

LA MULTIPLICIDAD DE LA VIDA

DOCENTES APRENDIENDO EN RED
DOCENTES APRENDIENDO EN RED
DOCENTES APRENDIENDO EN RED
DOCENTES APRENDIENDO EN RED
DOCENTES APRENDIENDO EN RED



Ministerio de
Educación
Presidencia de la Nación



Organización
de las Naciones Unidas
para la Educación,
la Ciencia y la Cultura

PRESIDENTA DE LA NACION
Cristina FERNÁNDEZ DE KIRCHNER

MINISTRO DE EDUCACIÓN
Alberto SILEONI

SECRETARIA DE EDUCACIÓN
María Inés ABRILE de VOLLMER

SECRETARIO DEL CONSEJO FEDERAL DE EDUCACIÓN
Domingo DE CARA

SECRETARIO DE POLÍTICAS UNIVERSITARIAS
Alberto DIBBERN

SUBSECRETARIO DE PLANEAMIENTO EDUCATIVO
Eduardo ARAGUNDI

SUBSECRETARIA DE EQUIDAD Y CALIDAD
Mara BRAWER

INSTITUTO NACIONAL DE FORMACIÓN DOCENTE
Graciela LOMBARDI

DIRECCIÓN NACIONAL DE FORMACIÓN DOCENTE E INVESTIGACIÓN
Andrea MOLINARI

COORDINADORA DE INVESTIGACIÓN EDUCATIVA DEL INFD
Ana PEREYRA

PRESENTACIÓN

Durante el año 2010 en el Instituto Nacional de Formación Docente se desarrolló la primera etapa del dispositivo Escritura en Ciencias que contó con la participación de profesores de institutos de formación docente de las provincias de Buenos Aires, Catamarca, Chaco, Córdoba, Corrientes, Entre Ríos, Formosa, La Pampa, La Rioja, Neuquén, Salta, San Luis, Santa Cruz, Santa Fe, Santiago del Estero, Tierra del Fuego y Tucumán.

Inspirada en un programa del Sector Educación de la Oficina de UNESCO, Montevideo denominada *Docentes Aprendiendo en Red*, la propuesta de Escritura en Ciencias conforma una experiencia innovadora en nuestro país, reuniendo a 30 profesores de diferentes provincias que, a través de un trabajo grupal, llevan a cabo la escritura de 6 textos sobre contenidos de problemáticas actuales de las ciencias naturales.

Esta experiencia se desarrolló a lo largo de un año mediante un dispositivo semipresencial, en el cual los grupos de estudio se reúnen periódicamente orientados por coordinadores de escritura y asesorados por destacados investigadores de nuestro país, estudian e investigan sobre los temas. Los profesores llevan adelante un proceso de elaboración de los textos, mediante un uso intensivo de aula virtual realizando intercambios muy activos que tienen como meta específica producir libros sobre temas científicos, en un ejercicio de trabajo colaborativo.

Escritura en Ciencias pretende inscribirse dentro de las tendencias actuales de los dispositivos de formación docente, desplegando un *trayecto de formación* donde se implica la experiencia y la práctica de los participantes, en un proceso conjunto de construcción de conocimiento. Desde esta propuesta se asume que escribir profesionalmente es una práctica y un aprendizaje continuo, que supone un arduo trabajo, que se pone en juego en diferentes contextos sociales, y por eso, frente a cada nueva situación es preciso 'reaprender' las maneras de escribir propias del texto o disciplina que lo demanda.

El desarrollo actual de políticas de formación marca un tiempo de transición y de cambios que empiezan a modificar las lógicas de formación de los docentes. La característica de este dispositivo de Escritura en Ciencias traduce algunas de las propuestas actuales de formación en investigación, tomando en cuenta un conjunto

de variables que contribuyen a la formación sostenida de los profesores.

Es sabido que la escritura académica constituye un aspecto relevante de este proceso. Cuando se investiga, la escritura interviene de diferentes maneras y son variados los modos en que se requiere su uso: escribir planes de escritura, sintetizar lecturas, tomar notas, desarrollar ideas y conceptos, articular discusiones teóricas, son algunas de las muchas operaciones que se activan para la elaboración de un texto. Estas cuestiones se enlazan solidaria y necesariamente dentro del proceso que demanda la tarea y la producción intelectual. El trabajo alcanza otro nivel de complejidad cuando se asocia a un proceso de construcción colectiva, el cual supone algunas condiciones inexcusables para su realización:

- Los trayectos formativos, posibilidad de continuidad y persistencia sobre el trabajo propios y el de otros

Sabemos que durante mucho tiempo en la Argentina los espacios de formación se caracterizaron en propuestas a los docentes para que llevaran por su cuenta la aplicación de grandes principios o cuerpos teóricos que se desplegaban en esos espacios. Algunos rasgos predominantes de esta formación que marcaron todo un estilo de capacitación se reconoce en el predominio del formato 'curso' y la capacitación en cascada que, por efecto derrame, debía llegar desde un centro que se encuentra arriba hacia el lugar más lejano, por lo general, el espacio del aula.

Los problemas fundamentales que conllevan esas lógicas son la intermitencia, la fragmentación y superposición de perspectivas que en no pocos casos dificultan la aplicación que los docentes intentan hacer con las propuestas teóricas. Hay suficiente literatura sobre estas cuestiones y sus consecuencias, entre las más relevantes, la escasa huella que esas modalidades han dejado para las posibilidades de un trabajo enriquecedor con las prácticas docentes.

La idea de *Trayecto formativo* se torna superadora de algunas tradiciones asentadas en la realización de un curso. Posibilita el cumplimiento de procesos formativos y transcurre en una temporalidad de continuidad que permite a los protagonistas ser hacedores de una tarea o producción junto a otros.

- Énfasis en las necesidades prácticas de los docentes en los programas de formación

Paulatinamente se intenta poner en foco ‘las necesidades prácticas’ de los docentes como centro de los programas de formación en servicio. Esta tendencia muestra un movimiento opuesto a aquellas que se presentan alejadas de esas necesidades y que sobredimensionan aspectos teóricos con escaso vínculo con la producción durante la oferta de formación.

En esta propuesta, la práctica de la escritura se coloca en el centro, concebida más que como una *macrohabilidad* que hay que dominar, como una herramienta al servicio del pensamiento epistémico, que trabaja en la adecuación y reorganización de géneros discursivos primarios, para expresar saberes y conocimientos, en *géneros secundarios pertinentes* a situaciones comunicativas con otro nivel de complejidad. Argumentar, explicar, describir, ejemplificar, manejar el discurso de autoridad, referir a fuentes, de manera directa o indirecta, incluir y presentar una evidencia empírica son algunas de las operaciones específicas de este tipo de escritura. Constituyen estrategias puntuales que requieren aprendizaje, reflexión y desarrollo autónomo.

Escritura en Ciencias se convierte en un espacio y oportunidad para que los profesores puedan desarrollar la práctica de la escritura ligada a contextos muy específicos del campo científico.

- Los docentes son sujetos de saber y corresponsables de los procesos de formación

Las posiciones llamadas *aplicacionistas*, que conciben a los profesores como prácticos, ejecutores de algún tipo de teoría, les otorgan un lugar subsidiario y subalterno que termina invisibilizando capacidades y alternativas de un trabajo más creativo vinculado con el conocimiento.

Un presupuesto que se encuentra en la base de las nuevas propuestas, además de verificar la ineficacia de las que hemos mencionado, es la idea de que los docentes son sujetos de saber y corresponsables de los procesos de formación. Y este reconocimiento no es menor y constituye una pieza clave para comprender el sentido de las políticas actuales de formación docente.

La idea que los profesores pueden constituirse en autores de textos que abonen espacios formativos implica un cambio de su estatuto en la manera de concebir su trabajo. Esta es una nota distintiva del proyecto de Escritura en Ciencias y uno de los propósitos fundamentales. Este cambio de estatuto sobre su trabajo conlleva también la idea de la corresponsabilidad en sus procesos de producción y formación.

- El desarrollo de la práctica de escribir a lo largo de todo un proceso de formación

Si bien existe consenso sobre la puesta en foco de las necesidades prácticas de los docentes, es preciso tener en cuenta que este deseo presenta una serie de matices a la hora de traducirlo a propuestas concretas para la formación continua. Las propuestas de formación continua requieren para el desarrollo profesional atender a cuestiones de ¿Cómo hacer aparecer la tarea y la realización de una producción a lo largo de todo un proceso de formación que, sin desestimar cuestiones teóricas, ponga especial énfasis en las maneras prácticas de resolverlo?

Inspirado en esas ideas precedentes, Escritura en Ciencias concibe a la producción de los textos como el hilo articulador y conductor de todo el proceso del trayecto formativo. Todos los otros elementos del dispositivo colaboran a modo de andamiaje para que cada producción pueda ser elaborada.

- El desafío de encontrar los mecanismos institucionales para que los docentes se constituyan en fuerza renovadora de las prácticas.

Existen numerosas propuestas de formación de modalidades presenciales o semi presenciales donde los docentes cuentan con tutorías y diferentes andamiajes que colaboran como sostén y apoyatura durante todo el proceso para favorecer la producción. Pero, como sostiene Flavia Terigi, constituye todo un desafío “encontrar los mecanismos institucionales para que esos docentes se constituyan en una fuerza renovadora de las prácticas”.

En esta propuesta, el reto se resuelve mediante un trabajo de articulación entre investigadores con los grupos de trabajo y las intervenciones de los orientadores de escritura, que entran en un andamiaje artesanal que procura leer y atender todo el tiempo a las necesidades de construcción que plantean los equipos de profesores. Esta actividad propone la idea de una estructura abierta y dinámica que se rearma continuamente, sin desestimar los propósitos y objetivos generales de esta línea de trabajo. Se trata de dispositivos que operan con otra temporalidad y que a simple vista, se tornan más costosos económicamente. No obstante, esta aparente “lentitud” que acompaña intercambios muy activos, es la que genera condiciones para horadar y dejar huella perdurable y transformadora en las experiencias profesionales de los docentes.

- Las producciones combinan procesos investigativos y formativos

La confluencia entre investigadores, docentes y coordinadores de escritura reunidos en este dispositivo del INFD implica una apuesta por superar la escisión entre investigación y formación docente que ha caracterizado durante muchos años los modelos de la formación pedagógica. El vínculo de cooperación y acompañamiento a las producciones entre los distintos perfiles involucrados en el dispositivo de la primera edición, superó con creces las expectativas iniciales del equipo del INFD que generó el dispositivo.

Las producciones que se presentan a continuación expresan la potencialidad de un modelo hermenéutico de la formación docente frente a las limitaciones de concepciones aplicacionistas o academicistas.

Los textos abordan los siguientes temas:

- 1- Los plaguicidas, aquí y ahora
- 2- H₂O en estado vulnerable
- 3- Del gen a la proteína
- 4- La multiplicidad de la vida
- 5- Cerebro y memoria
- 6- La evolución biológica, actualidad y debates

Escritura en Ciencias trabaja por el desarrollo de la escritura profesional de los docentes sobre la convicción de que los profesores convocados manifiestan su capacidad para constituirse en autores de textos escritos vinculados con las ciencias, destinados a la consulta y estudio en las aulas de la formación.

Es nuestro deseo que estos textos producidos al calor de estos fecundos procesos de intercambios sean de ayuda y consulta permanente para profesores y estudiantes de Institutos y escuelas de nuestro país.

Ana Pereyra, Coordinadora del Área de Investigación del INFD
Liliana Calderón, Coordinación de Escritura en Ciencias, INFD

ESCRITURA EN CIENCIAS

LA MULTIPLICIDAD DE LA VIDA

Autores:

Marcelo Alejandro Diez
Claudia Liliana Ochoa
Nicolás Loizaga de Castro
Beatriz Royo Volta
Fernando Jorge Bedetti

Orientación y asesoramiento científico: Jorge Crisci

Coordinación de Escritura: María Carrió

La multiplicidad de la vida / Marcelo Alejandro Diez ... [et.al.]. - 1a ed. - Buenos Aires: Ministerio de Educación de la Nación, 2012.

144 p. : il. ; 16x20 cm. - (Escritura en ciencias)

ISBN 978-950-00-0925-6

1. Ciencias Naturales.Enseñanza. I. Diez, Marcelo Alejandro
CDD 507

Autores: Marcelo Alejandro Diez, Claudia Liliana Ochoa ,Nicolás Loizaga de Castro, Beatriz Royo Volta, Fernando Jorge Bedetti

Coordinación general: Ana Pereyra, Liliana Calderón

Revisión general del contenido: Antonio Gutierrez

Colaboración: Gabriela Giordano, Renata Colella

Profesores-coordinadores de escritura: María Carrió

Orientación y asesoramiento científico: Jorge Crisci

Diseño editorial: Renata Kándico, Gaston Genovese www.estudiolate.org

Hecho el depósito que establece la ley 11.723

“Los textos de este libro son copyleft. El autor y el editor autorizan la copia, distribución y citado de los mismos en cualquier medio y formato, siempre y cuando sea sin fines de lucro, el autor sea reconocido como tal, se cite la presente edición como fuente original, y se informe al autor. La reproducción de los textos con fines comerciales queda expresamente prohibida sin el permiso expreso del editor. Toda obra o edición que utilice estos textos, con o sin fines de lucro, deberá conceder estos derechos expresamente mediante la inclusión de la presente cláusula copyleft.”

Fecha de catalogación: 06/03/2012

ÍNDICE

Introducción	18
Capítulo I: sistemática y biología: un puente hacia la biodiversidad	23
Claudia Liliana Ochoa	
Biodiversidad	23
Diversidad de especies	30
Diversidad genética	32
Diversidad de ecosistemas	35
La diversidad biológica en riesgo	38
¿Cuántas especies están en peligro de extinción en el mundo actualmente?	39
La investigación y conservación biológica recurren a la sistemática	44
Somos protagonistas de la “Sexta Extinción”	44
Biodiversidad, educación y sistemática en el siglo XXI	45
Algunas organizaciones proteccionistas	47
Explotación económica de especies	48
El uso sustentable de la vicuña	48
Capítulo II: Historia de las clasificaciones biológicas	51
Marcelo Alejandro Diez	
¿Por qué clasificamos?	51
¿Cuáles son las diferencias entre sistemática, taxonomía y clasificación?	53
Sin una nomenclatura es imposible clasificar	55
Las clasificaciones a través de la historia	56
Clasificaciones utilitarias	56
Clasificaciones artificiales	56
Clasificaciones lógicas.	58
Entre la biología, el arte y la fantasía: los herbarios y bestiarios	61
Derribando mitos y descubriendo una Historia Natural	64
Los sistemas naturales de clasificación	69
De la comparación de estructuras, al origen común	69

Estado actual de las clasificaciones biológicas	71
La disputa continúa	71
Seguimos sin un modelo instaurado y con una pregunta por responder: ¿hasta dónde es necesario mirar?	72

Capítulo III: Nombrar para distinguir: la nomenclatura y el conocimiento y conservación de la biodiversidad..... 75

Fernando Bedetti

El intento de poner orden en la nomenclatura: los códigos biológicos	75
Los nombres de los taxa de categorías superiores a género	81
Los nombres de los taxa inferiores a especies	82
Abreviaturas de los nombres científicos	83
Nombre de taxones híbridos	83
Biocódigo y filocódigo	84
¿Por qué algunos taxones cambiaron de nombre?	
Revisión y nomenclatura	86
Problemas con la tipificación	87
Las acacias y una disputa entre dos continentes	88

Capítulo IV: Hacia la comprensión de la polisemia del concepto especie..... 93

Nicolás Loizaga de Castro.

Camino a la comprensión	93
¿Qué son las especies?	94
Criterios usados por los biólogos para reconocer diferentes especies en la naturaleza	95
Los conceptos de especie más destacados en la comunidad científica.....	98
Concepto linneano de especie o Categoría Especie	99
Concepto de especie taxonómica, taxón especie o taxón	100
Concepto biológico de Especie	102
Propiedades biológicas fundamentales del concepto biológico de especie	103
La propuesta de especie de la Sistemática Filogenética	106
Otros conceptos de especie	107
Concepto tipológico o morfológico de especie	107

Concepto paleontológico o cronológico de especie, o cronoespecie	108
Concepto evolutivo de especie	109
Una sinopsis a vuelo rasante	110
Que el árbol (clado) no nos tape el bosque (biodiversidad)	111
 Capítulo V: Los reinos de la vida	 115
Beatriz Royo Volta	
La biodiversidad en la formación docente	115
“El árbol de la vida”: una representación de la biodiversidad	116
Para comprender mejor, definimos algunos conceptos	119
Breve historia de las clasificaciones	122
Reconociendo los diferentes dominios y reinos	124
Dominio Archae	124
Dominio Bacteria	124
Dominio Eukarya	126
Reino Protocista o Protistas	127
Reino Fungi	127
Reino Plantae	128
Reino Animalia	129
Reconstruyendo nuevos árboles...y la historia continúa	131
Mirando hacia adelante	133
 Palabras Finales	 134
Bibliografía	136

INTRODUCCIÓN

Hace ya un tiempo, cuando viajar de vacaciones era casi un hábito desconocido, un joven estudiante de botánica emprendió una expedición junto a dos de sus profesores. Salieron de Buenos Aires muy temprano, y la noche los sorprendió en algún lugar de Córdoba. Dispuestos a dormir, los tres se alojaron en la misma habitación. A la mañana siguiente, uno de los profesores le pidió que abriese la ventana y al hacerlo, una imponente montaña estaba frente a sus ojos. El asombro y la admiración que le produjo esa imagen fue tal, que aunque pasaron varios años, la figura de ese gigante de piedras quedó impresa en sus recuerdos.

El asombro, según Aristóteles, es la fuerza que nos impulsa a la búsqueda del saber, a preguntarnos sobre las cosas, entre ellas las cosas de la naturaleza. No en vano Aristóteles puede ser considerado uno de los primeros biólogos.

Actualmente, cuando por la pantalla electrónica podemos ver la erupción de un volcán en Islandia, y simultáneamente el bostezo de un león en la sabana africana, el asombro no abunda. En esta sociedad de la información, de la imagen, de los productos descartables, en donde todo es veloz y frugal, el asombro, sobre todo en los adultos, ese motor de la curiosidad, ya casi no nos surge desde adentro, espontáneamente. Parecería que estamos adormecidos por los excesivos estímulos de tantas imágenes, que ya nada nos sorprende, y mucho menos la naturaleza.

Vivimos en una época controversial y definitoria respecto de la relación de nuestra especie con la naturaleza, y por ello estamos obligados a replantearnos nuestro vínculo con el mundo natural. Sería engañarnos a nosotros mismos, si pensáramos que no formamos parte de ese mundo o que nos diferenciamos de él, por el hecho

de construir grandes ciudades, levantar megaestructuras o desarrollar recurso tecnológicos sofisticados y complejos.

Una enseñanza que nos ofrece la ciencia actual, es que desde nuestros orígenes africanos hace aproximadamente 200.000 años atrás, nuestra especie se encuentra entrelazada a una compleja trama biológica. Sabemos también, que cada especie lleva “escrita con cuatro letras” (las bases nitrogenadas del ADN) una compleja historia evolutiva: la espectacular historia de la vida. Una historia que comienza hace 3.500 millones de años y que queda plasmada en lo que los biólogos llaman “el árbol de la vida”. La gran diversidad de especies que habitan nuestro planeta, y que podríamos ubicar en las ramas más nuevas de ese árbol, son un espectáculo natural al que todos los seres humanos estamos invitados a asistir para maravillarnos, y junto al placer estético, arribar, también, al placer del conocimiento. Actualmente, a partir del estudio de los genomas, y de los datos paleontológicos y morfológicos, podemos determinar los eventos evolutivos que configuraron la historia de la vida en la Tierra.

El estudio de ese árbol nos empuja también a tomar consciencia sobre los vínculos que nos unen a los demás seres vivos y a las relaciones que mantenemos con ellos, demostrándonos que no somos los dueños del planeta, ni de la vida que hay en él. Solo somos parte de la naturaleza.

Es la Sistemática, resurgiendo de un cierto olvido, la que aparece para brindarnos las herramientas - las mismas que siempre estuvieron, aunque mejoradas por la interacción con otras ciencias-, que nos permiten comprender y ordenar lo que a simple vista parece un caos viviente, pero cuyo ordenamiento se estructura claramente cuando todas las piezas encajan en las filogenias que conforman el árbol de la vida.

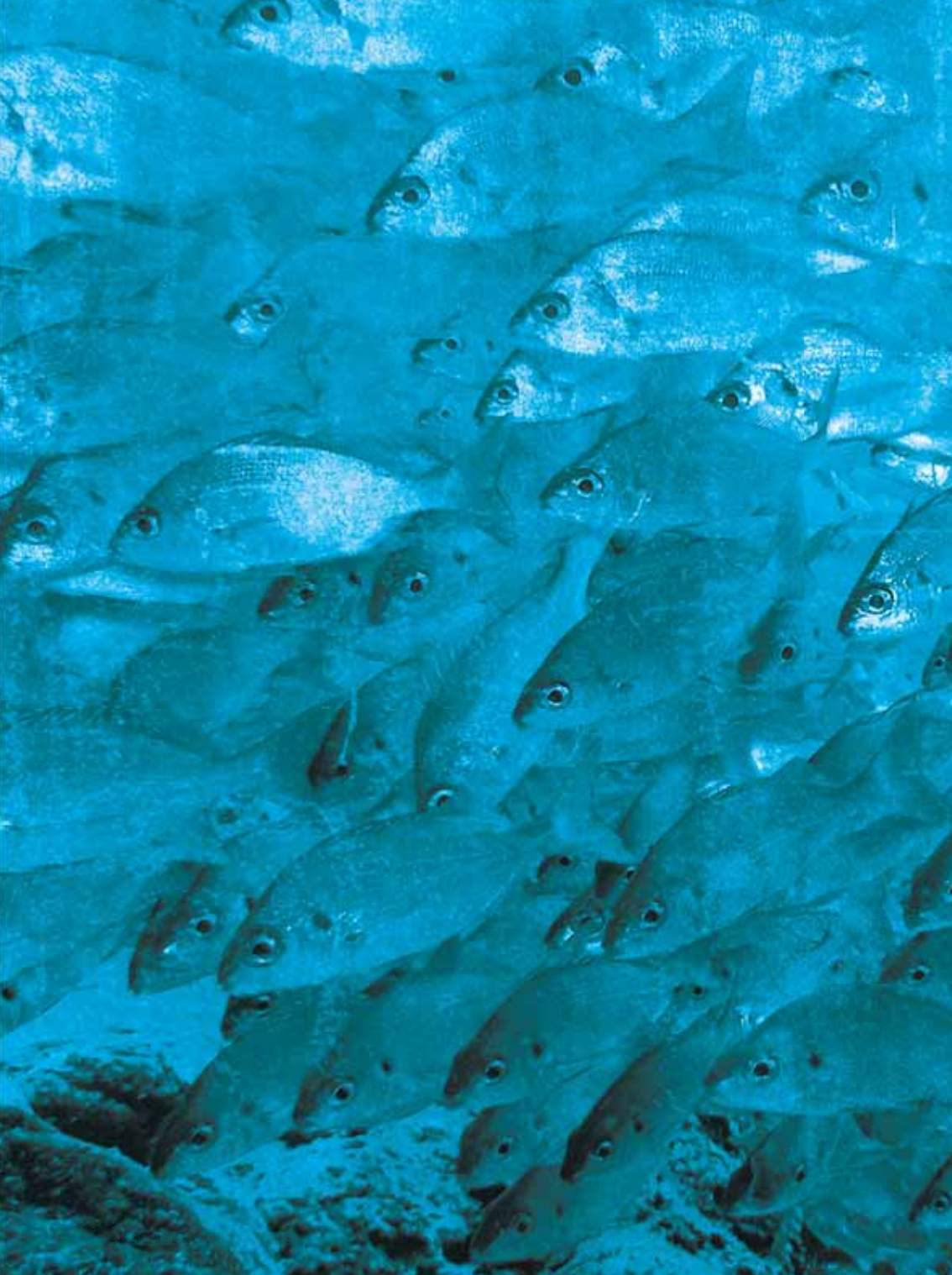
Este libro trata sobre la multiplicidad de la vida y su importancia, y sobre las

problemáticas que se han generado en busca de la justeza teórica y práctica. Se exponen también los principios y conceptos de la ciencia que se encarga de estudiar la biodiversidad: la Sistemática. En sus páginas, el lector podrá encontrar la historia de los sistemas de clasificación, las reglas y códigos que configuran la Sistemática, el concepto de biodiversidad y la problemática del término “especie”, la clasificación en Reinos de todos los seres vivos conocidos hasta el momento y la importancia de la educación en la preservación de la vida en todas sus manifestaciones.

Lo antes dicho se resume en la expresión de la intención que movió al grupo de escritores a elaborar esta obra: conocer para llegar a apreciar la importancia de la biodiversidad, y desde la valoración y aprecio, conservarla para nosotros y para las futuras generaciones. Creemos que solo desde el conocimiento y la refundación de un nuevo vínculo con la vida podremos sacar del jaque de la extinción a miles de especies, en una partida en la que está en juego hasta nuestra propia supervivencia.

Anhelamos que dicho recorrido conceptual entre historia, nociones y problemas expuestos, sirva como material de estudio para los profesorados de Biología de todo el país y ayude tanto a los formadores de formadores, como a los estudiantes a re-significar el estudio de estos temas en la formación inicial de los futuros profesores.

Este trabajo, donde cinco autores de distintas provincias de la Argentina han confluído en un proyecto común a pesar de sus particularidades, no podría haberse realizado sin el asesoramiento científico de aquel joven estudiante, que a pesar de los años transcurridos, nunca perdió su capacidad de asombro y siempre se está preguntando sobre la naturaleza, el Dr. Jorge Crisci; y de la coordinación en escritura a cargo de la Licenciada María Carrió. Para ellos, para el Instituto Nacional de Formación Docente, que tuvo confianza en nosotros y nos abrió las puertas de esta aventura y para las autoridades de UNESCO Uruguay.



CAPITULO I

Sistemática y biología: un puente hacia la biodiversidad

Claudia Liliana Ochoa

“Las leyes de la Biología están escritas en el lenguaje de la diversidad”

Edward Wilson

Biodiversidad

Término que se acuñó en 1985 y que se ha utilizado mucho desde los años noventa, tanto en los medios de comunicación masivos como en círculos científicos y en las administraciones de los estamentos públicos, es la contracción de la expresión “*diversidad biológica*”, expresa la variedad o la multiplicidad de formas del mundo biológico. Implica todos los aspectos que varían en el mundo de los seres vivos, como el número de especies, la versatilidad genética o el número de tipos de comunidades ecológicas presentes en un área. En su sentido más amplio, biodiversidad es casi sinónimo de ‘vida sobre la Tierra’ en todas sus expresiones.

Más allá de significados etimológicos, la admirable *biodiversidad* es el precioso resultado de la evolución de la vida a lo largo de millones de años sobre la Tierra, donde cada organismo desarrolló su forma particular de existencia, la cual está en delicada interacción con los otros seres vivos y con el ambiente físico en el que habita. La diversidad biológica que conocemos y la que desconocemos es el resultado de circunstancias históricas irrepetibles como los procesos geológicos, climáticos y astronómicos que ocurrieron durante millones de años en el planeta que habitamos.

Las comunidades biológicas de las cuales el hombre es parte integrante y decisiva, no son solamente la suma de grupos de individuos de ciertas especies, sino que están condicionadas y estructuradas por relaciones intraespecíficas –entre individuos de la misma especie- e interespecíficas –entre individuos de distintas especies- de predación, competencia, comensalismo, simbiosis o parasitismo. A su vez todos los componentes de cada comunidad conviven presionados por un ambiente dinámico que obliga a las poblaciones a sobreponerse al cambio constante de éste. El resultado de esta continua interacción es evolucionar o desaparecer.

Las comunidades evidencian su dinamismo mediante las relaciones que surgen entre los individuos de igual o distinta especies y que componen verdaderas tramas de vida, que constituyen en forma natural cadenas y redes tróficas, a través de las cuales circula la materia en el planeta y fluye la energía, transformada por los autótrofos en energía química a partir de la energía solar.

Estas complejas tramas vivientes junto al ambiente en que se desarrollan, componen estructuras de mayor complejidad y tamaño llamados sistemas ecológicos o ecosistemas. Existe en estos sistemas ecológicos una interrelación de los componentes, sumamente delicada, una organización surgida naturalmente, de la cual somos parte integrante y asimismo dependiente.

En los últimos milenios, el accionar de la humanidad se ha hecho cada vez más importante a tal punto que la influencia de éste factor, llamado antrópico ha sido decisivo en el desarrollo de los ecosistemas naturales debido al usufructo que hacemos de ellos.

El número de especies que integran esta trama de la vida se estima en alrededor de 13 millones. Hasta la fecha, se han identificado y descrito unos 1,75 millones, con los siguientes porcentajes: animales que incluyen vertebrados e invertebrados 74 %, plantas 20 %, hongos 3,5 % protistas 1 % y bacterias y cianobacterias 0,5 %. De todos ellos el mayor porcentaje corresponde a insectos con más del 50 % del valor total, es decir unas 750.000 especies (Lanteri y Cigliano, 2006). Insistimos, esto es lo descrito e identificado, sin embargo es muy difícil estimar el número total de especies que aún el hombre no ha conocido.

En este inmenso espectro biológico que se desarrolla en todos los subsistemas terrestres, la *Sistemática*, como disciplina biológica, es responsable de ordenar y clasificar a todos los seres vivos que el hombre ha descubierto, con el afán de organizar la biota en sistemas establecidos. Clasificar a los seres vivos es algo que hemos es-

tado haciendo desde las primeras culturas humanas hasta nuestros días. Hemos pasado de clasificaciones utilitarias a verdaderas clasificaciones científicas. El resultado de una clasificación es un sistema organizado que ofrece luego a los biólogos de las distintas especialidades herramientas para el posterior estudio de las formas de vida y sus interacciones. Desde el punto de vista teórico el trabajo dista mucho de estar terminado, pues aún se está en la búsqueda de criterios comunes y unificados debido a que se han desarrollado a lo largo de la historia diversas metodologías y criterios de clasificación.

También está inacabado el trabajo de poder conocerla, aunque mediante el incansable trabajo de sistemáticos y taxónomos el número de especies catalogadas aumenta cada año a un ritmo de unas 13.000 especies nuevas (Crisci, 2006). Las estimaciones del número total de especies que podría haber en el mundo se basan sobre todo en el número de especies hasta la fecha desconocidas que se han descubierto en zonas tropicales muestreadas meticulosamente y en la proporción que representan dentro del conjunto de muestras recogido. Estas estimaciones oscilan entre 5 y casi 100 millones de especies. Se ha propuesto un valor de aproximadamente 12,5 millones como estimación conservadora útil.

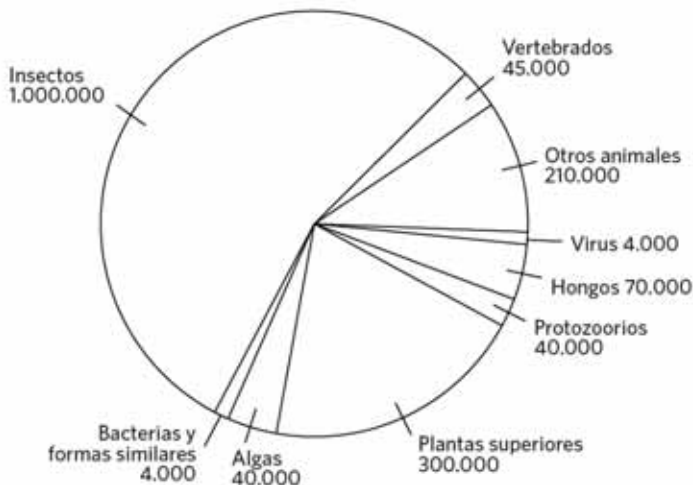
El grupo mejor inventariado es el de los animales vertebrados. En las últimas décadas se han descrito cerca de 200 nuevas especies de peces, una veintena de mamíferos y cinco especies de aves. Algunas de estas especies son realmente nuevas, pero muchas descripciones nuevas son consecuencia de la división en varias especies de lo que se tenía por una especie única. Estas redefiniciones es otra de las tareas que lleva a cabo la sistemática.

Los investigadores Marcos Vaira y Liliana Ferrari descubrieron en el año 2008 una nueva especie de "*rana hojarasca*", que habita la Ecorregión de las Yungas Andinas del Sur en el noroeste de Argentina a elevaciones entre los 1000 a 1300 m. Se denomina "*barituensis*" por ser el Baritú la localidad donde se colectara el espécimen tipo a partir del cual se describe la especie.

Oreobates barituensis, rana hojarasca del Baritú. La nueva especie comparte caracteres morfológicos tanto con la especie simpátrica *O. discoidalis*, así como con *O. ibischi* y *O. cruralis* de Bolivia. El reconocimiento de la nueva especie se confirma especialmente por las considerables diferencias en el canto de anuncio entre las especies. Se la ha encontrado también en el Parque Nacional Baritú, y localidades intermedias y próximas con el Parque Nacional Calilegua.

Pese a la idea generalizada de que no queda por descubrir ningún mamífero de gran tamaño, hace poco se han encontrado en Vietnam del Norte especies nuevas que responden a esta descripción. Un *gran mamífero desconocido* hasta ahora ha sido descubierto en el norte de Vietnam por una expedición de expertos del Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF). “Aún no sabemos de qué mamífero se trata exactamente”, ha declarado John McKinnon, jefe de la expedición. “Es seguro que pertenece a la familia de los bóvidos, y la población local lo denomina cabra del bosque, pero sus cuernos son muy diferentes de los de todas las cabras que se conocen”. Se han enviado a EE UU muestras de piel y pelo de un espécimen del mamífero para comparar su ADN con el de otras especies de bóvidos. “El descubrimiento de grandes mamíferos desconocidos es muy raro; en los últimos años sólo se han encontrado unos pocos”, ha comentado McKinnon. Fuente: EL PAÍS - Madrid - 17/07/1992

Figura 1.1: Número de especies conocidas (según grandes grupos). Crisci (2010)



¿Por qué debemos conocer la biodiversidad?

Los ecosistemas se mantienen en equilibrio gracias a la dinámica y compleja trama de organismos y factores físicos que los componen. Disminuir la biodiversidad implica desatar desequilibrios en los ecosistemas y arriesgarnos a catástrofes naturales donde las pérdidas materiales y humanas pueden ser enormes.

