérez Lindo en el prefacio de su reciente libro ‘*¿Para qué educamos hoy?: filosofía de la educación para*

un nuevo mundo' destaca: "Nunca como ahora se han puesto en cuestión las condiciones de los procesos educativos. Aquí pretendemos responder a la pregunta ¿para qué educamos hoy?, pero no debemos olvidar que también hay que responder a la cuestión ¿cómo enseñar hoy?, que trata de los métodos pedagógicos, y a la cuestión ¿qué enseñar? (los contenidos). Las ciencias cognitivas han avanzado en el estudio científico de las condiciones de aprendizaje y sus conclusiones están obligando a replantear las concepciones pedagógicas fundadas en la intuición o en presupuestos teóricos no verificados. La explosión de conocimientos científicos y la crítica epistemológica a su vez nos llevan a preguntarnos si tiene sentido transmitir enciclopedias de conocimientos o si conviene poner el acento en las competencias cognitivas o en el dominio de los grandes paradigmas disciplinarios" (Pérez Lindo 2010, p. 18).

Entonces, a partir de las discusiones y reflexiones de esta tesis, surge la necesidad de un importante cambio de énfasis en el objeto y la forma de enseñarlo, pasando de la transmisión de conceptos o información y su verificación en los trabajos prácticos, a los contenidos procedimentales y actitudinales implicados en la construcción y comprensión de dichos conceptos siempre con la orientación de un marco teórico. En otras palabras, pasar la enseñanza de la información comunicada por el profesor que luego debe ser repetida por el alumnos a una enseñanza que implique actividades que promuevan el desarrollo de habilidades procedimentales disciplinares y el desarrollo de niveles cognitivos superiores como el análisis crítico, la discusión y argumentación, la selección e integración, la síntesis, la comunicación oral y escrita, promoviendo desafíos cognitivos y favoreciendo la creatividad y la autonomía (Correa et al. 2003, Martín 2003, Cortright et al. 2003, 2005). De esta manera, formaremos estudiantes probos no sólo en esta área de la Biología sino también mejor preparados para desenvolverse en cualquier ámbito, ya científico, ya profesional. Es a partir de este tipo de enseñanza que podremos formar estudiantes capaces de: (a) enfrentar los desafíos del mundo actual y futuro, (b) percibir y comprender los cambios y (c) encontrar las respuestas más adecuadas.

En síntesis, en el presente trabajo nos planteamos establecer una posición pedagógico-didáctica relacionada a las actividades de trabajos prácticos en la enseñanza de la Biología en la Universidad. Dicho análisis nos llevó a sostener la necesidad de un modelo de enseñanza que implique un papel más activo al alumno, haciéndolo partícipe de la construcción del conocimiento, capacitándolo en la resolución de problemas

complejos y estimulando el análisis crítico, la argumentación, la discusión de ideas y la reflexión acerca de la naturaleza de la ciencia (Morin 1999, Savin-Baden 2001, Schmidt et al. 2006, Tiwari et al. 2006). Se hizo especial hincapié en la necesidad de promover enfoques integrados de la diversidad biológica lo que implica una necesaria articulación curricular entre las asignaturas. Como consecuencia natural de dicha posición, analizamos los fundamentos epistemológicos y praxis científica en general y profundizamos en la sistemática en Biología especialmente teniendo en cuenta el concepto de especie y la sistemática biológica. A partir de esto, surgió la necesaria reflexión epistemológica que debe concernir a los contenidos de estas asignaturas. Luego, analizamos de manera interpretativa las guías de T.P. de las asignaturas que involucran el estudio de la diversidad biológica en la Carrera de Biología de la U.N.C. y aplicamos un instrumento de análisis de los modelos de enseñanza implícitos y explícitos en las mismas y sus relaciones con los fundamentos epistemológicos disciplinares. En conjunto y en pocas palabras los resultados de la tesis nos sugieren tres conclusiones principales: a) son frecuentes las actividades relacionadas con la observación y memorización sin implicancias de otros niveles cognitivos; b) los fundamentos epistemológicos y praxis científica en ocasiones están completamente ausentes o no se relacionan con los contenidos de los T.P., c) existe una enorme heterogeneidad entre las asignaturas en lo que concierne a los contenidos conceptuales, actitudinales y procedimentales. Esta heterogeneidad y escasa articulación entre las asignaturas lleva en algunos a conceptos y concepciones contrapuestas que pueden generar en los alumnos enormes déficits en el aprendizaje. Se concluye que, de no generarse cambios que impliquen la inclusión de contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales acordes a los contextos actuales y no haya una buena articulación entre las asignaturas, la formación integral de los estudiantes que estudian la sistemática biológica -y Biología en general- estará lejos de ser la deseada considerando los contextos actuales y posiblemente los futuros.

