

**La exploración
de la biodiversidad marina**
**Desafíos científicos
y tecnológicos**

Carlos M. Duarte (ed.)

Separata del capítulo

2. LA MAGNITUD DE LA BIODIVERSIDAD MARINA

por

Philippe Bouchet
Museo Nacional de Historia Natural, París, Francia

© Fundación BBVA, 2006

www.fbbva.es

ISBN: 978-84-96515-26-0



HACE UN CUARTO DE SIGLO, los científicos creían que las cerca de 1,6 millones de especies identificadas y descritas hasta ese momento representaban casi el 50% del total de especies de plantas y animales de la Tierra. Sin embargo, tras la aplicación de nuevos métodos de análisis al estudio de la diversidad de insectos en las selvas tropicales y de pequeños organismos macrobentónicos en aguas marinas profundas, el número de especies conocidas ha crecido hasta los 1,7-1,8 millones, y se estima que existen entre 10 millones y 100 millones de especies todavía por descubrir. Paralelamente al cambio de este paradigma, también se han producido cambios en el inventario de especies, actividad científica que ha pasado de considerarse anticuada a convertirse en una tarea puntera de megaciencia. Este cambio de actitud se debe seguramente a la inquietud de la sociedad respecto al cambio climático y el desarrollo no sostenible, cuya expresión más directa para la estrategia científica se traduce en que no podemos perder más tiempo si queremos documentar y dar nombre a la biodiversidad antes de que se pierda para siempre.

El mejor ejemplo para ilustrar cómo responde el público ante el descubrimiento de nuevas especies quizá lo hallemos en la reacción de los medios de comunicación tras la reciente descripción de *Kiwa hirsuta* (foto 2.2). Este nuevo cangrejo galateido, descubierto en unas fuentes hidrotermales en mayo de 2005 cerca de la isla de Pascua, fue presentado por Enrique Macpherson, William Jones y Michel Segonzac ese mismo año, en el número de diciembre de *Zoosystema*, como un nuevo miembro de una nueva familia, género y especie (Macpherson, Jones y Segonzac 2005). El 7 de marzo de 2006, un periódico local publicó un artículo sobre Michel Segonzac y el reciente descubrimiento del «cangrejo Yeti», suceso del que se harían eco rápidamente los medios nacionales e internacionales. El 17 de marzo había cerca de 150.000 referencias de *Kiwa hirsuta* en Internet. El 20 de marzo, esa cifra llegaba a las 200.000. En esta ocasión, tanto los medios como el público quedaron atónitos al enterarse de que todavía había zonas del mapa de la biodiversidad mundial por descubrir. En general es poco conocido, más allá del cerrado círculo de los sistemáticos, que el descubrimiento y la identificación de nuevas especies de plantas y animales no constituyen un hecho aislado, sino que se trata de algo común en los estudios científicos –tanto en los trabajos de campo

◀ **Foto 2.1: Comunidad de arrecife de coral.** Los hábitats coralinos son los ecosistemas marinos con mayor biodiversidad del planeta, por lo que frecuentemente han sido comparados con los bosques tropicales, con los que también comparten la problemática ambiental y los desafíos existentes para su conservación.



Foto 2.2: Los medios de comunicación, atónitos ante el descubrimiento del «cangrejo Yeti», *Kiwa hirsuta*

como en el laboratorio—. Con especial atención a los océanos, el presente artículo abordará las siguientes cuestiones: ¿cuántas especies marinas están descritas en la actualidad?; ¿a qué velocidad avanza el inventario de biodiversidad marina?; ¿podemos estimar la magnitud global de la biodiversidad marina?

2.1. ¿CUÁNTAS ESPECIES MARINAS ESTÁN DESCRITAS EN LA ACTUALIDAD?

La respuesta corta a la pregunta sobre el número de especies marinas descritas actualmente es la siguiente: entre 250.000 (Groombridge y Jenkins 2000; cuadro 2.1) y 274.000 (Reaka-Kudla 1997). La respuesta larga sería, sin embargo, que estas cifras son demasiado redondas como para no despertar sospechas. Esto es cierto, pero también lo es que existen grandes dificultades para analizar el número real de especies conocidas.

Las tecnologías de la información han facilitado la compilación y la actualización de los catálogos de especies, y algunas iniciativas importantes –entre las que destacan Species 2000 y Global Biodiversity Information Facility (GBIF)– han favorecido la creación de listados taxonómicos acreditados. Sin embargo, todavía estamos lejos de disponer de un registro de referencia global de todos los organismos que habitan en la Tierra, por no hablar de los océanos, y el grado de cobertura en los distintos grupos biológicos es muy desigual. En un extremo encontramos los taxones de los vertebrados, cuyos inventarios se



Foto 2.3: Enteropneusto en un fondo marino. Este espécimen que aparece en la foto posiblemente corresponda a una especie nueva para la ciencia. Fue fotografiado a 2.600 m de profundidad en la meseta del Pacífico este, pero aún no ha sido recolectado, lo que impide su descripción taxonómica. A veces, los sumergibles tripulados u operados por control remoto fotografían animales del océano profundo que nunca han sido capturados utilizando equipos convencionales, como redes o dragas.

actualizan constantemente en todo el mundo; así, por ejemplo, basta con pinchar varias veces con el ratón en Fishbase (www.fishbase.org) para saber que hoy en día se dan por válidas 27.683 especies de peces, de las cuales 16.475 son de origen marino. En el otro extremo hallamos taxones como los equinodermos o los poliquetos, para los que no hay ningún listado realmente global. Y en una posición intermedia se sitúan otros taxones, como los moluscos, para los que existen algunas bases de datos regionales relativamente importantes (p. ej., la base de datos de moluscos marinos europeos CLEMAM [v. cuadro 2.1], donde figuran 3.641 especies válidas), pero ninguna que incluya especies de todo el mundo.

Existen dos áreas dudosas importantes a la hora de evaluar el número de especies marinas válidas. Una de ellas es el número de eucariotas unicelulares, especialmente de foraminíferos y radiolarios. Los foraminíferos (filo Granuloreticulosa) poseen una concha calcárea, y los radiolarios (filo Actinopoda), un esqueleto de sílice, y los restos de ambos constituyen una parte significativa de los sedimentos marinos. Estos dos grupos son importantes en los estudios estratigráficos y paleoambientales, de modo que incluso las especies de la época reciente acaban siendo estudiadas por micropaleontólogos. Como resultado, las especies existentes hoy en día a veces no se computan por separado, y cabe la posibilidad de que las mismas cifras sean utilizadas por distintos autores para referirse a taxones actuales y taxones fósiles

Cuadro 2.1: Número global de especies marinas descritas por grupo taxonómico

Taxón	Número de especies según Groombridge y Jenkins (2000)	Número de especies según este artículo
Bacteria	4.800	4.800 ^{1, 2}
Cyanophyta		1.000 ³
Chlorophyta	7.000	2.500 ³
Phaeophyta	1.500	1.600 ³
Rhodophyta	4.000	6.200 ³
Otros Protocista ^a	23.000	
Bacillariophyta		5.000 ³
Euglenophyta		250 ³
Chrysophyceae		500 ³
Sporozoa		?
Dinomastigota		4.000 ⁴
Ciliophora		?
Radiolaria		550 ⁵
Foraminifera		10.000 ⁶
Porifera	10.000	5.500 ⁷
Cnidaria	10.000	9.795 ⁸
Ctenophora	90	166 ⁹
Platyhelminthes	15.000	15.000 ^{2, 10}
Nemertina	750	1180-1230 ¹¹
Gnathostomulida	80	97 ⁹
Rhombzoa	65	82 ⁹
Orthonectida	20	24 ⁹
Gastrotricha	400	390-400 ¹²
Rotifera	50	50 ²
Kinorhyncha	100	130 ¹³
Loricifera	10	18 ⁹
Acanthocephala	600	600 ^{2, 14}
Cycliophora		1
Entoprocta	170	165-170 ¹²
Nematoda	12.000	12.000 ¹⁵
Nematomorpha	<240	5 ¹⁶
Ectoprocta	4.000-5.000 ^b	5.700 ¹²
Phoronida	16	10 ¹⁷
Brachiopoda	350	550 ¹²
Mollusca	?75.000	52.525 ¹⁸
Priapulida	8	8 ¹⁹
Sipuncula	150	144 ⁹
Echiura	140	176 ⁹
Annelida	12,000	12.000 ²
Tardigrada	pocas	212 ¹⁹
Chelicerata	1.000	2.267 ²⁰
Crustacea	38.000	44.950 ²¹
Pogonophora	120	148 ⁹
Echinodermata	7.000	7.000 ²
Chaetognatha	70	121 ²²
Hemichordata	100	106 ⁹
Urochordata	2.000	4.900 ²³
Cephalochordata	23	32 ⁹
Pisces	14.673 ^c	16.475 ²⁴
Mammalia	110	110 ²
Fungi	500	500 ²
Total	242.135	229.602