Los ecosistemas naturales proporcionan servicios que el hombre no puede medir en términos monetarios y que de no prestarse traerían graves consecuencias al ambiente. Entre estos servicios podemos enumerar el mantenimiento del equilibrio de gases atmosféricos, la reducción de inundaciones y sequías, la contribución a la seguridad alimentaria, el control del ciclo del agua constituyendo reservorios de agua dulce mediante la regulación del caudal de los ríos y la reposición de depósitos acuíferos, el control de la erosión edáfica y el mantenimiento de la fertilidad del suelo mediante el reciclado de nutrientes.

En todos los ecosistemas existe un movimiento continuo de materia inorgánica y orgánica. Los diferentes elementos químicos pasan del suelo, el agua o el aire a los organismos y de unos seres vivos a otros, hasta que vuelven, cerrándose el ciclo de la materia, al suelo o al agua o al aire. En el ecosistema la materia se recicla -en un ciclo cerrado- y la energía pasa - fluye- generando organización en el sistema.

Los humedales son ecosistemas representativos, muy ricos y productivos, caracterizados por la presencia de agua que determina el medio y fundamentalmente la comunidad biótica asociada a él. Se forman donde la capa freática se encuentra en superficie o cercana a ella. Son extensiones de pantanos, turberas, marismas o aguas de régimen natural o artificial. Además de ríos, arroyos, canales, acequias, mallines o vegas, bañados, e incluso extensiones de agua marina cuya profundidad no exceda los seis metros en marea baja. Estas extensiones húmedas pueden ser permanentes o temporarias, con aguas estancadas, corrientes, dulces, saladas o salobres. Entre sus funciones hidrológicas en el ecosistema podemos mencionar que reciben el exceso de agua durante tormentas o lluvias abundantes, mitigando las inundaciones. Funcionan también filtrando agua hacia las profundidades recargando acuíferos y primordialmente actúan como focos de almacenamiento de agua. Otros atributos de los humedales es que constituyen importantes bancos genéticos y revisten una gran importancia sociocultural. Proveedores de abundante energía a los ecosistemas, y dentro de esto, proveedores de recursos para ganadería, agricultura y pesca a las comunidades locales, así como sitios de turismo y recreación.

Sin embargo además de sus características y ventajas ambientales nos interesan sus funciones ecológicas entre las cuáles podemos mencionar el rol de las plantas que allí viven que ayudan a fijar los sedimentos y pueden reducir la fijación excesiva de nitrógeno, descomponiéndolo cuando proviene en abundancia de los fertilizantes, al igual que el fósforo, como así también contribuir a la eliminación de elementos patógenos. Otro aspecto importante es la contribución de los humedales de agua dulce como lagos o lagunas a la mayor diversidad de especies comparados con los ecosistemas marinos o terrestres.

La Convención sobre los Humedales (Ramsar 71) es un tratado intergubernamental aprobado el 2 de febrero de 1971 en la ciudad iraní de Ramsar, relativo a la conservación y el uso racional de los humedales. En nuestro país los humedales son abundantes y entre ellos merece una mención especial la Laguna Llanquanelo situada en la provincia de Mendoza, cubriendo una superficie de 65.000 ha. Es igualmente una Reserva Provincial de Fauna Silvestre, que fuera incluida en la Lista de Humedales de Importancia Internacional en el año 1995, por la Convención sobre los Humedales. La Laguna de Llanquanelo es una laguna salada de ambiente semi-desértico ubicada en una depresión al pie de la Cordillera de los Andes Centrales que hace parte de una cuenca endorreica. En este sistema se albergan poblaciones de hasta 150.000 individuos, pertenecientes a 74 especies de aves acuáticas.

En cuanto a la flora más importante, debido a que Llanquanelo se encuentra enclavada en zonas áridas, el componente florístico del tipo hidrófilo es particularmente importante como recurso natural, tanto alimenticio para herbívoros como para refugio y área de nidificación de una importante cantidad de especies de aves acuáticas y otras. Por lo tanto las comunidades vegetales de *Scirpus*, *Stipa*, *Juncus*, que forman verdaderas trincheras en la zona de desembocadura de la mayoría de los afluentes que llegan a la laguna, son importantes para ser conservadas. Otra comunidad particularmente interesante es la de *Frankenia* que ocupa campos sensibles a la erosión eólica. Esta especie (*F. juniperoides*) se comporta como contenedora de suelos.

El valor de la biodiversidad

Sabemos que la biodiversidad son los elementos constituyentes de los ecosistemas, pero tal vez no tenemos tan claro que además tiene para el hombre, valores que son altamente benéficos y hasta vitales.

Hay un valor económico, en la actualidad, el mercado mundial demanda nuevos sabores y presentaciones. Las últimas tendencias muestran consumidores que andan a la búsqueda de alimentos saludables y nutritivos. Los mercados verdes, los productos gourmet, orgánicos o étnicos. Su carácter distintivo está en la presencia de componentes nutraceuticos que los hacen atractivos, como son los casos de la algarrobina, es un producto derivado de la algarroba muy apreciado en gastronomía, sobre todo en Hispanoamérica. Con los frutos maduros del algarrobo se prepara un hervido del que se concentran los azúcares naturales que es un gran alimento por sus propiedades vitamínicas y proteicas. , la miel de abeja, las algas, los tubérculos de yacón (*Smallanthus sonchifolius*) y la raíz de maca (*Lepidium meyenii*).

Otro valor fundamental de la biodiversidad es que constituye un reservorio importante de fuentes de energía, como lo demuestra la industria del carbón de leña en los ecosistemas boscosos o de turba, producida esencialmente por una especie de musgo.

Hay un valor estético de la biodiversidad que se manifiesta en todas aquellas cosas bellas que nos proporciona la naturaleza, desde la majestuosidad de un yagueté a la pasibilidad de un bosque o la escena bucólica de una pradera. Este valor estético redunda en el valor económico, ya que es la base del turismo.

El valor científico se hace presente cuando reflexionamos como a través del estudio de la biodiversidad obtenemos nuevos conocimientos científicos. En primer lugar la biodiversidad nos proporciona un excelente modo de estudiar la evolución, tanto desde el punto de vista histórico, estableciendo relaciones de filogenia entre los organismos, como desde el punto de vista de los mecanismos de la misma. También el estudio de la conducta animal puede darnos pistas sobre nuestro propio comportamiento. Otro buen ejemplo de este valor científico es el uso de la mosca *Drosophilla melanogaster*, para los estudios de genética por poseer grandes cromosomas y presentar mucha variabilidad, a lo que se suma la rápida tasa reproductiva que acorta los plazos de investigación.

El valor ético se pone de manifiesto cuando los distintos seres vivos nos ponen en la encrucijada de tener que valorarlos más allá de nuestro propio egoísmo y considerar que tienen el mismo derecho a existir que nosotros, únicos animales conocidos capaces de reflexionar sobre la propia existencia y comportamiento.

Biodiversidad en todos los niveles

El mundo biológico naturalmente se encuentra organizado en un conjunto de complejidad creciente donde se ubican, en un extremo que resulta invisible al ojo humano, las moléculas inorgánicas, orgánicas y biomoléculas, las que constituyen unidades de construcción de la materia viva, y en el otro extremo, -pasando por todos los niveles intermedios- se encuentran los biomas terrestres, grandes extensiones biogeográficas configuradas a partir de las características de sus ecosistemas.

Atendiendo a estos niveles de complejidad se consideran tres niveles jerárquicos de biodiversidad que se interrelacionan de manera particular entre sí. Esos niveles sobresalientes entre otras categorías posibles son: genes, especies y ecosistemas.

Diversidad de especies

En la práctica, la diversidad de especies constituye un aspecto central para realizar una evaluación eficiente de la diversidad en los demás niveles. Sería por convención el punto esencial de referencia y constituye el punto de cotejo constante y obligado para la gran mayoría de estudios asociados a la biodiversidad.

Los mecanismos de especiación evolutiva consisten en la formación de una nueva especie a partir de otra preexistente cuando la naturaleza ejerce su presión y selecciona organismos con ventajas evolutivas del espectro de la diversidad poblacional. Estos organismos con ciertas ventajas y diferencias se van alejando evolutivamente y diversificando. Cuando los mecanismos evolutivos generan cambios genéticos lo suficientemente grandes como para que no pueda ocurrir el apareamiento aleatorio entre los individuos de la especie original, y entre los cuáles se produce un aislamiento que por consiguiente origina una diversificación o división, la misma puede originar una especie nueva. La especie es considerada -generalmente- la divisa básica de la biología, aún a pesar de la controversia y discusiones en torno a su designación.

La riqueza de especies es el número de ellas presentes en una comunidad o unidad geográfica arbitrariamente definida. El número de especies se puede contar en cualquier lugar en que se tomen muestras, en particular si la atención se concentra en organismos conocidos y de fácil acceso (como mamíferos o aves). También es posible estimar este número en una región o un país (aunque el error aumenta con la extensión del territorio). Esta medida constituye una estimación de la biodiversidad

del lugar y aunque es un concepto práctico y sencillo de evaluar, es una medida incompleta de la diversidad y presenta limitaciones cuando se trata de comparar la diversidad entre lugares, áreas o países. La riqueza de especies varía geográficamente según las condiciones climáticas y edáficas determinando la riqueza biogeográfica. Las áreas más cálidas del planeta tienden a mantener más especies que las más frías, y las más húmedas con un sustrato enriquecido para la biota son más ricas que las más secas, donde la aridez o escasez de agua limita las condiciones aptas para la vida. Las zonas con menores variaciones estacionales suelen ser más ricas que aquellas con estaciones muy marcadas.

La abundancia se refiere al número de individuos de una población, teniendo en cuenta su densidad en las áreas habitadas y el número y tamaño de estas áreas. Diversidad de especies hace referencia a un índice de diversidad de la comunidad que incluye tanto la riqueza como la abundancia relativa de las especies.

Para calcular el índice de biodiversidad se emplean cálculos matemáticos un tanto complejos propuestos por los investigadores: Shannon-Weiner, Brillouin, Simpson o Margalef.

Si tomamos como ejemplo la fórmula para el índice de Simpson es:

$$D = \frac{\sum_{i=1}^S n_i (n_i - 1)}{N(N-1)}$$

Donde S es el número de especies, N es el total de organismos presentes (o unidades cuadradas) y n es el número de ejemplares por especie.

El índice de Simpson fue propuesto por el británico Edward H. Simpson en la revista Nature en 1949.

El conocimiento básico de la riqueza de especies o cualquiera de sus aspectos, es una herramienta fundamental para el correcto diseño de planes de manejo y toma de decisiones políticas respecto a su conservación y uso sostenible.

Para ejemplificar estos conceptos tomaremos la descripción de un estudio intensivo realizado en la planicie inundable del río Paraná, el mismo fue llevado a cabo por los investigadores del CONICET, la Doctora Alicia Poi de Neiff y el Doctor Juan J. Neiff, mediante el estudio realizado fueron analizados cinco lugares del área referida, los

cuales presentaban semejanzas ambientales fundamentalmente en la composición físico química del agua y con particular dominancia de especies vegetales macrófitas –plantas acuáticas macroscópicas con adaptaciones especiales para la vida acuática, como cutícula fina, estomas no funcionales y estructuras poco lignificadas, pudiendo ser fijas al sustrato o flotantes–, en este estudio aspiraban probar la hipótesis que la riqueza de especies de invertebrados se encuentra influenciada por la presencia y composición de éstas plantas acuáticas. Compararon la similitud entre 7 grupos taxonómicos de especies de plantas flotantes y arraigadas. El número de especies dentro de cada grupo se usó para determinar la importancia de las macrófitas como sustrato. Encontraron en el área de estudio donde se efectuaron las recolecciones 8 grupos mayores de organismos invertebrados que abarcaban 53 familias y 152 especies. Determinando que el rango de riqueza de especies fue *Eichhornia azurea*, *Eichhornia crassipes*, *Paspalum repens*, *Pistia stratiote*, *Salvinia biloba*, *Azolla caroliniana*, *Lemna* sp. Luego de analizar la relación entre el número de especies de invertebrados encontrados y la biomasa de las macrófitas, los resultados llevaron a la conclusión que en las áreas inundables de la planicie del río Paraná hubo un alto número de especies de colectores o depredadores de la vegetación predominante como sustrato, determinando la mayor riqueza de los mismos.

Diversidad genética

Existe una diversidad que se oculta a nuestros ojos y sin embargo es en grado importante aunque no absoluto la determinante de las formas simples o caprichosas, de los colores imaginables e inimaginables, de los hábitos conocidos y desconocidos, en que se expresa la vida en todo su esplendor. Esta diversidad que actúa a nivel molecular es la *diversidad genética*, la cual codifica en segmentos de *ADN* (Ácido desoxirribonucleico) llamados *genes* o *alelos* la información hereditaria que se manifiesta en todas las características de los seres vivos. Estos genes llevan, por lo tanto, en su estructura química el código para cada característica biológica que, en interacción con el ambiente, genera la diversidad de individuos u organismos. La manifestación de esa diversidad genética es la multiplicidad bioquímica y de formas de vida que habitan sobre la tierra: las formas corporales, los colores, los medios de locomoción, el perfumes de las flores, el canto de los pájaros, los mecanismos de defensa y ataque, los cortejos de apareamiento, el cuidado de las crías, la búsqueda de la pareja.

La diversidad genética abarca poblaciones determinadas de la misma especie (como los miles de variedades tradicionales de arroz de la India) o la variación genética de una población (que es muy elevada entre los rinocerontes de la India, por ejemplo, y muy escasa entre los chitas). Hasta hace poco, las medidas de la diversidad genética se aplicaban principalmente a las especies y poblaciones domesticadas conservadas en zoológicos o jardines botánicos, pero las técnicas se aplican cada vez más a las especies silvestres. En la población humana actual existen multitud de diferencias a nivel del ADN entre diversas personas y que de ellas dependen las diferencias observables (color del pelo, de los ojos, grupos sanguíneos...) o de tipo funcional. A lo largo de la historia de la especie humana ha habido grandes desplazamientos geográficos. Las diversas líneas migratorias han dado lugar a poblaciones que, hasta hace relativamente poco tiempo, han evolucionado en paralelo pero de forma independiente. Por lo tanto, algunas de las mutaciones acumuladas y favorecidas selectivamente por diferentes factores ambientales (dieta, enfermedades...), aparecen en determinados grupos de población pero no en otros. Así, por ejemplo, la población de origen asiático tienen algunos de estos elementos genéticos que están ausentes o muy poco representados en personas de origen africano o en europeos; lo mismo ocurre con descendientes de grupos aborígenes sudamericanos, que han vivido aislados durante miles de años. Posteriormente, a medida que esos grupos poblacionales se fueron mezclando, sus descendientes fueron combinando los elementos genéticos diferenciales de cada línea. La diversidad genética es la base para la superación de obstáculos por parte de las poblaciones frente a los cambios en el ambiente biofísico. Representa el potencial origen de la diversidad estructural, funcional y de comportamiento de los seres vivos, diferencias que les otorgarán ventajas o aptitudes biológicas a unos individuos sobre otros dentro del espectro de variabilidad en un ambiente dado, y en consecuencia tendrán la posibilidad de aumentar su tasa reproductiva, que generará a nivel poblacional un aumento de la frecuencia de los alelos más aptos en ese ambiente en particular.

Las variaciones presentes entre los organismos de una población y su potencial heredabilidad, constituyen el fundamento de toda la biodiversidad actual.

Los individuos de una población que constituyen una especie comparten una reserva de genes y en consecuencia de diversidad genética, designada también como acervo genético, patrimonio o reserva génica, llamado en inglés "gene pool" -pool génico-. El acervo genético de una especie o población es el conjunto completo de

genes o alelos únicos que se encontrarían al analizar el material genético de la totalidad de los individuos que conforman dicha población. La disponibilidad de un acervo genético amplio se asocia por consiguiente a una diversidad genética amplia -cuántos más individuos con diferencias en sus características biológicas o fenotípicas constituyen la población, mayor número y variabilidad de genes conformarán el acervo génico de dicha población. Esta característica se asocia por consiguiente con poblaciones consideradas robustas genéticamente, lo cual significa que tienen mejores posibilidades de sobrevivir a intensos eventos de selección natural, al disponer de mayor variabilidad genética y fenotípica para enfrentar los acontecimientos que impone la naturaleza. Por otra parte una baja tasa de diversidad genética y fenotípica puede reducir la adaptabilidad de los individuos y aumentar la posibilidad de fracaso de la población expuesta a las presiones de selección natural, frente a las cuales ven reducidas sus variantes para tener éxito frente al cambio, quedando por consiguiente comprometidas seriamente sus posibilidades de evolución y acrecentando en oposición las posibilidades de extinción.

Aunque la herencia en algunas de esas poblaciones puede diferenciarse notablemente de otras, es particular el caso de poblaciones alejadas o separadas entre sí cuando se encuentran muy extendidas en un ambiente. Si se extinguen poblaciones portadoras de una determinada variable genética, aunque la especie sobreviva la selección natural cuenta con una merma en el espectro genético sobre el cual actuar, comprometiendo las oportunidades de cambio evolutivo ya que la disminución de diversidad genética dentro de una especie se llamada erosión genética, reduce en forma alarmante las posibilidades de enfrentar modificaciones ambientales el ambiente para los individuos.

Todos estos caracteres posibilitan a los taxónomos y sistemáticos organizar a los seres vivos en sistemas clasificatorios para que puedan ser catalogados, agrupados y estudiados por el resto de los biólogos, en función de sus diferencias genéticas.

La biodiversidad, como diversidad de la Vida, es una cualidad que caracteriza a todos sus procesos. Se halla implicada en todas las formas a través de las cuales las sociedades transforman la naturaleza en la búsqueda de su “bienestar”. No obstante, en el mundo occidental, dichos procesos de transformación se han realizado históricamente siguiendo las tendencias del mercado mundial, utilizando selectivamente aquellos recursos naturales con ventajas comparativas, afectando y degradando otros con potencialidades desconocidas. “Las economías de escala, han privilegiado las formas

homogeneizantes de explotación de los recursos naturales, generando erosión genética y afectando la heterogeneidad de los ecosistemas” (Revista del PNUMA, 1998).

Diversidad de ecosistemas

Un océano, un lago, un bosque, o incluso, un árbol y hasta un hueco dentro del mismo árbol poseen patrones de funcionamiento en los que podemos encontrar paralelismos fundamentales que nos permiten agruparlos en el concepto de *ecosistema*.

Los ecosistemas son el nivel jerárquico más inclusivo de diversidad biológica, como los que se desarrollan en los desiertos cálidos o fríos, las selvas, los bosques tropicales, los humedales, las praderas, las montañas, los lagos, los ríos y todo paisaje que incluya comunidades que interactúen entre sí.

Este nivel de *diversidad ecológica* a gran escala determina la formación sobre la tierra de grandes zonas reconocibles por sus características de biota (comunidad de seres vivos) y biotopo (hábitat), definidas como *Biomás*, que abarcan grandes extensiones físicas sobre los continentes y océanos del planeta.

La Tierra en su conjunto es considerada el ecosistema mayor y se le da la denominación de *ecosfera* o *biosfera*. Dentro de este gran sistema hay subsistemas que son ecosistemas más delimitados, como la *hidrósfera* (ecosistemas acuáticos dulces, salobres y salados), la *litósfera* (ecosistemas terrestres) y la *atmósfera* (ecosistemas aéreos).

El funcionamiento de todos los ecosistemas es similar. Todos necesitan una *fuerza de energía*, que, fluyendo a través de los distintos componentes del ecosistema, mantiene la vida y moviliza a los elementos materiales como el agua y los nutrientes en un ciclo, pasando de un componente a otro para regresar luego al lugar de donde partió. La fuente primera y principal de energía y vida para la biosfera es el sol.

Evaluar la *diversidad de ecosistemas*, es decir, la diversidad a escala de hábitat o comunidad, sigue siendo un asunto problemático, ya que las unidades principales que actualmente se consideran ecosistemas representan distintas partes de un continuo dinámico y difícil de separar para su estudio. Éste es sin duda el peor definido de todos los aspectos cubiertos por el término biodiversidad. La diversidad de los ecosistemas puede evaluarse en términos de distribución mundial o continental de tipos de ecosistemas definidos con carácter general, o bien en términos de diversidad de especies dentro de los ecosistemas y también tomando como base el tipo de ambiente físico.

Hay varios esquemas de clasificación mundial, que hacen mayor o menor hincapié en el clima, la vegetación, la biogeografía, la vegetación potencial o la vegetación modificada por el hombre.

Entre los principales ecosistemas terrestres podríamos citar:

- *Zonas heladas*. Zonas árticas. Frío intenso todo el año. Suelo congelado. Osos, focas, nutrias. Sólo hay vida en las costas.
- *Tundra*. Veranos breves e inviernos largos y muy fríos. Musgos, líquenes, sauces enanos, renos, lemmings, zorros, distintas aves.
- *Taiga*. Temperaturas bajas en invierno y deshielo en verano. Bosques de coníferas, lince, lobos, ardillas, osos.
- *Bosque caducifolio*. Gran humedad. Temperaturas moderadas. Árboles de hoja caduca: hayas, robles, castaños. Fauna muy variada.
- *Pradera*. Diferencias muy acusadas de temperatura. Pocas precipitaciones. Vegetación herbácea. Grandes herbívoros, roedores, aves.
- *Bosque mediterráneo*. Inviernos suaves y veranos muy calurosos. Precipitaciones bajas, sobre todo en verano. Árboles de hoja perenne: encinas, alcornoques. Fauna muy variada.
- *Desierto*. Precipitaciones muy escasas y fuertes oscilaciones de temperatura. Escasos vegetales. Termitas, reptiles, camélidos.
- *Sabana*. Una estación seca y otra de lluvias. Predominio de herbáceas con árboles dispersos. Gacelas, leones, cebras, ñus.
- *Selva ecuatorial*. Temperaturas elevadas y constantes. Abundantes lluvias. Exuberante vegetación. Monos, aves, reptiles, anfibio, insectos.

Estos esquemas pueden aportar una visión general de la diversidad mundial de tipos de ecosistemas, pero proporcionan relativamente poca información sobre diversidad comparativa dentro de los ecosistemas y entre ellos. La diversidad de ecosistemas suele evaluarse en términos de diversidad de especies. Esto puede abarcar la evaluación de su abundancia relativa; desde este punto de vista, un sistema formado por especies presentes con una abundancia más uniforme se considera más diverso que otro con valores de abundancia extremos.

Tal vez si analizamos la dinámica de un ecosistema particular como es “*el hueco en un árbol*”, podamos dimensionar su significado; el mismo repleto de hojas acumuladas durante años madera descompuesta y organismos, infestado de bacterias y

otros microbios por donde además circulan larvas de insectos.

Un biólogo de la universidad de Washington en St. Louis, el ecólogo Jamie Kneitel de WUSTL ha estudiado el ecosistema del hueco de un árbol y el impacto que tres factores —depredación, recursos y cambios (disturbios) — tienen en la diversidad de las especies que se encuentran allí. Él ha estudiado los efectos de tres parámetros diferentes en ese mundo de bichos-que-comen-bichos que se encuentra en ese ecosistema asombroso y aparentemente inofensivo que se está revelando y dice “Es una guerra dentro del hueco de un árbol”. Jamie Kneitel, investigador post doctoral en biología de la universidad de Washington en St. Louis, y Jonathan Chase, profesor auxiliar de biología de la universidad de Washington, han encontrado que la modificación de cualquiera de esos factores cambia la conformación de la comunidad. Se pueden encontrar huecos en los árboles en cualquier bosque, pero a pesar de esto es un ecosistema asombrosamente pasado por alto por los ecólogos. Creado por la pérdida de una rama o un tronco deformado, el agujero del árbol recoge agua, que da soporte a la comunidad acuática que permite que un ecólogo se haga preguntas ecológicas fundamentales. En este pequeño ecosistema caen insectos y hojas en el agua acumulada y se descomponen, lo que proporciona la energía para los centenares de especies, incluyendo bacterias, protozoos y de larvas del mosquito. Es una comunidad generalmente próspera donde todos estos bichos luchan en una mini condición de supervivencia del más apto. Para realizar su estudio, reconstruyó el ecosistema de hueco de árbol en laboratorio, lo que le permitió cambiar parámetros para crear diversas situaciones ecológicas. La modificación más común en un agujero del árbol es la carencia del agua. La competencia por los recursos y el suministro de alimentos, y la depredación entre los tres organismos básicos —protozoarios, rotíferos y larvas de mosquito— es desenfrenada, y varía dependiendo de los recursos y las modificaciones que se aplican. *“Los depredadores, recursos y modificaciones son los factores más comunes que afectan a las comunidades, pero pocos estudios observan todos estos factores juntos”*, dijo Kneitel. No es sorpresivo entonces que los depredadores, los recursos y los cambios tengan efectos realmente fuertes, pero el hallazgo interesante es cómo obran recíprocamente estos factores diversos. *“La composición de la comunidad fue alterada en todos los tratamientos, dependiendo de cuáles tratamientos estaban presentes. Asociamos ciertas especies a cada uno de los tratamientos; los tratamientos sobre depredadores en aquellos tolerantes a los depredadores, los tratamientos de cambios en los tolerantes a los cambios, etcétera”*.

Estudió entre 20 y 25 especies de protozoos y cuatro rotíferos; los protozoos son organismos unicelulares, los rotíferos multicelulares, y sin embargo hay protozoarios que son más grandes que los rotíferos y los cazan. Las larvas de los mosquitos buscan y filtran, y atacan para alimentarse a cualquiera de los grupos de especies. *“Es guerra dentro de un agujero”*, dijo el investigador. Que luego agregó: *“Descubrimos que el efecto más fuerte de la depredación es cuando no hay cambios. Los cambios tienen su efecto más fuerte cuando hay poca depredación. Cuando no hay cambios o depredación, la fuente primaria de extinción es la competencia. Un cambio —un agujero de árbol que se seca— mata a casi todo, pero ciertos protozoos son capaces de quedar inactivos y sobreviven el ciclo”*. La mayoría de los estudios de este tipo observan dos factores, en comparación con los tres que él y Chase estudiaron. Sus resultados demostraron que si se cambia alguno de los tres factores se altera el aspecto de la comunidad, Descubrieron asimismo que tenían un grupo” de especies que eran buenas competidoras, otras que eran buenas en la tolerancia contra depredadores y finalmente aquellas que pudieron sobrevivir a pesar del cambio. Estas diferencias en las características de las especies, que representan sus nichos ecológicos, es decir el “rol” que desempeña dentro de la comunidad permiten que coexistan muchas especies juntas en diversas escalas espaciales. Esta dinámica ecológica es válida para todas las comunidades. La escala del sistema del hueco del árbol permite que él se haga preguntas importantes sobre los ecosistemas que no se pueden formular en una escala grande. *“Uno no puede realmente hacer estos tipos de preguntas usando organismos de vida extensa como lobos y poblaciones de ciervos”*, dijo el investigador. *“Lleva años y años ver los efectos de la depredación y de los cambios en la dinámica de la población. Con estas comunidades, se puede hacer un experimento en un mes.”*

La diversidad biológica en riesgo

La disminución en el número de animales tan sensibles como los pandas, los tigres, los elefantes, las ballenas y diversas especies de aves han atraído la atención mundial hacia el problema de las especies en peligro de extinción. Hay algunas grupos de especies clasificados así por los sistemáticos que han estado desapareciendo a un ritmo entre 50 y 100 veces superior al ritmo natural, y se prevé que esto se intensifique de forma dramática. El análisis de restos animales, sobre todo huesos y caparazones de moluscos fósiles, y de datos históricos revela que desde el comienzo

del siglo XVII se han extinguido unas 600 especies. Desde luego, esto no constituye el cuadro completo, pues muchas especies se han extinguido sin que la humanidad tenga conocimiento de ello.

Las extinciones registradas han aumentado mucho desde principios del siglo XIX hasta mediados del XX, y han disminuido desde entonces. Este descenso aparente puede ser consecuencia de las iniciativas de conservación adoptadas en el curso de las últimas décadas, o bien reflejar el hecho de que pueden pasar muchos años entre la última vez que se ve una especie y el momento en que puede registrarse como extinguida con cierta seguridad.

Los osos polares, hipopótamos, gacelas, tiburones, peces de agua dulce y flores del Mediterráneo figuran entre las más de 16 mil especies de animales y plantas en peligro de extinción, según datos de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN).

En su *Lista roja de especies amenazadas 2006*, la organización ecologista precisó que el número de especies amenazadas es de 16 mil 119, mientras 784 han sido declaradas extintas y 65 sólo se pueden encontrar en cautiverio o en cultivo. Entre las especies en peligro de extinción se encuentran uno de cada tres anfibios, una cuarta parte de los árboles de coníferas del mundo, así como una de cada ocho aves y uno de cada cuatro mamíferos.

¿Cuántas especies están en peligro de extinción en el mundo actualmente?

Hasta 2009, se habían evaluado 47 677 especies, de las cuales el 36% se considera en peligro de extinción; mientras que, de las 25 485 especies de los grupos evaluados en su totalidad (mamíferos, aves, anfibios, corales, cangrejos de agua dulce, cícadas y coníferas), el 21% se considera amenazado. De las 12 055 especies vegetales evaluadas, el 70% está en peligro. Sin embargo, en esta muestra están representadas de más las especies de plantas con mayor riesgo medio de extinción.

La pérdida de la diversidad biológica con frecuencia reduce la productividad de los ecosistemas y de esta manera disminuyen los bienes y servicios que nos ofrece la biosfera, y de la cual sacamos provecho constantemente. Hay distintos factores por lo que las especies desaparecen. Dos de estos están directamente relacionados con la disminución de componentes o degradación de los otros niveles de biodiversidad.

sidad: Durante miles de años el hombre ha logrado reproducir artificialmente una vasta gama de especies domesticadas importantes para cubrir diferentes necesidades humanas fundamentalmente la alimentación, pero ha reducido de esta manera la *diversidad genética* natural al seleccionar en forma artificial aquellas características comercialmente más valiosas.

La otra amenaza más grave es la *fragmentación, degradación y la pérdida directa* de los ecosistemas nativos, es decir la pérdida de *diversidad de ecosistemas*. Observaciones de campo han confirmado que hay una relación entre el tamaño de un área y el número de especies que contiene. Con la fragmentación y destrucción de un hábitat se produce un cambio progresivo o evolución en la configuración del paisaje que puede definirse adecuadamente mediante las tendencias de cinco variables paisajísticas que cambian simultáneamente y que tienen, en conjunto, una incidencia perniciosa sobre la supervivencia de las especies afectadas. Una pérdida regional en la *cantidad de hábitat*, con la consiguiente reducción del tamaño de las poblaciones de los organismos afectados. Como consecuencia, disminuye la *densidad regional* de las especies es decir el número de individuos por unidad de superficie en toda la región considerada, un buen índice de su capacidad para detener extinciones puntuales mediante el aporte de individuos desde sectores menos alterados. Una disminución del *tamaño medio* y un aumento del *número de los fragmentos de hábitat* resultantes reducen progresivamente el tamaño de las poblaciones mantenidas por cada uno de los fragmentos, aumentando así el riesgo de que alcancen un umbral por debajo del cual son inviables. Por otro lado un aumento de la *distancia entre fragmentos*, genera la consiguiente dificultad para el intercambio de individuos entre las poblaciones aisladas, así como para reponerse, por recolonización de una eventual extinción. Por último, se produce un aumento de la relación perímetro/superficie y, por consiguiente, una mayor exposición del hábitat fragmentado a múltiples interferencias procedentes de los hábitats periféricos, se da así un creciente *efecto de borde* que origina un deterioro de la calidad del hábitat en regresión, afectando a la supervivencia de las poblaciones acantonadas en los fragmentos.

Las perturbaciones naturales producidas por la caída de grandes árboles, corrimientos de tierra, inundaciones, incendios o huracanes, dan lugar a cambios continuos en la estructura del territorio generando un paisaje heterogéneo y dinámico. No es este parcelado natural, sin embargo, el que preocupa desde una perspectiva conservacionista, sino su atomización adicional por causa de la acción humana. Una

imagen muy familiar, por ejemplo, es la destrucción y fragmentación de los bosques por la expansión de cultivos y pastizales o la eliminación de los terrenos agrícolas en beneficio de las áreas urbanas. Los bosques nativos de Argentina han sido sometidos a severos procesos de degradación y en muchas partes se encuentran seriamente comprometidas sus posibilidades de proporcionar bienes y servicios. Sin embargo el hecho de que los bosques estén degradados no significa que hayan perdido su potencial, por el contrario, son bosques que bajo prácticas silvícolas tendientes al manejo sustentable pueden ser recuperados. La magnitud de este último proceso puede apreciarse, en forma preliminar, a partir de datos del Primer Inventario Nacional de Bosques Nativos. Por ejemplo, en la región del parque chaqueño, donde el proceso de degradación es notable, de un total de 459 parcelas relevadas solo 31 (7 %) se hallaban en su estado natural mientras que el 93 % restante presentaba signos de intervención antrópica (47 % ganadería, 41 % extracción forestal, 4 % agroforestería). Teniendo en cuenta que los bosques nativos en definitiva son fuente de recursos para la población de un país, un indicador de utilidad puede ser la superficie de bosque nativo per cápita. En este sentido, la población de Argentina pasó de aproximadamente 18 millones de personas en 1941 a 36 millones de personas en 2001 y la superficie de bosque nativo disminuyó constantemente. En 1940 se disponía de más de 2 ha de bosque nativo por persona y en la actualidad este valor es inferior a 1 ha. Fuente: Dirección de Bosques. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable.

En todos estos casos, las especies de los hábitats en retroceso ven reducir el territorio disponible a la vez que se enfrentan a una creciente atomización de sus poblaciones. Este proceso es tan antiguo como la expansión agrícola de la humanidad, sólo que ahora se ha intensificado por una capacidad tecnológica que no conoce barreras.

La fragmentación y deterioro del hábitat terminan por producir una atomización de las distribuciones originales en subpoblaciones cada vez más pequeñas y aisladas, sometidas a problemas crecientes de viabilidad genética y demográfica. Numerosos trabajos prueban que en las etapas finales de los procesos de fragmentación las condiciones son tan restrictivas que pueden afectar negativamente a parámetros tales como la condición corporal, el esfuerzo reproductivo, la estabilidad durante el desarrollo o el comportamiento.