Referencias

- Acosta, L. E., de Mischis, C. C., Peretti, A. V., Ceballos, A., Zapata, A., Mattoni, C. I. & Battán M. 2008. Diversidad Animal I. Guía de Trabajos Prácticos. Fac. Cs. Fís. Nat. - UNC
- Adl, M. S., Leander, B. S., Simpson, A. G. B., Archibald, J. M., Anderson, R.O., et al. 2007. Diversity, Nomenclature, and Taxonomy of Protist. *Systematic Biology* 56: 684-689.
- Álvarez, S. & Carlino, P. C. 2004. La distancia que separa las concepciones didácticas de lo que se hace en clase: el caso de los trabajos prácticos en Biología. *Enseñanza de las Ciencias* 22: 251-262.
- Barkley, T. M., DePriest, P., Funk, V., Coger, R. W., Kress, W. J. & Moore, G. 2004. Linnaean nomenclature in the 21st century: A report from a workshop on integrating traditional nomenclature and phylogenetic classification. *Taxon* 53: 153-158.
- Berland, L. K. & Reiser, B. J. 2009. Making sense of argumentation and explanation. *Science Education* 93: 26-55.
- Bernardello, G. 2004. La Biología y su enseñanza en el nuevo siglo. *Primer Encuentro de Innovadores Críticos, Asociación de Docentes de Ciencias Biológicas de la Argentina*, Buenos Aires, pp. 16-27. CD-ROM ISBN 987-21701-0-X.
- Bistoni, M. A., Haro, J. G., Sironi, M. Torres, R. & Hued, A. 2008. Diversidad Animal II. Guía de Trabajos Prácticos. Fac. Cs. Fís. Nat. - UNC
- Blumhof, J., Hall, M. & Honeybone, A. 2001. Using problem-based learning to develop graduate skills. *Planet*, special edition 2: 6-10.
- Borges, J. L. 1944. Funes el memorioso. En *Ficciones, Obras Completas* (1996), Tomo I, Emecé Editores, p.485-490.
- Borges, J. L. 1972. El ciego. En *El oro de los tigres, Obras Completas* (1996), Tomo II, Emecé Editores, p. 474.
- Bowen, G. M. & Roth, W. M. 2000. Biology as everyday social practice: pedagogical implications. *Annual Conference of the American Educational Research Association*, New Orleans, April 2000. 49 p.
- Brock, P. M., Döring, H. & Bidartondo, M. 2009. How to know unknown fungi: the role of a herbarium. *New Phytologist* 181: 719-724.

- Bunge, M. 1995. *La Ciencia, su método y su filosofía*. Editorial Sudamericana, Buenos Aires. 191p.
- Bunge, M. 2006. *100 ideas. El libro para pensar y discutir en el café*. Editorial Sudamericana, Buenos Aires. 255p.
- Campanario, J. M. & Moya, A. 1999. ¿Cómo enseñar ciencias? Principales tendencias y propuestas. *Enseñanza de las Ciencias* 17: 179-192.
- Cantino, P. D. & De Queiroz K. 2007. *Phylocode: International Code of Phylogenetic Nomenclature*. Version 4b. <http://www.ohio.edu/phylocode/index.html>
- Cantino, P. D. 2004. Classifying species versus naming clades. *Taxon* 53: 795-798.
- Cavalier-Smith, T. 1998. A revised six-kingdom system of life. *Biological Reviews* 73: 203-266.
- Cavalier-Smith, T. 2004. Only six kingdoms of life. *Proceedings of the Royal Society of London* 271: 1251-1262.
- Chalmers, A. F. 1996 *¿Qué es esa cosa llamada ciencia?* Siglo XXI, Madrid.
- Chevallard, Y. 1998. La transposición didáctica: del saber sabio al saber enseñado. Editorial Aique, Buenos Aires.
- Colás Bravo, M. P. & Buendía Eisman, L. 1994. *Investigación Educativa*. Ed. Alfar, Sevilla.
- Coll, C., Pozo, J.I., Saravia, B. & Vals, E. 1994. *Los contenidos de la reforma – enseñanza y aprendizaje de conceptos, procedimientos y actitudes*. Editorial Santillana, Madrid. Pp. 202.
- Coll, C. 2003. El currículo universitario en el siglo XXI. En Monereo CM & Pozo JI (eds.) *La universidad ante la nueva cultura educativa*. Editorial Síntesis pp. 271-283.
- Colosi, J. C. & Zales, C. R. 1998. Jigsaw cooperative learning improves biology lab courses. *Bioscience* 48: 1118-1124.
- Comisión de Planes de Estudio. 2008. *Informe*. Escuela de Biología, F.C.E.F.N. – Universidad Nacional de Córdoba.
- Correa, N., Ceballos, E. & Rodrigo, M. J. 2003. El perspectivismo conceptual y la argumentación en los estudiantes universitarios. En Monereo CM & Pozo JI (eds.) *La universidad ante la nueva cultura educativa*. Editorial Síntesis pp 63-78.