- a Incluye los datos de Bacillariophyta, Euglenophyta, Chrysophyceae, Sporozoa, Dinomastigota, Ciliophora, Radiolaria y Foraminifera.
- b Listados dos veces, una como Ectoprocta (5.000 especies) y otra como Bryozoa (4.000).
- c Cyclostomata (52 especies), Chondrichthyes (821) y Osteichthyes (13.800).
- 1 Número total de especies descritas: Archaea: 409; Bacteria: 10.593. Fuente: www.psb.ugent.be/rRNA/index.html.
- 2 Aquí se han seguido las cifras de Groombridge y Jenkins (2000).
- 3 M. Guiry, comunicación personal, basada en AlgaeBase (www.algaebase.org).
- 4 Groombridge y Jenkins (2000); la cifra incluye aguas dulces.
- 5 De Wever, comunicación personal, basada en la base de datos de D. Boltovskoy 2006. El número asciende a 2.000 según Minelli (1993).
- 6 Vickerman (1992). La cifra se reduce a 8.000 según Minelli (1993).
- 7 Brusca y Brusca (2003). Hooper y Van Soest (2003) hablan en Sistema Porifera de 15.000 especies, pero contabilizando las no descritas.
- 8 Incluye 2.918 especies de Hexacorallia según Fautin (2005) en *Hexacorallians of the World* (hercules.kgs.ku.edu/hexacorall/anemone2/index.cfm).
- 9 UNESCO-IOC, Registro de Organismos Marinos (URMO) en Especies, 2000, edición de 2006 (annual.sp2000.org/2006).
- 10 Faubel y Norena, en Costello, Emblow y White (2001), cifran 3.224 especies sólo de Turbellaria.
- 11 Dato de Sundberg y Gibson (2006), basado en Gibson, *Journal of Natural History* 29 (1995): 271-562.
- 12 D'Hondt, comunicación personal.
- 13 Neuhaus y Van der Land, en Costello, Emblow y White (2001).
- 14 Brusca y Brusca (2003) calculan 1.100 especies para el total de Acanthocephala. Se desconoce la fuente de las 600 especies indicadas por Groombridge y Jenkins (2000), pero a falta de otras estimaciones se ofrece esta cifra.
- 15 Hugot, Baujard y Morand (2001) indican que existen 4.070 especies marinas de vida libre y 11.860 especies de parásitos de animales, pero esta última cifra no discrimina entre parásitos de vertebrados e invertebrados marinos y no marinos.
- 16 Poinar y Brockerhoff, *Systematic Parasitology* 50 (2001): 149-157.
- 17 Fuente: paleopolis.rediris.es/Phoronida.
- 18 Basado en listados regionales con información no solapada: Atlántico oeste: 6.170 especies (gasterópodos únicamente); Rosenberg 2005, *Malacolog* 4.0: data.acnatsci.org/wasp; Atlántico nordeste: 3.641 (listado de moluscos marinos europeos CLEMAM: www.somali.asso.fr/clemam/index.clemam.html); África oriental: 2.500 (Cosel, comunicación personal inédita); Indopacífico: 32.000 (24.269 en la Biotic Database of Indo-Pacific Marine Mollusks [data.acnatsci.org/obis], con dos tercios de la información completa); región de Panamá: 2.535 (Keen, *Sea shells of tropical West America*, 2.^a ed., 1971); Sudáfrica: 2.788 (Kilburn y Herbert, en Gibbons, ed., *South African Journal of Science* 95 [1999]: 8-12); Pacífico norte: 1.744 (Kantor y Sysoev, *Ruthenica* 14 [2005]: 107-118); Nueva Zelanda: 2.091 (Spencer y Willan, *New Zealand Oceanographic Institute Memoir* 105 [1996]); Antártico y Magallánico: 800 (estimación personal).
- 19 UNESCO-IOC, URMO, edición de 2004.
- 20 Pycnogonida: 1.245 especies; Merostomata: 4 (ambos datos basados en URMO); Acari (Halacaridae): 1.018 (Bartsch, *Experimental and Applied Acarology* 34 [2004]: 37-58).
- 21 Branchiura: 44 especies (Boxshall, comunicación personal, en Rohde, ed., *Marine Parasitology* 2005, 145-147); Ascothoracida: ~100 (Grygier y Hoeg, en Rohde, ed., *Marine Parasitology*, cit., 149-154); Rhizocephala: ~250 (Hoeg et al., en Rohde, ed., *Marine Parasitology*, cit., 154-165); Acrothoracica + Thoracica: 1.025 (Newman, comunicación personal, basada en los datos que publicó en Forest, ed., *Traité de Zoologie* 7 [1996]: 453-540, con algunas adiciones); Mystacocarida: 19 (G. Boxshall, comunicación personal); Tantulocarida: 28 (Boxshall, en Rohde, ed., *Marine Parasitology*, cit., 147-148); Facetotecta: 11 (Belmonte, *Marine Biology Research* 1 [2005]: 254-266); Cephalocarida: 9; Copepoda: 9.500 (G. Boxshall, comunicación personal, basada en la extrapolación de Humes [1991]); Ostracoda: 6.400 (Ostracoda recientes: 8.000 especies [Horne, en Selley, Cocks y Plimer, eds., *Encyclopaedia of Geology*, 2005, 3], menos 1.608 especies no marinas [Martens 2006]); Remipedia: 16; Leptostraca: 38 (Davie, *Zoological catalogue of Australia*, vol. 19.3A, 2002); Stomatopoda: 449 (Schram y Müller, *Catalogue and bibliography of the fossil and recent Stomatopoda*, 2004); Lophogastrida: 55 (G. Anderson, comunicación personal a M. Schotte); Mysida: 1.085 (G. Anderson, comunicación personal a M. Schotte, basada en peracarida.usm.edu); Amphipoda: 6.950 (Vader, *How many amphipod species?*, póster presentado en el XII International Amphipod Colloquium, Cork, Ireland, 2005, y comunicación personal; no incluye Talitridae); Isopoda: 5.270 (M. Schotte, comunicación personal, basada en Kensley, Schotte y Shilling, *Listado mundial de isópodos crustáceos marinos, de aguas dulces y terrestres*, 2005: www.nmnh.si.edu/iz/isopod/index.html); Tanaidacea: 857 (G. Anderson, comunicación personal a M. Schotte); Cumacea: 1.324 (S. Gerken, comunicación personal); Euphausiacea: 86 (Baker et al., *A practical guide to the Euphausiids of the world*, 1990); Dendrobranchiata: 522 (Penaeoidea: 419; Sergestoidea: 103 [Crosnier, comunicación personal]); Stenopodidea: 57 (T. Komai, comunicación personal); Caridea: 2.730 (C. Fransen, comunicación personal); Astacidea + Palinura: 148 (Holthuis, *FAO Fisheries Synopsis* 125 [1991]: [Thalassinidea excluida], con incremento); Thalassinidea: 556 (Dworschak, *Nauplius* 13 [2005]: 57-63); Anomura: 2.210 (Galatheoidea: 1.012 [E. Macpherson, comunicación personal]; Hippoidea: 67 [C. Boyko, comunicación personal]; Pagurida: 1.131 [P. McLaughlin, comunicación personal]); Brachyura: 5.200 (Ng y Davie, comunicación personal).
- 22 A. Pierrat-Bults 2004, en la base de datos de biodiversidad mundial Chaetognatha of the World (nlbif.eti.uva.nl/bis/index.php).
- 23 4.900 especies de Ascidiacea (Monniot, comunicación personal); otros miembros de Urochordata no evaluados.
- 24 N. Bailly, comunicación personal, basada en FishBase (www.fishbase.org); incluye Amphidromous (705 especies) y especies estrictamente salobres (86).

conjuntamente o sólo a los primeros. Así, según Groombridge y Jenkins (2000) existen «40.000 especies de fósiles» y «más de 4.000 de especies de la época reciente» de Granuloreticulosa, mientras que Brusca y Brusca (2003) cifran el número total de especies en 40.000. En mi caso me he decantado por la opinión de Vickerman (1992), quien una vez dijo que había 10.000 especies de foraminíferos, «excluyendo el enorme número de especies fósiles en tanto que esto sea posible».