El proceso de fragmentación es crítico para las comunidades de árboles, debido a su poca movilidad y a la dependencia de animales e insectos para su polinización

y dispersión. La evidencia encontrada mostró que tanto árboles como animales se ven negativamente afectados por los efectos de fragmentación.

La necesidad de conservar fragmentos pequeños y medianos (125 ha) sugiere implementar sistemas de conservación de bosques relictuales de propiedad privada, ello sumaría a los esfuerzos realizados por el Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Estado y mitigaría los efectos críticos de la fragmentación y aislamiento de las comunidades arbóreas. El fomento de corredores biológicos y el establecimiento de una matriz menos hostil (campos silvopastoriles-silvoagrícolas) aumentarían la probabilidad de recolonización de especies.

Esto conduce a paisajes en los que en fases avanzadas se puede observar la falta de muchas de las especies originales. A estos dos factores tenemos que agregar otros como la contaminación por desechos y productos químicos, que es considerada por muchos como el peor daño causado por el hombre en todos los ecosistemas. Las modificaciones ocasionadas se producen en todos los subsistemas ecológicos: atmósfera, por ejemplo con la lluvia ácida y el aumento de la concentración de dióxido de carbono; la litósfera con los grandes basurales y la hidrósfera con los grandes derrames de petróleo.

La sobrepoblación humana, que se manifiesta ya en ciertas áreas, sumada al desequilibrio entre la distribución y el consumo de la riqueza en el planeta generan que ante la falta de recursos, la población se expande sobre ecosistemas aún no modificados en busca de cubrir sus necesidades.

La misma sobreexplotación de recursos suele producir incendios, ocasionados o accidentales, que tienen el efecto de destruir amplias extensiones de ecosistema, eliminando prácticamente cualquier forma de vida. Si estas zonas son demasiado amplias o quedan permanentemente expuestas a la acción de otros factores de deterioro, en donde se encontraba un enorme y productivo bosque, por ejemplo, se puede instalar ahora una zona árida de matorral o el principio de un desierto.

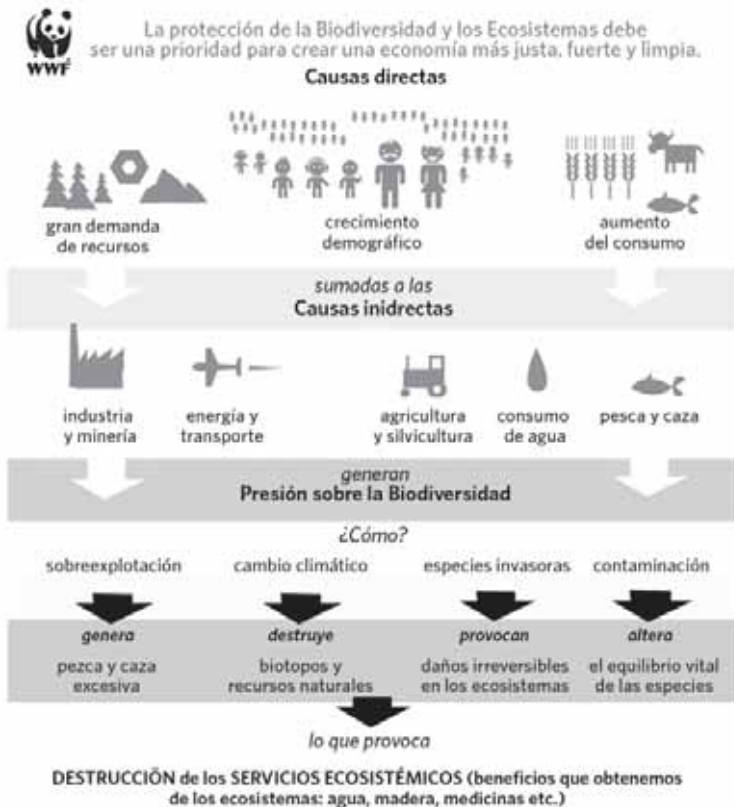
El desmonte para establecer zonas de cultivo o para la ganadería, muy relacionado con los incendios, es tal vez, una de las modificaciones más serias y frecuentes que sufren las zonas boscosas, donde se halla la mayor diversidad biológica.

Sin llegar al desmonte, la intromisión de ganado de diferente tipo, va reduciendo continuamente la extensión del bosque y otros ecosistemas donde el sobrepastoreo agota los recursos vegetales en todo el mundo. Es importante señalar que la alternativa de usar el suelo de bosque o de selva para la agricultura no ha ofrecido una

buena alternativa, los suelos se agotan rápidamente y al quitar el bosque, las condiciones ambientales, antes propicias, se transforman dramáticamente reduciendo las ganancias que se creía se iban a obtener. Si se considera que en las regiones tropicales húmedas se necesitan de 1.5 a 4 hectáreas para alimentar a una sola vaca, podemos imaginar lo que significa para el bosque la cría de un conjunto de animales de tamaño suficiente como para que convenga al ganadero. En América (Centro y Sur) el problema de la pérdida de suelo por sobrepastoreo es grave.

La introducción de carreteras y transportes, si son muy frecuentadas hacen que algunas especies se alejen de la zona generándose muchas veces particiones del hábitat causando grandes aislamientos y disturbios a ciertas especies, generalmente especies depredadoras, que necesitan grandes extensiones continuas como territorio de caza.

Figura 1.2



La investigación y conservación biológica recurren a la sistemática

Para poder generar acciones eficaces de conservación aún faltan estudios multidisciplinarios que amplíen el conocimiento que tenemos sobre la biodiversidad, un mayor conocimiento de los hábitats, la necesidad de un cambio en la escala de estudio combinando una escala espacial de paisaje con una temporal de varios años de estudio (evitada en muchos casos por su alto coste en tiempo y recursos), la identificación de respuestas umbrales, es decir del nivel mínimo de respuesta por parte de los seres vivos que denotan la mínima alteración en su hábitat. La conciencia que la fragmentación no es lineal, sino que se multiplica al llegar a un cierto porcentaje de hábitat destruido, el umbral crítico, a partir del cual las extinciones locales se disparan y, por último un mayor conocimiento de la cantidad de especies y los grupos naturales en que sistemáticamente se insertan (taxones).

Somos protagonistas de la “Sexta Extinción”

Los paleontólogos reconocen en el pasado cinco grandes periodos de extinciones masivas de especies. Mucho se discute sobre las causas de estas, llegándose a algunas certezas en torno a algunas. En general las causas conocidas, o en su defecto, más probables han sido fenómenos geológicos o astronómicos importantes, como la caída de un gran meteorito o una intensa actividad volcánica que eyectó millones de toneladas de cenizas y gases tóxicos a la atmósfera.

Los científicos también reconocen un sexto periodo de extinción que está ocurriendo ahora. A diferencia de las extinciones anteriores, la actual tiene por causa a una especie, salida de la misma fuente evolutiva de la que salieron las demás especies: el hombre. Existen pocas dudas de que los humanos son la causa directa del estrés de los ecosistemas y de la destrucción de las especies en el mundo moderno. Y dado que *Homo sapiens* es claramente una especie animal (aunque una especie con un comportamiento y un rol ecológico peculiar) la *Sexta Extinción* parece ser el primer evento global de extinción documentado que tiene una causa biótica en vez de una causa física. Sin embargo hay otra característica que la hace particular:

“Solo el 10% de las especies del mundo sobrevivieron en la tercera extinción masiva. ¿Sobrevivirá alguna esta extinción? Los ecosistemas del mundo han sido precipitados al caos. Algunos conservacionistas piensan que no hay sistema, ni si-

quiera los vastos océanos, que permanece sin haber sido tocado por la presencia humana. Las medidas de conservación, el desarrollo sostenible y, últimamente, la estabilización de los números de la población humana y de los patrones de consumo, ofrecen esperanzas de que la Sexta Extinción no se desarrolle hasta el punto de la tercera extinción global, hacen unos 245 millones de años, donde el 90% de las especies del mundo desaparecieron. A pesar de que es cierto que la vida, tan increíblemente resiliente, siempre se ha recuperado (aunque sólo después de periodos muy largos) después del pulso de una extinción mayor, lo ha hecho solo después de que la causa del evento de extinción ha desaparecido. Esa causa, en el caso de la Sexta Extinción, somos nosotros, los *Homo sapiens*. Esto quiere decir que podemos continuar en el camino hacia nuestra propia extinción o, preferiblemente, podemos modificar nuestro comportamiento hacia los ecosistemas globales de los cuales aún formamos una parte importante. Esto último debe suceder antes de que se declare como terminada la “Sexta Extinción.”

Fuente: American Institute of Biological Sciences. 2001

Biodiversidad, educación y sistemática en el siglo XXI

La forma en que la cuestión de la diversidad biológica de la Tierra evolucione en el siglo XXI será la prueba más severa para la humanidad. Con el espectacular aumento demográfico que se prevé, especialmente en los países en desarrollo, y la expansión exponencial de la revolución de consumo.

Tratar el problema actual de la biodiversidad va mucho más allá de una cuestión biológica, científica o política, se trata de despertar conciencia, de valorar lo que para la humanidad es único y presuntamente irremplazable, de generar responsabilidad moral frente a la vida misma en todas sus expresiones e incitar al compromiso por proteger la vida y el planeta. Es desde esta perspectiva científica y valorativa donde la educación y la sistemática se unen.

Nada se puede conservar si no se valora y nada se puede valorar si no se conoce. La sistemática saca al sujeto de mero “mirador” de la naturaleza para colocarlo en el papel de observador, reconociendo formas, hábitos, patrones de conducta. Puede hacer que el sujeto observe en cada uno de los caracteres observados a la evolución actuando y autora, llevándolo a una valoración de este mundo complejo que llamamos “vida”. Lleva a encontrar un orden dentro de la multiplicidad de la vida, que nos

sirve tanto como para abordar mejor a la misma, como para poder incorporar nuevos elementos desconocidos. Es por esto que la educación debe prestar atención a la sistemática a la hora de proponernos la conservación de las especies que comparten, junto con nosotros, una rica historia de evolución de la vida.

“Un cambio educativo ...debe partir de los siguientes fundamentos: la biodiversidad es un recurso global que necesita ser preservado; la sistemática es la herramienta básica para el estudio de la biodiversidad; la enseñanza de la sistemática juega un papel importante en la conservación de la biodiversidad; el aprendizaje de la sistemática es un proceso activo y constructivo; y la enseñanza de la sistemática debe estar basada en problemas reales, que demuestren el significado de la biodiversidad para la sociedad y las personas”. Crisci, J. (2006)

Es aquí donde la sistemática tiene mucho trabajo de hacer y es uno de los motivos por los que los estudios sistemáticos alcanzaron nuevamente importancia dentro del campo de las ciencias biológicas. Todo esfuerzo por conservar la biodiversidad se vería frustrado si los componentes de la misma, las especies, no son nombradas, descritas, catalogadas y agrupadas según sus afinidades, o si los nombres con que se las designan no son estables y universales. También la sistemática termina aportando material científico para la elaboración de claves y guías de campo que procuran el trabajo del ecólogo, en el cual se ve facilitada la identificación de especies. Por otro lado, la clasificación en grupos relacionados filogenéticamente, según su historia evolutiva, lleva al ecólogo a poder tener una mejor medición de la diversidad de la zona de estudios, importantes al momento de tener que designar áreas protegida. Por ejemplo, una isla en la que habitan dos especies de pájaros y una especie de lagartos tiene mayor diversidad taxonómica que una isla en que hay tres especies de pájaros pero ninguna de lagartos, porque se tienen en cuenta que entre los pájaros hay una relación filogenética más estrecha entre ellos que entre los lagartos. Análogamente, es mucho mayor el número de las especies que viven en tierra que las que viven en el mar, pero las especies terrestres están más estrechamente vinculadas entre sí que las especies oceánicas, por lo cual la diversidad es mayor en los ecosistemas marítimos que lo que sugeriría una cuenta estricta de las especies.

Algunas organizaciones proteccionistas

La biodiversidad en todos sus niveles se encuentra amenazada seriamente, razón que nos impulsa a tomar medidas responsables para que nuestros hijos no vivan en un mundo empobrecido. Numerosos individuos, organizaciones y países han trabajado en las últimas décadas para identificar poblaciones, especies y hábitats amenazados de extinción o degradación y para invertir estas tendencias. Los objetivos comunes son gestionar más eficazmente el mundo natural para mitigar la influencia de las actividades humanas y, al mismo tiempo, mejorar las opciones de desarrollo de los pueblos desfavorecidos. Muchos conservacionistas esperan que la historia demuestre que el año 1992 ha constituido un punto de inflexión. En junio de ese año se presentó a la firma el Convenio sobre Diversidad Biológica (CDB) en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo, celebrada en Río de Janeiro. El Convenio entró en vigor a finales de 1993, y a principios de 1995 lo habían firmado más de cien países.

Los objetivos generales del Convenio son conservar la diversidad biológica, utilizar una biodiversidad sostenible a largo plazo y compartir lealmente las ventajas del uso de los recursos genéticos en selección vegetal y biotecnología. Las dificultades son muchas e imponentes, pero el Convenio constituye el único marco mundial amplio para planificar y emprender las acciones necesarias. En él se declara explícitamente que, aun cuando los países tienen la responsabilidad de la biodiversidad dentro de sus fronteras, la planificación eficaz exige tener en cuenta el contexto mundial y que los países en desarrollo necesitarán el apoyo de todos los demás, considerando que se trata de un problema global.

La República Argentina ratificó mediante la Ley 24375, el Convenio sobre Diversidad Biológica que establece en su Artículo 7 d:

“la necesidad de mantener y organizar, por cualquier mecanismo, datos derivados de actividades de monitoreo e identificación de los elementos que componen la biodiversidad del planeta”.

El Proyecto Conservación de la biodiversidad de la República Argentina, elaborado por la Administración de Parques Nacionales (APN) y financiado con los llamados Fondos Globales Ambientales (GEF), propone como objetivo general: “conservar la biodiversidad de importancia global”, agregando como objetivos específicos: “(a) expandir y diversificar el Sistema Nacional de Áreas Protegidas, para

incluir a varias de las eco-regiones del país más significativas globalmente, pero inadecuadamente protegidas y (b) crear las condiciones para su manejo sustentable a través de: inversiones en el fortalecimiento institucional; mecanismos refinados de consulta y participación y mejoras en el manejo de la información sobre biodiversidad". Para el logro de este último aspecto, se desarrolló un componente específico denominado *Manejo de Información sobre biodiversidad* cuyo objetivo es:

"El de proveer a tomadores de decisión, nacionales e internacionales, acceso rápido a la información relevante para tomar decisiones fundadas relativas a la conservación y uso sustentable de la biodiversidad"

Para ello, y siendo la Administración de Parques Nacionales (APN) el organismo cuya misión es asegurar la conservación de la biodiversidad en las áreas protegidas de orden nacional, se creó en su ámbito el *Sistema de Información sobre biodiversidad* (SIB) con el fin de iniciar un proceso de recopilación, clasificación, ordenamiento y puesta a disposición de la comunidad, de la información de carácter biológico sobre las áreas protegidas bajo su jurisdicción y su posterior extensión al resto del país, aprovechándose de la experiencia del Banco de Datos para la Conservación iniciada desde 1994 en la Delegación Regional Patagonia (BDC-DRP); quienes venían desarrollando un sistema de Bases de Datos (BdD) y un Sistema de Información Geográfica (SIG) para las áreas protegidas nacionales de la región patagónica.

Explotación económica de especies

El uso sustentable de la vicuña

En Argentina, las acciones para la conservación de la vicuña, hasta ahora se han concentrado en la regulación del comercio de la valiosa fibra de esta especie, incluida en el Apéndice I de CITES (comercio prohibido) en 1975, por lo que solo es legal el comercio originado en animales de criadero y el proveniente de las poblaciones silvestres de la Provincia de Jujuy, que fueron incluidas en el Apéndice II (comercio controlado) en 1997 (CITES, 2002).

Aún así, el comercio ilegal continúa: en Abril de 2000 la Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Provincia de Salta, en el Noroeste del país, tenía incautados 65 Kg. de fibra extraídos de 213 cueros, mientras que otras provincias andinas guardan cantidades aun mayores, secuestradas a contrabandistas sobre las fronteras con Chile y Bolivia. Fuente: Secretaría de Medio Ambiente Y Desarrollo Sustentable. Salta

NOTAS:



CAPÍTULO II

Historia de las clasificaciones biológicas

Marcelo Alejandro Diez

¿Por qué clasificamos?

Los seres humanos necesitamos dar orden a las cosas para poder comprenderlas. Necesitamos establecer relaciones para reconocerlas y dotarlas de identidad, (lo hacemos en forma habitual, casi sin darnos cuenta). Cuando descubrimos algo, lo relacionamos con objetos conocidos. El “Se parece a”, o “se comporta como”, son ejemplos del modo en que damos sentido a aquello que pretendemos conocer. Buscamos relaciones y lo agrupamos, es decir, lo clasificamos. Según el filósofo argentino Pablo Capanna: “las clasificaciones tienen mucho de arbitrarias. En el mejor de los casos, son operativas, porque nos permiten por lo menos cuadrricular al mundo real para no extraviarnos en su diversidad”(Capanna, 2010). Es justamente ese mundo real el que nos alberga y donde el teatro de la vida descubre su telón para presentarnos una obra plagada de formas y colores. Nos deslumbra con su majestuosidad, pero también nos sacude de manera brusca, para demostrarnos que somos parte del espectáculo. Porque no somos simples espectadores, sino también participantes necesarios. Los actores de esta obra nos relacionamos y necesitamos conocernos. Cambiamos, claro está, porque es parte de la actuación, y el dinamismo es lo que la hace divertida. Pero para que esta obra perdure, es necesario comprenderla.

Las clasificaciones biológicas (que en definitiva son las que nos interesan) persiguieron distintos objetivos a lo largo de la historia. Se vieron signadas por los paradigmas imperantes en cada uno de esos periodos y fueron configurando la historia natu-

ral que conocemos en la actualidad. De todos, es ineludible exaltar su importancia en el periodo actual, donde el ritmo de extinción de especies es mucho más alto que en épocas pasadas y es justamente ese fenómeno, el que determina el objetivo actual de esta disciplina. Si no sabemos cuáles son esas especies, cuantas hay o cuál es su distribución geográfica y ecológica, ¿cómo podremos preservarlas? Si no establecemos patrones de parentesco, ¿cómo podremos relacionarlas? Comprender los criterios utilizados para identificar a los seres vivos en este complejo escenario, nos ayudará a dar respuesta a estos interrogantes, y en definitiva, a disfrutar la obra. Por lo tanto, podemos decir que: “el objetivo de la clasificación biológica es el conocimiento, no de tal o cual organismo en particular sino de las leyes generales que los rigen y de las relaciones causales existentes entre ellos. De allí que una clasificación biológica será “mejor” que otra en la medida que sugiere mas leyes científicas y contribuye mejor a la formulación de hipótesis explicativas. Una buena clasificación biológica es fecunda como principio organizador de nuestro conocimiento”(Crisci, J. 2002). Ya vimos que las clasificaciones biológicas no derivan de hechos naturales y que a su vez, contienen códigos culturales. Es por ello que los modelos clasificatorios que encontramos a lo largo de la historia, van de lo teleológico a lo funcional dependiendo de la cosmovisión de los “clasificadores”. Existen registros concretos de que el hombre viene clasificando a los seres vivos desde hace miles de años. En la Biblia, por ejemplo, se menciona que los hebreos ya clasificaban a los animales (Levítico, capítulo 11 y Deuteronomio, capítulo 14). Ésta clasificación permitía decidir qué era puro o impuro, qué era comestible y que no. Dos criterios los ayudaban a clasificar: el hábitat del animal y su modo de locomoción. A partir de ahí, establecieron una división fundamental entre animales que volaban, caminan, nadaban y reptaban.

Una clasificación que hizo historia.

En el año 1758, el científico sueco Carl von Linneo formalizó la clasificación de las diferencias físicas que presentaban los seres humanos.

Para hacerlo, previamente creó el orden de los primates, que estaba conformado por varios géneros, entre los que se encontraba el nuestro (Homo).

Según creía, Homo estaba comprendido por dos especies, Homo sapiens (nosotros) y Homo nocturnus (los chimpancés). Sin embargo, su propio sistema de clasificación lo enfrentaba a una terrible paradoja. ¿Si los seres humanos pertenecíamos a una misma especie, cómo justificar las evidentes diferencias anatómicas que caracte-

rizaban a los habitantes de los distintos continentes? Trató de salvar esta contingencia creando subespecies, dentro de la especie Homo sapiens. Para hacerlo, tomó como criterio de clasificación las características físicas y la distribución geográfica. De este modo, quedaron constituidas estas cuatro subespecies: europeos blancos, asiáticos amarillos, americanos rojos y africanos negros. Sin embargo, su criterio de clasificación se topaba con serias dificultades al momento de incluir dentro de alguno de estos grupos, a aquellos individuos que pese a compartir la zona geográfica con los demás habitantes, presentaban malformaciones congénitas. Para ellos se reservó una de las más deleznable definiciones de las que se tenga conocimiento. Creó la quinta subespecie humana, "Homo sapiens monstruosus".

¿Cuáles son las diferencias entre sistemática, taxonomía y clasificación?

La interpretación del mundo natural es dinámica y cambiante, del mismo modo en que es cambiante la historia del hombre y su pensamiento. El hecho de ordenar, clasificar, describir o explicar la naturaleza, están profundamente relacionados con el modo en que podemos interpretar la realidad que nos rodea y de lo que de ella podemos conocer.

Podríamos llamar **clasificación biológica**, a la acción de ordenar o disponer por clases a una serie de individuos, basándonos en sus similitudes o diferencias; y como se mencionó en párrafos anteriores, se utiliza desde hace miles años. Registros heredados de culturas separadas tanto geográfica, como temporalmente (a modo de ejemplo podríamos mencionar a la China o la Maya), demuestran que las estrategias utilizadas para denominar a los organismos eran variadas, ingeniosas y partían de la observación directa. Sin embargo, compartían algo que las relacionaba estrechamente. En todas ellas se buscaba un carácter que permitiese diferenciar a los individuos que conformaban cada grupo. Según Foucault: *"La estructura elegida para ser el lugar de las identidades y de las diferencias pertinentes es lo que recibe el nombre de **carácter**".* Coincidentemente, se elegían como caracteres clasificatorios las estructuras, los colores o las texturas. En ocasiones, se agregaba algún término distintivo al nombre asignado a algún organismo ya descrito con el que presentaban alguna semejanza.

Clasificaciones ingeniosas.

Los mayas, por ejemplo, crearon ocurentes sistemas de clasificación. Uno de ellos se caracterizaba por estar compuesto de un nombre genérico y otro específico (en este caso, al género y la especie los tomaremos en sentido figurado, ya que no tienen vínculo alguno con la clasificación occidental). En ocasiones, el nombre genérico estaba constituido por la co abreviaturas de las características compartidas por las especies que conformaban ese genero; otras veces, por frases de significados múltiples. Al género que agrupaba a las distintas especies de ciruelos (spondias) lo denominaron “abal” y el elemento que tomaron como referencia para agruparlas fue la característica del fruto. Esta palabra estaba conformada por la conjunción de los términos “ab” (acuoso) y “al” (sufijo condicionante), donde la palabra compuesta “abal” significaba: que se pone blando o acuoso.

El nombre específico, podía corresponder a alguna característica diferencial hallada entre los integrantes de ese grupo. Para clasificar a las distintas especies de ciruelos (abal), se basaron en el color de los frutos. El color rojo se denominaba “chak” y el amarillo “k’an”. Por lo que los nombres compuestos que correspondían a los ciruelos que daban frutos rojos o amarillos, eran “chak-abal” y “k’an-abal”, respectivamente. En ocasiones, también detectaban variaciones intensas de color entre los integrantes de una especie ya clasificada, por lo que no resultaba extraño reiterar el término que representaba el color del fruto. Supongamos que entre los integrantes de la especie que dieron en llamar “k’an-abal” y que hacía referencia a un tipo de ciruelo que producía frutos amarillos, encontraban especímenes que producían frutos de un color amarillo mucho más intenso, la denominaban “k’an-k’an-abal”

El término **clasificar**, puede ser utilizado en dos sentidos. Uno de ellos representa la forma en la que se ordenan los distintos grupos, y el otro se refiere al resultado de este proceso, es decir, a la jerarquización propiamente dicha.

Un concepto que en Biología está estrechamente relacionado al de “clasificación” y que durante el desarrollo de esta disciplina fue adquiriendo distintos sentidos, es el de **sistemática**. El primero en utilizarlo fue Linneo en el año 1773 y lo definió como “la ciencia que estudia las agrupaciones de seres vivos”. Actualmente ha adquirido un sentido mucho más amplio. Según el Dr. Jorge Crisci: “La sistemática biológica es la disciplina científica que describe, nombra y clasifica a la diversidad de la vida y sus relaciones, y a sus 3.500 millones de años de historia. Es el principio organizador

de nuestro conocimiento sobre la vida y, como tal, fundamenta las hipótesis explicativas y las leyes científicas de la biología."

Por último nos referiremos a **Taxonomía**. *"El termino taxonomía se emplea para definir el estudio teórico de la clasificación incluyendo sus bases, principios, procedimientos y reglas. El motivo de estudio de las clasificaciones son los objetos y organismos a clasificar. El motivo de estudio de la taxonomía son las clasificaciones. La taxonomía entonces es, la disciplina que trata de explicar como se clasifica y como se determina".* (Crisci, 2006)

Como vimos, todos estos conceptos están estrechamente relacionados y en ocasiones, las difusas barreras que separan sus campos de estudio, impiden vislumbrar el alcance real de cada disciplina. Sin embargo, podríamos decir que la taxonomía determina a la sistemática. Lo cierto es que desde su origen, los análisis que se hicieron de la naturaleza, nunca estuvieron desvinculados de los propósitos de la clasificación. Si nos retrotraemos en el tiempo, podríamos decir que hasta mediados del siglo XIX (período en el que se postula la teoría de la evolución por selección natural propuesta por Darwin), la finalidad de la clasificación era redescubrir el plan divino ideado por Dios. Era una forma de clasificar todo lo que se encontraba frente a los ojos de los hombres, con el simple objeto de reconocer el orden creacional divino y la **taxonomía**, en este caso, brindaba las herramientas más adecuadas para hacerlo. Pero cuando la teoría evolutiva propuesta por Darwin, irrumpe en el ámbito científico, asesta un golpe mortal a esta forma de clasificar la vida. Hacen su aparición el cambio y la evolución. Ya no hay un rompecabezas para armar, sino una historia por descubrir. Es por ello que la **sistemática** se impone con fuerza inusitada. Por este motivo podemos afirmar que el concepto de **sistemática** es mucho más amplio que el de **taxonomía**, y engloba tanto los estudios sobre los procesos de **evolución** como sobre la **filogenia**.

Sin una nomenclatura es imposible clasificar

Tal como lo hemos visto, la clasificación tiene como objetivo, crear un sistema lógico de categorías, dentro de las cuáles, son incluidos grupos de individuos que comparten suficientes caracteres comunes como para justificar una única referencia. La manera en la que se nombran, y las normas que rigen la aplicación de cada uno de estos nombres a los grupos de organismos, se denomina nomenclatura. Por lo tanto, podríamos decir que sin una nomenclatura, sería imposible poder establecer una clasificación. La identificación es el proceso que nos permite incluir a un objeto determi-

nado, dentro de un sistema de referencia; en nuestro caso, sería darle un nombre a un ser vivo dentro de un sistema clasificatorio. En ocasiones, puede suceder que al identificar a un ser vivo, se comprueba que este aún no ha sido clasificado. En este caso se debe recurrir al sistema de clasificación y rigiéndose por las reglas que brinda la nomenclatura, dotarlo del nombre apropiado. Como podemos observar, resulta imposible identificar a un ser vivo, si previamente no se cuenta con un sistema clasificatorio

Las clasificaciones a través de la historia

- **Clasificaciones utilitarias**

Como se mencionó anteriormente, desde hace muchísimo tiempo, los seres humanos venimos clasificando a los animales y vegetales con los que convivimos. Sabemos que de ellos podemos obtener alimentos, medicinas, abrigo y herramientas. Es por ello que las relaciones que establecimos con nuestro entorno, y que nos han permitido sobrevivir como especie desde nuestra aparición en la tierra, se vieron signadas por la transmisión de esos conocimientos de generación en generación. El simple hecho de reconocer el medio y comprender quién es quién, en este complejo escenario que representa la naturaleza, es motivo suficiente como para conocerla en detalle.

Los primeros modelos clasificatorios datan de más de cinco mil años, y se basaban en las propiedades curativas o no, de cada una de las especies vegetales clasificadas. Pero a partir del momento en el que los seres humanos se establecen en comunidades, con el consiguiente desarrollo agrícola y de los procesos de domesticación, esta dicotomía se vería implementada con la valoración de estas nuevas utilidades: el comercio contribuyó a complicar este modelo clasificatorio.

La necesidad de identificar las piezas sometidas a intercambio favoreció la creación de sistemas pocos rigurosos, basados en las propiedades y el valor de las piezas, ejemplo de ello eran las listas sumerias de peces y plantas. En definitiva, podemos decir entonces, que las primeras clasificaciones de seres vivos, estaban íntimamente vinculadas a la necesidad de reconocerlos, distinguirlos e identificarlos con fines utilitarios.

- **Clasificaciones artificiales**

Estos sistemas de clasificación se destacan por tomar como referencia, alguna característica en particular de los individuos que se desean comparar. El hecho de

poseer o no esa particularidad, hará que los organismos puedan ser clasificados en dos grupos distintos. Como ejemplo podríamos mencionar a los vertebrados. Los animales que poseen una columna vertebral son clasificados como vertebrados, en cambio el grupo de animales que no la poseen se denominan invertebrados. Ahora bien, si tomamos al grupo de los vertebrados, y entre ellos buscamos alguna otra característica que permita diferenciarlos entre sí, podremos crear nuevos grupos dentro de esta categoría. De este modo se puede llevar a cabo una clasificación jerárquica. La elección del carácter es apriorística y el posicionamiento de los grupos del esquema se logra mediante la subordinación de unos tipos de caracteres a otros, de manera subjetiva. Este método de clasificación data de los antiguos griegos y fue utilizado hasta mediados del siglo XVIII.

Uno de los ejemplos más representativos, es la clasificación de nuestra propia especie dentro de la naturaleza. Cuando respondimos a la pregunta de ¿Por qué clasificar?, mencionamos que las clasificaciones no derivan de hechos naturales y contienen códigos culturales. Es decir, nuestras clasificaciones científicas también codifican informaciones culturales.

Los seres humanos estamos clasificados como “mamíferos” desde la décima edición de “sistema naturae” de Linneo, mientras que anteriormente éramos clasificados como “cuadrúpedos” por los naturalistas (incluido el propio Linneo). Otros decidieron privilegiar características distintas de la lactancia, por ejemplo, la presencia de cabellos, y nos denominaron “pilosa”. Fundar y nombrar nuestro grupo sobre la base de la lactancia fue una toma de postura política de Linneo. Hay que situarlo en un contexto: un ataque en regla contra el uso de las nodrizas, en una época en que muchos ricos enviaban a sus hijos al campo para ser amamantados. Al llamar a nuestro grupo “mamíferos”, Linneo defendía la idea de que la función natural de la madre es la alimentación de sus propios hijos, cosa que toda familia debería hacer.

Así, lo que para un nosotros es un hecho natural –a saber que por esencia somos un grupo que amamanta- es en realidad un hecho histórico, una postura política del siglo XVIII. Sin duda, los mamíferos constituyen un grupo natural que puede definirse por la lactancia. Pero tener propiedades naturales no basta para producir una categoría objetiva.

- **Clasificaciones lógicas.**

Durante el siglo VI a.C. la civilización griega atravesaba un período de esplendor cultural. Los denodados intentos de los filósofos de Éfeso y Mileto por comprender la constitución del mundo como el resultado de un proceso de análisis racional, impulsados por fuerzas inherentes a la naturaleza de las cosas y desvinculados de las explicaciones mágico-religiosas condujeron a desarrollar un conjunto de explicaciones sobre los fenómenos naturales que provenían de la razón y es, justamente durante esa época, en la que se comienzan a esbozar las primeras propuestas de clasificaciones lógicas de los seres vivos.

Aunque los primeros intentos clasificatorios se adjudican a Anaximandro (ca. 610 a.C.- ca.545 a.C.), es en los registros de Empédocles (ca. 492 a.C.- ca. 432 a.C.) donde se explicita la diferenciación entre el mundo animal y vegetal. Esta idea es retomada por Aristóteles y deriva en el desarrollo de una de las clasificaciones lógicas más notables de la historia de la humanidad.

El principal objetivo de Aristóteles al desarrollar su sistema de clasificación, era demostrar que el mundo era regido por el orden y la regularidad. Lo desvelaba la idea de descifrar el orden natural de las cosas y por ello recurrió al método de clasificaciones dicotómicas propuesto por Platón. El gran mérito de Aristóteles radicó en la practicidad que le otorgó al método. Lo transpoló desde las discusiones de lo meramente abstracto y lo centró en el estudio de los seres vivos. Pese a ello, en ningún momento se despojó de la idea platónica de la causa final.

Según el paradigma actual, el modelo de Aristóteles tampoco puede ser considerado científico, ya que carecía de rigurosidad, de exactitud y no poseía un lenguaje propio (los escritos aristotélicos se ven plagados de denominaciones corrientes tomadas del idioma griego de su época). Pese a ello, Aristóteles logró desarrollar, mediante una sucesión de dicotomías, una clasificación de los animales estudiados. Creó una organización jerárquica donde podían ser ubicadas las especies mencionadas. El sistema que utilizó se denomina "división lógica" y consiste en tomar como determinante un carácter que puede presentarse en algunos de los integrantes de un grupo, y a partir de él, conformar dos subgrupos con individuos que lo posean o no. Además adopta para la clasificación del nivel inferior (nivel que en la actualidad utilizamos para la especie), un criterio que está íntimamente relacionado con lo que se puede descubrir y describir al observarlas. En su clasificación, Aristóteles dividió a los animales en dos grandes grupos, donde la característica distintiva era

la presencia o ausencia de sangre. A su vez, subdividió a ambos grupos, en cuatro categorías inferiores.