- Cortright, R. N., Collins, H. L. & Di Carlo, S. E. 2005. Peer instruction enhanced meaningful learning. Ability to solve novel problems. *Advances in Physiology Education* 29: 107-111.
- Cortright, R. N., Collins, H. L., Rodenbaugh, D. W. & Di Carlo, S. E. 2003. Student retention of course content is improved by collaborative-group testing. *Advances in Physiology Education* 27: 102-108.
- Crisci, J. V. & López Armengol, M. F. 1983. *Introducción a la Teoría y Práctica de la Taxonomía Numérica*. Monografía nro. 26, Serie de Biología, Programa de Monografías Científicas, OEA, Washington D.C., USA.
- Crisci, J. V., McInerney, J.D. & McWethy, P. J. 1993. *Order and diversity in the living word: teaching taxonomy and systematics in schools*. The Commission for Biological Education of the International Union of Biological Sciences. The Sheridan Press. Hannover, Pennsylvania.
- Curtis, H. & Barnes, N. S. 1992. *Biología*. 5° Edición. Editorial Médica Panamericana, Buenos Aires.
- Darwin, C. 1859. *On the origin of species by means of natural selection or The preservation of favoured races in the struggle for life*. Editorial Planeta, S.A.I.C. (Traducido al Español, 1992).
- De Pro Bueno, A. 1998. ¿Se pueden enseñar contenidos procedimentales en las clases de ciencias? *Enseñanza de las Ciencias* 16: 21-41.
- De Queiroz, K. & Gauthier, J. 1992. Phylogenetic taxonomy. *Annual Review of Ecology and Systematics* 23: 480-499.
- De Queiroz, K. 1992. Phylogenetic definitions and Taxonomic Philosophy. *Biology & Philosophy* 7: 295-313.
- De Queiroz, K. 1998. The general lineage concept of species, species criteria and the process of speciation: A conceptual unification and terminological recommendations. In Horward DJ & Berlocher SH (eds.): *Endless forms: Species and speciation*. Pp: 57-75. Oxford University Press, New York.
- De Queiroz, K. 2005. Different species problems and their resolution. *BioEssays* 27:1263-1269
- De Queiroz, K. 2007. Species concepts and species delimitation. *Systematic Biology* 56: 879-886.