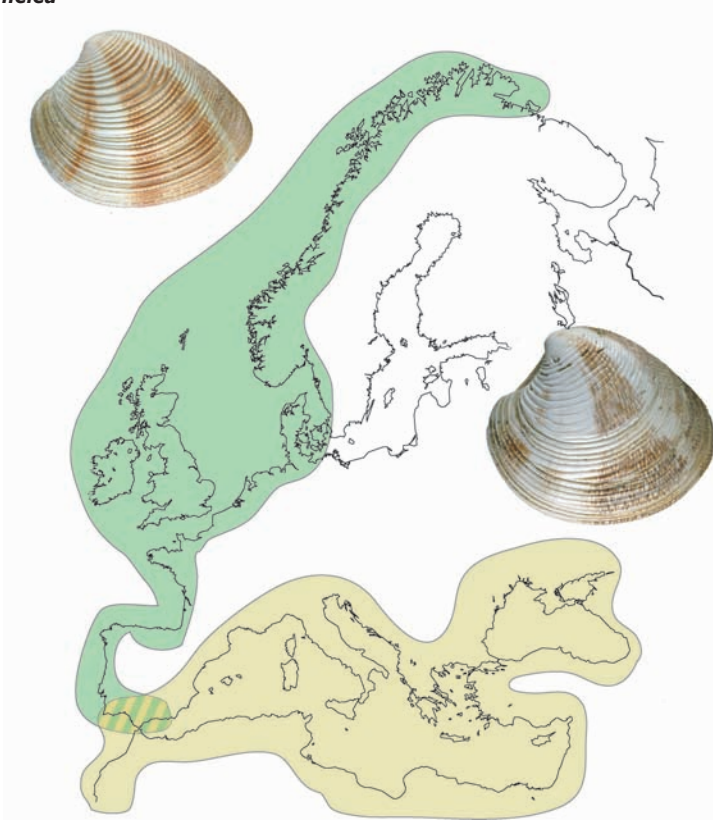
El otro campo dudoso se deriva del uso de sinónimos. Los naturalistas han dado nombre a plantas y animales durante casi 250 años. En este tiempo se han asignado millones de nombres, a veces como resultado de excelentes trabajos científicos, y a veces también como resultado de observaciones erróneas o del desconocimiento de las reglas de la biología. Algunos autores pueden haber descrito, sin saberlo, la misma especie con distintos nombres en diferentes regiones del mundo (foto 2.4), u organismos que creían que pertenecían a especies distintas cuando en realidad sólo estaban dando nombre a variantes ecológicas o fenotípicas, machos o hembras, jóvenes o adultos, o a diversas fases del ciclo vital de una misma especie.



Foto 2.4: Dos nombres y una única especie: *Facelina bostoniensis*. Durante años, esta especie, que habita a ambos lados del océano Atlántico, recibió varios nombres: en Europa era conocida como *Facelina curta* (Alder y Hancock, 1843); en Norteamérica, como *Facelina bostoniensis* (Couthouy, 1838). Pero, en 1970, el zoólogo danés Hennig Lemche constató que ambos nombres designaban una misma especie.

A menudo no disponemos de todas las piezas del rompecabezas, y los científicos pueden interpretar un mismo hecho de manera diferente. Por ejemplo, durante casi dos siglos se ha discutido si las formas atlánticas y mediterráneas de una pequeña almeja de la familia Veneridae, ingrediente de los *spaghetti alle vonglone*, pertenecían a una misma especie, o a dos, o si eran subespecies geográficas de una misma especie. Se trataba básicamente de una opinión personal hasta que con técnicas electroforéticas se analizaron las poblaciones de dos formas que coexisten en el sur de Portugal y se demostró que *Chamelea gallina* (Linnaeus) –la «forma mediterránea»– y *Chamelea striatula* (Da Costa) –la «forma atlántica»– eran dos especies aisladas biológicamente desde el punto de vista reproductivo (Backeljau et al. 1994) (mapa 2.1). El problema de la sinonimia no resulta tan acuciante en el caso de organismos difíciles de capturar o de estudiar o que no han despertado tanto la atención de los científicos, pues es menos probable que hayan generado errores o divergencias de opinión. Sin embargo, sí se trata de un problema importante en los grupos de organismos grandes o que suscitan mayor

Mapa 2.1: Distribución de la «forma atlántica» y la «forma mediterránea» de las almejas del género *Chamelea*



¿Variantes geográficas o especies distintas? Durante casi dos siglos se ha debatido si *Chamelea gallina* (Linnaeus), en el Mediterráneo, y *Chamelea striatula* (Da Costa), en el Atlántico, eran variantes de una misma especie, dos especies distintas o subespecies geográficas de una misma especie. Las dos formas que coexisten en el sur de Portugal son la prueba de que se trata de dos especies diferentes, aisladas sexualmente.

interés (peces, corales, cangrejos y moluscos), los cuales concentran la atención de viajeros, coleccionistas y científicos. Hablando de moluscos, Boss (1970) afirmó una vez que cada especie podía recibir cuatro o cinco nombres distintos. Con un total acumulado de 300.000 nombres y una ratio de sinónimos tal vez sólo comparable a la de las mariposas, los moluscos son el grupo de organismos marinos con mayor relación nombres-especie. Hoy en día desconocemos incluso si el número válido de especies de moluscos actuales es de 45.000 o de 130.000 (v. cuadro 2.2); esta falta de certeza está muy generalizada en el caso de la biota reciente y fósil, pero en los moluscos se considera «especialmente problemática» (Hammond 1995).

A falta de catálogos acreditados de especies, ¿qué hacen los sucesivos autores? Hasta cierto punto podemos decir que se copian unos a otros, lo que da una falsa

Cuadro 2.2: Discrepancias entre las estimaciones publicadas sobre el número de especies existentes en los principales taxones¹

Taxón	May (1988)	May (1990)	Brusca y Brusca (1990)	Minelli (1993)	Hammond (1995)	Groombridge y Jenkins (2000)	Brusca y Brusca (2003)
Porifera	10.000		9.000	6.000	10.000	10.000	5.500
Cnidaria	10.000	9.600	9.000	15.000	10.000	9.400	10.000
Platyhelminthes			20.000	14.838	14.000	20.000	20.000
Nematoda	1.000.000		12.000	20.000	20.500	25.000	25.000
Annelida	15.000		15.000	18.600	12.000	15.000	16.500
Chelicerata	63.000		65.000	74.732	75.000	75.000	70.000
Crustacea	39.000		32.000	55.364	75.000	40.000	68.171
Hexapoda	1.000.000	790.000	827.175	906.506	950.000	950.000	948.000
Mollusca	100.000	45.000	100.000	130.000	70.000	70.000	93.195
Ectoprocta	4.000		4.500	5.000		4.000	4.500
Echinodermata	6.000	6.000	6.000	6.700	6.000	7.000	7.000
Urochordata		1.600	3.000	3.000		1.400	3.000
Vertebrata	43.300	42.900	47.000	44.998	56.000	52.000	46.670