En el caso de los animales con sangre (enaima), los subgrupos estaban compuestos de la siguiente manera:

1. Cuadrúpedos que en su interior desarrollan y dan a luz seres con sus mismas características. Este grupo estaba constituido por lo que actualmente conocemos como mamíferos. Algo sumamente destacado y que no es un detalle menor, es el haber incluido al hombre dentro del mismo.
2. Cuadrúpedos que generan seres a partir de huevos. Este grupo estaba constituido por reptiles y anfibios.
3. Animales bípedos, con plumas y generación de prole a partir de huevos (a este grupo lo conformaban las aves). En sus escritos, Aristóteles hace referencia explícita a la similitud estructural de las extremidades de los cuadrúpedos y las alas de las aves (estructuras homólogas).
4. Peces. Del mismo modo que en el caso anterior, identifica homología entre las patas de los cuadrúpedos y las aletas de los peces.
5. El subgrupo de los animales sin sangre (anaima) estaba conformado por:
6. Animales acuáticos que presentan un cuerpo blando y en ocasiones, una estructura rígida en su interior (como ejemplo de este grupo se podría citar a los calamares)
7. Animales de cuerpo blando con una cubierta protectora flexible y escamosa. En este grupo incluyó a cangrejos y crustáceos.
8. Animales de cuerpo blando con un caparazón duro y quebradizo (moluscos, equinodermos, caracoles y estrellas de mar)
9. Animales con el cuerpo segmentado (grillos, arañas y gusanos)
10. Debemos destacar que en su sistema de clasificación, Aristóteles hizo expresa referencia a la diversa complejidad estructural que se observaban entre los seres vivos. Propuso niveles de complejidad creciente, que iban desde los organismos inferiores sin sangre, con capacidades vitales reducidas y que se reproducían por generación espontánea; hasta el ser humano, que es quién ocupaba la parte más alta de esta clasificación, por ser el animal más complejo tanto desde el punto de vista estructural, como funcional. En el esquema aristotélico las plantas estaban ubicadas en el nivel inferior, ya que aunque podían crecer y reproducirse, no podían desplazarse y presentaban

una menor complejidad estructural. Las premisas utilizadas por Aristóteles para llevar a cabo su clasificación, resultaron tan exitosas y consistentes que perduraron por siglos. Según su criterio, los organismos podían ser clasificados jerárquicamente y el hombre había descifrado el lenguaje de la naturaleza. Solo era necesario observar, comparar y analizar. Pero es en la obra de Teofrasto (ca. 372 a.C. – ca. 287 a.C) , fiel discípulo de Aristóteles, donde se hizo evidente que ese novedoso sistema estaba destinado a perdurar. Aunque carecían de sentido teleológico (a diferencia de la producción aristotélica), sus escritos reflejaban una marcada tendencia a la comparación de las estructuras como parámetro de clasificación. Teofrasto focalizó su atención en el mundo vegetal y fue en *Historia plantarum*, donde demostró un marcado interés por dotar de terminología científica al proceso descriptivo. Desarrolló un sistema nomenclatural, donde le asignó una denominación en común a los grupos de individuos que compartían características similares (lo que en el sistema actual conocemos como género) y les adicionó un adjetivo o una frase corta para diferenciarlos (en el nivel asignado a la especie). El idioma que adoptó para su modelo fue el griego clásico. Aunque no elaboró un sistema nomenclatural cerrado, fue un esbozo construido sobre un lenguaje popular (recordemos los ejemplos citados sobre las clasificaciones chinas y aztecas).

En el siglo I d.C., el almirante romano Plinio el viejo (23 d.C. -79 d.C.), redacta *Historia naturalis*, una extensa obra compuesta por 37 tomos. Basándose en recopilaciones de obras antiguas, observaciones propias y relatos de viajeros, describió con asombroso detalle las características morfológicas de plantas y animales. Aunque no podamos considerar a la obra de Plinio como determinante para la construcción de los modelos clasificatorios actuales, sería imprudente omitir su mención.

El aporte más importante de ese impresionante catálogo, fue el de incluir datos de invaluable utilidad sobre las propiedades medicinales de las especies estudiadas. Fue justamente, ese cúmulo de información útil, lo que impulsó a los naturalistas siguientes a tomar esa obra como punto de partida para la confección de los tan conocidos herbarios y bestiarios de la edad media.

- Entre la biología, el arte y la fantasía: los herbarios y bestiarios.

En este apartado es sumamente importante aclarar que el término “herbario” no tenía la misma connotación en la antigüedad que en la época actual. Los “herbarios” actuales son colecciones de plantas o partes de ellas, desecadas, preservadas e identificadas. Generalmente estas colecciones sirven para brindar información sobre el patrimonio vegetal de una región. En cambio, Los “herbarios” de la edad media eran libros de botánica, en los que podía hallarse una impresionante cantidad de información sobre la utilidad práctica de cada una de las plantas registradas. Semejante cualidad, hacia que estos libros fuesen considerados verdaderos tesoros. En ellos, podían encontrarse desde las más detalladas descripciones de las estructuras vegetales, hasta los dibujos más representativos.

Los herbarios son el legado de Dioscórides (40 d.C.- 90 d.C.), un cirujano griego que viajó por todo el mediterráneo junto a los ejércitos del emperador Nerón. Se cree que la obra de Plinio (fueron contemporáneos) fue determinante tanto para él, como para los demás naturalistas de su época, y es en *De materia médica* (Obra de Dioscórides) donde se observa su impronta. *De materia médica* presentaba la botánica como una suerte de farmacología. En sus páginas no solo hablaba de las propiedades medicinales de cada una de las plantas estudiadas (eran más de seiscientas), sino que también mencionaba donde había que buscarlas, en que época debían recogerse y como preservarlas. Si se deseaba saber a qué planta recurrir frente a un malestar físico, qué frutas eran comestibles o qué medicinas podían hacerse a base de las plantas, no se necesitaba más que recurrir a ella. Lo cierto es que la obra de Dioscórides era tan atractiva, que los naturalistas que lo precedieron dejaron de mirar la naturaleza, para concentrarse en ella. Aunque también estaba escrita en griego, no aburría ni abrumaba con inútiles clasificaciones taxonómicas y estaba dotada de una practicidad inigualable. Es por ello que este catálogo vegetal fue siendo transcrito por siglos y sus copias comenzaron a reproducirse de modo abrumador. Cómo es de imaginar, parte de esa información fue perdiendo el rigor original. A su vez, nuevas plantas pasaban a integrar estos catálogos y los herbarios se vieron plagados de incongruencias. Muchas veces los escritos no guardaban relación con las figuras, o las descripciones estaban teñidas por características fantásticas. De los dibujos de las flores del narciso, por ejemplo, salían pequeñas figuras humanas que recordaban al desafortunado joven que miraba y amaba su imagen reflejada en todas partes. No es de extrañar entonces, que la magnífica obra de Dioscórides sea

señalada junto a la de Plinio, como una de las principales responsables del estancamiento científico que sufrió Europa durante casi mil quinientos años.

Así como el herbario de Dioscórides fue la piedra fundamental sobre la que se construyeron los conocimientos botánicos de esa época, los conocimientos zoológicos se construyeron sobre los bestiarios. La procedencia del primer bestiario es un misterio. La incertidumbre es tal, que solo se conoce un nombre, “Fisiólogo”. Algunos dicen que “Fisiólogo” era el nombre del escrito y le atribuyen la autoría a Pedro de Alejandría, San Epifanio, San Basilio e incluso a San Jerónimo. En cambio otros sostienen que es el nombre del autor. Quienes adhieren a esta última teoría dicen que Fisiólogo era un naturalista griego que vivió en el siglo II y del que no se tienen mayores detalles. Lo cierto es que esta obra estaba conformada por 48 capítulos, estrechamente relacionados con la biblia.

Este primer bestiario se caracterizaba por contar con muy pocos datos, adornados por relatos fantásticos, teología, moral, mitología y fábulas. Sin embargo, su éxito fue tal que se tradujo a muchísimos idiomas, entre los que podríamos mencionar el latín, el armenio, el árabe, el etíope y hasta las lenguas vernáculos europeas.

La versión griega, por ejemplo, incluía cerca de cuarenta animales, donde el León, el rey de las bestias, ocupaba un lugar de privilegio. Los demás animales, como el lagarto o el cuervo, llevaban una carga moral, por lo que eran ubicados en escalafones inferiores. Aunque seguramente, el animal que ocupaba el podio de la excentricidad en este fabuloso catálogo, fuese el “león hormiguero”. Producto de la extraña unión entre un león y una hormiga, estaba condenado a morir de hambre, ya que su naturaleza de hormiga le impedía comer carne y su naturaleza de león lo privaba de alimentarse de vegetales. Correría la misma suerte que esta bestia quién osase caer en la ambivalencia de pretender servir a Dios y al diablo al mismo tiempo.

A fines del siglo XV, los herbarios y los bestiarios atravesaban su época de esplendor. Habían dejado de ser propiedad exclusiva de los naturalistas, para ser compartidos con los artistas. Los dibujos que representaban a cada especie eran cada vez más reales. Las ilustraciones botánicas como “La estrella de Belén” de Leonardo Da Vinci o los “Yerbajos” de Durero eran asombrosas. Los detalles de la anatomía humana en las obras de Miguel Ángel y el mismo Leonardo, no dejaban detalle al azar.

Aunque los textos tradicionales seguían siendo de gran utilidad, los pintores demostraban ser más atrevidos que los eruditos. En sus pinturas no se ocultaban las imperfecciones de la naturaleza. Se pintaba lo que se veía. Solo era cuestión de

observar en detalle. Esto determinó que en algunas regiones de Europa, grupos de artistas y científicos comenzaran a colaborar de diversas maneras, y los ilustradores empujaron a los naturalistas a abandonar las bibliotecas y salir al campo. La información recogida era incontable. Estas obras, dignas de admiración, pululaban por Europa con autoridad incuestionable. Sin embargo, no lograban desprenderse de ese halo de misterio que le ofrecían sus relatos fantásticos. Para colmo, el descubrimiento de América contribuyó a enriquecer el carácter fabuloso de estos textos. Ya no eran relatos provenientes de fuentes desconocidas los que adornaban la historia natural europea. Las dudosas leyendas, eran ahora confirmadas por el testimonio de Jesuitas y respetables capitanes de barcos. Los hombres sin cabeza, los “patagones” con solo un pie enorme y los habitantes de Labrador con “cola”, pasaron a formar parte de estas colecciones.

En otros casos, los relatos confirmaban la existencia de especies que ya habían sido registradas y hasta aportaban nuevos detalles. Así fue el caso de las serpientes marinas de casi ciento cincuenta metros de largo, de los tritones y las sirenas. El nueve de enero de 1493, en el registro N° 146 del libro de bitácora, el propio Colón registró su encuentro con tres sirenas. En él afirmaba que “aunque no son tan bellas como se pintan, sus caras tienen algo de humanas”.

El torrente de información que provenía de estos lejanos lugares era riquísimo. Solo restaba dotarlo de sentido. Esto inspiró a una nueva generación de naturalistas entre los que se encontraba Konrad Gesner (1516-1565), quién poseía de la notable habilidad de combinar lo nuevo con lo antiguo.

Pese a provenir de una humilde familia de Zurich, Gesner produjo una destacable obra que dominó la zoología postaristotélica, hasta los modernos trabajos de Ray y Linneo.

Durante un febril trabajo que le demandó casi treinta años, construyó su monumental *Bibliotheca universalis*. Esta obra estaba compuesta por cuatro volúmenes y pretendía ser un catálogo de todos los escritos en griego, hebreo y latín a lo largo de la historia. Llegó a clasificar escritos de más de mil ochocientos autores. De este modo Gesner se ganó el mote de “padre de la bibliografía”.

Durante ese periodo, se topó con un escrito griego del siglo II, que lo inspiró a producir su *Historia animalium*. Siguiendo los preceptos aristotélicos, recogió todo lo que se sabía, especulaba o imaginaba de los animales conocidos. Pese a que sus textos no se pudieron librar de los relatos fantásticos, su obra permitió dar un nuevo

rumbo a la biología. Gesner colaboró con artistas de la talla de Durero y presentó los dibujos más realistas hechos hasta entonces. También fue el autor de *Opera botánica*, un ambicioso trabajo sobre las plantas, que pese a haber quedado inconcluso, dejó como legado casi un millar de magníficos dibujos. El siglo XVII encontró a los naturalistas europeos subordinados al modelo de Gesner. Aunque su pretenciosa obra dominaba el ámbito científico, las traducciones a las que era sometida desvirtuaban su esencia. Además, ese sistema clasificatorio seguía afrontando una dificultad mucho mayor aún y que no había podido ser sorteada por ninguno de los sistemas clasificatorios anteriores: las barreras lingüísticas. Tanto Gesner, como los naturalistas que lo precedieron, registraban las entradas a sus catálogos en orden alfabético. De más está decir, que un mismo organismo podía adquirir nombres totalmente distintos, dependiendo del idioma en el que estaba escrita la obra. La versión latina de la enciclopedia de Gesner, por ejemplo, comenzaba por *Alces* (alce), pero al traducirse al alemán comenzó con la palabra *Affe* (mono), mientras tanto, su traducción inglesa comenzaba con *Antelope*, (antílope). Era evidente que los naturalistas necesitaban contar con un sistema de clasificación que sorteara esas barreras. Otro tema por resolver si se deseaba crear un sistema de clasificación, consistía en determinar cuáles serían las unidades ese sistema (recordar lo estudiado en “nomenclatura e identificación”). Ello se pudo lograr gracias al concepto de especie.

Derribando mitos y descubriendo una Historia Natural

Uno de los términos más controvertidos dentro de la biología es justamente el de **especie**. De hecho, en este mismo libro se le dedicará un capítulo entero. Lo cierto es, que aunque encontraremos muchísimas definiciones, una de las conceptualizaciones más importantes con la que se dotó a este término fue la de John Ray. A diferencia de las anteriores, la suya era válida tanto para plantas como para animales y fue gracias a ella que su notable sucesor, Carl von Linné pudo idear un sistema para clasificar la naturaleza entera. Al hablar del método que empleaba Aristóteles para clasificar mediante la sucesión de dicotomías, se mencionó que partía de grandes grupos a los que iba dividiendo en base a la presencia o no, de un carácter en particular. De este modo llegaba a los grupos del nivel inferior. Ray en cambio, tomó el camino inverso. Con profundo respeto por la individualidad y la maravillosa variedad de especies que presentaba la naturaleza, propuso que: **“una especie era un**

conjunto de individuos que mediante la reproducción originan otros individuos similares a sí mismos."

La importancia de la definición de Ray, es que al postular que "un individuo perteneciente a una especie determinada, origina por reproducción, individuos con sus mismas características y por lo tanto pertenecen a la misma especie", permitió excluir de las clasificaciones a todos esos seres fantásticos que contaminaban las obras de la época y tendió un manto de duda, sobre la indiscutida generación espontánea".

Aunque en un principio, Ray estaba profundamente convencido que las especies eran fijas y no sufrían variaciones en el tiempo, comenzó a observar que en algunos casos esta regla general a la que había adherido con vehemencia no se cumplía. De este modo fue flexibilizando su postura y por último concluyó que "si bien esta unidad de las especies es bastante constante, no es invariable ni infalible".

John Ray (1627-1705),

Naturalista inglés. En ocasiones fue señalado como el padre de la historia natural británica. Contrariamente a otros naturalistas de su época, no era médico, de modo que su inclinación por la botánica no estaba determinada por razones farmacológicas. Ray es considerado como el fundador de la botánica moderna. Aunque provenía de una familia muy humilde (su padre era herrero), tuvo la oportunidad de estudiar en Cambridge. Fue el autor de una gran cantidad de obras. En 1670, publicó Catalogus plantarum Angliæ et insularum adjacentium, primera obra sobre la flora inglesa. Planeó la publicación de una flora europea y realizó viajes a Europa. Comenzó a publicar en 1686 Historia plantarum generalis, primer tentativa de una flora mundial. Ray añadió a las especies europeas las plantas que le fueron enviadas por exploradores europeos. Intentó una primera clasificación natural de las plantas y expuso su método en tres obras: Methodus plantarum nova (1682), el primer volumen de 'Historia plantarum (1686) y en Methodus emendata (1703). Separó las monocotiledóneas de las dicotiledóneas de forma clara, probablemente inspirado por Teofrasto, y las gimnospermas de las angiospermas. Separó también las plantas sin flores de las plantas con flores. Gracias a él, el vocabulario botánico se enriqueció considerablemente. Se le deben a él términos como cotiledón o polen.

El salto epistemológico de Ray, no solo cambió la visión que se poseía sobre la unidad de especie, sino que fue la plataforma sobre la que su erudito sucesor, edificó el sistema de clasificación más notable que se conoce. "Si las especies son

conjuntos de individuos que mediante reproducción originan individuos similares a si mismos, lo más lógico es considerar que el signo distintivo de la clasificación sea el aparato reproductor”, concluyó Linneo. Partiendo de los estambres y los pistilos, Linneo utilizó el número y orden de los estambres para agrupar todas las plantas en veinticuatro clases y subdividió cada clase, en órdenes, según el número de pistilos. Este sencillo sistema era fácil de utilizar en la práctica, e incluso, todo el que supiera contar y distinguir estas estructuras, podría clasificar una planta. De todos modos, aunque este novedoso sistema clasificatorio estaba destinado a cambiar el rumbo de las clasificaciones biológicas, aún no existía un método simple para denominar a plantas y animales. Los nombres con los que se los identificaba y los términos que los componían en ocasiones eran confusos. De hecho, las primeras descripciones de Linneo, eran aún más complejas que las de sus contemporáneos. Las denominaciones correspondían al latín y al implementar el nuevo sistema, se vio obligado a agregar más términos a algunas de las especies que ya habían sido clasificadas.

Carl von Linneo (1707-1778)

Nació en la región rural de Råshult, al sur de Suecia. Su padre fue el primero de su estirpe en adoptar un apellido permanente; previamente, los antepasados utilizaban el sistema de nombres basados en el patronímico, como era tradicional en los países escandinavos. Inspirándose en un tilo que había en las tierras de la familia, Nils escogió el nombre Linnaeus, como forma latinizada de lind, “tilo” en idioma sueco. Linneo realizó una gran parte de sus estudios superiores en la Universidad de Uppsala y, hacia 1730, empezó a dar conferencias de botánica. Vivió en el extranjero entre 1735-1738, donde estudió y publicó una primera edición de su Systema Naturae en los Países Bajos. De regreso a Suecia se convirtió en profesor de Botánica en Uppsala. Durante la década de 1740, realizó varias expediciones a través de Suecia para recolectar y clasificar plantas y animales. Durante las décadas de 1750 y 1760, continuó recogiendo y clasificando animales, plantas y minerales, publicando varios volúmenes. En el momento de su muerte, era reconocido como uno de los científicos más importantes en toda Europa

De todos modos, halló la solución a este conflicto de manera gradual, mientras buscaba nombres que fueran descriptivos, precisos y útiles para el trabajo de campo.

En una de las tantas excursiones botánicas que emprendió junto a sus alumnos, comprendió lo dificultoso que les resultaba identificar las especies encontradas.

Aunque él no pretendía que cada uno de los integrantes de la expedición recordara las extensas descripciones en latín que identificaban a cada especie, consideraba fundamental que al menos recordaran el género. Fue por este motivo que solicitó a sus discípulos, que en sus notas apuntaran el género, más un número identificatorio que hacía referencia a la entrada de esa especie en la lista completa de plantas que él mismo había publicado. Ese fue el punto de partida del sistema de dos términos, que sería creado reemplazando el número, por otra palabra. Fue allí cuando encontró la solución simplificatoria. Dotó a las especies de una definición corta y fácil de recordar. De este modo los estudiantes podrían recurrir fácilmente a ellas cuando regresasen de campo a sus bibliotecas, y sería justamente allí, donde se encontraría la descripción detallada. De este modo creó la nomenclatura binomial.

En una tarea colosal, Linneo brindó denominaciones binomiales a las icinco mil novecientas especies de su lista! En la décima edición de su *Systema Naturae* (1759), aplicó el sistema a los animales, demostrando un sentido práctico similar. Al cabo de unas décadas y aún antes de su muerte, sus nombres y su sistema fueron adoptados por casi todos los naturalistas europeos.

Aunque su sistema clasificatorio fue determinante para la consolidación de la biología como disciplina científica, Linneo nunca pudo despojarse de sus creencias religiosas y de su intención de redescubrir el orden creacional divino. Para él, las especies eran inmutables. Sin embargo, sus discípulos encontraron varias evidencias sobre individuos que aunque pertenecían a una especie clasificada, presentaban alguna diferencia morfológica que los alejaba del estándar de su especie. Trató de salvar estas anomalías postulando que eran producto de la hibridación entre individuos de distintas especies. “Linneo creía que bastaba con la hipótesis de la “hibridación” para salvar esa circunstancial refutación. Con todo tuvo que hacer una importante concesión: el creador había creado las plantas modelo y estas, al cruzarse entre sí, habían originado las especies. Se salvaba la inmutabilidad de los géneros, pero admitía que las especies surgían en el tiempo, aunque fuera por hibridación” (Cappana P. 2010)

De todos modos, el cambio estaba por llegar. No solo en el metafórico sentido de esta frase o en el inevitable cambio de paradigma que se avecinaba, sino en la manera de analizar la historia de la vida sobre la tierra. Las evidencias en contra del modelo instaurado se acumulaban y esas “anomalías”, comenzaron a hacer tambalear la teoría. Uno de los principales exponentes de esta corriente de cambio fue

Georges Louis Leclerc, conde de Buffon. Él se resistía a creer que las “especies” proporcionaran la clave de algún plan divino, u ofrecieran la pista de alguna verdad teológica. Sostenía que “No debemos olvidar que estas *familias* son creación nuestra, nosotros las hemos fabricado con la única finalidad de tranquilizar nuestras propias mentes.” (Boorstin D. 2000))

Para postular su teoría, Buffón recurrió los más acabados conocimientos geológicos de su época y haciendo uso de su influyente posición social, pudo sostener con pruebas experimentales y avales científicos, sus revolucionarios postulados.

Desestimó los seis mil años de antigüedad que la biblia le adjudicaba a la tierra y propuso que la misma tenía que haber sido creada, como mínimo, tres millones de años antes.

La osadía de Buffón para arremeter contra postulados que seguían siendo sostenidos por el principio de autoridad, dio entrada a un nuevo mundo de cambio y progreso. Un mundo que no demoraría en convertirse en dinámico y evolutivo.

Georges Louis Leclerc, conde de Buffon (* 1707 -1788)

Fue escogido miembro de la Academia de Ciencias Francesa a la edad de 27 años. También fue Guardián de los Jardines Reales (más tarde Jardin des Plantes) en París desde 1739. Durante este periodo transformó los jardines reales en un centro de investigación y museo ampliando el parque considerablemente con la inclusión de numerosas plantas y árboles procedentes de todo el mundo. En 1773 le fue otorgado el título de Conde de Buffon. La obra más célebre de Buffon es su Historia natural, general y particular (Histoire naturelle, générale et particulière 1749-1788) presentada en 36 volúmenes con 8 volúmenes adicionales publicados a su muerte (por Lacepede). Esta obra engloba el conocimiento del mundo natural hasta la fecha.

Cómo hemos visto, Linneo y Buffón blandían banderas distintas. Mientras Linneo, siguiendo la tradición taxonómica antigua, se había centrado en los productos clasificables de la creación; Buffón se centraba en el proceso. Si la tierra tenía al fin su propia historia ¿Por qué no iba a tenerla la naturaleza entera? Según Buffón: “*El gran operario de la naturaleza es el tiempo. Marcha siempre con paso regular, y no hace nada a saltos sino por etapas, hace todas las cosas en gradaciones y sucesiones; y los cambios que realiza –al principio imperceptibles- poco a poco se vuelven perceptibles, y finalmente aparecen en inequívocas consecuencias*” (Foucault M, 2010)

Si bien la tarea de Buffon fue fundamental para derribar viejos mitos, también permitió la creación de la historia natural y fue uno de los pilares sobre los que Darwin pudo construir su teoría evolutiva por selección natural a mediados del siglo XIX. Aunque la teoría evolutiva propuesta por Darwin no tardó mucho tiempo en influir de manera directa en la búsqueda de especies antecesores de las actuales y en la construcción de árboles evolutivos a partir del registro fósil; el impacto en la metodología y filosofía de la clasificación demoró casi un siglo en instalarse. Estos cambios recién se produjeron cuando se reconoció la importancia de relacionar “filogenia” con “clasificación”. Actualmente coexisten diversas escuelas de clasificación que difieren en aspectos filosóficos y metodológicos. Entre ellas podemos mencionar a la Escuela Fenética o de Taxonomía Numérica (Sneath & Sokal), la Escuela Cladística o Sistemática Filogenética (Henning) y la Taxonomía Evolutiva (Simpson, Mayr).

Los sistemas naturales de clasificación

- De la comparación de estructuras, al origen común.

Cuando hablamos de los sistemas artificiales de clasificación, mencionamos que eran denominados de este modo, ya que partían de la elección de un carácter determinado. También dijimos que la elección de ese carácter era apriorística y arbitraria. Lo cierto es, tal como hemos visto, que este sistema permitió clasificar a casi todas las especies conocidas en la actualidad. Sin embargo, tanto la flexibilidad en la elección del carácter, como la vaguedad en la conformación de las familias, hicieron que este sistema sea blanco de innumerables cuestionamientos. De hecho, hasta Linneo (quien utilizó este método para llevar a cabo su clasificación), era consciente de lo incompleto del mismo. Consideraba que lo más adecuado para acercarse una clasificación “real” era contar con un método natural.

Según Linneo: “El sistema es arbitrario en su punto de partida ya que descuida, de manera concertada, toda diferencia y toda identidad que no se remitan a la estructura privilegiada. Pero nada impide que algún día se pueda descubrir, por medio de esta técnica, un sistema natural.” Y continúa “No es posible alcanzar el sistema natural sino después de haber establecido con certeza un sistema artificial”. (Foucault M, 2010)

En este punto, es conveniente aclarar, que el sistema de clasificación natural imaginado por Linneo estaba determinado por la visión que él tenía sobre el origen

de la vida. Debemos considerar entonces que si las especies existentes “habían sido creadas tal cual se presentaban al observador”, ni Linneo, ni ningún otro naturalista que se encontrase inmerso en ese paradigma, se detendría a considerar la posibilidad de algún tipo de relación filogenética entre ellas. Es por ello que “sistema natural” no tenía para él, el mismo significado que para los naturalistas modernos.

El sistema de clasificación natural imaginado por Linneo nunca se afianzaría como tal, ya que la cantidad de caracteres a comparar eran incontables y la elección selectiva de esos caracteres era una actividad de extrema complejidad. “Para establecer las identidades y diferencias entre todos los seres naturales, habría que tener en cuenta todos los rasgos que pudieran ser mencionados en una descripción”, decía Linneo (Foucault M, 2010)

Pese a ello y durante un breve periodo histórico comprendido entre el sistema propuesto por Linneo y la consolidación de la teoría evolutiva postulada por Darwin, los naturalistas de la época adhirieron a ese “sistema natural” e intentaron clasificar especies tomando cada vez mayor cantidad de variables. Al hacerlo, comenzó a ser cada vez más evidente la presencia de una suerte de continuidad biológica entre las especies clasificadas. Cuántos más caracteres se comparaban, más difusas eran las barreras que las separaban.

Paralelamente sucedió algo que dio un giro a la historia natural, o mejor dicho, sentó las bases para que esa historia natural pudiese ser construida: Buffón amplió la escala de tiempos.

Al demostrar que la tierra era mucho más antigua de lo que se creía hasta entonces y fortalecido por esa suerte de continuidad biológica que los naturalistas comenzaban a observar, ya no había una naturaleza por describir, sino una historia para contar. La incuestionable teoría que prevaleció durante siglos y postulaba que las especies eran entes fijas, tal como habían sido creadas, comenzaba a tambalear. Ya no había especies inmutables, sino especies con una historia sobre la tierra. Por que en definitiva, el tiempo pasó a ser el factor clave.

Pero si Buffón, al ampliar el tiempo, comenzó a hacer tambalear las ideas creacionistas; Darwin y Wallace, le asestaron el golpe de gracia. La teoría de la evolución por “selección natural”, terminaría por derribar, de una vez por todas, el paradigma más duro que tuvo que enfrentar la biología. Los mecanismos evolutivos podían ser explicados claramente y si había una evolución, esta podría ser rastreada. El hecho de poder establecer parentescos y crear líneas evolutivas a partir de ancestros co-

munes, dio origen a los sistemas de clasificación más modernos. Estamos hablando de las “clasificaciones naturales”.

Ahora sí, estamos en condiciones de establecer las diferencias básicas entre las dos propuestas de “clasificación natural”. La más antigua y donde Linneo era uno de los más notables adherentes, estaba determinada por las diferencias morfológicas (fenética) y la otra, la más moderna, se configura sobre las relaciones evolutivas (cladística).

Estado actual de las clasificaciones biológicas

- La disputa continúa

En el apartado anterior, se mencionó que en la actualidad coexisten diversas escuelas clasificatorias que difieren básicamente en aspectos metodológicos y epistemológicos.

La cladística, por ejemplo, postula que la clasificación biológica debe basarse en la filogenia (historia evolutiva) de los organismos. La idea básica de esta corriente es que la clasificación debe expresar las relaciones filogenéticas, teniendo en cuenta las ramificaciones del árbol evolutivo. La taxonomía evolutiva, en cambio, además de tener en cuenta las relaciones filogenéticas, considera indispensables para la clasificación biológica aspectos tales como la diversificación, la diversidad y la similitud. Una tercera propuesta, cuyas bases se contraponen notablemente a las de las demás escuelas, es la de la taxonomía numérica. Éste modelo retoma los preceptos clasificatorios fenéticos, pero los operativiza con la utilización de herramientas Informáticas (recordemos que el feneticismo sostiene que las clasificaciones deben llevarse a cabo empleando un gran número de caracteres, tomados de todo el cuerpo de los organismos y de su ciclo vital completo, y los grupos o taxones a formar se reconocen por una correlación de los distintos caracteres).

Cómo es de esperar, cada escuela sostiene sus preceptos con vehemencia. Mientras que los cladistas argumentan que el sistema de clasificación debe operar como para eliminar todo lo que no sean clados, los taxónomos insisten en que los grupos reflejen las filogenias y hagan uso frecuente de las técnicas cladísticas, pero que se permitan grupos monofiléticos y parafiléticos como taxones. Se entiende por grupo monofilético a un clado que comprende a una forma ancestral y a todos sus descendientes, formando así un grupo evolutivo. Un grupo parafilético, en cambio, excluye a los descendientes que hayan sufrido cambios significativos. Por ejemplo,

la clase tradicional *Reptilia* excluye a las aves, aunque estas evolucionaron a partir de un reptil ancestral

Seguimos sin un modelo instaurado y con una pregunta por responder: ¿hasta donde es necesario mirar?

Durante las últimas décadas, los avances científicos impulsados por los desarrollos tecnológicos, hicieron posible el afianzamiento de disciplinas como la genética, la informática y la biología molecular; permitiendo obtener un conocimiento mucho más acabado de los organismos vivos y reconstruir la historia evolutiva no solo a partir del estudio de los fósiles, sino también de los cromosomas. Como era de esperar, este conocimiento en “detalle” no tardó en ganar adeptos y estas disciplinas pasaron a ser determinantes para los actuales sistemas de clasificación.

Aunque nadie duda de la utilidad de estas disciplinas al servicio de las clasificaciones, mucho se discute sobre el rol hegemónico que han adoptado en la actualidad, relegando a un segundo plano a disciplinas como la sistemática. Tanto la secuenciación de ADN, como la sistemática computacional permiten trabajar con un gran número de datos, es por ello que se utilizan cada vez más para la construcción de una filogenia “objetiva”. Sin embargo, ningún método está exento de errores, es por ello, que un gran número de científicos, postula que la única manera de minimizar errores y acercarse a la clasificación más confiable posible, es combinando la filogenia morfológica con la molecular.

Para la controversias, como la *Salmonella* no hay.

A través de los años se han propuesto varios sistemas de clasificación que introdujeron controversias y confusión en la compleja nomenclatura y taxonomía de Salmonella; de tal forma que los científicos utilizan diferentes sistemas para referirse y comunicar en sus publicaciones científicas acerca de este género. Cuando se identificaron las primeras cepas se las clasificó en tres especies Salmonella typhi, Salmonella choleraesuis y Salmonella enteritidis (Edwards & Ewing, 1972). La siguiente nomenclatura utilizada fue la descrita en el “Bergey’s Manual of Determinative Bacteriology” donde se reconocían por métodos serológicos e hibridación de ADN-ADN, la existencia de dos especies Salmonella bongori y Salmonella choleraesuis. Esta última especie a su vez se dividía en seis subespecies, de las cuales Salmonella choleraesuis subsp choleraesuis incluía a la mayoría de serovares

(Holt, 1994). Sin embargo, al haber un serotipo *S. Choleraesuis* que podía llegar a causar confusión, el Comité Internacional de Bacteriología Sistemática del XIV Congreso Internacional de Microbiología recomendó cambiar el nombre de la especie *Salmonella choleraesuis* por el de *Salmonella enterica* (Brenner, 2000). Aunque actualmente y clasificadas por métodos moleculares, se proponen siete especies de *Salmonella* e incluidas en una de ellas (*choleraesuis*) seis sub especies, no hay uniformidad al respecto. Es por ello, que durante el último Congreso Internacional de Microbiología y con el único objeto de evitar que la lista de especies y sub-especies clasificadas siga creciendo de manera abrumadora, varias voces se alzaron cuestionando las clasificaciones realizadas por métodos moleculares y proponiendo que el género *Salmonella* solo considere a las dos especies clasificadas en 1994 por métodos serológicos e hibridación de ADN-ADN: *Salmonella choleraesuis* y *Salmonella bongori*. El Comité se comprometió a analizar el caso.



CAPÍTULO III

Nombrar para distinguir: la nomenclatura y el conocimiento y conservación de la biodiversidad

Fernando Bedetti

En el estudio de la biodiversidad, la nomenclatura es la parte de la taxonomía que se ocupa de los nombres de los taxa, (plural de taxón) que designa toda unidad taxonómica de cualquier jerarquía, como especie, familia, etc. y da respuestas a una larga serie de problemas, como la ortografía, la validez de los nombres y las reglas que se debe seguir para colocarle un nombre a nueva especie descrita, entre otras cuestiones.