- Di Rienzo, J. C., Robledo, W., Casanoves, F., *et al.* 2001. *Infostat*. Versión Beta. Estadística y Biometría, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba
- Dobhansky, T. 1973. Nothing in biology makes sense except in the light of evolution. *The American Biology Teacher* 35: 125-129.
- Doolittle, W. F. & Bapteste, E. 2007. Pattern pluralism and the tree of life hypothesis. *Proceedings of the National Academy of Science* 104: 2043-2049.
- Driver, R., Newton, P. & Osborne, J. 2000. Establishing the norms of scientific argumentation in classroom. *Science Education*, 88, 287-312.
- Echeverría, J. 1998. *Filosofía de la Ciencia*. 2º Edición. Akal Ediciones.
- Enquist, B. J. & Stark, S. C. 2007. Follow Thompson's map to turn biology from a science into a Science. *Nature* 446: 611.
- Ereshefsky, M. 1994. Some problems with the Linnean hierarchy. *Philosophy of Science* 61: 185-205.
- Ereshefsky, M. 2008. Systematics and Taxonomy. In Sarkar, S. & Plutinsky A. eds. A companion to the philosophy of Biology. Pp. 99-118. Blackwell Publishing, Malden, MA
- Freeman, S., Lawhorn, J., Zheng, A. 2008. Science Education: should facts come first? Response to Guo S. *Science* 320: 1012.
- Frost, D. R. & Kluge, A. G. 1994. A consideration of epistemology in systematic biology with special reference to species. *Cladistics* 10: 259-294.
- Gairín, J. 2003. El profesor universitario en el siglo XXI. En Monereo CM & Pozo JI (eds.) *La universidad ante la nueva cultura educativa*. Editorial Síntesis pp 119-139.
- Galetto, L., Acosta, C., Nattero, J, Romanutti, A., Scrivanti, R., Torres, C. 2008. Diversidad Vegetal II. Guía de Trabajos Prácticos. Fac. Cs. Fís. Nat. - UNC
- Galetto, L., Urcelay, C., Torres, C., Nattero, J., Romanutti, A., Scrivanti, R., Antón, A. 2009. Enseñanza de la Diversidad Vegetal en la Universidad: una propuesta didáctica innovadora. *Revista de Educación en Biología* 12: 12-20.
- Gallego Torres, A. P. & Gallego Badillo, R. 2007. Historia, epistemología y didáctica de las ciencias: unas relaciones necesarias. *Ciencia & Educação* 13: 85-98.
- García, R. 2006. *Sistemas complejos*. Gedisa Editorial. 200 pp.

- Ghiselin, M. 1974. A radical solution for the species problem. *Systematic Zoology* 23: 536-544.
- Gil Pérez, D. 1991. ¿Qué hemos de saber y saber hacer los profesores de ciencias? *Enseñanza de las Ciencias* 9: 69-77
- Gil Pérez, D., Furió Más, C., Valdés, P., Salinas, J., Martínez Torregosa, J., Guisasola, J., *et al.* 1999. ¿Tiene sentido seguir distinguiendo entre aprendizaje de conceptos, resolución de problemas de lápiz y papel y realización de prácticas de laboratorio? *Enseñanza de las Ciencias* 17: 311-320.
- Gil Pérez, D., Guisasola, J., Moreno, A., Cachapuz, A., Pessoa de Carvalho, A. M., Martínez Torregosa, J. *et al.* 2002. Defending constructivism in science education. *Science & Education* 11: 557-571.
- von Glasersfeld, E. 1995. *Radical constructivism, a way of knowing and learning*. Studies in Mathematics Education Series: 6. Taylor & Francis Group, London. 213 p.
- González, E. M. 1992. ¿Qué hay que renovar en los trabajos prácticos? *Enseñanza de las Ciencias* 10: 206-211.
- González del Solar, R. & Marone, L. 2001. The “freezing” of science: Consequences of the dogmatic teaching of Ecology. *Bioscience* 51: 683-686.
- Gould, S. J. 2002. *The structure of evolutionary theory*. The Belknap press of Harvard University Press, Massachusetts.
- Goyenechea, I. 2007. Sistemática: su historia, sus métodos y sus aplicaciones en las serpientes del género *Conopsis*. *Ciencia Ergo Sum* 14: 54-62.
- Guisasola, J., Furió, C., Cebreiro, M. & Zubimendi, J. L. 2003. ¿Es necesaria la enseñanza de contenidos procedimentales en cursos introductorios de Física en la Universidad. *Enseñanza de las Ciencias* (Número extra): 17-28.
- Hacking, I. 1996. *Representar e intervenir*. Paidós, México.
- Halanych, K. M. 2004. The new view of animal phylogeny. *Annual Review in Ecology and Evolution and Systematics*. 35:229–56.
- Handelsman, Jo, Ebert-May, D., Beichner, R., Bruns, P., Chang, A., De Haan, R., Gentile, J., Lauffer, S., Stewart, J., Tilghman, S. M. & Wood, W. B. 2004. Scientific teaching. *Science* 304: 521-522.
- Hennig, W. 1965. Phylogenetic Systematics. *Annual Review of Entomology* 10: 97-116.