¹ En los grupos no estrictamente marinos, los números incluyen especies marinas y no marinas, de modo que no pueden compararse directamente con las cifras del cuadro 2.1. Véanse los comentarios en el texto.

impresión de seguridad. Cualquiera podría pensar que si todos los autores citan el mismo número, entonces es que ese número es correcto. La cifra de 6.000-7.000 especies de equinodermos suena «bien» porque es la que han citado todos los investigadores durante más de 20 años; pero podría ser que se tratase del mismo cálculo aproximado o de un error repetido una y otra vez. Incluso los números que se presentan en este capítulo (cuadro 2.1) podrían criticarse, dado que algunos provienen de una compilación previa. Sin embargo, en ocasiones también distintos autores dan valores muy diferentes sobre un mismo taxón (cuadro 2.2). Así, por ejemplo, pese a que frecuentemente se ha publicado que el número de especies de nematodos oscila entre 12.000 y 25.000, Robert May (1988) estimó que podía llegar a 1 millón de especies. La autoridad de Robert May en lo relativo al número de especies es tal, que esta cifra se ha citado repetidamente. No obstante, hoy en día se cree que el número real de especies de nematodos es de 27.000 (Hugot, Baujard y Morand 2001), y lo que May «contó» en 1988 era en realidad una estimación del número total de especies, conocidas y por conocer. Las últimas, por supuesto, no deberían incluirse en un estudio sobre la magnitud de la biodiversidad conocida.

La conclusión de este apartado es que cuando los científicos dicen que «se han descrito entre 1,7-1,8 millones de especies», o que «existen del orden de 230.000 a 250.000 especies de organismos marinos descritos», sus afirmaciones deberían interpretarse, en buena parte, como resultado de conjeturas hechas con cierto fundamento. Para matizar esta cifra, y sin olvidar que el cálculo del número de especies de la biota terrestre y de aguas dulces adolece de similares imprecisiones, señá-

laremos que la biodiversidad marina representa el 15% de la biodiversidad global descrita (1.860.000 especies; Reaka-Kudla 1997).

2.2. ¿A QUÉ VELOCIDAD AVANZA EL INVENTARIO DE BIODIVERSIDAD MARINA?

En los años cincuenta y sesenta, el público y los políticos veían la exploración del mundo en busca de nuevas especies que describir y nombrar como algo que había vivido su gran apogeo entre 1850 y los primeros años del siglo XIX, y estaban convencidos de que a finales del siglo XX conoceríamos la mayoría de las especies. Como resultado o causa de esta actitud, los recursos institucionales destinados al inventario de especies de la fauna y la flora (todavía no se había acuñado el término «biodiversidad») fueron relativamente escasos. En oceanografía, la expedición danesa *Galathea*, realizada en 1950-1952, fue la última expedición oceanográfica alrededor del mundo, en la misma línea que la expedición *Challenger* de 1873-1876. Las cosas cambiaron drásticamente en los años ochenta y noventa, cuando aparecieron nuevos paradigmas en el mundo de la ciencia y la política.



Foto 2.5: *Cookeolus* spp., una de las varias especies de peces descubiertas recientemente en los arrecifes de coral profundos de Vanuatu. Tecnologías punteras de última generación, con empleo de mezclas de gases y re-respiradores, están permitiendo el acceso de los buceadores a arrecifes profundos, de 120 a 140 m de profundidad, y revelando un nuevo mundo, inaccesible hasta ahora a la inmersión con escafandra autónoma o al dragado.

Ciencia. Tras la aplicación de nuevos métodos de muestreo en el estudio de la diversidad de insectos en las selvas tropicales, se estimó que existían 30 millones de especies de insectos. Tal estimación llevó a varios científicos a pensar que si había 1,7 millones de especies descritas, todavía quedaban de 10 millones a 100 millones de nuevas especies por descubrir, describir y nombrar (Stork 1988). Al mismo tiempo, también se observó que la velocidad de extinción de especies era mucho mayor de lo previsible. Pese a que el alcance de la crisis de extinción es tema de debate tanto dentro como fuera de la comunidad científica, algunas autoridades consideran que cada año se extinguen unas 50.000 especies. Esto significa que, al ritmo actual, a finales del siglo XXI habrá desaparecido entre una tercera parte y la mitad del total de especies de la Tierra.

Política. Los espectaculares avances en el campo de la ingeniería molecular han fomentado el estudio a gran escala de las características y las propiedades de los organismos microbianos, plantas y animales, en busca de nuevos compuestos bioactivos, así como el aislamiento de genes con aplicaciones en agricultura, farmacia o servicios ecológicos. Esto abre todo un mundo de nuevas posibilidades a la biodiversidad, en el que los organismos vivos pueden tener un potencial valor económico. La Convención sobre Diversidad Biológica (CDB) ha fomentado la aparición de nuevas actitudes y la implantación de nuevas normativas. Asimismo, también ha cambiado la manera en que las comunidades científicas y no científicas contabilizan, documentan, protegen y utilizan las especies de fauna y flora.

La taxonomía sigue siendo una disciplina muy activa dentro de la investigación y, literalmente, existen millares de revistas donde se publica el descubrimiento de nuevas especies. No obstante, saber cuántas nuevas especies se están describiendo en total es tarea difícil, debido nuevamente a la falta de un registro centralizado de biodiversidad. A partir de los datos de Hammond (1992) sobre animales y hongos y los datos del índice Kew para plantas, entre otros, se estima que los taxonomistas describen 16.600 nuevas especies al año, de las que 7.200 (43%) son insectos. ¿Cuántas de estas especies son marinas? De nuevo, no existe ningún registro de

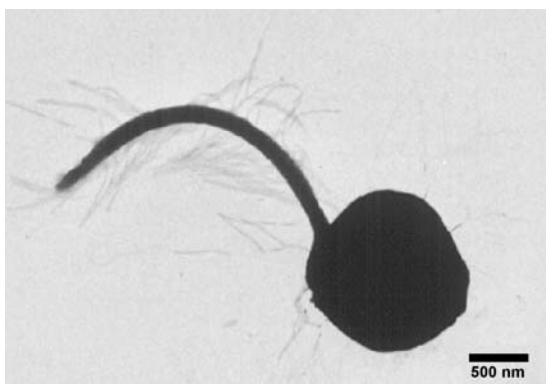
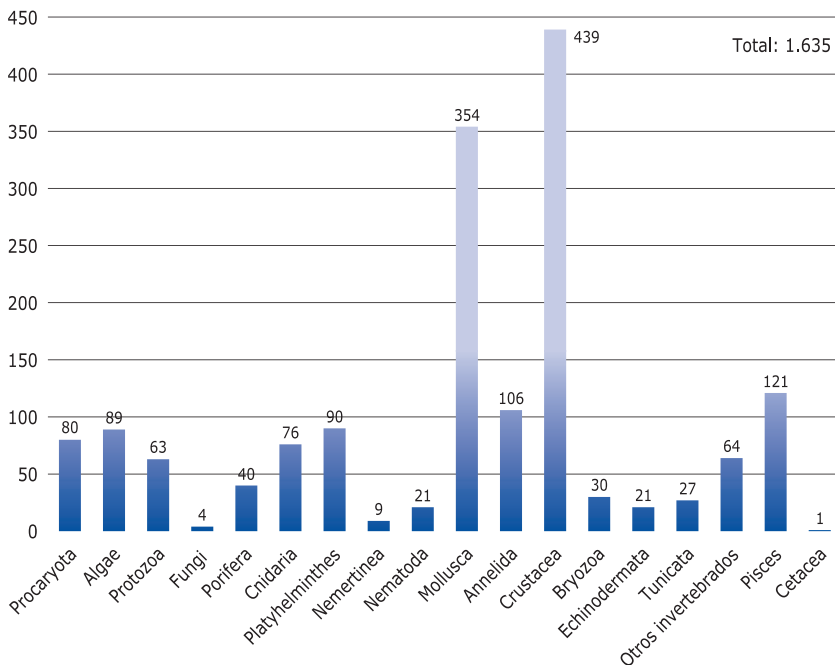