Acordar una nomenclatura común se torna indispensable pues su fin principal es tratar de mantener estabilidad en los nombres de los taxa y evitar confusiones nomenclaturales, de tal manera que estos nombres puedan aplicarse universalmente.

Todos los taxa tienen asignado por nombre una sola palabra. El nombre que lleva una especie, en cambio, está formado por dos palabras, la primera, llamada nombre genérico, que repite el nombre del taxón género al que pertenece la especie; la segunda, llamada epíteto específico es propia de la especie. Esta manera de nombrar a las especies, de uso universal, fue popularizada por Linneo en sus obras *Species Plantarum* en 1753 y en la décima edición de *Systema naturae* en 1758, sin embargo ya existían obras botánicas como las de Bauhin, Rivinus, Tournefor, Ray y Jung donde ya a muchas plantas se les asignaban un nombre binomial.

Esta nomenclatura, que a mediados del siglo XX mostraba poco dinamismo y escasos motivos de interés, pues se podía llegar a creer que ya casi estaba todo dicho en torno a las reglas a seguir para lograr su fin, a finales del mismo siglo reavivó discusiones. Dice Crisci, un importante investigador de la Sistemática Biológica en nuestro país, que “la nomenclatura no hubiera estado en la lista de puntos críticos veinte años atrás, hoy no sólo lo está, sino que se ha transformado en uno de los temas que más polémica ha generado en los últimos tiempos.” (Crisci, 1998, p.24).

Es que la conciencia que se ha despertado por conservar la biodiversidad, ha llevado a la necesidad de clasificar y nominar a todas las especies, haciendo que se investigue en la búsqueda de taxa nuevos y se exploren nuevamente regiones que ya habían sido revisadas. Entre las acciones que requieren los distintos proyectos para conocer y preservar la biodiversidad está la de formar bases de datos que, utilizando la tecnología informática almacene y comunique la información sobre la misma y son los nombres científicos aceptados como válidos o correctos la base para poder manejar toda la información que puedan aportar las dos millones de especies descriptas. Citando a Crisci (2010) podemos decir que “si no tienes el nombre no tienes el conocimiento. Si tienes el nombre equivocado tienes el conocimiento equivocado”

El intento de poner orden en la nomenclatura: los Códigos Biológicos

A poco tiempo de haberse establecido los principios básicos de la clasificación por Linneo, comenzaron a aparecer confusiones en cuanto a los nombres de los taxa, sobre todo los relacionados con los específicos, a tal punto que apenas cincuenta años después de establecerse la nomenclatura binomial, Jean Lamarck, reclamaba que los nombres genéricos y específicos estén sujetos a reglas, pues la falta de éstas atentaba contra el mismo sistema.

Los problemas más grandes surgían en torno a las sinonimias y homonimias. Cuando una especie recibe dos o más nombres distintos se dice que estos nombres son sinónimos, en cambio cuando un mismo nombre es asignado a dos taxa diferentes nos encontramos ante un problema de homonimia.

Entre las causas de estos problemas podemos citar: la reivindicación, por parte de algunos investigadores de nombres antiguos de especies, usados popularmente, que habían sido asignados antes de Linneo – como los que se publicaron en obras de

botánicos anteriores como se explicó antes-, la asignación de nombres a especies que ya han sido nombradas en otros estudios, pero que no son conocidos, o la existencia de ciertos nombres aplicados erróneamente.

La existencia de estos homónimos y sinónimos y la necesidad de tener que elegir a uno de ellos, llevó a que, tal como lo pedía Lamarck, se establecieran organismos internacionales que formulan reglas de nomenclatura, como así también las modifican o aceptan excepciones, en caso de ser necesario.

Durante todo el siglo XIX botánicos por un lado y zoólogos por el otro, debatieron, no siempre de manera cordial, sobre los problemas de nomenclatura y a lo largo del siglo se fueron proponiendo diversos códigos aceptados sólo parcialmente por algunos grupos de científicos. Tal es así que recién en 1935 el Código Botánico resultante del Sexto Congreso Internacional de Botánica de Ámsterdam puede ser considerado el primero de aceptación universal.

Los zoólogos cuentan, desde 1895, con la Comisión Internacional de Nomenclatura Zoológica, que actualmente trabaja de forma permanente sobre los problemas de nomenclatura que se van presentando y prepara la documentación para los congresos internacionales, donde se tratan y revisan las reglas de nomenclatura propuestas por la Comisión. Además cuentan desde 1942 con el Bulletin of Zoological Nomenclature, que les permite presentar soluciones a los problemas de nomenclatura, luego la Comisión recoge las propuestas, las debate y luego de posterior votación les da resolución. El Primer Código de Nomenclatura Zoológica fue publicado recién en 1961.

Los botánicos tienen un organismo similar desde 1953: la International Association of Plant Taxonomy, con una revista especializada, llamada Taxon.

Los Códigos se modifican en los Congresos Internacionales y se van actualizando. Para las modificaciones existen ciertas diferencias entre ambos Códigos en cuanto al procedimiento, pero coinciden en ser laboriosos y largamente discutidos, lo que les da cierta lentitud a los cambios. Esto, que puede verse como algo negativo, evita que se impongan cambios que tiene más que ver con una moda o con un grupo de presión y contribuye a la estabilidad.

Actualmente existen cuatro códigos: el Código Internacional de Nomenclatura Zoológica, el Código Internacional de Nomenclatura Botánica, el Código Internacional de Nomenclatura Bacteriológica y un Código Internacional para la Clasificación y Nomenclatura de Virus (cuyas siglas en inglés son ICZN, ICBN, ICNB, ICVCN respectivamente). También existe un Código adicional, el Código Internacional de Nomenclatura

de Plantas Cultivadas, que se ocupa de los nombres de plantas cuyo origen tiene que ver con la selección e hibridación practicada por el hombre.

Ninguno de los códigos tiene fuerza de ley, es decir que su autoridad depende sólo de los acuerdos de buena voluntad entre los sistemáticos. Si un sistemático no sigue las reglas, la única sanción posible es la desaprobación de sus colegas y la no publicación de sus trabajos.

Todos coinciden en algunos principios básicos:

1. Todos tienen una fecha de partida, a partir de la cual todos los nombres anteriores no tienen valor, por ejemplo, para los nombres de zoología, se toma como fecha de partida 1758, año de la publicación de la 10ª edición de , de Linneo. El Código Botánico estableció en un principio la fecha de partida de 1753, fecha de publicación de , pero luego se fueron estableciendo fechas especiales para algunos grupos en particular, como hongos y algunas algas.
2. Todos utilizan el principio de prioridad, que establece que entre dos o más nombres de posible aplicación, el nombre que se debe elegir es el más antiguo, aunque existen numerosas excepciones con tal de mantener cierta estabilidad: si el nombre más viejo ha sido muy poco usado, generalmente se desestima, como así también los nombres olvidados () que son aquellos que por algún motivo no se usaron nunca, o por lo menos se dejaron de usar por más de cincuenta años.
3. Son tipológicos, pues exigen, al describir y nombrar una especie, que se respete la designación de un ejemplar tipo que debe estar claramente identificado y especificado en qué institución esta conservado. El significado de tipo es modelo o módulo y con esta palabra se designa el ejemplar conservado en una institución determinada y sobre el cual se realizó la descripción y la ilustración original de una especie o entidad de categoría inferior a ella, que servirá como "tipo nomenclatural" de la especie descrita, proporcionando un punto fijo de referencia asociado con algún nombre particular. De esta manera un tipo no es, como puede llegar a interpretarse, necesariamente el elemento más representativo de la especie, sino que es el elemento al cual queda asociado el nombre para siempre.

¿Cómo se asigna nombre a una nueva especie? Del conjunto de ejemplares recolectados y considerados taxonómicamente iguales, cuando el taxónomo tiene la certeza de estar ante una nueva especie y quiera ponerle

un nombre, debe elegir a un ejemplar en particular, del cual hará la descripción. A este ejemplar elegido por el autor como “tipo” se lo denomina holótipo y los demás ejemplares pasan a llamarse parátipo. En botánica, como pueden colectarse varias muestras del mismo ejemplar, se emplea el término isótipos para éstos, por ejemplo: la especie es un árbol y en la recolección se cortaron varias ramas del mismo en el mismo momento.

Los distintos códigos de nomenclatura varían en cuanto a lo que se considera tipo y también han cambiado las exigencias a lo largo del tiempo. El ICBN exige que el ejemplar tipo sea un ejemplar herborizado. El ICNZ admite como ejemplar tipo un animal disecado o una parte del animal, de cualquier sexo o en cualquier etapa de desarrollo, como huevo o larva; o si se trata de animales coloniales de una parte de la colonia. Con los unicelulares, se admite uno o varios preparados para microscopios, que representan a individuos directamente relacionados en diferentes etapas del ciclo de vida o un preparado que contenga uno o varios organismos individuales, claramente identificables. En caso de ejemplares fósiles ambos códigos admiten, partes del animal o planta, también impresiones, huellas y moldes.

Esta designación de tipos nomenclaturales también se extiende a taxones superiores a especie, de tal modo que el tipo del nombre del grupo de la familia es un género contenido en esta familia, y el tipo del nombre de un género es una especie contenida en este género.

4. Requieren ciertas formalidades en torno a la publicación del nombre. El objetivo de estas formalidades, al igual que la tipificación, es que mediante condiciones básicas de publicación cualquier otro investigador tenga los medios de saber qué tipo de organismo tenía enfrente el autor de un nombre. Esto se convierte en esencial cuando se realizan revisiones, como veremos más adelante.

Una de las condiciones requeridas es que los medios de publicación deben ser revistas científicas especializadas de distribución amplia. Otra condición es que la publicación de un nuevo nombre vaya acompañada, además de la descripción de la especie, de una diagnosis del taxón al cual está ligado el nombre de tal manera que permita diferenciarlo de los otros taxa. En caso de los botánicos, desde el Congreso de 1935 se requiere que esta diagnosis se haga en latín. Los nombres de plantas fósiles, en cambio, requieren estar

acompañados de una ilustración que muestre los principales caracteres de la misma.

Cuando se cumple con estos requerimientos de publicación entonces se dice que el nombre está disponible, según el Código de Zoología o válidamente publicado, según los códigos de Botánica y Bacteriología. A veces, a pesar de alcanzar este status, un nombre puede ser ilegítimo (según el Código de Botánica) o inválido (según el código de zoología) y no puede ser aplicado. La principal causa de esto es que el nombre sea un homónimo posterior.

5. Ponen ciertas condiciones en torno al nombre colocado.

Los nombres genéricos deben ser un sustantivo o un adjetivo empleado como sustantivo, deben estar escritos en latín o latinizados, es decir que si no es un nombre latino se debe escribir como si lo fuera, respetando la gramática de esta lengua y se deben escribir con mayúscula. No tienen obligación de significar algo, o ser un carácter distintivo del taxón. Por ejemplo, unos pequeños caracoles marinos tienen el nombre genérico que fue tomado de las islas del mismo nombre del Pacífico; un género de gramíneas se llama en honor a Lamarck; un género de aves australianas se llama que es el anagrama de , nombre del género a la que pertenecen los Martín pescador y éste a su vez es el nombre común latino que se les daba a dichas aves; es el nombre genérico de un hermoso pez del Atlántico, pero es sólo una combinación arbitraria de letras.

Los epítetos específicos deben ser adjetivos que deben concordar gramaticalmente con el género y se escriben en minúscula. No tienen necesidad de destacar alguna característica de la especie e incluso pueden estar dedicado a alguna persona, como en la paloma cordillerana, , cuyo epíteto fue colocado en homenaje a Francisco Moreno. Se rechazan los nombres que no concuerdan gramaticalmente, los que tienden a herir susceptibilidades religiosas, políticas o raciales o pueden ser motivo de ridiculización.

El Código de Botánica considera ilegítimos los tautónimos, es decir los nombres cuyo epíteto específico repite el nombre del género, por ejemplo no existen en botánica nombres como o . En cambio sí se permiten en Zoología y nos encontramos con nombres tales como para designar al sapo común.

Citación de autores

Para evitar confusiones en cuanto a la sinonimia está la citación del autor del nombre. Éste se coloca, generalmente de forma abreviada a continuación del nombre de la especie y escrito con letra no cursiva, por ejemplo, para el “nogal criollo”: Griseb. En este caso Griseb. es la abreviatura de August Grisebach, botánico alemán. Esta citación de autor es obligatoria según el código de botánica y recomendado para la primera vez de publicación para el Código de Zoología. Optativamente también puede aparecer seguidamente al nombre la fecha en que por primera vez se publicó el trabajo donde apareció éste.

En muchas publicaciones, se adjunta una lista de los sinónimos que se han utilizado, señalizándolos con un signo igual. Por ejemplo, para el “venado de las pampas” de nombre científico (Linneo, 1758) nos encontramos con la siguiente lista de sinónimos: = (Linnaeus, 1758) = Wied, 1826 = (Linnaeus, 1758).

En caso de homónimos se citan a los mismos con el uso del prefijo “non”. Por ejemplo, en el caso de las “tunas” o “pencas”, los cactus de tallo plano, donde se han generado muchas confusiones, K. Schum non auct., quiere decir que descrita por Schumann (K. Schum) no es la misma que de “otros autores”, que es lo que significa la abreviatura “auct.”

Cuando el autor del nombre aparece entre corchetes, para el Código de Zoología indica que el nombre del taxón fue publicado anónimamente y la citación del autor ha sido dada en forma indirecta. Para el Código de Botánica indica un autor previo a la fecha de partida.

Los nombres de los taxa de categorías superiores a género

Los Códigos también regulan los nombres para los rangos superiores a género, prescribiendo que los mismos sean, de acuerdo a la gramática latina, sustantivos en plural, que se deben escribir en mayúscula.

En algunas categorías, según los códigos, se exige o se recomienda el uso de una terminación normalizada. Estas, dan la ventaja, una vez familiarizados con ellos, de posicionarnos con la sola lectura del nombre del taxón la categoría a la que pertenece. En botánica, por ejemplo, todos los nombres terminados en -ales, como rosales y salicales, pertenecen a la categoría de orden; en cambio los nombres terminados

en -oideae, como prunoideae pertenece a la categoría de sub familia.

En los nombres de taxones de nivel familia, se toma como raíz del genitivo el nombre del género que es utilizado como tipo. Por ejemplo el nombre del género Rosa, se utiliza como raíz de la familia Rosaceae, que tiene a dicho género como tipo.

Es común encontrar en diversa literatura biológica los nombres de los taxones castellanizados, los mismos se logran modificando la terminación latina.

Tabla de subfijos sufijos normalizados y su castellanización

	Código Botánica			Código Zoología
	Plantas	Algas	Hongos	
División /Phylum	-phyta (-fitos)		-mycota (-micota)	
Subdivisión / Subfilum	-phytina (-fitina)		-mycotina (-micotina)	
Clase	-opsida	-phyceae (-fíceas)	-mycetes (-micetes)	
Subclase	-idae (-idas)	-phycidae (-fícidas)	-mycetidae (-micetidos)	
Orden	-ales (-ales)			-forme
Suborden	-ineae (-ineas)			
Súperfamilia	-acea			-oidea oideos)
Familia	-aceae (áceas)			-idea (-idos)
Subfamilia	-oideae (oideas)			-inae (-inos)
Tribu	-eae (-eas)			-ini (-inis)
Subtribu	-inae			-ina (-ina)

Los sufijos sólo recomendados por los códigos están en azul, los que son de uso obligatorio en rojo. El sufijo -forme, marcado en verde, es utilizado por consenso por los ornitólogos (como Anseriforme, el orden al cual pertenecen los patos). Las castellanizaciones están entre paréntesis.

Los nombres de los taxa inferiores a especies

En zoología sólo se distingue una categoría inferior a especie, la subespecie, generalmente definida a partir de pequeñas diferencias en la forma de poblaciones aisladas. Para distinguir sub especies utilizan la nomenclatura trinomial. Por ejemplo, es el nombre de una tortuga marina en peligro de extinción, los zoólogos distinguen dos subespecies, una que vive en las costas argentinas, , y otra que vive en las costas

chilenas, . Teniendo en cuenta que en zoología hay una sola categoría donde hay nombres trinomiales, no hace falta clarificar que éste se trata de una subespecie.

En cambio en botánica existen varias categorías inferiores a especies: subespecie, variedad y forma. Las conceptualizaciones de estas categorías son muy discutidas. Los botánicos que quieran distinguir subespecies, variedades o formas usan las abreviaturas respectivas “sub”, “var” o “form” respectivamente entre el nombre científico y el nombre de ellas. Estas abreviaturas no se escriben en cursiva. Por ejemplo, para una variedad de fresnos el nombre es var. . El epíteto después de la abreviatura var. es el epíteto de la variedad.

Abreviaturas de los nombres científicos

En la mayoría de las publicaciones una vez que se escribió el nombre de una especie en forma completa, al tener que repetirlo, se acepta que se abrevie con la inicial al nombre genérico, por ejemplo, si se nombró a la especie , (un felino argentino de las selvas paranaense, misionera y de las yungas, en peligro de extinción, llamado comúnmente margay) cuando se tenga que repetir el nombre basta escribir, También es válido que al nombrar a otra especie del mismo género en el escrito se use la abreviatura, así por ejemplo, podemos escribir (otro felino en peligro de extinción, llamado comúnmente gato onza, que habita zonas selváticas como el anterior), en lugar de *Felis pardalis*.

Cuando se conoce el género, pero se ignora a qué especie pertenece, o cuando no tiene importancia saber el nombre específico, podemos usar el nombre genérico seguido de la abreviatura ., que se lee “especie”, por ejemplo cuando se identifica a una planta con el género , pero no sabemos cuál de las cientos de especie es, entonces nos podemos referir al organismo como . En el caso que se tenga que referir a varias especies desconocidas, o que no tenga importancia nombrarlas a todas las de un mismo género podemos usar la abreviatura ., que se lee especies. Así, por ejemplo, es válido, para referirse a varias especies del género , como .

Nombre de taxones híbridos

Solo el ICBN se ocupa de los nombre de los híbridos, lo que no es de extrañar, pues en el reino vegetal existen una gran cantidad de éstos, que se producen por la

intervención humana y también de forma natural. A todos los híbridos se los distingue por la aparición del signo x en su nombre, que conecta a los nombre de las especies progenitoras, o bien conecta el nombre del género de las especies progenitoras con un nuevo epíteto específico, por ejemplo , nombre del vulgarmente conocido malvón.

En el caso que se trate de híbridos de dos géneros distintos se puede usar como nombre una combinación de las especies parentales, siempre precedido por una X sin dejar espacio. Por ejemplo x& Fr. Hoffm. es la cruce L. x L.

Biocódigo y Filocódigo

A finales del siglo pasado han aparecido propuestas de reemplazar los distintos códigos por un código unificado tentativamente llamado Biocódigo. Se mencionan cinco argumentos a su favor: el cambio conceptual de los reinos, la unidad de la biología, la imagen de fragmentación de la biología que ofrecen los códigos por separados, el problemas de los protistas que son tratados en códigos diferentes y la necesidad de tener un sistema más simplificado (Kiesling. 1998). Sin embargo, este intento de unificar reglas se enfrenta con una práctica ya realizada durante cientos de años, en la cual se ha nombrado una buena porción de los organismos, por lo que muchas de las propuestas de unificación chocan contra la estabilidad de la nomenclatura.

También existe una propuesta más radical que propone reemplazar las clasificaciones tradicionales por las resultantes del análisis cladístico o también llamado sistemática filogenética en sus inicios, que plantea clasificaciones que reflejen la genealogía (filogenia) y la creación de un código para regir a las misma que se lo llama Filocódigo (Phylo Code en inglés).

La cladística acepta solamente aquellos grupos taxonómicos que coinciden con la representación del árbol evolutivo, también llamado cladograma, que surge de dicho análisis. La misma produjo grandes ventajas y cambios en los estudios sistemáticos, como opina Mishler, B. (2009)

“La revolución filogenética ha mejorado la investigación en todas las áreas de biología, más allá de clasificación. La Filogenia proporciona un marco conceptual para el estudio de la variación biológica en una serie asombrosa de rasgos.” p. 63).

O los científicos argentinos Morrone, J. et al. (1992)

“El cladismo...ha generado una verdadera revolución en la clasificación biológica. Este método propicia una fecunda interacción con ramas de la biología tales como la biogeografía, la biología evolutiva y la ecología. Se ha transformado además en una eficaz herramienta utilizada cuando se plantean estrategias de conservación de la diversidad biológica.” (p. 26)

El problema que surge se basa en el distinto concepto de monofiletismo que tiene la cladística con la taxonomía clásica o “darwiniana”. La cladística define a una agrupación como monofilética cuando está compuesta por todos los miembros que surgieron del taxón ancestral, en cambio en la taxonomía clásica se acepta que algunas agrupaciones puedan realizarse dejando algunos taxones descendientes del ancestro común afuera del grupo. Para los cladistas este tipo de agrupación son consideradas parafiléticas y no son aceptadas. Esta manera de agrupar del cladismo lleva a la desaparición o ruptura de grupos tradicionalmente aceptados, como el de las aves o peces. Taxónomos darwinianos como Mayr (1998) se resisten a este tipo de cambios y prefieren llamar a las agrupaciones cladísticas “cladones” ya que la clasificación no se basaría en taxones, sino en clados. Entre las razones nomenclaturales que se oponen a la propuesta de clasificación y de creación del Filocódigo los científicos españoles Carrión J. y Cabezudo, B. (2003) opinan que

“...la introducción de la nomenclatura filogenética en la botánica implicaría una gran confusión, como ya se observado cuando se ha intentado en pájaros y mamíferos...

El lado legislativo de la nomenclatura filogenética, como se traza en el Phylo Code, abre un escenario de pesadilla para el futuro de la sistemática. Hasta la fecha, los taxónomos han dado nombre a unos 1,7 millones de especies. Si incluimos todos los nombres genéricos y supragenéricos, las entidades taxonómicas llegan a los 3 millones. Lo que pretende el Phylo Code es que cada una de ellas sea redefinida y situada en un registro global sobre la base de criterios de filogenia cladística.” (pp. 167-168).

¿Por qué algunos taxones cambiaron de nombre? Revisión y nomenclatura.

Las plantas habitualmente conocidas como “palo borracho” de flores rosadas, comúnmente utilizadas en paseos públicos, tenían hasta no hace mucho el nombre científico de *A. St. Hil*, pero en la bibliografía actualizada la encontramos con el nombre de (*A. St. Hil*) *Ravenna*. ¿Por qué el cambio de nombre? ¿Por qué un autor se cita entre paréntesis? Lo que ha sucedido aquí es que el género ha sufrido una revisión.

Una revisión busca detectar ordenar y resolver problemas nomenclaturales que puedan existir en un taxón ya conocido. En general se analiza el grupo en revisión con nuevas concepciones teóricas, como ocurre con la cladística. O con nuevos datos, que pueden basarse en el análisis de caracteres macro morfológicos, o análisis ultramicroscópicos, como la estructura del polen o esporas en el caso de las plantas. O con nuevas herramientas, como los análisis serológicos, bioquímicos y, los más frecuentes, análisis de material genético. Las revisiones reflejan perfectamente la idea de que la clasificación taxonómica es un modelo y como tal es susceptible de ser cambiado ante nuevas evidencias en un proceso continuo que busca ampliar y mejorar los trabajos anteriores.

Cuando hay un cambio en la posición taxonómica del grupo estudiado, las revisiones frecuentemente llevan a cambios de nombres. Por ejemplo, en el caso de una especie de amplia distribución geográfica que presenta una variación fenotípica notable y cuyos fenotipos fueran clasificados y nombrados como dos especies diferentes, luego de una revisión se unifican bajo un mismo nombre.

Volviendo al caso antes citado, durante mucho tiempo el carácter diferencial entre los géneros y estaba dado por la disposición de los estambres. En el primer caso las flores constan de cinco estambres libres, en cambio en los estambres se unen formando un tubo y en la base del mismo se encuentran otros cinco apéndices en forma de estambres estériles (estaminodios). Revisiones posteriores dieron cuenta que existen ejemplares con caracteres intermedios entre las dos formas e incluso, caracteres intermedios presentes en flores de un solo ejemplar, por lo que la diferencia entre y no se justificaba. Por lo tanto, siguiendo al Código de Botánica se volvió al nombre genérico más antiguo, en este caso, se conservó el epíteto específico *-speciosa-* y, obligatoriamente se cita entre paréntesis el nombre del antiguo autor que la asignó a otro género *-A. St. Hil.-*, seguido del nombre del nuevo autor

- Ravenna-. Así tenemos el nuevo nombre con la citación correcta del autor: (A. St. Hil) Ravenna.

Problemas con la tipificación

Una revisión implica una exhaustiva reconsideración de los ejemplares tipo. En algunas ocasiones puede suceder que el autor de un nombre designó a más de un ejemplar tipo para el mismo. También puede suceder que éste falte por alguna razón, es irreconocible o que directamente no haya sido designado, como en el caso de muchos nombres antiguos, ya que recién a principios del siglo XX los Códigos fueron poniéndose más estrictos en cuanto a la exigencia de una tipificación (en botánica, por ejemplo, en los primeros tiempos posteriores a Linneo no se utilizaban ejemplares tipo).

Para diferenciar la elección de un ejemplar tipo por el procedimiento normal del que se realiza como producto de una revisión existe toda una terminología específica. Por ejemplo, cuando no se designó holotipo, todos los ejemplares colectados se los denomina sítipos y la designación de un ejemplar tipo corre a cargo del revisor, pero, para no confundir este proceso con el de tipificación normal, se lo designa entonces como lectótipo.

En caso extremo en que todos los ejemplares con los que trabajó el autor del nombre falten, entonces se puede designar, después de una extensa revisión, a otro ejemplar de otra colección como "ejemplar tipo", pero como el proceso es distinto a la designación de un holotipo o lectótipo, entonces a este ejemplar se lo llama neótipo.

Cuando por una revisión los elementos de un taxón deben ser distribuidos en dos o más nuevos taxones se tiene que determinar cuáles son los elementos que se quedan con el nombre original y cuales reciben un nuevo nombre. En este caso los Códigos, tratando de preservar una cierta estabilidad, establecen que el nombre original será asignado a los elementos que se agrupan junto al que ha sido designado como tipo. Él o los demás grupos que se puedan establecer llevarán otro nombre. Sin embargo no siempre seguir esta norma asegura estabilidad y entonces se entablan grandes discusiones, como en el ejemplo siguiente:

Las acacias y una disputa entre dos continentes

Un ejemplo de cómo se trabaja con los cambios que traen aparejados las revisiones de la clasificación lo constituye el género *Acacia*. Este caso, en particular, tiene una atracción extra por la repercusión del debate y la cantidad de aspectos no botánicos que involucró la discusión y se tuvieron en cuenta.

El género *Acacia* pertenece a la gran familia de las leguminosas, actualmente denominadas fabáceas. Está integrado por árboles de medianos a pequeños y en Argentina hay varias especies nativas, como *Acacia caven* un arbolito típico del espinal, de flores pequeñas con largos estambres amarillo – dorado, reunidas en glomérulos muy fragantes, por lo que se la llama comúnmente “aromito”. Este género gozó de cierta estabilidad desde mediados del siglo XIX y llegó a tener 1352 especies, distribuidas en América, África, Asia y mayoritariamente en Australia, de donde son nativas casi mil especies.

El tipo del nombre del género era *Acacia nilotica* (L) Delile, una especie ampliamente distribuida en África y este de India. Pero en 1986, Padley, utilizando caracteres morfológicos, palinológicos y bioquímicos llega a la conclusión que en lugar de un género, debía utilizarse tres: *Acacia*, *Senegalia* y *Racosperma*.

Para adoptar la clasificación de Padley, siguiendo las reglas como aconseja el ICBN y habitualmente se hace, el grupo que comprende a la especie tipo es el que conserva el nombre original. En este caso el nombre genérico *Acacia* lo tendrían que haber llevado las especies que se agrupaban junto con *Acacia nilótica*; y las demás especies tendrían que cambiar su nombre a *Senegalia* o *Racosperma*, según donde se agrupaban. Pero *Acacia nilótica* formaba, con las demás, un grupo muy pequeño, como consecuencia, apenas unas cientos de especies conservarían el nombre y se tenía que cambiar el nombre a unas 1200 especies y unas 1400 sub especies. Es por este motivo que el sistema de Padley no prosperó, a pesar de respetar los acuerdos vigentes para la clasificación.

Sin embargo las investigaciones siguieron avanzando, complementándose con estudios genéticos y el cambio en el género no podía esperar más. En el 2003 se publicaron los estudios de Maslin, Miller y Seigler, que no solamente apoyaban a Padley, sino que ampliaron la propuesta de la división de *Acacia* en cinco géneros: *Acacia*, *Senegalia*, *Racosperma*, *Acaciella*, y un género todavía no nombrado de unas trece especies americanas. Nuevamente el sistema volvía a tropezar con la cantidad

de nombres que se tenía que cambiar si se aplicaban las reglas del código, pues solamente conservaban el nombre *Acacia* 161 especies de las 1352. Pero había un ingrediente extra: los australianos se encontraban con que sólo 7 especies conservaban el nombre y tenían que cambiárselo a 960, que pasarían a llamarse *Racosperma* y otras 2 que pasarían a llamarse *Senegalia*.

Evidentemente a los australianos el cambio les traía un trastorno mayúsculo, puesto que el viejo género *Acacia*, tiene más especies en Australia que el tradicional *Eucaliptus*. Fue así que en mayo de 2003 aparece en el boletín Taxon una propuesta de dos australianos, Orchard y Maslin. La misma proponía básicamente que se cambiara el tipo del nombre genérico, que ya no sería *Acacia nilotica*, el arbolito africano, sino *Acacia penninervis* Sieber ex D.C., un arbolito australiano. Como *Acacia penninervis* estaba agrupado con las 960 especies que se tenían que llamar *Racosperma*, al ser tomado como el tipo del nombre de *Acacia*, entonces las que se tenían que llamar *Racosperma*, directamente se seguirían llamando *Acacia*.

La discusión excedió lo meramente nomenclatural, como no es habitual en estos casos, pues los que tenían que tomar la decisión no solo tuvieron que sopesar la conveniencia de saltarse la regla del Código en beneficio de un menor cambio de nombre, sino también que tuvieron que sopesar argumentos de tipo económico, políticos y hasta nacionalistas, pues las 161 especies africanas dejarían de llamarse *Acacia -Vachellia* fue el nombre propuesto-, dejando a los africanos sin una sola planta de *Acacia*.

Tanto africanos como australianos demostraron mucho apego por los arbolitos, así que el Comité de Espermatofitas, constituido por 15 miembros tuvo mucha correspondencia, controversias y propuestas que estudiar, no solo del ámbito científico, sino también de la prensa popular.

Muchos argumentaron que salirse de lo que marca el código era sentar un precedente para posteriores excepciones y los del Comité de espermatofitas argumentaron que nunca antes se la tuvieron que ver con el cambio de nombre de más de mil especies y que no se visualizaba otra situación similar. Los africanos argumentaron que siempre llamaron acacia a las *Acacia* que adornan todas las postales sobre la sabana africana, con leones, cebras y caída del sol, como se ve en las películas. Los australianos argumentaron que una de las tantas *Acacia* que tienen es su flor emblemática. Los africanos, que el bosque de *Acacia* es muy importante en África. Los australianos, que también ellos tenían bosques importantes y los habían estudiado mucho, hasta tener un grupo de estudio especializado. Los africanos, que la muy

antiguamente conocida *Acacia senegal* (de donde se extrae la goma arábiga que se utiliza para la elaboración de cosas tan populares como el chicle norteamericano) era africana y los australianos respondieron que se tome la determinación que sea, *Acacia senegal* nunca más se llamaría así, se llamaría *Senegalia* o *Vachellia*.

Los australianos hicieron lobby, entre otros medios con programas radiales, y argumentaron que tenían cientos de especies de uso económico a las cuales sería una pena cambiarles el nombre y que además de hacerlo, pasando de *Acacia*, que en latín es femenino, a *Racosperma*, que en latín es neutro, no solo se tendría que cambiar el nombre genérico, sino también el epíteto específico: por ejemplo *Acacia adunca*, no podría llamarse *Racosperma adunca*, sino, para estar en concordancia con el género debe llamarse *Racosperma aduncum* (esta concordancia entre el género del nombre genérico y el del epíteto específico es una de las exigencias del Código y está perfectamente reglada), y esto desestabilizaría aún más la nomenclatura.

Tanto Padley como Orchard intercambiaron numerosa correspondencia en distintos artículos. Hasta que en agosto de 2004 salió, por fin, la decisión del Comité de Espermatofitas publicado en *Taxon*: luego de una larga consideración por nueve votos a seis (con lo justo necesario) se aceptó la propuesta de Orchard y Maslin de conservar el nombre *Acacia* con un nuevo tipo, que tal como se planteó caía en *Acacia penninervis*, la especie australiana.

Pero esto, según las reglas, no queda aquí, sino que la decisión del Comité debe pasar la votación de la Comisión General de Taxonomía Vegetal, cosa que se hizo, y, por último fue pasar por la Reunión de la Sección de nomenclatura del Congreso Internacional de Botánica que se realizó en Viena. A esta reunión asistieron alrededor de 200 botánicos, muchos de los cuales llevaban votos institucionales.

Las propuestas de conservación son tratadas normalmente al final de la reunión, y nunca en la historia de ésta hubo algún caso de impugnación. Sin embargo, quienes se oponían a cambiar el tipo a una especie australiana – el “bando” africano – habían hecho saber su deseo de impugnar, mediante votación, la recomendación sobre *Acacia* del Comité. No sólo el “bando” africano asistió en gran cantidad, sino que solicitaron el voto de instituciones que no estaban presentes, de tal manera que si bien estaban dentro de las reglas, nunca antes había habido tales grupos y formas de presión. Para impugnar una decisión del comité se debe contar con una mayoría del 60 %. Luego de la votación el resultado fue de un 55 % a favor del “bando” africano, pero como no llegó al 60 % necesario la decisión del Comité se confirmó.