- Hennig, W. 1968. *Elementos de una sistemática filogenética*. Editorial de la Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires.
- Hibbett, D. S., Binder, M., Bischoff, J. F., Blackwell, M., Cannon, P. F., *et al.* 2007. A higher-level phylogenetic classification of the Fungi. *Mycological Research* 111: 509-547.
- Hodson, D. 1992. Assessment of practical work. *Science & Education* 1: 115-144.
- Hodson, D. 1996. Laboratory work as scientific method: three decades of confusion and distortion. *Journal of Curriculum Studies* 28: 115-135.
- Holliday, W. G., Yore, L. D. & Alvermann, D. V. 1994. The reading-science learning-writing connection: Breakthroughs, barriers, and promises. *Journal of Research in Science Teaching* 31: 877-893.
- Hull, D. L. 1976. A species really individuals? *Systematic Zoology* 25: 174-191.
- Hull, D. L. 2001. The Role of Theories in Biological Systematics. *Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences* 32:221-238.
- Irzik, G. 2000. Back to basics: a philosophical critique of constructivism. *Science & Education* 9: 621-639.
- Iyenegar, R., Diverse-Pierluissi, M. A., Jenkins, S. L. *et al.* 2008. Integrating content detail and critical reasoning by peer review. *Science* 319: 1189-1190.
- Izquierdo, M., Sanmartí, N. & Espinet, M. 1999. Fundamentos y diseño de las prácticas escolares de ciencias experimentales. *Enseñanza de las Ciencias* 17: 45-59.
- Izquierdo, I. 2008. *El arte de olvidar*. Editorial Edhasa, Buenos Aires.
- Jiménez Aleixandre, M. P. 1998. Diseño curricular: indagación y razonamiento con el lenguaje de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias* 16: 203-216.
- Judd, W. S., Campbell, C. S., Kellogg, E. A., Stevens, P. F., Donoghue, M. J. 2008. *Plant Systematics: A Phylogenetic Approach, Third edition*. Sunderland, Massachusetts: Sinauer Associates
- Keeling, P. & Palmer, J. D. 2008. Horizontal gene transfer in eukaryotic evolution. *Nature Reviews of Genetics* 9: 605-618.
- Keeling, P., Leander, B. S. & Simpson, A. 2009. Eukaryota, Organisms with nucleated cells. Version 12 March 2009. <http://tolweb.org/Eukaryotes/3/2009.03.12> in The Tree of Life Web Project, <http://tolweb.org/>

- Keeling, P. J., Burger, G., Durnford, D. G. & Lang, B. F. 2005. The tree of eukaryotes. *Trends in Ecology & Evolution* 20: 670-676.
- Keller, E. F. 2007. A clash of two cultures. *Nature* 445: 603.
- Kirschner, P. A. 1992. Epistemology, practical work and academic skills in science education. *Science & Education* 1: 273-299.
- Kirschner, P. A., Sweller, J. & Clark, R. E. 2006. Why minimal guidance during instruction does not work: an analysis of the failure of constructivist, discovery, problem based, experiential, and inquiry-based teaching. *Educational Psychologist* 41: 75-86.
- Klionsky, D. J. 2004. Talking Biology: learning outside the book – and the lecture. *Cell Biology Education* 3: 204-211.
- Knorr Cetina, K. 2005. *La fabricación del conocimiento, un ensayo sobre el carácter constructivista y contextual de la ciencia*. Editorial de la Universidad Nacional de Quilmes, Buenos Aires.
- Koerner, L. 1996. Karl Linnaeus in his time and place En: Jardine N, Secord JA & Spary EC. eds. *Cultures of Natural History*. Cambridge University Press. Pp. 145-162.
- Kuhn, T. 1971 [1962]. *La estructura de las revoluciones científicas*. 1ra Edición en español. Fondo de la Cultura Económica, S. A. de C. V., México.
- Lakatos, I. 1983. *La metodología de los programas de investigación científica*. Ed. Cast. Alianza Editorial, S. A., Madrid.
- Lane, C. E. & Archibald, J. M. 2008. The eukaryotic tree of life: endosymbiosis takes its TOL. *Trends in Ecology & Evolution* 25: 268-275.
- Lanteri, A. A. & Cigliano, M. M. (Eds). 2006. *Sistemática Biológica: Fundamentos teóricos y ejercitaciones*. Editorial de la Universidad de la Plata, La Plata
- Lanteri, A., Cigliano, M. M. & Fernández, M.S. 2006. Especie, variación infraespecífica y decisiones taxonómicas. En Lanteri A. A. & Cigliano M.M. (Eds). *Sistemática Biológica: Fundamentos teóricos y ejercitaciones*. Editorial de la Universidad de la Plata, La Plata. pp. 69-92.
- Lederman, N. G. 2007. Nature of science: past, present, and future. In Abell, S. K. & Lederman, N. G. (Eds). *Handbook of Research on Science Education*. Taylor & Francis Group, Mahwah, New jersey. pp. 831-879
- Linné, C. 1748. *Sistema Naturae*. Editio Sexta, enmendata et aucta. Stockholmiae.