Foto 2.6: Célula de *Pelagomonas*. El descubrimiento del picofitoplancton y de su papel constituyen uno de los mayores avances en oceanografía de los últimos 20 años, aunque estos organismos siguen manteniéndose en la frontera de la exploración de la biodiversidad marina. Con menos de una micra de diámetro, una célula de *Pelagomonas* es bastante más pequeña que muchos procariotas; sin embargo, se trata de un eucariota fotosintético plenamente funcional.

biodiversidad centralizado ni ninguna respuesta inmediata. Con el firme propósito de responder a esta pregunta, entre febrero y junio de 2005 revisamos varias bases de datos bibliográficas (Ducloux 2005). Puesto que se pensó que los datos de 2004 serían incompletos, decidimos examinar únicamente los artículos publicados en 2002 y 2003. Tras la búsqueda bibliográfica identificamos 3.217 nombres. Entre enero y febrero de 2006 repetimos el mismo ejercicio y aparecieron 53 nuevos nombres (1,6% del total). Parece, pues, razonable pensar que los datos que aquí se presentan son representativos de la situación real.

Los datos de 2002-2003 nos muestran que cada año se describen 1.635 nuevas especies marinas (gráfico 2.1). No es sorprendente que los filos con mayor número de especies (Crustacea y Mollusca) sean también los filos en los que se describe un mayor número de especies nuevas. Por otro lado, filos más pequeños (Cnidaria, Porifera) contribuyen obviamente en menor proporción al crecimiento anual. Sin embargo, el crecimiento anual no sólo es proporcional al tamaño de los filos. El caso de los nematodos es un buen ejemplo. A pesar de que se conoce un número similar de especies de nematodos y de peces, se han descrito hasta cinco veces más especies nuevas de peces que de nematodos. Claramente, el inventario de biodiversidad marina refleja tanto el tamaño del filo como el tamaño de la comunidad taxonomista dedicada a su estudio. En el caso de los filos más pequeños (p. ej., Entoprocta, Gastrotricha, Kinorhyncha), la comunidad de taxonomis-

Gráfico 2.1: Media anual de nuevas especies marinas descritas en 2002-2003 por grupo taxonómico



tas es tan reducida que las descripciones publicadas en dos años muy probablemente sean el resultado del trabajo de tan sólo uno o dos científicos.

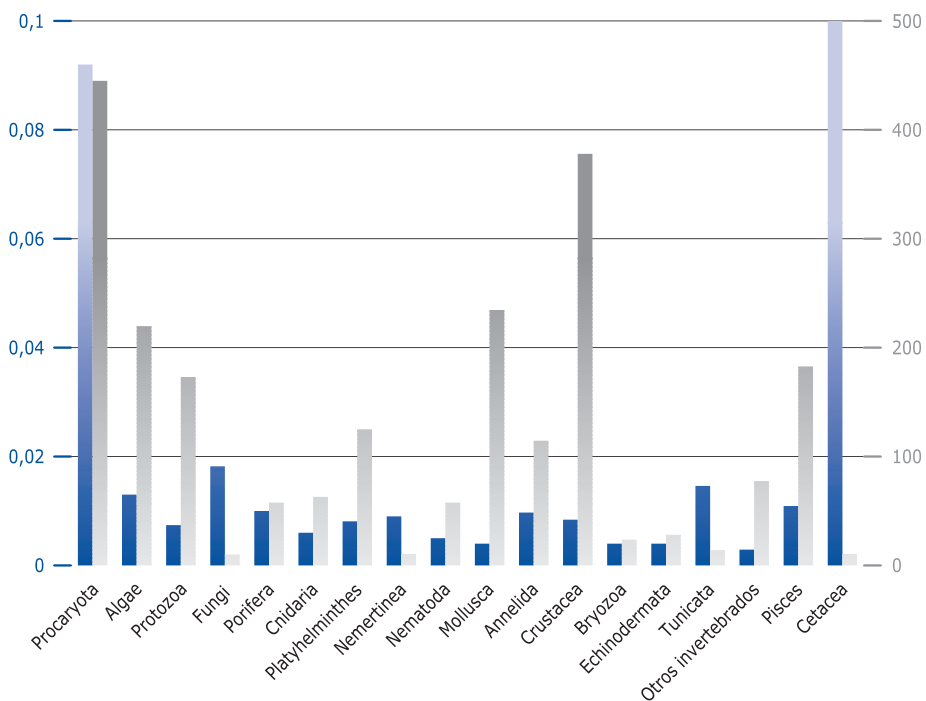
¿Cuántas de estas especies son válidas y cuántas de ellas son sinónimos? No hay motivos para pensar que los autores contemporáneos trabajen mucho mejor que los del siglo pasado, y por ello parece inevitable que algunas de las especies que se están describiendo ya se hayan descrito previamente. Los autores contemporáneos disponen de mejores herramientas técnicas y más conocimientos que los de hace una centuria, por lo que sería lógico pensar que las descripciones de especies son más acertadas y que se dan menos casos de sinónimos. Además existe una mayor comunicación entre científicos, hecho que debería favorecer el intercambio de conocimiento y, a su vez, disminuir el riesgo de duplicidad de las investigaciones y la aparición de sinónimos. Sin embargo, una de las principales características de la bibliografía moderna es la aparición de incontables libros, revistas y resúmenes de simposios que no son de libre acceso a través de Internet, motivo por el cual a menudo es difícil que los taxonomistas estén totalmente seguros de haber revisado toda la bibliografía relevante. Otra consecuencia del continuo crecimiento del número de revistas dedicadas a estos temas es la competencia, voluntaria o involuntaria, existente entre algunos autores por ser los primeros en dar nombre a una especie. Por ejemplo, el belga Koen Fraussen y el americano Martin Snyder describieron la misma especie de caracol marino procedente de una misma fuente comercial de Filipinas. Koen Fraussen la describió con el nombre *Euthria suduirauti* en una revista belga en abril de 2003, mientras que Martin Snyder hizo lo propio en una revista española en junio de 2003 con el nombre *Latirus cloveri*. En este caso particular, la sinonimia fue detectada rápidamente (Snyder y Bouchet 2006), pero lo habitual es que los sinónimos pasen desapercibidos durante décadas. Tal y como se apuntó anteriormente, determinados grupos de organismos siempre han suscitado gran competencia entre investigadores, pero otros muchos difícilmente atraerán la atención de más de una persona a la vez. Con todo, creo que los sinónimos representan un 10-20% de las 1.635 especies descritas anualmente, lo que significa que se incorporan de 1.300 a 1.500 especies válidas cada año al inventario de vida marina.

Los taxones marinos representan el 9,7% del total de nuevas especies descritas actualmente, pero la biodiversidad marina constituye el 15% de la biodiversidad total. Dicho de otra manera, el crecimiento anual del inventario de biodiversidad marina es del 0,65%, mientras que el de la biota terrestre y de aguas dulces es del 1%. Este desequilibrio entre el interés por la biodiversidad marina y no marina no parece haberse reconocido en la bibliografía, y se desconoce su importancia. Ciertamente, el peso de la entomología y de los entomólogos aficionados no tiene un equivalente en la biodiversidad marina, ni siquiera en el caso de los moluscos, donde los malacólogos aficionados son los responsables de la descripción del 27% de las nuevas especies (Bouchet 1997). Moluscos aparte, mi impresión es que los aficionados sólo desempeñan un pequeño papel en la descripción de nuevas especies marinas, representando quizá del orden de un 10-15% del total. En cambio, un análisis similar (Fontaine y Bou-

chet, sin publicar) sobre nuevas especies de animales en ecosistemas terrestres y de aguas dulces de Europa descritas entre 1998 y 2002 reveló que el 72% de las descripciones de nuevas especies correspondían a insectos y que los aficionados y los profesionales retirados habían descrito el 46 y el 12%, respectivamente. La aportación de los taxonomistas aficionados en entomología y malacología no es un fenómeno nuevo, pero las diferencias entre el ritmo de avance del inventario de biodiversidad marina y no marina pueden ser un reflejo del mermado papel de los aficionados en biodiversidad marina comparado con su papel en entomología.