A pesar que lo resuelto en Viena sigue generando resistencias y discusiones, que anuncian serios debates para el Congreso de Melbourne en 2011, bueno es preguntarse qué sucedería en Argentina, puesto que tenemos alrededor de unas 30 especies del género *Acacia* entre nativas y exóticas. Si la propuesta del Congreso de Viena es definitivamente aceptada y hasta que no se publiquen las propuestas formales, los nombres genéricos, específicos e infraespecíficos siguen siendo los mismos, es decir, que todavía se llamarán *Acacia*. *Más adelante nos encontraremos con que algunas especies exóticas se seguirán llamando Acacia y nuestras especies nativas tomaran el nombre genérico de Vachellia o Acaciella en la mayoría de los casos.*



CAPÍTULO IV

Hacia la comprensión de la polisemia del concepto especie

Nicolás Loizaga de Castro

“La operación lógica de clasificar es uno de los medios que utiliza la ciencia para aproximarse conceptualmente a la comprensión de la diversidad de las cosas naturales”. REIG, 1980.

Camino a la comprensión

De todas las acepciones (polisemia = varios significados) que presenta el Diccionario de la Real Academia para la palabra *especie*, dado que las demás no se aplican al contexto de las ciencias biológicas, podemos seleccionar: f. 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.* Este significado, que la Real Academia ha decidido perpetuar en el acervo lingüístico de nuestro idioma, corresponde al concepto linneano de *especie*. Pero, no es el único. Caeríamos en un reduccionismo, y casi un arcaísmo, si pensáramos que la palabra *especie* para un biólogo del siglo XXI solo hace referencia a una categoría de la jerarquía que Carlos Lineo propuso en el siglo XVIII.

En este capítulo intentaremos responder, en primer lugar, la siguiente pregunta: ¿Qué es una especie para un biólogo o para un profesor de biología en la actualidad? Luego, revisaremos los diferentes criterios para determinar una nueva especie.

Finalmente, presentaremos los conceptos de especie más relevantes en la comunidad científica. Haremos un recorrido desde Lineo hasta la actualidad. Analizaremos cómo el concepto *especie* no ha escapado a los efectos de la revolución darwiniana de 1859, en la cual se produjo un quiebre en el paradigma dominante, el fijismo, y surgió como nuevo paradigma el evolucionismo; y que tampoco ha quedado inmutable ante el redescubrimiento de las leyes de la herencia de Mendel, el desarrollo de la Genética y los nuevos descubrimientos de la biología celular y molecular; todos ellos sucesos ocurridos en el siglo XX.

¿Qué son las especies?

Desde las concepciones del lenguaje, el significado de una palabra es el contenido mental que le es dado a esa palabra, en tanto signo lingüístico. Es el concepto o idea que se asocia a la palabra (signo) en todo tipo de comunicación y si bien depende de cada persona, ya que cada una le asigna un valor mental al significado, la convención requiere que este significado sea idéntico para posibilitar la comunicación.

Es así que, inicialmente, podemos decir que la palabra *especie* hace referencia a un concepto o idea sobre la realidad: los seres vivos. Esta idea sobre la realidad se articula con el lenguaje que nos permite la comunicación y nos brinda herramientas descriptivas como son las palabras. Es decir, encasillamos la realidad (o al menos lo intentamos) en palabras por medio de los estudios científicos que se realizan sobre los seres vivos, para posteriormente comunicar a la comunidad científica aquello que se ha descrito o descubierto sobre tal o cual organismo.

Los organismos individuales tienen existencia real en el ámbito óntico, y ese existir “en la realidad” es independiente de todo acto de conocimiento. Su agrupamiento en taxones por parte del ser humano no es necesariamente el reflejo o la representación conceptual de la existencia de relaciones agrupantes objetivas entre dichos individuos (Reig, 1980), ni justifica su existencia en sí.

Los organismos individuales son miembros de un determinado taxón según como lo establece el pensamiento científico; y es así que las relaciones entre los taxones y los organismos individuales son relaciones entre conceptos y cosas. Y estas “cosas” existen independientemente del científico que las piensa. Es decir, los taxones son constructos que sólo existen en el ámbito conceptual, su existencia depende de que sean pensados por un sujeto cognoscente (el científico o la científ-

fica). En este sentido, los taxones difieren drásticamente de los organismos individuales que presentan existencia substancial: están ubicados en el espacio físico, se los puede ver, tocar, oler u oír, están dotados de formas medibles y de energía, están sometidos a procesos de cambio, y pueden integrar sistemas biológicos.

Criterios usados por los biólogos para reconocer diferentes especies en la naturaleza

No le ha sido fácil a los primeros naturalistas del siglos XVIII y la comunidad de biólogos contemporáneos establecer criterios científicos para reconocer y nombrar especies nuevas, o revisar los nombres ya existentes desde la época de Lineo. El cambio paradigmático del fijismo al evolucionismo ha trastocado por completo el modo de entender el mundo natural. Hay una correlación entre los criterios que han ido surgiendo de acuerdo a la evolución misma del concepto de *especie*, a los nuevos descubrimientos en biología celular y molecular, y a los avances tecnológicos que han posibilitado un estudio profundo de la vida hasta niveles nunca antes pensados.

A continuación veremos los criterios para reconocer nuevas especies propuestos desde el siglo XVIII hasta el presente.

- **Siglo XVIII hasta el presente:**

Criterio Morfológico: Se tienen en cuenta las características macroscópicas, observables (fenotípicas) compartidas por un grupo de individuos que pueden ser descritos e identificados por una misma diagnosis taxonómica, y ser agrupados así dentro de un mismo nombre binomial.

Por ejemplo, todos los tucanes grandes (*Ramphastos toco*) que habitan las selvas del noroeste argentino, y en el noreste lo hallamos en las riberas del río Paraná, la selva misionera y las selvas en galería de los ríos meandrosos de Chaco y Formosa, presentan las siguientes características exomorfológicas¹ que los distinguen de las demás aves argentinas: gran pico anaranjado y amarillo con ápice negro, plumaje mayormente negro, zona subcaudal roja, zona periocular anaranjada, rabadilla y babero blancos.

1 Narosky, T. y D. Yzurieta. 2003. Aves de Argentina y Uruguay: guía para la identificación. 15ava ed., Buenos Aires, Vazquez-Mazzini Editores, pág. 161.



Figura 4.1: ilustración que muestra a un tucán grande, publicada por el Sistema de Información de Biodiversidad, Administración de Parques Nacionales de la República Argentina.

La consideración de este criterio por algunos biólogos termina en un reduccionismo innecesario o una discusión bizantina sobre si solo hay que considerar al fenotipo o solo al genotipo en el momento de describir y nombrar una especie nueva. Esta claro que los rasgos morfológicos corresponden al dominio del fenotipo mientras que los genes son directamente el genotipo. Pero ambos se encuentran en un mismo organismo. No son dos realidades separadas o incompatibles.

Para algunos biólogos contemporáneos los genes son una mejor fuente de datos. Esto también es una exageración reduccionista: la secuencia de una molécula, su perfil genético o su estructura tridimensional no son, en definitiva, más que rasgos de su propio fenotipo (Moreno Sanz, 2005).

- Siglo XIX hasta el presente:

Criterio Ecológico: Es un criterio que se viene aplicando desde las expediciones de Alexander von Humboldt y Amado Bonpland hasta nuestros días. Consiste en incorporar a la diagnosis taxonómica información sobre el hábitat, ecosistemas, biomas que ocupa una especie; y que hacen a que ese hábitat-ecosistema-bioma esté caracterizado por la presencia de tal o cual especie. Si hablamos de bosque

chaqueño de quebracho colorado y urunday, es porque esas dos especies son las que caracterizan a dicho ecosistema que se encuentra dentro de la eco-región del Chaco Húmedo.

- **Siglo XX hasta el presente:**

En este periodo encontramos dos criterios fundamentales: genético y etológico. Ambos se suman a los dos anteriores, enriqueciendo los estudios actuales sobre la biodiversidad.

Criterio Genético: Es un criterio muy reciente desarrollado a partir de la Genética, y al cual se le ha dado mucha importancia y realce desde el descubrimiento del ADN hasta nuestros días. Consiste en tener en cuenta el genotipo de cada individuo, y el genoma de cada especie. En este sentido, las especies presentan un acervo genético (pull génico) que les es propio, localizado en el ADN nuclear. Esos genes determinan, entre otros rasgos, los caracteres exomorfológicos o fenotípicos, como así también todas las proteínas que cada célula va a producir durante un ciclo biológico. Para poder determinar el genoma de una especie es preciso realizar estudios genéticos que consisten en la extracción de muestras de tejido que luego se someten a distintos tratamientos químicos que permite la separación y estiramiento de las hebras de ADN nuclear para su posterior secuenciación. También, se puede estudiar el ADN bacteriano, ADN mitocondrial, o el ADN de los cloroplastos, o el ADN o ARN de virus persiguiendo el mismo objetivo: saber el orden y la ubicación de las bases que presenta la muestra de ADN estudiada; para, posteriormente, sobre la base de esa ubicación y el grado de similitud, establecer relaciones filogenéticas entre los distintos linajes.

Criterio Etológico: Al igual que el criterio genético, es muy reciente, y se aplica sólo al Reino Animal, dado que son los únicos organismos a los cuales se les puede observar conductas que están preestablecidas genéticamente o han sido desarrolladas y aprendidas por condicionamiento clásico. Uno de los fundadores del estudio de la conducta animal, Konrad Lorenz, nos dice a propósito de este criterio:

“La Etología puede ser definida como aquella rama del saber que surgió cuando se aplicaron a la investigación del comportamiento animal y humano las indagaciones y los métodos que, desde Charles Darwin, resultaban ya sobreentendidos y obligatorios en todas las

demás disciplinas biológicas... La Etología concibe, pues, el comportamiento – tanto animal como humano – como la función de un *sistema* que debe su existencia y su forma especial a un desarrollo *histórico* que ha tenido lugar en la filogenia, en el desarrollo del individuo y, en el hombre, en la historial cultural. La pregunta auténticamente causal acerca de *por qué* un determinado sistema está constituido de una forma y no de otra, es una pregunta cuya respuesta legítima sólo puede encontrarse en la explicación natural de este devenir.”

Estos criterios considerados separados unos de otros pueden resultar insuficientes para lograr una determinación satisfactoria de una nueva especie o de especies problemáticas. Muchos biólogos no acuerdan en combinar estos criterios al momento de realizar investigaciones en Sistemática. Sin embargo, la tendencia en la biotaxonomía y en estudios de Sistemática Filogenética de finales del siglo XX y lo que va del siglo XXI apuestan a una combinación de todos ellos, sobre todo de la historia evolutiva, la genética de poblaciones y la ecología.

Los conceptos de especie más destacados en la comunidad científica

En la Biología actual se han llegado a proponer hasta 20 conceptos de especie diferentes (Mayden, 2002) y otras tantas definiciones alternativas (De Queiroz, 2007). No pretendemos abordarlos a todos, sino ocuparnos de aquellos que presentan mayor relevancia en la comunidad científica contemporánea.

Por un lado, el concepto de especie como *categoría especie* dentro de la jerarquía linneana. Es decir, la menor categoría obligatoria del sistema jerárquico de Carlos Linneo. Por otro lado, el concepto de *taxón especie*, especie taxonómica o taxón, como un grupo de organismos que un taxónomo ha descrito y ha determinado con un nombre de acuerdo a las reglas de nomenclatura vigente. Por último, el *concepto biológico de especie*, como conjunto de organismos que la mayoría de los biólogos supone que existe en la realidad, y está constituido por individuos que se cruzan entre sí dejando descendencia fértil. Cada uno de estos conceptos encierra un modo de interpretar la vida, de entender a los organismos vivos; y son a la vez, significados útiles para cada campo disciplinar que lo ha propuesto.

Concepto linneano de especie o Categoría Especie

En la historia de la Biología, es más que conocida la figura del naturalista sueco Carlos Lineo (Charles Linné), quien propuso en el siglo XVIII un ordenamiento de los organismos vivos en grupos, anclando su sistema de clasificación en una concepción realista y fijista de las especies, atribuyéndole un carácter de entidades bien delimitadas y constantes.

Es aquí donde surge la primera controversia respecto del concepto linneano de especie: *los organismos vivos no son entidades constantes ni están fijos en el espacio y en el tiempo*. Por más que nos aferremos al pensamiento fijista, los seres vivos presentamos cambios a lo largo del tiempo, ya sea el tiempo durante un ciclo de vida o el tiempo geológico. Lineo estaba convencido de que en la naturaleza todo estaba predeterminado, fijo y bien delimitado, y que por eso se podía clasificar a los seres vivos según esos mismos criterios. Además, como todos los naturalistas de su época, Linneo adhería a una postura teísta, es decir, el orden fijo que se observaba en la naturaleza había sido establecido por Dios. Era impensado para los naturalistas previos a Darwin armar un sistema de clasificación en el cual el fijismo y el creacionismo estuviesen ausentes. Despojar al concepto de especie del sesgo fijista implicaba despojar a la Biología de su estatus de “ciencia”, que tenía como modelo de la ciencia a la Física de Newton, cargada de leyes exactas y perfectas. El despojamiento tardó un siglo en llegar, ya que estas dos posturas, el fijismo y el creacionismo, iban a comenzar a entrar en crisis con el advenimiento de la teoría de la selección natural de Darwin y Wallace; sobre todo a partir de la publicación del *Origen de las Especies* en 1859, por Charles Darwin.

De todos modos, podemos considerar a Lineo como el primer taxónomo dado que propuso un sistema de clasificación innovador para su época, el cual se organiza en categorías: Reino, Filo, Clase, Orden, Familia, Género, Especie. Estas categorías son grupos jerárquicos que se implican e incluyen desde el Reino como categoría mayor hasta Especie como la categoría o nivel más bajo. Idea muy similar a la teoría de conjuntos. Cada categoría presenta un número significativo de características observables, es decir, lo que hoy denominamos caracteres fenotípicos; y, en tanto que son observables son susceptibles de ser descritos y medidos.

Aquí surge la segunda controversia: *las especies son diagnosticadas, es decir, se describen a partir de un conjunto de características morfológicas observables y determi-*

nadas por el taxónomo que compila dichas características, para luego describir, nombrar a la especie. Sabemos que los organismos de una misma especie, incluso individuos de una misma población, presentan variaciones en una misma característica fenotípica o todas. Pensemos en nuestra especie humana, y los distintos rasgos observables que encontramos en las distintas etnias en la actualidad. Para Lineo bastaba que los organismos descritos presentaran similitudes en las características diagnósticas como para agruparlos en una misma Especie o en un mismo Género. Como todos los naturalistas de su época, desconocía los genotipos como determinantes e indicadores de parentesco intraespecífico, interespecífico e intragenérico. Lo que importaba era ubicar a cada especie en un lugar dentro de las categorías y nombrarlas por medio del sistema binomial que resume las características morfológicas observables. Es muy probable que más de una vez los naturalistas taxónomos del siglo XVIII hayan clasificado en forma errónea especies que presentan dimorfismo sexual u organismos que presentan distintos colores de plumaje o pelaje según la estación del año. Estos ejemplos nos demuestran, por un lado, lo frágil que es el concepto linneano de especie considerado como categoría clasificatoria; y por otro, la necesidad de contar con otros elementos diagnósticos que enriquezcan el concepto especie y supere la mera categorización. Para que esto ocurriera hubo que esperar hasta el siglo XX, momento en el cual resurgen las leyes de la herencia propuestas por Gregor Mendel, se descubren los ácidos nucleicos y surge como paradigma incuestionable la teoría sintética de la evolución.

Somos herederos del sistema binomial de Lineo, pero las especies no se limitan a ser una categoría dentro de un sistema jerárquico, hacen referencia a seres vivos reales y, por ende, resisten la jerarquización fijista porque los seres vivos no son entidades fijas. En este sentido, podemos decir que el paradigma linneano queda superado no solo por el surgimiento de nuevos paradigmas dentro de la Biología, sino por la misma dinámica de la vida.

Concepto de especie taxonómica, taxón especie o taxón

El taxón especie hace referencia a un “objeto” zoológico o botánico concreto que consiste en una población o grupo de poblaciones de organismos susceptibles de ser clasificados.

Los taxa (plural de taxón) son organismos particulares, individuos, que viven en poblaciones determinadas y ubicadas geográficamente. Siendo individuos particu-

lares con sus peculiaridades y rasgos, los taxónomos pueden describirlos, delimitarlos y separarlos de otros taxa.

Si en una salida de campo en las selvas misioneras encontramos ejemplares de carayá y de pino paraná, saltarán a la vista las peculiaridades que nos permitirán diferenciar a ambos taxa que pertenecen a dos reinos tan disímiles como son el Reino Vegetal y el Reino Animal. Además, al mono aullador negro o carayá hú (*Alouatta caraya*) y al pino paraná (*Araucaria angustifolia*), les corresponde un lugar dentro del sistema de clasificación generado por los biólogos sistemáticos. En dicho sistema, estos taxa presentan rasgos compartidos con otros similares a ellos, como son el mono aullador rojo o carayá pitá (*Alouata guariba*) y el pehuén (*Araucaria araucana*). Es decir, que los criterios de similitud y diferenciación, parecido y semejante, siguen tan vigentes como hace cuatro siglos, y sirven para clasificar especies.



Figura 4.2: ilustración que muestra a un carayá macho y una hembra (publicada por el Sistema de Información de Biodiversidad, Administración de Parques Nacionales de la República Argentina).



Figura 4.3: fotografía de un pino Paraná (*Araucaria angustifolia*) a la vera de la ruta nacional N° 14, rotonda de acceso a la localidad de Leandro N. Alem, Misiones, Argentina, Nicolás Loizaga de Castro, 05/06/2011.

El concepto taxonómico de especie no se aplica por igual a todos los seres vivos. En este sentido, nos devuelve a los inicios de las ciencias de la vida del siglo XVIII, pudiéndose establecer relaciones sin mayores conflictos entre éste y el concepto linneano de especie. Esta relación queda patente cuando el taxónomo no sabe a qué taxón se refiere un organismo o grupo de organismo que está estudiando, no sabe dónde ubicarlo. Si los herboriza o diseca para ser depositados en herbarios o bestiarios, terminan con una etiqueta que versa *inserta sedi* lo que significa “ubicación incierta”. Con el correr de los años muchos organismos coleccionados con esta categoría al ser estudiados en profundidad y aplicando no solo otros conceptos de especie sino también tecnología y conceptos innovadores (genómica, proteómica, ecología, etc.) se logra encontrar su lugar en el árbol de la vida.

Es destacable, sin embargo, que la fortaleza del concepto taxonómico radica en que hace referencia a individuos reales que viven en poblaciones reales, en ambientes reales. Las descripciones propuestas por los taxónomos (conceptos previos) nos permiten identificar especies vegetales y animales en las salidas de campo que hagamos con nuestros estudiantes o con aficionados a la naturaleza.

Concepto biológico de Especie

Fue Ernst Walter Mayr, biólogo evolutivo germano-estadounidense, quien propuso el concepto biológico, que considera a *una especie como un grupo de poblaciones naturales, genéticamente similares, interfértiles o potencialmente interfértiles, aisladas reproductivamente de otros grupos análogos* (Mayr, 1942; 1970). Adhieren a este concepto Sewall Wrigth (1940) autor del concepto de deriva genética, y Theodosius Dobzhansky (1950) considerado coautor del concepto biológico de especie y de la teoría sintética de la evolución.

Mayr daba énfasis al mecanismo de especiación alopátrica en la cual subpoblaciones o subgrupos aislados geográficamente divergían al punto de llegar al aislamiento reproductivo. Era escéptico respecto de la especiación simpátrica, ya que pensaba que el aislamiento geográfico era un requisito indispensable para que los mecanismos de aislamiento reproductivo se dieran entre dos o más grupos emparentados entre sí.

Un ejemplo local que ilustra la especiación alopátrica puede ser la tesis que explica cómo aparecieron dos especies de araucarias argentinas. El Pino Paraná y el

Pehuén son dos gimnospermas, de la familia Araucariaceae, que podemos encontrar actualmente en nuestro territorio. La distribución del primer taxón se limita a la provincia de Misiones, y en zonas restringidas de Paraguay y Brasil. El Pehuén, sin embargo, se encuentra confinado a la provincia de Neuquén, y a zonas restringidas del vecino país, Chile. Los nombres taxonómicos, binomiales, de estas especies son: *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze (Pino Paraná) y *Araucaria araucana* (Mol.) C. Koch (Pehuén).

La aparición de la familia Araucariaceae se remonta a 200 millones de años atrás desde el presente, a principios del Jurásico². Pero, respecto de estas dos especies surgen preguntas tales como: ¿Cómo llegaron al presente poblaciones de araucarias distribuidas en forma tan distante? ¿Presentan algún grado de parentesco? ¿Alguna vez fueron parte de una sola población? La respuesta a estos interrogantes es la especiación alopátrica. Seguramente, durante el Jurásico existía una sola población que se distribuía por casi todo el extremo sur de la actual Sudamérica. Pero, los procesos geológicos y los cambios climáticos, terminaron por aislar a dos grandes poblaciones: una en el suroeste y otra en el noreste de nuestro país. Es muy probable, que millones de años de aislamiento reproductivo y geográfico dieran como resultado a estas dos especies de araucarias distribuidas actualmente de forma disyunta en nuestro territorio.

Propiedades biológicas fundamentales del concepto biológico de especie

Hay tres propiedades biológicas que hacen del concepto biológico de especie uno de los más usados y reconocidos entre los biólogos contemporáneos. Veamos cuáles son:

Entrecruzamiento o reproducción cruzada: es la reproducción natural que da como resultado descendientes viables y fértiles. Estos descendientes son los que continuarán el linaje de la especie. En este concepto no hay lugar para híbridos infértiles; y tanto el sexo como los mecanismos parasexuales de reproducción se vuelven cruciales. Sin reproducción cruzada efectiva no habría especies biológicas. Es por

2 Hernández-Castilo, G. R. y R. A. Stockey. 2002. Palaeobotany of the Bunya Pine. En: 'On the Bunya Trail' Queensland Review – Special Edition. Volume 9, No. 2, November 2002. University of Queensland Press.

eso que también se deja afuera de este concepto a los organismos que se reproducen de manera asexual.

Aislamiento reproductivo intrínseco: es la ausencia de entrecruzamiento entre organismos heteroespecíficos sobre la base de propiedades intrínsecas. Este aislamiento intrínseco no contempla a las propiedades extrínsecas de aislamiento como son las barreras geográficas. Y, al decir aislamiento intrínseco los autores se refieren a mecanismos de incompatibilidad que impiden la hibridación entre especies muy emparentadas entre sí. Por ejemplo: diferencia de maduración sexual, reconocimiento químico entre gametas, mecanismos físicos que impiden la cópula, y mecanismos de aislamiento poscópula, entre otros. Esta propiedad fue propuesta por Mayr (1942). Más tarde reconocida y propuesta también por Dobzhansky (1970).

Reconocimiento: los organismos de la misma especie biológica comparten mecanismos de reconocimiento para formar parejas, también llamado sistema de fertilización. Son mecanismos mediante los cuales organismos interespecíficos se reconocen unos a otros para formar parejas. El reconocimiento también puede ocurrir a nivel de células sexuales (gametas), tras el cual se produce la fecundación.

El reconocimiento es muy evidente entre los animales, los cuales parecen saber muy bien cuál individuo es de su misma especie y cual no; es decir, que distinguen un coespecífico de un heteroespecífico; en especial se reconocen en el momento de la reproducción. En el reconocimiento entre coespecíficos juegan un papel fundamental los sentidos de la visión, el olfato y la audición. Por ejemplo, cuando el macho del jilguero dorado (*Sicalis flaveola*) sale en busca de una hembra despliega un abanico de cantos que tratan de “seducir” a las potenciales compañeras disponibles en un territorio. En este caso, el macho más grande y vistoso, no solo recurre al encanto del color sino que canta notas de “enamoramiento” mostrando sus aptitudes genéticas en un concurso contra otros machos, en el que termina premiado el mejor cantor.

Entre las plantas el reconocimiento pasa por varios tipos de mecanismos que han surgido a lo largo de la historia evolutiva de este grupo. Aunque no abordaremos aquí todas las estrategias reproductivas de reconocimiento en las plantas, que son muchas y espectaculares, es necesario destacar dos de ellas. Por un lado, el caso de las algas unicelulares cuyas gametas nadan libremente en mares, lagos, lagunas y ríos, el reconocimiento químico entre ellas es esencial para asegurar la fecundación y el surgimiento de una nueva generación. Por otro, las plantas vasculares con flores llegan al “paroxismo” reproductivo presentando un abanico de síndromes florales



Figura 4.4: ilustración que muestra a un jilguero dorado hembra (sin color amarillo, dorso gris pardusco estriado de negro, ventral blancuzco con pecho y flancos estriados) y macho (dorso oliva estriado de negro, frente algo anaranjada, ala y cola negra con rebordes amarillos). Descripciones de T. Narosky y D. Ysurieta (2003). Ilustración publicada por el Sistema de Información de Biodiversidad, Administración de Parques Nacionales de la República Argentina.

que muestran la coevolución entre el agente polinizador y la flor, que implican un nivel de reconocimiento mucho más complejo sumando reconocimiento de morfología floral y de sustancias químicas (aceites esenciales, feromonas, pared del grano de polen y superficie estigmática). Uno entre tantos ejemplos de la flora argentina, es el caso del casco romano, orquídea epífita que presenta plantas dioicas, flores carpeladas o femeninas en un pie y flores estaminadas o masculinas en otro. Llegado el momento de la polinización, probablemente, aparecen abejorros que transportan el polinio (masa de polen) desde una flor masculina hasta una flor femenina. Para que esto ocurra, el polinizador debe ser atraído y reconocer las flores masculinas y femeninas de la orquídea. Sin esta mediación, el casco romano no podría obtener semillas, la próxima generación fértil.

El concepto biológico o de aislamiento reproductivo propuesto por Mayr presenta las siguientes limitaciones: a) se aplica únicamente a especies que presentan individuos y poblaciones con reproducción sexual; b) la demostración empírica de aislamiento reproductivo es casi imposible; c) imposibilidad de aplicarlo a organismos que se reproducen asexualmente o por mecanismos parasexuales; y d) imposibilidad de aplicarlo a organismos extintos (paleoespecies = cronoespecies).



Figura 4.5: ilustración que muestra a un jilguero dorado hembra (sin color amarillo, dorso gris pardusco estriado de negro, ventral blancuzco con pecho y flancos estriados) y macho (dorso oliva estriado de negro, frente algo anaranjada, ala y cola negra con rebordes amarillos). Descripciones de T. Narosky y D. Ysurieta (2003). Ilustración publicada por el Sistema de Información de Biodiversidad, Administración de Parques Nacionales de la República Argentina.

La propuesta de especie de la Sistemática Filogenética

Esta escuela clasificatoria se originó en 1950 con la obra de un entomólogo alemán, Willi Hennig, la cual permaneció en el olvido hasta que no se tradujo del alemán al inglés en 1966. Es tan importante esta escuela que muchos autores la consideran el pilar o el paradigma de la Sistemática actual. A partir de los 80, la Sistemática Filogenética comenzó a prevalecer sobre otras escuelas clasificatorias que en algún momento tuvieron una gran influencia en la Sistemática: el evolucionismo y el feneticismo.

Actualmente, el concepto de especie más aceptado y utilizado en la comunidad de biólogos, es el concepto filogenético de especie. Este concepto nos dice que una especie es *el menor grupo de poblaciones sexuales o linajes asexuales que puede reconocerse por una combinación única de estados de caracteres, en individuos comparables* (= *semaforontes*). Este concepto fue propuesto por Nixon y Wheeler en 1990.

El cladismo parte de la premisa de que la similitud global entre los organismos no necesariamente indica relaciones de parentesco, ya que pueden parecerse por compartir caracteres primitivos o derivados y sólo a partir de éstos han de determinarse

estas relaciones. Sólo el compartir caracteres evolucionados (también denominados novedades evolutivas) es prueba de parentesco, pues son heredados de los antecesores más recientes. Sobre la base de estos caracteres evolucionados compartidos, denominados sinapomorfías, se reconocen grupos monofiléticos, es decir aquellos que incluyen a todos los descendientes de un antecesor común (Crisci, 1992).

Los resultados del análisis cladístico se resumen en un diagrama ramificado o cladograma, en el que los caracteres determinan grupos monofiléticos de distinta jerarquía a partir de la aplicación del criterio de parsimonia: el patrón más parsimonioso es el que requiere el menor número de pasos para resolver las relaciones entre taxones de un cladograma y es el que tiene mayor probabilidad de ser correcto. O sea, se buscan los árboles más sencillos, con menor número de cambios. El criterio de *parsimonia* se basa en la “navaja de Ockham” (*non sunt multiplicanda entia praeter necessitatem*) lo que traducido significa la solución más sencilla, aquella en la que los hechos responden a la ley general, no puede ser la menos probable. Aplicado a la reconstrucción de la filogenia, supone que la mayoría de los cambios compartidos por varios taxones responden a la ley general de la ancestría.

Desde el cladismo, la especie queda redefinida como un grupo irreducible (basal) de organismos, diagnósticamente distinguible de otros grupos semejantes y dentro del cual existe un patrón parental de ascendencia y descendencia; es un taxón natural que está unido o relacionado a otros grupos naturales a partir de rasgos derivados compartidos (sinapomorfías), y desciende de un antepasado común único, es decir, un estadio monofilético.

Si bien la cladística no es la solución a todos los problemas derivados de usar y aplicar uno u otro concepto de especie, ha aportado un método explícito que permite a los biólogos evaluar las hipótesis de monofilia.

Otros conceptos de especie

- **Concepto tipológico o morfológico de especie**

Gracias a la historia de la clasificación sabemos que antes de Darwin, las especies eran consideradas como entidades independientes e inmutables; presentaban características fijas y esenciales, generalmente morfológicas, que presentaban un patrón o arquetipo de origen divino. Las especies eran consideradas como clases de organismos definidos por la posesión de rasgos esenciales.

Este concepto llegó hasta el siglo XX, y fue reformulado por A. J. Cain en 1954 de la siguiente manera: una *especie* es un *conjunto de individuos morfológicamente similares, generalmente asociados entre sí por una distribución geográfica definida y separados de otros conjuntos por discontinuidades morfológicas*.

Tanto la postura previa y contemporánea a Darwin como la propuesta conceptual de A. J. Cain están en consonancia con el concepto linneano y el concepto taxonómico de especie. Su utilidad se limita al ámbito de la taxonomía teórica y descriptiva, y no tiene aporte alguno a la perspectiva evolutiva. Esta es una gran debilidad, ya que el concepto de *especie* debería servir no solo para identificar organismos sino para comprender su evolución.

La otra gran debilidad de este concepto radica en el uso que se hace del mismo para proponer nuevas especies. Desde el siglo XVIII y hasta la actualidad, tanto el zoólogo como el botánico taxónomo han diagnosticado, descrito y nombrado a las especies, determinando un ejemplar tipo. Ese ejemplar tipo es depositado en un museo o en un herbario cumpliendo con la función de representar la forma o morfología ideal de la especie. Todos los ejemplares que se obtengan después de haber determinado al ejemplar tipo deberán ajustarse al mismo tipo. Los problemas taxonómicos devienen cuando algunos nuevos ejemplares coleccionados presentan marcadas diferencias morfológicas. Tales “novedades morfológicas” podrían ser consideradas como nuevas especies, subespecies o variedades. Esto dependerá del taxónomo especialista y de la aceptación por parte de la comunidad científica de los nuevos aportes respecto de los ejemplares descritos y analizados. Considerar solo la morfología como carácter diagnóstico más que dar fortaleza conceptual a esta propuesta, la debilita. Los organismos somos sistemas cambiantes a lo largo del tiempo y la diversidad genética es la base de la evolución de los linajes en la Tierra.

Concepto paleontológico o cronológico de especie, o cronoespecie

J. J. Simpson propone en 1961 el concepto paleontológico o cronológico de especie que considera a la misma como *una serie cronológica en un solo linaje cuyos límites, por definición, son arbitrarios*.

Según Llorente Bousquets y Michán Aguirre (2000) este concepto ha sido aplicado de dos formas:

1. Los fósiles son sólo herramientas crono y bioestratigráficas, pues carecen

de una realidad objetiva; se les asigna un nombre específico sólo para poder identificar niveles o unidades estratigráficas.

2. Las especies fósiles deben considerarse como especies biológicas.

La primera de estas formas de uso demuestra la utilidad del concepto para los paleontólogos. Los fósiles como herramientas en la bioestratigrafía ayudan a desenmarañar el pasado geológico reciente o remoto, y por medio de ellos podemos conocer el tipo de clima que reinaba, el movimiento de las placas tectónicas, las paleofloras, las paleofaunas, el nivel del mar, etc.

La segunda, establece una conexión clara entre los linajes que existieron y se extinguieron y los actuales, porque los considera especies biológicas con todo lo que ese concepto implica. La historia de la vida de la Tierra sin duda que tiene un hilo conductor: la ancestría de todos los linajes. Los fósiles son pruebas de la evolución y nos ayudan a escribir y comprender esta maravillosa historia.

Concepto evolutivo de especie

Algunos autores consideran que el año en que J. J. Simpson propuso este concepto fue 1940 (Hickman, C. P., L. S. Roberts y F. M. Hickman, 1990), y al hacerlo añadió una dimensión evolutiva temporal al concepto biológico de especie. Otros, proponen 1961 (Llorente Bousquets y Michán Aguirre, 2000). Sea antes o después, Simpson considera a una especie como *un linaje que evoluciona separadamente de otros linajes y que tiene su propio papel evolutivo y tendencias*. En este contexto conceptual, un linaje es una secuencia de poblaciones ancestro descendiente que mantiene su identidad frente a otros linajes.

Este concepto articula claramente con el concepto biológico de especie, y esto lo pone bajo el paraguas conceptual de la evolución, ese gran concepto unificador de la Biología contemporánea. Las especies en tanto linajes no aparecen espontáneamente de la nada ni sucumben caprichosamente sin dejar rastros. Las especies biológicas en tanto poblaciones son linajes evolutivos sometidos a todas las fuerzas evolutivas (selección natural, deriva génica, selección sexual, mutación, entrecruzamiento, hibridación, poliploidización), que marcan las tendencias evolutivas y el destino histórico de las mismas.