- Lodish, H. F. & Rodríguez, R. K. 2004. A combination of lectures, problem sets, and recitation sections is an excellent way to teach undergraduate cell biology at a high level. *Cell Biology Education* 3: 202-204.
- Lujan, H. L. & Di Carlo, S. E. 2006. Too much teaching, not enough learning: what is the solution? *Advances in Physiology Education* 30: 17-22.
- Maloof, J. & White, V. K. B. 2005. Team study training in the college biology laboratory. *Journal of Biology Education* 39: 120-124.
- Marone, L. & González del Solar, R. 2006. El valor cultural de la ciencia y la tecnología. *Apuntes de Ciencias y Tecnología* 19: 35-42.
- Marone, L. & González del Solar, R. 2007. Crítica, Creatividad y Rigor: vértices de un triángulo culturalmente valioso. *Interciencia* 32: 354-357.
- Martín, E. 2003. Conclusiones: un currículo para desarrollar la autonomía del estudiante. En Monereo C.M. & Pozo J.I. (eds.) *La universidad ante la nueva cultura educativa*. Editorial Síntesis pp 285-292.
- Martínez Torregosa, J., Gil, D. & Bernat Martínez, S. 2003. La universidad como nivel privilegiado para un aprendizaje como investigación orientada. En Monereo C.M. & Pozo J.I. (eds.) *La universidad ante la nueva cultura educativa*. Editorial Síntesis pp. 231-244.
- Matthews, M. R. 1993. Constructivism and science education: some epistemological problems. *Journal of Science Education and Technology* 2: 359-370.
- Matthews, M. R. 2002. Constructivism and science education: a further appraisal. *Journal of Science Education and Technology* 11: 121-134.
- Matthews, M. R. 2009. Science, worldviews and education: an introduction. *Science & Education* 18: 641-666.
- Mayr, E. 1969. *Principles of Systematic Zoology*. Mc Graw-Hill, New York.
- Mayr, E. 2000. The biological species concept. In: Wheeler QD & Meier R eds. 2000. *Species concept and phylogenetic theory*. Columbia University Press, New York.
- Mayr, E. 2006. *¿Por qué es única la Biología? – Consideraciones sobre la autonomía de una disciplina*. Katz Editores, Buenos Aires.
- Mikkelsen, G. 2001. Complexity and verisimilitude: realism for ecology. *Biology & Philosophy* 16: 533-546.

- Monereo, C. & Pozo J. I. 2003. La cultura educativa en la universidad: nuevos retos para profesores y alumnos. En Monereo C.M. & Pozo J.I. (eds.) *La universidad ante la nueva cultura educativa*. Editorial Síntesis pp. 15-30.
- Monteiro de Aguiar Pereira, E. 2005. Universidad y Currículo: nuevas perspectivas. *Perfiles educativos* 27: 38-52.
- Morán Oviedo, P. 2004. La docencia como recreación y construcción del conocimiento. *Perfiles educativos* 26: 41-72.
- Morin, E. 1997. *Introducción al pensamiento complejo*. Gledisa Editorial, Barcelona.
- Morin, E. 1999. *Complexidade e Transdisciplinaridade: a reforma de universidade e do ensino fundamental*. Editora de UFRN, Natal.
- Musante, S. 2005. Learning the nature of science. *BioScience* 55: 833.
- National Research Council. 1999. *How People Learn: Brain, Mind, Experience, and School*. Committee on Developments in the Science of Learning. Commission on Behavioral and Social Sciences and Education. Washington, DC: National Academy Press.
- Nelson, G. & Platnick, N. 1981. *Systematics and Biogeography: cladistics and vicariance*. Columbia University Press, New York.
- Núñez, P. G & Núñez, M. A. 2007. The importance of controversies in the epistemic progress of Ecology. *Interciencia* 32: 804-811.
- O'Hara, R. R. 2005. The anarchist guide to ecological theory. Or we don't need no stinkin' laws. *Oikos* 110: 390-393.
- O'Hara, R. J., Maddison, D. R., & Stevens P.F. 1988. Crisis in systematics. *Science*, 241: 275-276.
- Oren, A. 2004. Prokaryote diversity and taxonomy: current status and future challenges. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London* 359: 623-638.
- Peme-Aranega, C. 1999. Algunos fundamentos de decisiones educativas e investigativas en didáctica de las ciencias: un aporte a la reflexión de los docentes de biología. *Revista de Educación en Biología* 2: 10-19.
- Perez Echeverría, M., Pozo, J. I. & Rodríguez, B. 2003. Concepciones de los estudiantes universitarios sobre aprendizaje. En Monereo CM & Pozo JI (eds.) *La universidad ante la nueva cultura educativa*. Editorial Síntesis pp. 33-36.