El número total de autores que nombraron y describieron nuevas especies marinas en 2002-2003 fue de 2.208. La cifra media de especies descritas por autor fue de 1,5. En realidad, esta relación varía según los taxones (gráfico 2.2). Así, fueron necesari-

Gráfico 2.2: Número de autores que describieron nuevas especies marinas en 2002-2003 por grupo taxonómico, y grado de cobertura de cada grupo en cuanto a número de investigadores



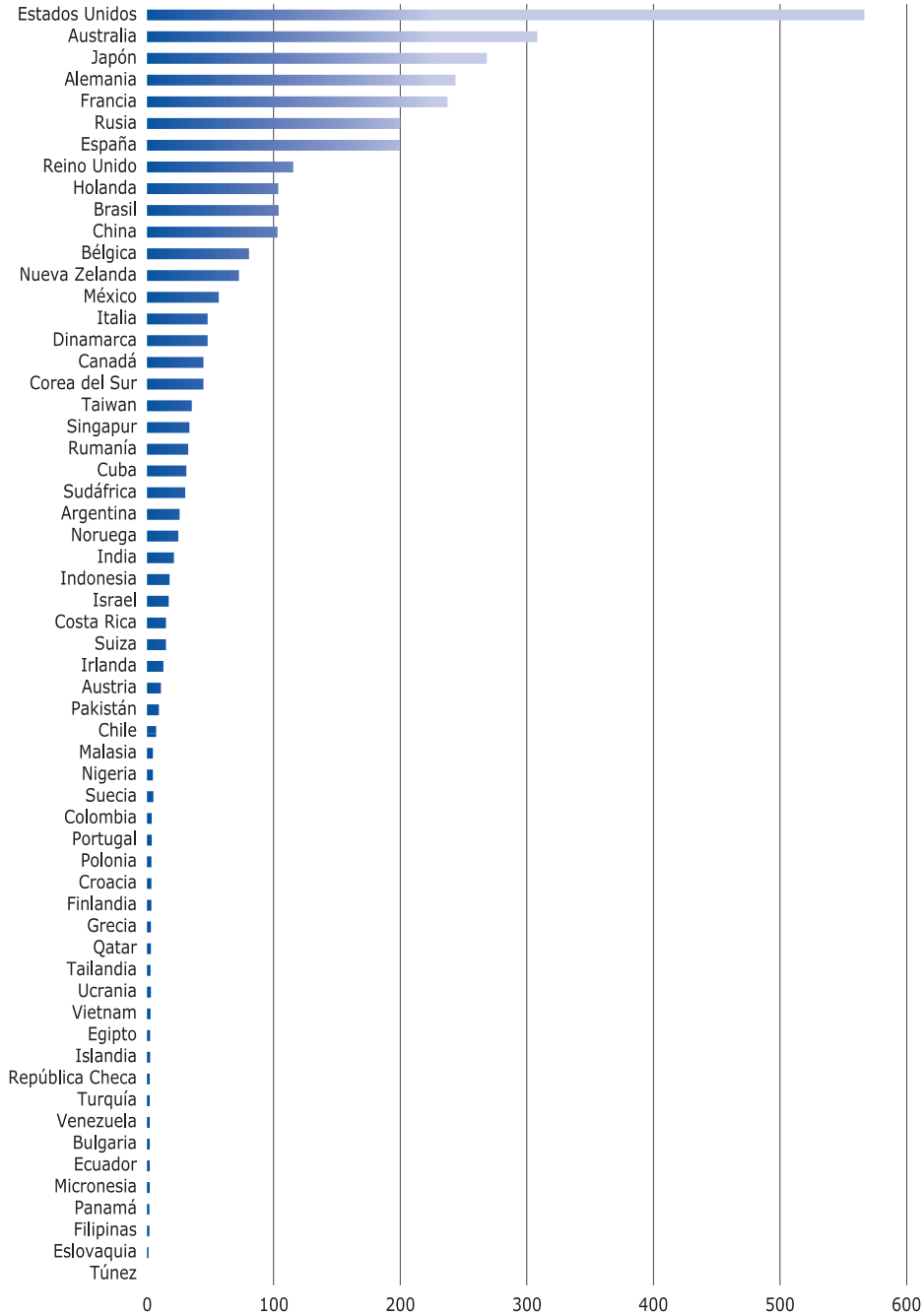
Gris, escala derecha: número de autores que describieron nuevas especies marinas en 2002-2003 en cada uno de los taxones principales; los autores se contabilizan una única vez, independientemente del número de especies que hayan descrito, y se les computa a todos (segundos, terceros y posteriores); total: 2.208 autores. Azul, escala izquierda: ratio entre el número de autores y el número global de especies descritas para un mismo taxón en 2002-2003 (v. cuadro 2.1); la ratio mide la cobertura del grupo en cuanto a número de investigadores: una ratio elevada indica que el grupo está bien cubierto (procariotas, mamíferos), en tanto que una ratio baja revela un déficit de sistemáticos para el grupo en cuestión (Nematoda, Mollusca, Bryozoa, Echinodermata).

rios 441 autores para nombrar y describir 159 especies de procariontas (0,36 especies por autor), mientras que sólo se precisaron 61 autores para nombrar y describir un número parecido (152 especies) de nuevos cnidarios (2,49 especies por autor). La relación es incluso mayor en el caso de los moluscos, donde el promedio por autor es de 3,05. Estas diferencias reflejan discrepancias en el contenido medio de las publicaciones taxonómicas: en microbiología, el número de autores en los artículos que describen una nueva especie es de 3-4; en zoología y ficología, sin embargo, un artículo típico está firmado sólo por 1-2 autores, que revisan un grupo o un género completo de especies y describen varias especies nuevas al mismo tiempo.

La Convención sobre Diversidad Biológica ha subrayado el desequilibrio entre la distribución de la biodiversidad y la distribución del conocimiento que ésta genera. La mayor parte de la biodiversidad conocida y por conocer se encuentra en países tropicales, la mayoría de los cuales son países emergentes del sur o países en vías de desarrollo, mientras que el grueso del conocimiento y los recursos sobre biodiversidad se halla en países desarrollados. La Convención sobre Diversidad Biológica utiliza el término «impedimento taxonómico» para aludir a la falta de expertos sistemáticos y de infraestructuras de apoyo para la documentación de la biodiversidad. Este impedimento taxonómico queda absolutamente patente cuando las nuevas especies marinas son clasificadas en función del país al que los autores estén afiliados institucionalmente (gráfico 2.3) (por ejemplo, las especies llevan la etiqueta «Alemania» cuando éste es el país de la dirección institucional que figura en los artículos publicados, independientemente de la nacionalidad de los autores). No resulta sorprendente entonces que los autores de Estados Unidos sean responsables de la descripción del 17,3% de las nuevas especies, y los países de la Unión Europea, de otro 34,4%. En el caso de los autores australianos, la cifra es del 9,4%, un rendimiento nada menospreciable si tenemos en cuenta que sus 20 millones de habitantes sólo representan el 0,3% de la población mundial. Si Japón se añade al listado anterior (8,1%), sólo nos queda un 30,8% para repartir entre el resto del mundo. En 1992, Gaston y May ya describieron un desajuste similar entre la ubicación geográfica de los taxonomistas en activo y la diversidad biológica, basándose en datos de plantas e insectos. En lo referente a biodiversidad marina, las zonas del globo mejor conocidas son las aguas templadas del hemisferio norte, donde la curiosidad científica cuenta con una tradición de más de dos siglos. En cualquier otra región, nuestros conocimientos varían desde razonables (Norteamérica, Japón, Nueva Zelanda y el Antártico) hasta pobres (la mayoría del trópico y de las aguas oceánicas profundas).