El mismo J. J. Simpson afirmaba que la filogenia es lo que ha sucedido y la clasificación es la disposición de sus resultados. Muchos biólogos estarán de acuerdo con esta postura conceptual, otros no. Pero, la filogenia de todos los linajes de seres vivos de la Tierra es un hecho y la clasificación debería reflejar el grado de parentesco que resulta de la misma, no solo para ubicarnos taxonómicamente sino para reconocernos parientes entre todos los seres vivos que habitamos la Tierra. Reconocer que el ser humano es pariente de todos los demás seres vivos, es reconocer que nuestra historia está escrita en clave evolutiva y que somos un linaje más entre tantos, no sus dueños o señores.

Una sinopsis a vuelo rasante

A continuación presentaremos un cuadro sinóptico con otros conceptos y definiciones sobre especie. El objetivo de este cuadro es presentar en forma resumida conceptos que también están vigentes en otros campos disciplinares. El cuadro está reelaborado a partir de información recavada de varios autores: A. A. Lanteri y colaboradoras (2006), K. De Queiroz (2007) y Llorente Bousquets, J. y L. Michán Aguirre. (2000).

Cuadro sinóptico de otros conceptos de especie, algunos ya no se usan y otros siguen vigencia en la comunidad científica de biólogos).

Concepto de Especie	Definiciones	Autores y Años
Semejanza	Conjunto de individuos que se parecen mucho entre sí. Se aplica con arbitrariedad y conveniencia.	Darwin (1859)
Aislamiento reproductivo	La más grande e inclusiva población mendeliana (comunidad reproductiva de individuos sexuales con fertilización cruzada que comparten el mismo pool génico).	D o b z h a n s k y (1935)
Tipológico	Se caracteriza por la postulación de un individuo o serie de individuos llamados tipos, que por sus características esenciales representan al conjunto que forman la especie. Sólo se define con base en características morfológicas y se compone exclusivamente por individuos contemporáneos, se utiliza en paleontología.	Imbrie (1957)
Fenético No numérico	Grupo de poblaciones no divisibles por discontinuidades fenéticas y separado de otros grupos por discontinuidades fenéticas.	Michener (1970)
Económico	Unidad más amplia de la economía natural, cuyos miembros se encuentran en competencia reproductiva entre sus miembros. Este concepto está asociado a la idea de la especie como individuo.	Ghiselin (1974)

Concepto de Especie	Definiciones	Autores y Años
Fenético Numérico	No reconoce teóricamente el concepto de especie, pero diferencia a las unidades taxonómicas operacionales con base en definiciones numéricas. Grupo de poblaciones fenéticamente similares en muchos tipos de caracteres (morfológicos, etológicos, químicos, etc.) cuyos límites se pueden establecer por una evaluación numérica.	Sokal (1973)
Cohesión Fenotípica	Grupo de individuos con cohesión fenotípica, intercambiabilidad genética y geográfica.	Templeton (1989, 1998)
Cohesivo	Sistema de individuos y poblaciones genéticamente similares, que se mantienen como una unidad cohesiva a causa de un conjunto de presiones de selección, que balancean las fuerzas desorganizadoras impuestas por factores ambientales, mutación y recombinación génica.	Slobodchikoff (1990)
Ecológico	Grupos de individuos que habitan un nicho ecológico o zona adaptativa, más todos los componentes del ambiente con los cuales tales organismos conespecíficos interactúan. Una especie ocupa un determinado nicho ecológico, diferente al de las otras especies.	Van Valen (1976), Anderson (1990)
Biogeográfico	Es una entidad individual, formada por un conjunto de poblaciones naturales cuya individualidad procede de su origen monofilético y se mantiene entre los límites espaciotemporales en cuyo marco las subunidades discretas que en cada momento lo integran (individuos), mantienen su cohesión reproductivo-genética interna y la dependencia de su pool genético y, en consecuencia, interactúa en forma unitaria con el medio ambiente.	Zunino y Palestini (1991)
Taxonómico	Es una expresión general para cualquier taxón ubicado en la categoría de especie sin importar el concepto utilizado y que ha recibido un nombre binominal de acuerdo con las reglas de nomenclatura. Es una designación categórica dentro de la clasificación linneana de los organismos.	Crisci (1994)
Autapomórfico o Cladístico	Unidad cladística resuelta más pequeña, que posee al menos un carácter que la diferencia de otras.	De Queiroz & Donoghue (1988, 1990)
Monofilético	Taxones menos inclusivos que se pueden reconocer en una clasificación, en la cual los organismos son agrupados sobre la base de la evidencia de monofilia.	Mishler & Brandon (1987)

Que el árbol (clado) no nos tape el bosque (biodiversidad)

Algunos biólogos proponen el concepto de “revolución cladística” considerando que gracias a ella la Sistemática ha podido avanzar. Otros, adhieren a la “revolución molecular” considerando que gracias a ella se ha revitalizado a la filogenia y a la

Sistemática. Pero, no hay que perder de vista que el paradigma que da unidad a la Biología contemporánea desde 1859, es el paradigma evolutivo. En virtud de este paradigma, los demás conceptos biológicos cobran sentido y se reinscriben en la historia evolutiva de la vida en la Tierra.

Por otra parte, los estudios de filogenia molecular nos podrán decir mucho de la filogenia de las moléculas (el nivel inferior de la jerarquía biológica) pero los organismos son algo más que sacos de moléculas. Es la integración de saberes la que produce el progreso y no la expansión reduccionista de una de las partes (Moreno Sanz, 2005).

Sabemos que el debate sobre el concepto de especie aún sigue sin resolverse y dista bastante de estar cerrado. De todas las funciones que se le exige al concepto de especie, asoma por importancia en primer lugar la trayectoria filogenética, pero la especie también es considerada como un grupo de organismos semejantes, interfértiles, con origen próximo común y un nicho ecológico diferenciado. Estas funciones son muy importantes para las distintas ramas de la Biología. Asimismo, la especie es considerada por los biólogos evolutivos como la unidad de evolución, y por los biólogos que estudian la biodiversidad, la unidad a partir de la cual se establece ésta.

Es por eso, que más allá de la búsqueda de un concepto de especie unificador, que aglutine a los demás, la comunidad de biólogos actuales ponen en práctica acepciones diversas, validando así un concepto polisémico dentro del cual se encuentran incluidas todas las ramas de la Biología. Esta polisemia permite seguir generando conocimiento científico porque la noción de especie que puede ser útil en paleontología no lo es tanto en zoología o en botánica, ni éstas tienen por qué coincidir con la que interesa al biólogo que estudia organismos asexuales o con la investigación del biólogo molecular. Cada uno de los conceptos de especies utilizados en cada campo de investigación biológica, dará lugar a una comprensión y ordenación peculiar del mundo vivo (Marcos, 2009), tan válida como las demás.

Independientemente del concepto de especie que cada disciplina biológica adopte como más conveniente para el taxón estudiado, las especies tienen un papel fundamental: la confección de listas de especies de los distintos biomas y ecosistemas de nuestro planeta, que sirven para definir cuáles son las áreas que deben ser conservadas como reservas de la biosfera y cuáles no. Esta decisión repercute fuertemente en la determinación de cuáles son las especies más amenazadas por la

extinción causada, principalmente, por la acción humana (deforestación, urbanización, actividad agropecuaria, etc.) y cuáles no lo están.

En definitiva, surge de este modo un triple desafío para la enseñanza de este concepto polisémico: por un lado, mostrar la validez conceptual de todas las propuestas y su convivencia en el seno de la comunidad científica; por otro, reconocer los aportes que hacen cada una de ellas a la comprensión del mundo de la vida; y, colaborar en la conservación de todas las especies a como dé lugar, no solo para nosotros sino para las futuras generaciones de todo el árbol de la vida.



CAPÍTULO V

Los reinos de la vida

Beatriz Royo Volta

*“Nada tiene sentido en biología si no es a la luz de la evolución”
Theodosius Dobzhansky*

La biodiversidad en la formación docente

La formación docente con un enfoque ambiental es un proceso largo y complejo que incluye la asunción de conceptos, de procedimientos, y, muy en especial, de valores y actitudes. Desde una postura constructivista es necesario tener en cuenta factores sociológicos, de contexto y factores psicológicos, las características personales de las personas implicadas, pero también factores escolares y de diseño curricular, que articulen contenidos académicos y formación pedagógica - didáctica.

La formación del profesorado implica una auténtica y completa renovación conceptual, metodológica y actitudinal; significa la reconstrucción de un nuevo tipo de docente para una nueva educación, particularmente la que se refiere a los profesores de Biología de nuestro país. En esto coincidimos con Elsa Meinardi cuando expresa: “En este marco, la educación científica y tecnológica cobra la dimensión de apropiación del conocimiento con el fin de promover el uso de la ciencia en diferentes contextos, de lograr el análisis crítico de los modelos sociales y de su relación con el uso de los recursos naturales” (Meinardi, 2007, p. 50)

En este caso nos interesa abordar puntualmente una temática que debe o debería ser parte significativa de la formación docente inicial: la conservación de la biodiversidad en la Argentina, considerando paralelamente que en primera instancia hay que conocer esa biodiversidad, así como la inmensa riqueza que ella representa en los más amplios sentidos. Para conocer la biodiversidad la Sistemática Biológica constituye una herramienta fundamental de dicha formación, que orienta el análisis de cómo y para qué enseñar en las diferentes carreras de profesorados, cuáles son los métodos que nos permite acceder al conocimiento ordenado de la multiplicidad de la vida.

“El árbol de la vida”: una representación de la biodiversidad

Tradicionalmente todos hemos sido formados en algunos conceptos de la Taxonomía, como el de los reinos. En la escuela primaria, en las enciclopedias de hace un tiempo ya se hablaba de los mismos, pero ¿qué entendemos por reino?

El procedimiento de usar palabras, conceptos o imágenes en un nuevo contexto puede resultar en la creación de metáforas, cuando se dice que una cosa es otra en un sentido general (por ejemplo: el átomo es un sistema solar en miniatura), o analogías, cuando se razona sobre la base de la existencia de atributos semejantes en seres o cosas diferentes, imaginando una cosa como si fuera otra (algunas propiedades del átomo pueden comprenderse considerándolo como si fuera un sistema solar en miniatura). Las metáforas y, quizá en mayor grado, las analogías son interesantes desde el punto de vista epistemológico pues sirven como modelos para construir nuevos conocimientos, pero también son útiles en la enseñanza y divulgación de la ciencia.

Figura 5.1



En este capítulo trataremos el concepto *reino*, cómo el mismo fue cambiando en las distintas épocas de nuestra historia, la importancia de la Sistemática como campo disciplinar y cuáles son las clasificaciones vigentes. Para situar dicho abordaje comenzamos interpretando una representación de la evolución de los seres vivos denominada “el árbol de la vida”. El uso del árbol como modelo descriptivo y explicativo permite caracterizarlo más adecuadamente como una analogía de la evolución. Podemos decir que la representación de los resultados de la evo-

lución de la vida por medio de la analogía con un árbol ha cambiado a lo largo del tiempo. Han evolucionado tanto su apariencia como los métodos empleados para su construcción.

Intentamos ubicar en dicho árbol a los reinos, formando asimismo parte de su estructura, a manera de ramas que van abriéndose y originando así otros linajes en una compleja secuencia evolutiva. La forma (o topología) de estos árboles constituye uno de los hechos dominantes e indispensables de la evolución de las múltiples formas de vida.

El siglo XIX estableció las tres piedras fundamentales de la Biología: la teoría celular, la genética mendeliana y la evolución darwiniana. El espectacular edificio biológico del siglo XX, la Biología molecular se erigió con las dos primeras. Pero el árbol filogenético universal nos muestra que el edificio de la Biología del siglo XXI descansará sólidamente en las tres (Woese, 2000)

Luego de tantos esfuerzos de científicos y estudiosos este árbol ha servido para explicar numerosos fenómenos biológicos. Aunque la ciencia lo esté convirtiendo en diagramas, esquemas y representaciones bastante asépticas, el mismo continuará inspirando a quienes quieran explotar su poderosa carga conceptual.

Comenzamos aquí a explorar nuestro árbol y lo hacemos con algunas preguntas que nos pueden orientar en esa búsqueda: *¿Por qué en la Biología se desarrolló una disciplina particular para estudiar las clasificaciones? ¿Cómo y por qué se fueron modificando los métodos de clasificación de los seres vivos a través del tiempo? ¿Cómo logró ordenarse una parte de la gran biodiversidad existente en nuestro planeta? ¿Qué cuestiones o aspectos de los seres vivos en su conjunto permite observar esta clasificación?* Estos interrogantes favorecen la discusión sobre cuáles son los actuales reinos de la vida y porqué se clasifican de determinada manera.

Para intentar responder estas inquietudes consideramos necesario reconocer que la Sistemática se ha convertido en un área de gran importancia para la Biología moderna, construyendo así, hipótesis del orden de la naturaleza, con nuevos marcos conceptuales y en la que se amplían sus objetivos. Algunos de ellos son:

- Reconstruir la filogenia o historia evolutiva de los grupos de organismos a partir de la evidencia que brindan los caracteres taxonómicos.
- Realizar desarrollos metodológicos para la reconstrucción filogenética.
- Proveer datos relevantes para plantear hipótesis sobre el origen y la evolución de los distintos grupos de organismos.

- Aportar datos de utilidad para realizar estudios aplicados, en las áreas de Medicina, Veterinaria, Agronomía, Biología de la conservación, etc.

En la formación inicial de un profesor de Biología, esta asignatura pretende que los mismos profundicen en aspectos básicos de la práctica taxonómica en la clasificación de la biodiversidad, y también que adquieran los conocimientos y habilidades de los procedimientos de reconstrucción filogenética, tanto basados en datos fenotípicos como en datos genéticos (marcadores moleculares), que han proporcionado un nuevo ímpetu a la investigación tanto en el área de la Sistemática como en el de la Biología Evolutiva.

La Taxonomía, muchas veces confundida con la Sistemática, es la rama de la Biología relacionada con la identificación y los nombres de los organismos (sobre esto es posible profundizar leyendo en otra parte de esta misma colección)

Un interrogante importante para pensar: *¿Cómo realizar una clasificación que posea las tres características necesarias para ser considerada una "buena clasificación", es decir, que sea estable, robusta y predictiva?* Presentamos aquí los atributos de la misma siguiendo al Dr. Jorge Crisci en "CLASIFICACION BIOLOGICA: NATURALEZA, OBJETIVOS: FUNDAMENTOS" (Obra del Centenario del Museo de La Plata, Torro III, de pág.51 a 61)

- Proporciona información detallada sobre las características de los organismos y la distribución de sus caracteres.
- Refleja la historia evolutiva de los taxones.
- Es estable, aunque flexible.
- Es robusta, es decir, está apoyada por numerosas evidencias (caracteres).
- Los procedimientos y fundamentos sobre los cuales se basa, han sido claramente explicitados.
- Sugiere explicaciones y permite realizar predicciones sobre el origen y evolución de los taxones y los caracteres.
- Sirve como fundamento confiable para realizar estudios en otras áreas de la Biología Comparada.

La lectura del texto de Stephen Jay Gould de la Universidad de Harvard (Mayo de 1981) nos ilustra sobre la importancia de las clasificaciones:

(...) Hay quien desprecia las taxonomías y sus revisiones, considerándolas como meros ejercicios de ordenación, como un tipo de coleccionismo de sellos glorificado, sin mérito científico y apto para mentes estrechas que necesitan categorizar sus resultados. Nada más falso ni más inadecuadamente arrogante. Las taxonomías son un reflejo del pensamiento humano y expresan nuestros conceptos fundamentales sobre los objetos del universo que nos rodea. Cada taxonomía es una teoría sobre los organismos a los que clasifica.

El sistema de cinco reinos y la expansión de los phyla acerca de un centenar representa el comienzo de nuevas y prometedoras vías de pensamiento sobre los organismos y su evolución. Aprecio grandemente la oportunidad de expresar mis sentimientos al respecto, pero debe terminar constando que escribo este prólogo debido a un cruel infortunio. Robert H. Whittaker, el gran biólogo y ecólogo de Cornell, quien desarrolló el sistema de los cinco reinos y quien debía haber escrito este prólogo, murió prematuramente de cáncer en 1980. La adopción, prácticamente universal, de su sistema por los principales libros de texto (generalmente, el medio más lento en adoptar un cambio de cualquier tipo) es un testimonio del poder de sus ideas y de la importancia de su trabajo, tema del presente libro.

Para comprender mejor, definimos algunos conceptos

En este apartado proponemos explicitar, en forma muy breve, el significado de algunos conceptos utilizados actualmente para realizar las clasificaciones biológicas. Además destacamos la importancia de considerar al proceso de clasificar como una actitud adaptativa de la evolución biológica. A partir de este glosario esperamos aproximar al lector a las líneas de investigaciones vigentes, específicas en este campo disciplinar:

a. Taxón (plural taxa o taxones)

- Grupo de organismos considerados como unidad de cualquier rango en una clasificación jerárquica.
- Grupo taxonómico de cualquier rango que es suficientemente distinto para ser asignado a una categoría definida. (Criterio basado en similitud)
- Especie o grupo de especies que existen en la naturaleza como resultado de una historia única de descendencia con modificación. (Criterio basado en filogenia)

b. Categoría taxonómica: Rango o nivel en una clasificación jerárquica. Estas categorías varían según se trate de Botánica o Zoología.

- c. **Patrón:** aparente orden de la vida, que se refleja a través de las relaciones de parentesco entre organismos y grupos de organismos.
- d. **Proceso:** mecanismo que genera dicho patrón (= evolución)
- e. **Clave:** Expresión tabular que sigue una secuencia ordenada de opciones o dilemas alternativos, en las cuales se expresan los caracteres diagnósticos de los taxones para los cuales ha sido diseñada.
- f. **Jerarquía Linneana:** Esquema jerárquico que comprende una secuencia de taxones en diferentes niveles, de las cuales todos excepto el inferior, contienen uno o más taxones subordinados.
- g. **Nomenclatura biológica:** Principios generales y reglas que rigen la aplicación de nombres científicos a los taxones
- h. **Dominio:** refiere a un nuevo taxón filogenético que incluye tres líneas primarias: Archaea, Bacteria y Eucaria.
- i. **Filogenia:** Una filogenia es la historia de la ramificación de las rutas que sigue la herencia.
- j. **Taxonomía numérica o fenética (Adanson, 1763):** Escuela y esquema de clasificación que agrupa a los taxones en función del número de caracteres que comparten. Tiene un significado cuantitativo más que cualitativo y carece de implicaciones filogenéticas. Emplea tantos caracteres como sea posible, los analiza informáticamente y reúne a los taxones en función de sus semejanzas y sin intentar reconstruir su historia evolutiva.
- k. **Sistemática filogenética o cladismo (Henning, 1950):** Escuela y esquema de clasificación que agrupa a los taxones en función de la información filogenética. Elabora árboles filogenéticos (cladogramas) que representan la ramificación progresiva de los taxones a partir de sus antecesores.
- l. **Sistemática evolutiva:** Escuela y esquema de clasificación que agrupa a los taxones en función de las teorías evolutivas. Pretende reconstruir la historia evolutiva. Elabora árboles filogenéticos (dendrogramas).

Es pertinente decir, con palabras del Dr. Crisci (2010) que, científicamente un sistema de clasificación es mejor que otro si: es más fructífero en lo que sugiere a las leyes científicas y genera una mejor hipótesis explicativa. Una condición para producir una clasificación con poder explicativo es la existencia de un sistema generativo responsable de los atributos observados. Una clasificación científica debe reflejar el

sistema generativo. Dicho sistema de la biodiversidad es la *evolución biológica*.

Citamos aquí las diferentes categorías taxonómicas actuales, las que generalmente son utilizadas en nuestra bibliografía. Las mismas son:

Reino- division o phylum- clase- orden- familia- genero- especie

Con respecto a esta última categoría se puede profundizar en el capítulo IV de este libro.

Si consideramos programas de reconstrucción filogenética y clasificación, en los que se consideran los principales caracteres, es posible observar la variación de su importancia a lo largo del tiempo y su utilidad para cada sistema de clasificación. Estos sistemas obedecen a los tres principales métodos taxonómicos: fenético, cladista y la sistemática ortodoxa o evolutiva.

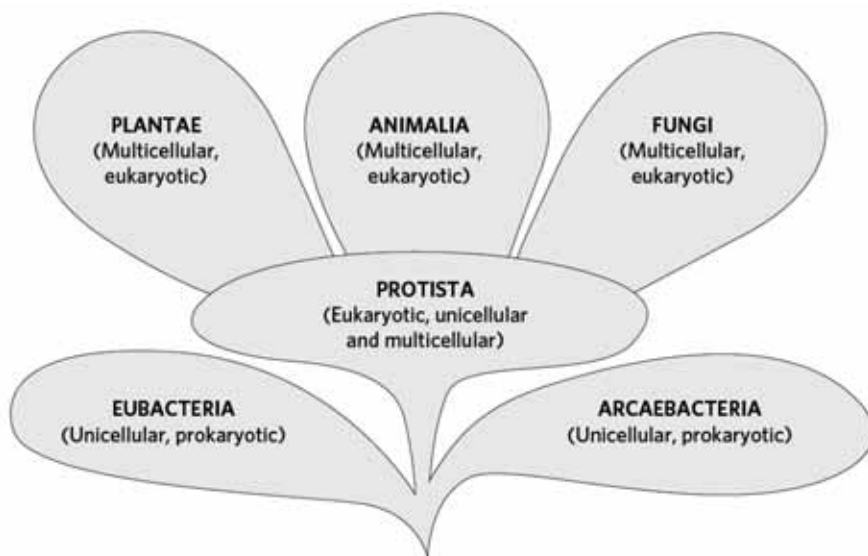


Figura 5.2: un filogenético simple representación de tres dominios de la vida "Archaea, Bacteria (Eubacteria) y eucariota (todos los grupos de eucariotas: Protista, Plantae, Fungi y Animalia). Mago de Purves y otros. Yo, la Vida: La ciencia de la Biología, 4^a edición, por Sinauer Asociados (www.sinauer.com) y WH Freeman (www.whfreeman.com), usada con permiso.

Breve historia de los reinos

El filósofo griego Aristóteles fue quien aparentemente comenzó la discusión sobre la taxonomía. Al naturalista británico John Ray se le atribuye la revisión del concepto acerca de como nombrar y describir los organismos. En el siglo XVIII, el botánico suizo, Carolus Linneus clasificó todos los organismos conocidos en dos grandes grupos: los reinos Plantae y Animalia. Robert Whittaker en 1969 propuso cinco reinos: Plantae, Animalia, Fungi, Protista, y Monera. Se propusieron otros esquemas proponiendo más reinos, sin embargo la mayor parte de los biólogos emplean el de los cinco reinos. Estudios recientes sugieren que se deben emplear tres dominios: *Archaea*, *Bacteria*, y *Eukarya* e incluir un nuevo reino el de las archibacterias. Por esto la nueva taxonomía llamada molecular divide a los seres vivos en tres dominios, de acuerdo con la estructura de sus células: Archaea (arqueas), Bacteria (bacterias) y Eucaria (eucariotas, del griego “eu”, que significa verdadero y “karyon”, núcleo). Las arqueas y las bacterias son procariotas, células sin núcleo (del griego: antes del núcleo), y su ADN está disperso en el citoplasma. Sin embargo, arqueas y bacterias pertenecen a distintos dominios porque en 1990, al estudiar su ADN, se descubrió que evolucionaron separadamente. Las eucariotas, cuyas células tienen el ADN en un núcleo con membrana, abarcan todas las demás formas de vida. Hoy la clasificación de los seres vivos comienza con los dominios.

Además es posible realizar, de distintas maneras, la reconstrucción de esta línea histórica, con algunos hechos importantes para la Sistemática:

FECHA	CLASIFICACIÓN/ AUTORES	DOMINIOS / REINOS
	Tradicional -Aristóteles	Plantae Animalia
1894	Haeckel	Protista Plantae Animalia
1956	Copeland	Mychota Proctista Plantae Animalia
1969	Whittaker	Monera Protista Plantae Fungi Animalia

FECHA	CLASIFICACIÓN/ AUTORES	DOMINIOS / REINOS
1988-1996	Dos dominios y cinco reinos/Margulis	Bacteria Protoctista Fungi Plantae Animalia
1990	Cuatro subdominios/Visión tradicionalista de Mayr	Dominio Prokaryota Dominio Eukaryota (Reinos Metaphyta, Fungi y Animalia)
1990	Tres dominios. Diversidad procariota/ Woese	Dominio Bacteria Dominio Archaea Dominio Eucarya
1998	Suprareinos y seis reinos/Cavalier-Smith	Bacteria Protozoa Animalia Fungi Plantae Chromista

Siguiendo a C.Woese, numerosos biólogos concuerdan hoy en agrupar a los seres vivos en tres dominios: Archae, Bacteria y Eukarya. En esta agrupación se asignan dos dominios (Archae, y Bacteria) para los procariotas y un único dominio (Eukarya) para todos los eucariotas, también ha llevado a concluir que entre los tres dominios tuvieron un ancestro común unicelular procariota.

Continuando con lo expuesto en el párrafo anterior, y avanzando hacia los estudios a nivel molecular (en base a secuencias ribosomales 16S) relativamente recientes, comprobamos que determinan que los organismos se dividen en seis grandes grupos llamado “Reinos” que corresponde al modelo de tres dominios – seis reinos de Carl Woese y colaboradores. Así, en este nuevo escenario el ex reino monera se dividiría en los reinos Archeobacteria y Eubacteria, que estarían constituidos por organismos unicelulares muy pequeños, asexuados, que fabrican su alimento a partir de moléculas químicas (quimiosintéticos) o lo obtienen al consumir otros organismos vivos (heterótrofos). Estos organismos no poseen organización subcelular (procariotes); es decir, el material genético (ácido desoxirribonucleico o ADN) no está separado por una membrana del resto del citoplasma celular. Estos organismos son muy primitivos (cianobacterias o algas verde azules), pero algunos de ellos son muy comunes, como las bacterias.

Reconociendo los diferentes dominios y reinos

Es importante que podamos revisar aquí lo estudiado a lo largo de la formación docente las principales diferencias entre los organismos procariotas y eucariotas. A continuación mencionamos, en forma resumida, las características más importantes correspondientes a los mencionados dominios y reinos:

a. Dominio Archae

Su nombre proviene del griego, y significa “antiguo”. Posiblemente representen las formas más primitivas de vida. Individualmente tienen un rango de tamaño de 0,1 y 15 milimicrones.

Actualmente y a partir de las evidencias encontradas por Carl Woese (Woese et al, 1990), las archeobacterias han sido separadas de las bacterias, constituyendo un grupo de procariotas distintivo. A pesar de tener la misma forma que las bacterias, poseen a nivel genético y molecular grandes diferencias con ellas y algunas semejanzas con los eucariotas. Comparten con bacterias y eucariotas similitud en un 40 % de sus genes, pero el 60 % restante es propio de ellas y le otorgan su propia identidad. Por ese motivo se las ha separado de las bacterias en un grupo independiente llamado Archaea.

Agrupar seres que habitan ambientes extremos con temperaturas próximas a los 200 °C o elevados niveles de salinidad o acidez. A este grupo pertenecen los archae productores de metano que viven en los humeros abisales y en el tubo digestivo de los rumiantes como simbioses naturales. No se han encontrado formas que produzcan enfermedades en el ser humano.

En cuanto a su morfología pueden ser esféricas, bacilos, espirales, lobuladas, laminadas, irregulares, o pleomorfas. Además pueden existir como células únicas, filamentos o agregados. Las archeas se ubican en el Dominio Archaea, el cual se subdivide en tres Phyla: Euryarcheota, Crenarcheota y Korarcheota

b. Dominio Bacteria

Agrupar a las bacterias y presenta una gran diversidad metabólica. Habitan todo tipo de ambientes e incluye las cianobacterias que son fotosintetizadoras y productoras de oxígeno. Numerosos de estos organismos viven asociadas simbióticamente a plantas, a las que aportan nitrógeno. *Azolla*, conocida como “helechito de agua”, posee en sus hojas cavidades especiales en las que aloja una cianobacteria llamada *Anabaena azollae*.

Culturalmente y de manera equivocada, se tiene una visión de las bacterias limitada a considerarlas solo como agentes productores de enfermedades, olvidando que la mayor parte de ellas desempeñan funciones imprescindibles dentro de los ecosistemas y del proceso evolutivo generador de diversidad biológica.

Las bacterias y las algas verdeazuladas se distinguen de otros organismos por una serie de características. Una de las más importantes está relacionada con su material genético: los genes de los procariotas tienen una disposición de hebra circular, que no está encerrada dentro de una membrana. Además, las células de los procariotas carecen de muchas de las estructuras (cloroplastos, mitocondrias, flagelos complejos) que aparecen en las células cuyo material genético se encuentra rodeado por una membrana nuclear. Las células simples de estos organismos se denominan células procarióticas, y las que tienen un núcleo verdadero se denominan células eucarióticas. A pesar de que los miembros de este grupo no presentan reproducción sexual, existe la posibilidad de un intercambio limitado de material genético entre bacterias. El tamaño de las células procarióticas suele ser menor que el de las eucarióticas. Su diámetro varía desde los 0,3 a 0,5 micrómetros (de símbolo μm , 1 micrómetro = $1/1.000.000.000$ metros) de las rickettsias, hasta los de 1 a 10 μm de otros grupos bacterianos. Se piensa que los procariotas son más primitivos que las eucariotas. En efecto, los registros fósiles indican que hasta hace unos 1.000 millones de años, los únicos organismos que existían eran los procariotas. Una teoría que goza de gran aceptación es la que afirma que las células eucarióticas evolucionaron mediante un mecanismo de simbiosis, a partir de ciertas células procarióticas que comenzaron a vivir de forma permanente en el interior de otras células más grandes. Las evidencias en las que se apoya esta teoría se basan en que muchos procariotas tienen el mismo tamaño que algunas de las estructuras especializadas de las células eucarióticas, como, por ejemplo, los cloroplastos y las mitocondrias. Además, estas estructuras poseen sus propios genes. Por último, algunos procariotas actuales son simbiotes de células eucarióticas, y viven en su interior. Las evidencias indican, de este modo, que los organismos del reino Móneras aparecieron pronto en la historia de la Tierra, antes de que la atmósfera tuviera oxígeno disponible. Ciertas bacterias actuales, de hecho, son capaces de vivir sin oxígeno y, en determinados casos, no pueden sobrevivir en su presencia. Dentro del reino Móneras podemos incluir, según las clasificaciones más aceptadas, los siguientes grupos: las verdaderas bacterias, espiroquetas, actinomicetos, mixobacterias y los procariotas fotosintetizadores, incluyendo a las algas verdeazuladas.

Los micoplasmas y las rickettsias pertenecen también al reino Móneras. Las eubacterias, o verdaderas bacterias, comprenden un numeroso grupo de organismos con las características típicas de las bacterias: poseen pared celular, su forma es esférica, alargada o helicoidal y muchos tienen flagelos simples. Algunos viven como organismos libres y otros forman colonias poco complejas. Sus caracteres fisiológicos y bioquímicos son muy diversos. Las espiroquetas son células alargadas, filamentosas, circulares o con forma de hélice. Los actinomicetos son bacterias que viven en colonias y tienen un aspecto de filamentos largos y ramificados, que recuerdan a las hifas y al micelio de los hongos. Las mixobacterias, o bacterias deslizantes, pueden moverse y vivir como organismos aislados que se alimentan de otras bacterias, o pueden formar agregaciones que se convierten en cuerpos fructíferos, desde los cuales se liberan células de resistencia, o reposo, llamadas cistos. Las bacterias fotosintetizadoras usan pigmentos (bacterioclorofila y carotenoides) para captar energía solar y poder sintetizar sus componentes orgánicos. Sin embargo, éstas no liberan oxígeno, como lo hacen las algas verdeazuladas y las plantas eucariotas. Los micoplasmas, organismos causantes de la pleuroneumonía, carecen de pared celular y pueden llevar una vida libre o ser parásitos. Las rickettsias son diminutas y, al parecer, constituyen un grupo de bacterias muy primitivas que carecen de pared celular. Sólo pueden sobrevivir como parásitos de otras células.

c. Dominio Eukarya

Incluye a todos aquellos organismos que poseen células con núcleos y tienen mayor complejidad estructural y tamaño que los procariotas.

Presentan su sexualidad ligada a la reproducción, es decir a la producción de nuevos individuos por fecundación, y con ello al surgimiento de generaciones “progenitoras” y “filiales”. Todo organismo eucariota tiene como característica inevitable la muerte programada. Dichos organismos tienen durante todo o parte de su ciclo vital pares de cromosomas, donde cada uno de los componentes de esos pares proviene de cada uno de los progenitores. A esta condición se la llama diploidía.

La evolución de los eucariotas generó un gran aumento de biodiversidad, a través de la variabilidad genética resultante de una eficiente reproducción sexual. Este hecho se refleja en los **reinos** que incluye este dominio: Protoctista, Animalia, Fungi y Plantae.

- **Reino Protocista o Protistas**

Marca el origen de la célula eucariota. Agrupa una gama altamente diversa de organismos unicelulares, coloniales y en ciertos casos multinucleados, mayoritariamente acuáticos. Incluye organismos que según su forma de alimentación nutrición se asemejan a animales (heterótrofos), a vegetales (autótrofos) o tienen características de ambos (mixótrofos). A este reino pertenecen ciertas algas microscópicas que habitan masivamente las aguas continentales y marinas, son fotosintetizadoras y responsables oceánica de oxígeno. Incluye además, una infinidad de otros pequeños organismos con características animales, como amebas, paramecios y radiolarios.

La mayor parte de los protistas son acuáticos y viven en el océano o en cuerpos de agua dulce. Forma parte plancton, organismos microscópicos flotantes que constituyen la base de la cadena alimentaria en los ecosistemas acuáticos. Otros protistas acuáticos se fijan a rocas y otras superficies sumergidas. Los protistas terrestres están restringidos a lugares húmedos, como suelo y humus. Incluso los protistas parásitos viven en los ambientes húmedos constituidos por los líquidos corporales de plantas y animales. En cuanto a la reproducción y desarrollo: puede ser asexual (clonal) o sexual, con gametos y cigoto, frecuentemente alternando la asexual y la sexual en la misma especie. Las algas pluricelulares presentan a menudo alternancia de generaciones. No existe embrión en ningún caso.