- Pérez Lindo, A. 2010. *¿Para qué educamos hoy?: filosofía de la educación para un nuevo mundo*. Editorial Biblos, Buenos Aires.
- Popper, K. R. 1980 [1959]. *La lógica de la investigación científica*. Editorial Tecnos, Madrid.
- Pozo, J. I. 1989. *Teorías cognitivas del aprendizaje*. Editorial Morata, Madrid.
- Pozo, J.I. & Monereo, C. 1999. *El aprendizaje estratégico. Enseñar a aprender desde el currículo*. Santillana, Madrid.
- Prósperi, C., Domínguez, L., Daniele G., Daga, C., Nouhra, E. 2008. *Diversidad Vegetal I. Guía de Trabajos Prácticos*. Fac. Cs. Fís. Nat. - UNC
- Quintanilla Gatica, M. R. 2000. Bases epistemológicas del curriculum en Ciencias Biológicas. *Conferencia presentada en el 1º Seminario Taller en Didáctica de la Biología*, Valparaíso, 26 y 27 de septiembre de 2000. 24pp.
- Radl, E. M. 1931. *Historia de las teorías biológicas*. Editorial Revista de Occidente, Madrid.
- Rapini, A. 2004. Classes or individuals? The paradox of Systematics revisited. *Studies in History and Philosophy of Biology & Biomedical Sciences* 35: 675-695.
- Rudolph, J. L. 2000. Reconsidering the 'nature of science' as a curriculum component. *Journal of Curriculum Studies*, 32, 403-419.
- Ruse, M. 1979. *La filosofía de la Biología*. Editorial Alianza, Madrid.
- Ruse, M. 1987. Biological species: natural kinds, individuals, or what? *British Journal of Philosophy of Science* 38: 225-242.
- Sampson, V. & Clark D. B. 2008. Assessment of the ways students generate arguments in science education: Current perspectives and recommendations for future directions. *Science Education* 92: 447-472.
- Sampson, V. & Clark D. B. 2009. The impact of collaboration on the outcomes of scientific argumentation. *Science Education* 93: 448-484.
- Savin-Baden, M. 2001. The problem-based learning landscape. *Planet*, special edition 2: 4-6.
- Schmidt, H. G., Vermeulen L. & vander Molen H. T. 2006. Long-term effects of problem-based learning: a comparison of competencies acquired by graduates of a problem-based and a conventional medical schools. *Medical Education* 40: 562-567.