2.3. ¿PODEMOS ESTIMAR LA MAGNITUD GLOBAL DE LA BIODIVERSIDAD MARINA?

Ahora ya sabemos que se han descrito entre 230.000 y 275.000 especies marinas y que cada año se descubren entre 1.300 y 1.500 nuevas especies. La pregunta que

Gráfico 2.3: País de afiliación institucional de los autores que describieron nuevas especies en 2002-2003

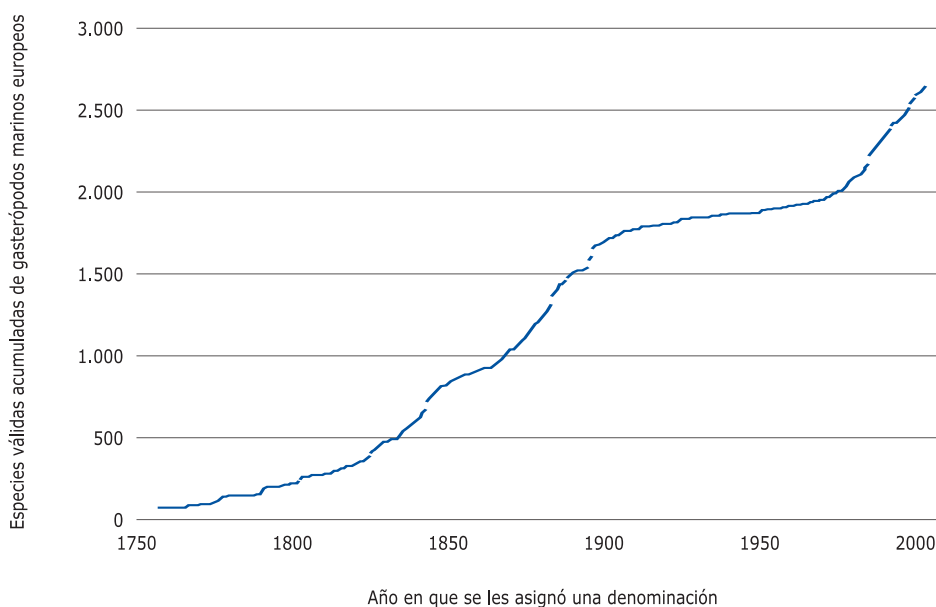
Sólo se ha considerado a los primeros autores, y los que han identificado más de una especie han sido contabilizados tantas veces como especies han descrito. Total: 3.270 parejas autor-especie.

surge a continuación es cuántas especies quedan por nombrar y cuánto tiempo será necesario para inventariar todas las especies. El crecimiento actual del inventario de varios grupos taxonómicos es reflejo de las motivaciones personales, el interés público y las ayudas concedidas a la investigación, y no del tamaño de los grupos en cuestión. Por ejemplo, es posible que el estancamiento de la curva acumulativa de gasterópodos marinos en Europa desde principios del siglo XX hasta los años sesenta diera la falsa impresión de que se había finalizado el inventario de especies (gráfico 2.4).

En realidad, esta estabilización se explica porque la atención de los zoólogos se centró durante esos años en otras regiones del globo; de hecho, cuando en los años setenta volvió a dirigirse hacia los mares europeos, comenzó una época de 25 años en la que se daría nombre a nada menos que el 20% de las especies de gasterópodos marinos de Europa. Por este motivo, posiblemente sea poco fiable la proyección de la magnitud de la biodiversidad basada en las tendencias actuales.

Efectivamente, existen varios agujeros negros que son vistos como inmensos reservorios de biodiversidad desconocida y de los que apenas sabemos nada. He decidido destacar dos de ellos: la diversidad microbiana y los simbiotes.

Gráfico 2.4: Curva acumulativa de gasterópodos marinos en Europa desde el año de su descripción



Fuente: CLEMAM. Datos cedidos por Serge Gofas y Jacques Le Renard. Gráfico publicado por cortesía de G. Rosenberg.

2.3.1. Diversidad microbiana

Durante décadas, documentar la diversidad microbiana no era en esencia muy distinto de documentar la micro y macro fauna y flora: los organismos se aislaban a partir de muestras recogidas sobre el terreno, y posteriormente se cultivaban y se observaban al microscopio óptico y electrónico. Este método de trabajo sólo permite reconocer los organismos cultivables y/o los que tienen características morfológicas que posibilitan su identificación al microscopio. Los estudios basados en caracteres morfológicos realizados en los últimos dos siglos revelaron un número significativo de especies microbianas, pero la información se recogió de manera poco sistemática. El análisis completo de la comunidad microbiológica de más allá de unas pocas muestras es un trabajo tan laborioso que resulta casi inviable. Aunque todavía es preciso aislar y seccionar, teñir o cultivar las especies no descritas antes de asignarles un nombre, desde hace un tiempo también se aplican técnicas moleculares que no requieren el cultivo de organismos y que permiten explorar la diversidad de las comunidades naturales de las arqueas y las bacterias (estas técnicas se utilizan cada vez más también en el estudio de protistas). Otra ventaja de las técnicas moleculares respecto a los análisis al microscopio –que suelen estudiar la diversidad celular en pequeños volúmenes de agua (generalmente menos de 1 litro de agua filtrada) y que tienden a pasar por alto muchas de las especies más raras– radica en que las técnicas moleculares permiten extraer ADN de muestras grandes de agua (decenas de litros) e identificar taxones específicos poco abundantes (por ejemplo, con técnicas de PCR). No es de extrañar, pues, que los métodos de estudio no basados en el cultivo de organismos se estén empleando en la reevaluación de la diversidad microbiana de los ecosistemas naturales en todos los dominios de la vida (Venter et al. 2004; Habura et al. 2004).

En un estudio muy reciente (Countway et al. 2005), Peter Countway filtró 32 litros de agua de mar procedente de las costas de Carolina del Norte a través de una malla de 200 μm y recogió el ADN filtrado a las 0, 24 y 72 horas. La clonación y la secuenciación del ADNr 18S reveló 165 filotipos únicos con una similitud del 95%, un porcentaje indicativo de diferencias al menos a nivel de género. Un número importante de estos filotipos eran «desconocidos» o «no cultivados». Muchos de los filotipos estaban representados por una única secuencia, y los indicadores de rarefacción y de diversidad hallaron la presencia de 229 a 381 filotipos. Teniendo en cuenta que la distinción de especies a menudo se fija en niveles de similitud del 97-98% –en lugar del 95% que adoptaron estos autores–, Countway y sus colaboradores concluyeron que sus estimaciones eran «presuntamente el límite inferior de la verdadera diversidad de especies presente en la muestra». Así pues, si en una gota de agua de mar hay 160 especies de bacterias (Curtis, Sloan y Scannell 2002) y un cubo contiene centenares de especies de eucariotas unicelulares, el número de especies en el mundo es casi inconcebible. Ésta es otra gran incógnita que ha dado lugar a dos puntos de vista opuestos. El primero de ellos es el que defiende que «todo existe en todas partes». Basándose en el estudio de cilia-

dos de vida libre de dos masas de agua europeas, Fenchel y Finlay (2004) sostienen que los organismos pequeños (<1 mm de longitud) poseen una distribución cosmopolita. Según esto, los procariontas y los eucariotas unicelulares presentarían una elevada diversidad alfa, pero contribuirían poco a engrosar los números globales. Curtis, Sloan y Scannell (2002) creen que es poco probable que la diversidad bacteriana del mar supere los 2 millones de especies. Sin embargo, la idea de que los microorganismos tienen una distribución ubicua es cada vez más discutida por investigadores dedicados a la protistología (v., p. ej., Foissner 1999, Dolan 2006). Hemos planteado las preguntas y disponemos de las herramientas para responderlas, pero la diversidad alfa y global de los procariontas y los protistas probablemente seguirá siendo una de las incógnitas sobre la biodiversidad marina que tardaremos años en solucionar.