- **Reino Fungi**

Constituye el reino de los hongos. Estos organismos, que en un tiempo fueron considerados plantas, no desarrollan un embrión ni poseen clorofila y tienen nutrición heterótrofa y adsortiva, es decir se alimentan de organismos vivos o muertos o de materia orgánica que digieren fuera del cuerpo, y posteriormente, absorben las sustancias nutritivas. Pueden ser unicelulares (levaduras) o pluricelulares, poseen en su pared celular un polisacárido llamado quitina que también se encuentra presente en ciertos animales y protocistas.

¿Cuál ha sido la importancia de los hongos en el contexto evolutivo? Baste decir que la mayoría de los expertos considera que los hongos fueron los “inventores” de la pluricelularidad: un carácter fundamental que permitió el desarrollo de tejidos y órganos que constituyen a las plantas y animales. Además de ello, existen datos que indican que los hongos fueron los primeros organismos eucarióticos que salieron de

las aguas donde nació la vida para conquistar la tierra firme. No sólo eso, sino que los hongos permitieron también el establecimiento terrestre de las plantas, y con ello indirectamente de los animales que se nutren de ellas, mediante la formación de micorrizas, como se indicará más adelante. La “salida de las aguas” la reproducen actualmente los hongos para llevar a cabo su reproducción. Los hongos crecen sumergidos en una capa acuosa, independientemente si el medio es acuático o terrestre. Los nutrientes pasan a través de toda la superficie de sus hifas (cuyo conjunto se llama micelio). Para ello, esa superficie debe tener afinidad con el agua, es decir, ser hidrofílica. Pero al formarse las estructuras reproductivas, éstas deben orientarse hacia el aire y abandonar el medio acuoso. Para llevar a cabo la hazaña mecánica de romper la tensión superficial, los hongos forman unas sustancias hidrofóbicas (que repelen al agua), las hidrofobinas, que recubren la superficie de las hifas y les permiten salir del agua secas y escurridas.

- **Reino Plantae**

El rasgo definitorio de las plantas es que se originan a partir de un embrión macizo y por ello no poseen cavidad interna como en el caso de los animales. Además poseen clorofila y fotosintetizan. Tiene un amplio rango de tamaño, desde milímetros hasta casi 100 metros y presentan los más altos niveles de longevidad. Las plantas constituyen las comunidades básicas de los ecosistemas continentales, a partir de los cuales, éstos se estructuran. Los registros más antiguos de las plantas terrestres indican un posible origen hace 430 millones de años y posiblemente hayan surgido a partir de la unión simbiótica entre un hongo y un alga verde.

Los vegetales son organismos verdes pluricelulares; sus células contienen un protoplasma eucariótico (con núcleo) encerrado en el interior de una pared celular más o menos rígida compuesta en su mayoría por celulosa. La principal característica de los vegetales es la capacidad fotosintética, que utilizan para elaborar el alimento que necesitan transformando la energía de la luz en energía química; este proceso tiene lugar en unos plastos (orgánulos celulares) verdes que contienen clorofila y se llaman cloroplastos. Algunas especies de plantas han perdido la clorofila y se han transformado en saprofitas o parásitas, que absorben los nutrientes que necesitan de materia orgánica muerta o viva; a pesar de esto, los detalles de su estructura demuestran que se trata de formas vegetales evolucionadas.

También los diversos grupos de algas se clasificaban antes en el reino Vegetal, porque son eucarióticas y porque casi todas tienen paredes celulares rígidas y realizan la fotosíntesis. No obstante, debido a la diversidad de tipos de pigmentos, tipos de pared celular y manifestaciones morfológicas observadas en las algas, ahora se consideran parte de dos reinos distintos que engloban organismos variados semejantes a las plantas y de otros tipos entre los cuales no hay necesariamente una afinidad estrecha. Se considera que una de las divisiones o filos de algas -formada por las llamadas algas verdes- es la predecesora de las plantas verdes terrestres, porque los tipos de clorofila, las paredes celulares y otros detalles de la estructura celular son similares a los de las plantas.

También los miembros del reino Animal son pluricelulares y eucarióticos, pero se diferencian de las plantas en que se alimentan de materia orgánica; en que ingieren el alimento, en lugar de absorberlo, como hacen los hongos; en que carecen de paredes celulares rígidas; y en que, por lo general, tienen capacidad sensorial y son móviles, al menos en alguna fase de su vida.

- **Reino Animalia**

A este reino pertenece todo tipo de organismo pluricelular que en su desarrollo embrionario atraviese una etapa llamada blástula, en la que el embrión adopta una forma aproximadamente esférica y hueca. Este es el rasgo definitorio de la animalidad. Presenta un alto grado de formas y tamaños. A nivel morfológico reúne cerca de 35 tipos biológicos distribuidos en dos grandes grupos: invertebrados y vertebrados. Dentro de este reino evolucionó el ser humano, la conciencia y la cultura...

Este reino comprende todos los organismos multicelulares que obtienen energía mediante la digestión de alimentos, y contienen células que se organizan en tejidos. A diferencia de las plantas, que producen nutrientes a partir de sustancias inorgánicas mediante fotosíntesis, o de los hongos, que absorben la materia orgánica en la que habitualmente se hallan inmersos, los animales consiguen su comida de forma activa y la digieren en su medio interno. Asociadas a este modo de nutrición existen otras muchas características que distinguen a la mayoría de los animales de otras formas de vida. Los tejidos especializados les permiten desplazarse en busca de alimento o, si permanecen fijos en un lugar determinado casi toda su vida (animales sésiles), atraerlo hacia sí. La mayoría de los animales han desarrollado un sistema nervioso muy evolucionado y unos órganos sensoriales complejos que, junto con

los movimientos especializados, les permiten controlar el medio y responder con rapidez y flexibilidad a estímulos cambiantes.

Al contrario que las plantas, casi todas las especies animales tienen un crecimiento limitado, y al llegar a la edad adulta alcanzan una forma y tamaño característicos bien definidos. La reproducción es predominantemente sexual, y en ella el embrión atraviesa una fase de blástula (véase embriología).

Al principio, debido a las grandes diferencias que existen entre plantas y animales, se estableció una división de todos los seres vivos en dos REINOS: animal y vegetal. Cuando más tarde se investigó el mundo de los microorganismos se observó que algunos eran claramente del tipo vegetal, con células con pared celular y cloroplastos para realizar la fotosíntesis, mientras que otros se parecían a los animales porque se desplazaban (mediante flagelos o pseudópodos) y digerían alimentos. Este último tipo, los protozoos, se clasificó como un subreino de este gran grupo taxonómico. Sin embargo, surgieron dificultades ante muchas formas que presentaban características mixtas, y con grupos en los cuales algunos organismos eran similares a las plantas pero estaban emparentados con animales del tipo de flagelados. Finalmente, se propuso un modelo de clasificación con varios reinos en el que la definición de vegetal y animal era más restringida. Lo que se entiende por animal depende, pues, del modelo que se adopte.

Sin embargo, la separación de los protozoos de los animales superiores no es totalmente satisfactoria debido a que los sistemas de clasificación suelen reflejar las relaciones evolutivas, y se cree que los organismos multicelulares descienden en más de una ocasión de los protozoos. Además, algunos de estos últimos forman colonias difíciles de distinguir de animales multicelulares simples

- **Orígenes y relaciones de este reino:**

Es evidente que los animales multicelulares (metazoos) proceden de formas unicelulares de tipo animal (protozoos). La relación exacta no está clara debido a la escasez de fósiles disponibles y a la extinción de formas intermedias, aunque es posible que existan varias líneas evolutivas. Por ejemplo, ciertos flagelados de tipo animal forman colonias y es probable que puedan haber evolucionado hacia organismos más diferenciados. Además, los estadios embrionarios de algunos animales

muestran una secuencia de cambios que proporcionan un modelo evolutivo razonable: un estadio unicelular, seguido de un estadio del tipo de colonia indiferenciada, una esfera de células hueca (blástula), y después un tubo (estadio de gástrula). Otras teorías sugieren la existencia de formas intermedias distintas, como un protozoo con varios núcleos celulares.

Desde sus inciertos orígenes, este taxón se ha diversificado en varios linajes o ramas, que a su vez se han subdividido en filos, clases y grupos menores. Desde hace tiempo, se rechaza el antiguo concepto de que grupos de organismos han progresado desde formas inferiores a otras superiores, en lo que se denomina cadena vital. El curso de la evolución es más comparable a un árbol o a un arbusto con muchas ramas que sufre una diversificación adaptativa, con un cierto grado de evolución progresiva en todo el reino. Por tanto, aunque los insectos, cefalópodos y vertebrados siguieron diferentes líneas evolutivas, todos se pueden describir como animales superiores.

Ya en las rocas más antiguas del cámbrico aparece una extensa variedad de fósiles que representan a los grupos principales de animales (filos), por lo que probablemente, gran parte de la diversificación del reino se produjo antes del cámbrico, hace más de 570 millones de años. Debido a que el filo se originó en épocas remotas y hay pocos fósiles, los parentescos se deducen según características perdurables, tales como la embriología, y con frecuencia son hipotéticas. Por lo general, las evidencias de que disponemos para establecer las subdivisiones dentro de cada filo son más precisas, ya que muchas de ellas tienen un origen más reciente.

Reconstruyendo nuevos árboles...y la historia continúa

Para avanzar en el estudio de estas nuevas clasificaciones vemos que, luego de la publicación del Sistema Natural de Linneo en 1758, y durante muchos años, se reconocían sólo dos ramas en la sistemática: la zoología y la botánica. El evolucionista alemán Ernst Haeckel propuso, a finales del siglo pasado, la construcción de un tercer reino, el de los Protistas, constituido por microorganismos. Haeckel reconoció que algunos de estos microorganismos carecían de núcleo celular y los denominó Monera.

Hasta 1977, el reino se consideraba la categoría sistemática más inclusiva. Sin embargo, la secuenciación de moléculas universales que cambian a tasas extremadamente bajas (como en el caso del rRNA) llevaron a Carl Woese y sus colaboradores

a la construcción de un árbol filogenético único en el cual se diferencian tres linajes evolutivos principales, esto promovió la estructura filogenética más profunda de la diversidad biológica obtenida por Carl Woese a partir de la secuenciación de rRNA.

Se distinguen así tres grupos monofiléticos distintos que corresponden a los dominios Bacteria, Archaea y Eucarya. Woese propuso entonces la categoría de dominio para cada uno de estos linajes, o grupos monofiléticos, y los denominó Bacteria, Archaea y Eucarya. El cambio propuesto por Woese resalta las diferencias, hasta ahora ocultas, entre organismos procariotas. De este modo, Monera es un grupo parafilético que debería descartarse de la clasificación biológica. En el sistema de Woese, Archaea y Bacteria son dominios distintos de organismos procariotas y el primero contiene al menos dos reinos nuevos: Crenarchaeota y Euryarchaeota. El dominio Eucarya agrupa, según esta clasificación, a los restantes reinos de organismos eucariotas.

La clasificación de Woese, como cualquier clasificación cladística, se basa en el orden de ramificación de los linajes durante el curso evolutivo. Sin embargo, no todos los taxónomos acuerdan con este principio clasificatorio y las disidencias se acentúan cuando se trata de los taxa más inclusivos de la clasificación biológica. La propuesta alternativa de Margulis, centrada en los recurrentes procesos de simbiosis, como la de Cavallier-Smith en la que propone *la categoría de imperio en lugar de dominio*, representan las principales propuestas evolucionistas alternativas a la cladística de Woese.

Para finalizar queremos expresarles estos desafíos de la biología como campo disciplinar en permanente reconstrucción. La historia de la clasificación de los seres vivos también ha ido cambiando ya que en un principio se tomaban en cuenta caracteres morfológicos y fisiológicos; en la actualidad se agregan los aportes de la Genética y en el caso de las archibacterias, cobra importancia la biología molecular. Ya no es suficiente el alcance de nuestros ojos, ni aun con la ayuda de potentes microscopios; es conveniente abordar el estudio de la vida desde los aspectos moleculares y macromoleculares, complementando diferentes metodologías para intentar llegar a entender la gran complejidad de los procesos biológicos, expresados metafóricamente en este capítulo como **“El árbol de la vida”**.

Mirando hacia adelante

Digamos, para revisar lo expresado en el comienzo de esta propuesta formativa, que la cultura científica es imprescindible como elemento clave de la cultura general de los ciudadanos, tanto en el aspecto personal -como instrumento de inclusión social- como en el desarrollo de los países. Atendiendo a ello, confiamos en una formación del profesorado de Biología que apunte a una revalorización de la Sistemática, focalizando especialmente en las principales problemáticas ambientales, vinculadas con el conocimiento y la conservación de nuestra biodiversidad.

Uno de los objetivos de esta formación docente deberá centrarse en la producción y puesta en el aula de estrategias innovadoras de enseñanza de las Ciencias Naturales cuyo fin primordial es mejorar los aprendizajes de los estudiantes de manera de incidir sobre la valoración de sus propios saberes, haciéndolos operativos. Se trata de lograr, mediante la formación de profesores de Biología, la constitución de jóvenes reflexivos, críticos, autónomos, conocedores de sus derechos sociales.

La reflexión final que pretendemos compartir con ustedes, y en la que retomamos nuestra analogía original es:

¿De qué manera los reinos de la vida conformaron y, aún hoy lo hacen, este poderoso árbol que representa a la biodiversidad pasada y presente?

El futuro está llegando...

PALABRAS FINALES

Cuando fuimos convocados para la tarea de escribir un libro sobre Diversidad y Sistemática, dirigido a profesores y alumnos de institutos de formación docente, sabíamos que la tarea por delante sería ardua. La temática propuesta es de una amplitud e importancia tal que teníamos que considerar los puntos más relevantes, y reflexionar o llamar a la reflexión de modo conciso, sobre aquellas cuestiones de actual controversia o sobre conocimiento específico de actualidad sin dejar de mencionar las discusiones y avances que se están dando desde hace un tiempo en la Sistemática. Todo este panorama se nos presentaba a la par del desafío que representa tratar de llegar a muchos colegas y a sus alumnos con un enfoque novedoso.

La tarea no estuvo exenta de lecturas y relecturas que fundamentaran la posición no siempre coincidente entre los autores. De este modo pudimos arribar a acuerdos que nos permitieron aunar criterios y estilos, valorizando los aportes de cada uno, desde su experiencia formativa y profesional que provenían de diferentes experiencias y contextos. Creemos que todo este esfuerzo valió la pena, pues podríamos decir que se ha obtenido un texto donde se revaloriza el papel de la Sistemática en el estudio de la biodiversidad y se dan los argumentos científicos y valorativos que dejan en claro su importancia, como método que organiza la diversidad biológica en sistemas posibles de abarcar y estudiar por el resto de los biólogos, tornándose fundamental para poder encarar la enseñanza de la Biología. Además insistimos que para proteger la biodiversidad hay que conocerla y es tarea de los científicos en primer lugar y de los docentes como agentes multiplicadores dar a conocer los fun-

damentos científicos biológicos que sustentan la postura proteccionista sobre toda la naturaleza. Todas estas cuestiones no pueden estar ausentes en nuestra acción como formadores de docentes.

Por último, no podemos olvidar nuestra intención de abordar al lector desde un lenguaje claro y ameno, manteniendo la especificidad que amerita el tratamiento de estos temas para la formación integral de un profesor de Biología.

Bibliografía

- ALVAREZ, R. (1991) *La historia natural en los siglos XVI y XVII*. Madrid. Ediciones Akal.
- BILONI, J. (1990). Árboles autóctonos argentinos. Buenos Aires. Argentina.: Tipográfica Editora
- BOORSTIN, D (2000) *Los descubridores*. Madrid, España, Editorial Critica.
- BRUMMITT, R. K. (2004). Report of the Committee for Spermatophyta: 55. Proposal 1584 on *Acacia*. *Taxon*, 5 (3), 826-829. Recuperado de <http://docserver.ingentaconnect.com/deliver/connect/iapt/00400262/v53n3/s22.pdf?expires=1304457413&id=62573551&titleid=6069&acname=Guest+User&checksum=737D89228D6F96BAF31011C42FB29098>
- CAPANNA, P. (2010) *Inspiraciones*. Buenos Aires. Editorial Paidós.
- CARMAN, R. (1988). *Nombre científico y nombre vulgar de los animales*. Buenos Aires: Vásquez Massini.
- CARRIÓN, J. Y CABEZUDO, B. (2003). Perspectivas recientes en evolución vegetal. *Anales de Biología*. 25. 163-198. Recuperado de <http://www.um.es/analesdebiologia/numeros/25/PDF/14-PERSPECT.pdf>
- CARRUTHERSA, J., &ROBINB, L. (2010). Taxonomic imperialism in the battles for *Acacia*: Identity and science in South Africa and Australia. *Transactions of the Royal Society of South Africa*, 65(1), 48-64. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.1080/00359191003652066>
- CHEBEZ, J. (1999). *Los que se van. Especies argentinas en peligro*. Buenos Aires: Albatros
- CRISCI, J. (1998). La sistemática de nuestro tiempo: hechos, problemas y orientaciones. *Boletín Sociedad. Botánica de México*, 63, 21-32.
- CRISCI, J. (2002). *La sistemática biológica de nuestro tiempo*. Anales Acad. Nac. De Cs. Ex., Fs., y Nat. de La Plata. Tomo 54.
- CRISCI, J. (2006) *Espejos de nuestra época: biodiversidad, sistemática y educación*. Museo de La Plata.
- CRISCI, J. (2010). *La multiplicidad de la vida: La sistemática biológica desde Linneo hasta la filogenia*. Conferencia. 1º Encuentro de Escritura en Ciencias, Buenos Aires, Argentina.
- CRISCI, J. V. (1992) *Reflexiones en torno a la biología comparada*. En: Anales de la Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Buenos Aires, tomo 44, pp. 159 – 164.
- CRISCI, J.V. (2010) *TAKING BIODIVERSITY TO SCHOOL*. Ottawa, Canadá. Trabajopresentado en la IANAS Conference and General Assembly.
- CRISCI, J.V. Y MORRONE, J.J., (1989), “En busca del paraíso perdido: la biogeografía
- CRISCI, J; POSADAS, P &MORRONE, J. (1997) *La biodiversidad en los umbrales del siglo XXI*. Ciencia hoy, N°6.
- DE LA SOTA, E. R. (1982). *La taxonomía y la revolución en las Ciencias Biológicas* (3ª ed.). Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico.
- DE QUEIROZ, K. (2007) *SpeciesConcepts and SpeciesDelimitation*. En: *Syst. Biol.* 56 (6): 879-886. [Versión electrónica], Recuperado el 30 de junio de 2011, de <http://sysbio.oxfordjournals.org/content/56/6/879.short>
- DÍEZ GARRETAS, B. (2008). Los palos borrachos. *Ave del Paraíso*, Asociación de Amigos del Jardín Botánico- Histórico La Concepción Málaga, 36, 4-9.
- DIMITRI, M. (1981) La tipificación en los estudios botánicos, comentarios y consideraciones críticas. *Revista de la Universidad Nacional de Río Cuarto*, 1(2), 127 -133.

- DIMITRI, M. (Dir.). (1980-1987). *Enciclopedia argentina de agricultura y jardinería*. (Tomo I, vols. 1- 2). (3a. Ed.). Buenos Aires: Acme.
- DIMITRI, M. Y ORFILA, E. (2000). *Tratado de Morfología y Sistemática Vegetal*. Buenos Aires: Acme. En cladismo en: *Ciencias*, 3, 26-39.
- FONT QUER, P. (1993). *Diccionario de Botánica* (Tomo I – II). Barcelona: Labor.
- FOUCAULT, M (2008) *Las palabras y las cosas*. (2º edición) Buenos Aires, Editorial Siglo XXI
- GAGNETEN, A., IMHOF, A., MARINI, M., ZABALA, J.M., TOMAS, P., AMAVET, P., RAVERA, L., OJEA, N. (2008) *Biología: Conceptos Básicos*. Santa Fe, Argentina. Ediciones UNL. Secretaría de Extensión, Universidad Nacional del Litoral.
- GIBBS, P. & SEMIR, J. (2003). A taxonomic revision of the genus *Ceiba* Mill. (Bombacaceae). *Anales del Jardín Botánico de Madrid*, 60(2), 259-300. Recuperado de la base de datos Redalyc
- GONZÁLEZ MUÑOZ, M. DEL C. (fecha) “La Educación Ambiental y formación del Profesorado” en *Revista Iberoamericana de Educación*, Número 16. Monográfico: Educación Ambiental y Formación: Proyectos y Experiencias. Pág 13-22.
- HAENE, E., APARICIO G. (2004). *100 Árboles argentinos*. Buenos Aires: Albatros.
- HAWKSWORTH, D. (Comp.). (2010). *Terms used in bionomenclature: The naming of organisms (and plant communities)*. Copenhagen: Global Biodiversity Information Facility.
- HEELER, Q. (1995) Systematic, the scientific basis for inventories of biodiversity. *Biodiversity and Conservation* 4: 476-489
- HENNING, W (1968) *Elementos de una sistemática filogenética*. Buenos Aires. Editorial Eudeba.
- HICKMAN, C. P., L. S. ROBERTS Y F. M. HICKMAN. (1990). *Zoología. Principio Integrales* 8va ed. Madrid. McGraw -Hill Interamericana de España. pp. 136 – 137.
- INTERNATIONAL ASSOCIATION FOR PLANT TAXONOMY (2006). *International Code of Botanical Nomenclature (Viena Code)*. Recuperado de <http://ibot.sav.sk/icbn/main.htm>
- INTERNATIONAL COMMISSION ON ZOOLOGICAL NOMENCLATURE. (1999). *International Code of Zoological Nomenclature*. Recuperado de <http://www.nhm.ac.uk/hosted-sites/iczn/code/>
- JEFFREY, C. (Ed.). (1973). *Nomenclatura Biológica. Código Internacional de Nomenclatura Botánica. Código Internacional de Nomenclatura Zoológica*. Madrid: Blume.
- KATINAS, L. (2001). *El herbario. Significado, valor y uso*. La Plata: Probiota UNLP.
- KIESLING, R. (1998). El futuro de la Taxonomía. *Boletín Sociedad Argentina de Botánica*, 33 (3-4), 207-213.
- KIESLING, R., PRADO, J. (2005). Próximos cambios en el Código Internacional de Nomenclatura Botánica (Código de Viena, 2006). *Darwiniana*, 43(1-4), 277-280. Recuperado de la base de datos Scielo Argentina.
- KNAPP, S., LAMAS, G., LUGHADHA, E. & NOVARINO, G. (2004) Stability or stasis in the names of organisms: the evolving codes of nomenclature. *Philosophical Transactions Royal Society London B*, 359, 611-622. Recuperado de <http://rspb.royalsocietypublishing.org/content/359/1444/611.full.pdf>
- LANTERI, A. (1989) *Análisis comparativo de las escuelas clasificatorias actuales*. Tucumán. Actas 1º Congreso Argentino de Entomología.
- LANTERI, A. A. Y CIGLIANO, M. M. (EDITORAS). (2006). *Sistemática biológica: fundamentos teóricos y ejercitaciones*. 3ra ed. La Plata. EDULP. pp. 70 – 71.
- LORENTE BOUSQUETS, J. Y L. MICHÁN AGUIRRE. (2000). *El concepto de especie y sus implicaciones para el desarrollo de inventarios y estimaciones en biodiversidad*. En: *Hacia un Proyecto CYTED para el Inventario y Estimación de la Diversidad Entomológica en Iberoamérica: PRIBES-2000*. Martín- Piera,

- F., J. J. Morrone & A. Melic (Eds.). [Versión electrónica], Recuperado el 30 de junio de 2011, de http://www.sea-entomologia.org/PDF/M3M-PRIBES_2000/M3M1-07-087.pdf
- LLORENTE J., 1989, "Algunas ideas de la teoría sistemática contemporánea: conceptoshistórica", en: *Ciencia Hoy*1, (5), 26-34.
- LÓPEZ CABALLERO, E. Y PÉREZ SUÁREZ, G. (1999) *Métodos de Análisis en la reconstrucción filogenética*. bol. sea, 26,1999; 45-56. Madrid. España Departamento de Biología Animal. Universidad de Alcalá. Alcalá de Henares.
- LORENZ, K. (1973). *Los ocho pecados capitales de la sociedad civilizada*. [Versión electrónica], Recuperado el 30 de junio de 2011, de http://www.laeditorialvirtual.com.ar/Pages/Lorenz/Lorenz_OchoPecadosMortales.htm
- LUGHADHA, E. (1999). Mudanças recentes e propostas na nomenclatura botânica: implicações para a botânica sistemática no Brasil. *Revista Brasileira de Botânica*, 22(2) (suplemento), 231-235.
- MARCOS MARTÍNEZ, A. (2009) *El concepto de especie en la biología evolucionista: polémicas actuales*. [En línea]. Recuperado el 14 de abril de 2011, de <http://www.fyl.uva.es/~wfilosof/webMarcos/>
- MASLIN, B. & ORCHARD, T. (s. f.). *Acacia - the final decision*. Recuperado de <http://www.worldwidewattle.com/infogallery/nameissue/decision.php>
- MAYDEN, R. L. (2002). *On biological species, species concepts and individuation in the natural world*. En: *Fish and Fisheries* 3, 171-196. [Versión electrónica],
- MAYR, E & ASHLOCK (1991) *Principles of Systematic Zoology*. New York, Mc-Graw Hill.
- MAYR, E (1998) *Así es la biología*. Madrid. Editorial Debate.
- MAYR, E. (1998). El "qué". El estudio de la biodiversidad. En Mayr, E. *Así es la biología*. (143-168). Madrid: Debate.
- MEINARDI, E. (2007). "Reflexiones sobre la formación docente inicial de los profesores de biología" en *Revista de Educación en Biología*, 10 (2), 48-53. http://revistaadbia.com.ar/images/stories/REB_24.pdf
- MELENDI, D., SCAFATI, L. Y VOLKHEIMER, W. (2008) *Biodiversidad: La diversidad de la vida, las grandes extinciones y la actual crisis ecológica*. (1ª ed.) Buenos Aires. Ediciones Continente.
- MELIC, A. (1998). La cuarta edición del Código Internacional de Nomenclatura Zoológica. *Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa*, 23, 43-44. Recuperado de http://www.sea-entomologia.org/PDF/BOLETIN_23/B23-019-043.pdf
- MISHLER, B. (2009). Three centuries of paradigm changes in biological classification: Is the end in sight? *Taxon*, 58(1), 61-67. The phylogenetics revolution has improved research in all areas of biology, well beyond classification. Phylogenies provide a conceptual framework for studying biological variation in an astounding array of features (Traducción del autor). Recuperado de <http://courses.cit.cornell.edu/jdv55/teaching/systematics/mishler%2009%20-%20three%20centuries%20classification.pdf>
- MOORE, G., SMITH, G., FIGUEIREDO, E., DEMISSEW, S., LEWIS, G., SCHRIRE, B., RICO, L. & VAN WYK, A. (2010). *Acacia*, the 2011 Nomenclature Section in Melbourne, and beyond. *Taxon*, 59(4), 1188-1195. Recuperado de http://repository.up.ac.za/upspace/bitstream/2263/15022/1/Moore_Acacia%282010%29.pdf
- MORENO SANZ, M. (2005). *De la taxonomía tradicional a las filogenias moleculares*. En: *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. (Sec. Biol.)*, 100 (1-4), 45-65. [Versión electrónica], Recuperado el 30 de junio de 2011, de <http://rshn.geo.ucm.es/cont/publis/boletines/89.pdf>

- NAROSKY, T. Y D. YZURIETA. (2003). *Aves de Argentina y Uruguay: guía para la identificación*. 15ava ed., Buenos Aires, Vazquez-Mazzini Editores, pág. 161.
- ORCHARD, A. & MASLIN, B. (2003). (1584) Proposal to conserve the name *Acacia* (Leguminosae: Mimosoideae) with a conserved type. *Taxon*, 52, 362-363.
- PARDOS, F. (2004). La taxonomía biológica: problemas lexicográficos y de traducción. *Panacea@*, 5(17-18), 244-247. Recuperado de http://medtrad.org/panacea/IndiceGeneral/n17-18_tribuna-Pardos.pdf
- REIG, O. (1980). *Proposiciones para una solución al problema de la realidad de las especies biológicas*. En: Revista Venezolana de Filosofía Nº 11, 3-30, Departamento de Filosofía de la Universidad Simón Bolívar – Sociedad Venezolana de Filosofía.
- RICO ARCE, L., Y MAGAÑA RUEDA, P. (2007). La Nomenclatura Botánica en la Sistemática del siglo XXI. *Ciencias*, 87, 70-76. Recuperado de la base de datos Redalyc.
- SCOFFIELD, R. (2008). La relevancia de lograr un conocimiento taxonómico confiable para mejorar la conservación de las plantas. *BioScriba*, 1(1), 30-34. Recuperado de <http://www.bioscriba.org.ar/Scofield2008.pdf>

Páginas web

- SPIVAK, E. (2006). "El árbol de la vida. Una representación de la evolución de una representación". *Ciencia Hoy* 16 (91) 10-24
- Systematicbiology (Fuente consultada en Marzo de 2011) <http://sysbio.oxfordjournals.org/>
- Taxonomy (fuente consultada en Enero de 2011) www.ncbi.nlm.nih.gov/taxonomy
- TILMAN, D (2000). *Causes, consequences and ethics of biodiversity*. Nature Nº 405.
- Tubaro, P & Díaz de Astarloa, J (2008) ¿Qué bicho es? *Ciencia hoy*. Nº106
- Wheeler, Q (1995) Systematic, the scientific basis for inventories of biodiversity and conservation Nº4.
- WILEY, E (1981) *Phylogenetics: The theory and practice of phylogenetics systematic*. Wiley & Sons. New York
- <http://axxon.com.ar/mus/Insectos.htm>
- <http://wwf.panda.org/>
- <http://www.ambiente.gov.ar>
- <http://www.biociencia.org/>
- <http://www.biodiv.org.ar/>
- <http://www.biotech.bioetica.org/ap25.htm>
- <http://www.biotech.bioetica.org/clase3-8.htm>
- <http://www.cites.org/>
- <http://www.direcciondebosques.blogspot.com/>
- http://www.fao.org/index_es.htm
- <http://www.fundacionibera.com.ar/es/zona/exoticas.php>
- <http://www.greenfacts.org/es/biodiversidad/biodiversidad-foldout.pdf>
- <http://www.humboldt.org.co/>
- <http://www.millenniumassessment.org>
- <http://www.nationalgeographic.com.es/>
- <http://www.ngenespanol.com/>
- <http://www.parquesnacionales.gov.ar/>

LA MULTIPLICIDAD DE LA VIDA

http://www.ramsar.org/cda/es/ramsar-home/main/ramsar/1_4000_2__

<http://www.sciencedaily.com/>

<http://www.sib.gov.ar/>

<http://www.sib.gov.ar/doc85.html>

<http://www.tierradelfuego.gov.ar>

<http://www.vidasilvestre.org.ar/>

<http://www2.medioambiente.gov.ar/acuerdos/convenciones/cdb/dbinfind.htm>

www.cladistics.com - Software para Sistemática.

www.cladistics.org. - Página de WilliHennigSociety

www.iczn.org/index.htm - International Code of Zoological Nomenclature

www.tolweb.org/tree/phylogeny.html - Thetree of life. Web projet

Impreso en Buenos Aires, Argentina.
en el mes de marzo 2012

SERIE CUADERNOS DE TRABAJO DOCENTES APRENDIENDO EN RED

El sector de Educación de la Oficina de Montevideo-Representación ante el MERCOSUR implementa sus acciones programáticas a nivel nacional y subregional en el marco del Proyecto Regional de Educación para América Latina y el Caribe (EPT/PRELAC 2007).

Los ministros de Educación de la Región han afirmado que la educación es un bien público y llave para la construcción de un mundo más justo, señalando siete temas centrales en sus recomendaciones (www.unesco.org/Santiago). Esta nueva serie de publicaciones, que hemos titulado Docentes Aprendiendo en Red (DAR) se nutre selectivamente de las recomendaciones referentes al “derecho de las personas a aprender a lo largo de la vida” desde “enfoques educativos para la diversidad, la inclusión y la cohesión social”. La serie pretende acercar al docente lector materiales de apoyo educativo, elaborados por algunos de sus pares docentes que han sido participantes activos de proyectos innovadores asistidos por UNESCO.

A nivel nacional, implementar estas recomendaciones potencia una de las funciones de la UNESCO que denominamos “laboratorio de ideas”. En ese sentido, la temática de acortar distancias entre las investigaciones universitarias y la formación de docentes en ciencias es uno de nuestros centros de interés programático. Entendemos que trabajar a favor de los educadores de la enseñanza demanda asistir técnicamente en el diseño de proyectores innovadores fundamentalmente en dos aspectos:

a) Requerir y fomentar equipos con profesionales diversos que sean referentes para el tema seleccionado y se encuentren dispuestos a “Aprender juntos” (Delors 1996)

b) Incluir en el diseño instancias colectivas de formación, discusión y planteo de dificultades con-

ceptuales, con el objetivo de estimular aprendizaje y capacidades de producción de materiales escritos por docentes.

Los cuadernos de trabajo “Escritura en Ciencias” en el marco de la serie DAR han sido generados por el Instituto Nacional de Formación Docente del Ministerio de Educación de la Nación Argentina a través de una convocatoria abierta a los Institutos de Formación Docente de gestión pública de todo el país.

Los cuadernos de Escritura en Ciencias se ponen a disposición de formadores y alumnos de la formación docente como materiales de apoyo educativo elaborados por pares que han sido participantes activos como integrantes de equipos de trabajo que llevan adelante de proyectos innovadores asistidos por UNESCO.

El trabajo de los coordinadores ha sido complejo e indispensable para el éxito de este tipo de proyecto. Las contrapartes por países han hecho propio este diseño y ajustado a sus realidades temáticas y de arquitectura (presencial y/o virtual). De esta manera, la temática de Paraguay es “La Escritura en Paraguay”, en Argentina “Escritura en Ciencias” y en Uruguay “Celebrando el Año Internacional de la Química”. Los coordinadores generales, así como los de Escritura han desarrollado un análisis crítico del proceso y han sabido guiar las intrincadas relaciones generadas cuando se “aprende haciendo” contribuyendo a resolver conflictos y logrando el mejor documento posible. En ese sentido, vaya a todos ellos nuestro agradecimiento.

María Paz Echeverriarza
Profesional del Programa Educación
UNESCO Montevideo

ISBN 978-950-00-0925-6



9 789500 009256