- Séré, M-G. 2002. La enseñanza en el laboratorio. ¿Qué podemos aprender en términos de conocimiento práctico y de actitudes hacia la ciencia?. *Enseñanza de las Ciencias* 20: 357-368.
- Simpson, G.G.1961. *Principles of Animal Taxonomy*. Columbia University Press, New York.
- Slater, M. H. 2008. How to justify teaching false science. *Science Education* 92: 526-542.
- Sokal, P. H. A. & Sneath, F. J. R. 1973. *Numerical Taxonomy*. Freeman, San Francisco.
- Stanier, R. Y., Adelberg, E. A., Ingraham, J. L. 1976. *The microbial world*. Prentice Hall, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey.
- Tamir, P. & García Rovira, M. P. 1992. Características de los ejercicios de prácticas de laboratorio incluidos en los libros de texto de ciencias utilizados en Cataluña. *Enseñanza de las Ciencias* 10: 3-12.
- Tanner, K., Chatman, L. S. & Allen, D. 2003. Approaches to cell biology teaching: cooperative learning in science classroom – beyond students working in groups. *Cell Biology Education* 2: 1-5.
- Tanner, K. & Allen, D. 2005. Approaches to biology teaching and learning: understanding the wrong answers – teaching toward conceptual change. *Cell Biology Education* 4: 112-117.
- Taylor, J. W., Jacobson, D. J., Kroken, S., Kasuga T., Geiser, D. M., Hibbet, D. S. & Fisher M. C. 2000. Phylogenetic species recognition and species concepts in fungi. *Fungal Genetics and Biology* 31: 21-32.
- Taylor, A. R., Jones, M. G., Broadwell, B., Oppewal, T. 2008. Creativity, inquiry, or accountability? Scientists' and teachers' perceptions of science education. *Science Education* 92: 1058-1075.
- Tiwari , A., Lai P., So M. & Yuen K. 2006. Comparison of the effects of problem-based learning and lecturing on the development of students' critical thinking. *Medical Education* 40: 547-554.
- Urcelay, C. & Enrico, L. 2005. Encuesta sobre la formación del Biólogo en la Universidad Nacional de Córdoba: ¿estamos preparados para los desafíos actuales? *Revista de Educación en Biología* 8: 37-39.
- Urcelay, C. & Galetto, L. 2010. La especie: concepto, ontología y su enseñanza. *III Congreso Iberoamericano de Filosofía de la ciencia y la tecnología: libro de*

- abstracts y resúmenes* Lorenzano C. & Lorenzano P. (compiladores) - 1a ed. - Caseros:Universidad Nacional de Tres de Febrero. Pp. 136-138.
- Wegener Parfrey, L., Barbero, E., Lasser, E. *et al.* 2006. Evaluating support for the current classification of eukaryotic diversity. *PLOS Genetics* 2062-2073.
- Welch, R. A., Burland, V., Plunkett III, G., Redford, P., Roesch, P. *et al.* 2002. Extensive mosaic structure revealed by the complete genome sequence of uropathogenic *Escherichia Coli*. *Proceedings of the National Academy of Science* 99: 17020-17024.
- Wheeler, Q. D. & Meier, R. eds. 2000. *Species concept and phylogenetic theory*. Columbia University Press, New York.
- Wheler, Q. D. & Platnick, N. I. 2000. The phylogenetic species concept. En Wheeler, Q. D. & Meier, R. eds. *Species concept and phylogenetic theory*. Columbia University Press, New York. Pp. 55-69.
- Whittaker, R. H. 1969. New concepts of kingdoms of organisms. *Science* 163: 150-160.
- Wiens, J. 2007. Species delimitation: New approaches for discovering diversity. *Systematic Biology* 56: 875-878.
- Wiley, E. O. & Mayden, R. L. 2000. The evolutionary species concept. In: Wheeler Q.D. & Meier R. eds. *Species concept and phylogenetic theory*. Columbia University Press, New York. Pp. 70-89.
- Woese, C. R. & Fox, G. E. 1977. Phylogenetic structure of the prokaryotic domain: The primary kingdoms (archaeobacteria/ eubacteria/urkaryote/16S ribosomal RNA/molecular phylogeny). *Proceedings of the National Academy of Science USA* 74: 5088-5090.
- Woese, C. R., Kandler, O. & Wheelis, M. L. 1990. Towards a Natural System of Organisms: Proposal for the domains Archaea, Bacteria, and Eukarya. *Proceedings of the National Academy of Science USA* 87: 4576-4579.
- Wong, S. L. & Hodson, D. 2008. From the horse's mouth: What scientists say about scientific investigation and scientific knowledge. *Science Education* 93-130
- Wright, R. L. 2005. Undergraduate Biology courses for nonscientists: towards a lived curriculum. *Cell Biology Education* 4: 189-198.
- Zabala Vidiella, A. 2000. La práctica educativa. Cómo enseñar. Graó, Barcelona.
- Zabalza, M. A. 2009. *Diseño y desarrollo curricular*. Nancea S.A. de ediciones, Madrid.