2.3.2. Simbiontes

Gran parte de la biodiversidad está representada por simbiontes, un término que engloba a comensales, mutualistas y parásitos (Windsor 1998). Los simbiontes han estado inframuestreados e infraestudiados (foto 2.7). En su artículo titulado «¿Cuántos copépodos?», Arthur Humes (1994) afirmó que el 95% de los copépodos de muestras de Madagascar, Nueva Caledonia y las islas Molucas que viven asociados con invertebrados bentónicos correspondían a especies nuevas. Los copépodos conocidos son «relativamente pocos (1,14%)» en relación con las



Foto 2.7: Interacciones a modo de «muñeca rusa». La complejidad de las interacciones entre organismos marinos se evidencia en esta asociación entre un bivalvo arcado (familia Arcidae) y un cangrejo comensal (familia Pinnotheridae) que habita en la cavidad del manto del molusco (a la izquierda, señalado por la flecha); a su vez, el cangrejo se encuentra parasitado por un isópodo bopirido (familia Bopyridae), responsable de la deformación del caparazón del cangrejo.

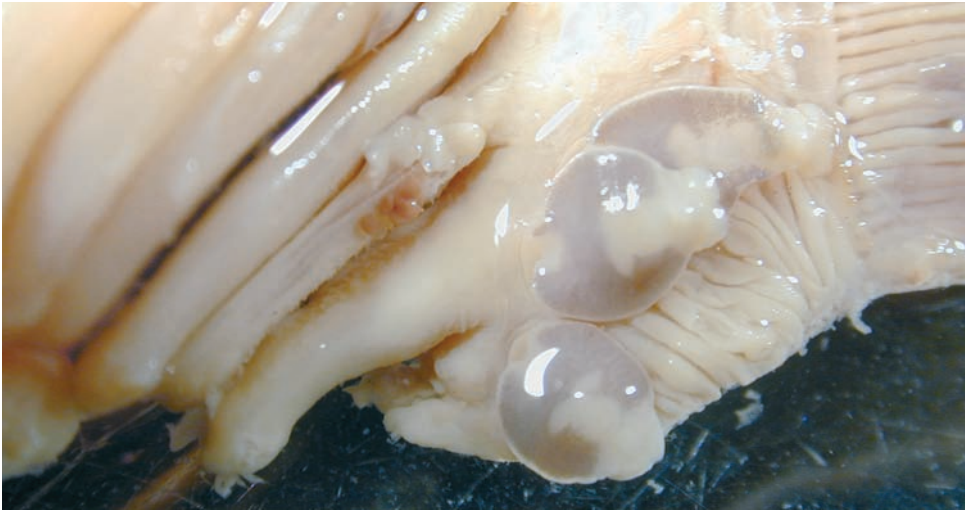


Foto 2.8: Tres especímenes del monogen *Lageniva ginopseudobenedenia* en las branquias del pez *Etelis coruscans* de Nueva Caledonia. A pesar de que numerosas especies de parásitos aún aguardan a ser descubiertas, descritas e identificadas, la helmintología marina (el estudio de los «gusanos» parásitos) es un campo de investigación que atrae a pocos investigadores.

151.400 posibles especies de invertebrados marinos huésped»: entonces se conocía un total de 1.614 especies de copépodos asociados a 1.727 especies huésped, además de otras 1.827 especies de copépodos parásitos de peces. El número real de especies de copépodos parásitos o asociados sería, por supuesto, mucho mayor. En Nueva Caledonia y en las islas Molucas, los corales duros viven en simbiosis con 5-9 especies de copépodos. Algunas especies de corales, como *Acropora hyacinthus*, pueden llegar incluso a vivir con 13 especies de copépodos. Un único ejemplar de holoturoideo estudiado por Humes, *Thelenota ananas*, albergaba 5 especies de copépodos. Obviamente, las 9.500 especies de copépodos de vida libre (parásitos o asociados) conocidas sólo constituyen una pequeña parte del número real en todo el mundo.

El número de helmintos marinos es otra incógnita (foto 2.8). La diversidad de parásitos de peces marinos se ha estudiado menos que la de los parásitos de peces de aguas dulces. Estudios previos –revisados por Justine, en prensa– estimaron que había de 3 a 5 especies de monogéneos por especie de pez. En la bibliografía pueden encontrarse también ejemplos de peces marinos con 10-13 especies de monogéneos parásitos. La diversidad engendra diversidad: Rohde (1999) ha demostrado que el número de monogéneos por especie de pez es mayor en las aguas tropicales (2 especies por pez como media) que en las aguas marinas profundas o los mares árticos (0,3 especies por pez). Los peces también tienen digéneos, cestodos y nematodos. En los mares europeos hay 1,7 veces más digéneos que monogéneos. En las aguas de México, el mero *Epinephelus morio* alberga un total

de 30 parásitos: 1 monogéneo, 3 cestodos, 17 digéneos, 8 nematodos y 1 acantocéfalo (Moravec et al. 1997). Las estimaciones sobre el número total de especies de helmintos son difíciles, debido a dos factores que pueden reforzarse o anularse mutuamente, al igual que sucede con las estimaciones sobre el número de insectos fitófagos (Ødegaard 2000): la especificidad del huésped y la vicarianza.

- Especificidad del huésped. Los parásitos pueden tener distintos grados de especificidad. De las 12 especies de monogéneos encontradas en las branquias del mero *Epinephelus maculatus* de las aguas de Nueva Caledonia, 10 eran específicas del huésped (Justine, en prensa), mientras que 1 o 2 eran generalistas.
- Vicarianza. Los peces pueden vivir en muchas zonas, pero generalmente sus parásitos sólo se han estudiado en algunas localizaciones, y no se sabe si las mismas especies de helmintos parasitan una misma especie de pez en distintas zonas. Por ejemplo, los monogéneos *Pseudorhabdosynochus cupatus*, *P. vagampullum* y dos especies todavía por nombrar parasitan el mero *Epinephelus merra* en Australia. Por otro lado, en las aguas de Nueva Caledonia y Vanuatu son *P. cupatus*, *P. melanesiensis* y una tercera especie todavía por nombrar (Justine, en prensa y referencias correspondientes) las que lo parasitan. Los parásitos todavía no se han estudiado en muchas zonas del rango biogeográfico de esta especie de mero, especialmente en la periferia, donde cabe encontrar diferentes especies (Briggs 2006). Dado que el número aproximado de especies de peces marinos es de 20.000, quizá no sea demasiado exagerado decir que existen unas 100.000-200.000 especies de helmintos marinos.

Más allá de estas incógnitas, la determinación de la riqueza de especies, cualquiera que sea la escala espacial, sigue siendo un desafío para la ciencia, la conservación y la gestión (Gray 2001). Los entomólogos han construido un modelo predictivo para el número de especies de insectos basado en el número de especies en las selvas tropicales (v. p. ej., Stork 1988), pero en la actualidad no existe ningún modelo equivalente que pueda aplicarse a la biodiversidad marina. En general se ha aceptado que existen cuatro posibles maneras de predecir la magnitud de la biodiversidad global: la extrapolación basada en muestras, la extrapolación basada en la fauna y las regiones conocidas, los enfoques basados en criterios ecológicos, y el sondeo de los taxonomistas.

2.3.3. Extrapolaciones basadas en muestras

Desde la publicación del influyente artículo de Hessler y Sanders en 1967, se ha destacado continuamente que las aguas profundas son reservorios de biodiversidad desconocida. En realidad, las profundidades marinas fascinan por sus dimensiones y su inaccesibilidad. Antes de los años sesenta, las aguas de las profundidades marinas eran vistas como zonas de condiciones muy duras donde únicamente podían vivir especies capaces de resistir en condiciones de oscuridad absoluta,

temperaturas cercanas a los 0 °C, escasez de nutrientes y presiones intolerables. Se creía que sólo un reducido número de especies eran capaces de vivir en zonas como ésta y que se trataba de especies cosmopolitas o, al menos, que presentaban una gran distribución. Era la analogía «tipo desierto», que todavía persiste cuando se describe a las fuentes hidrotermales como «oasis». En los años sesenta, tras conocerse la compleja topografía del fondo marino y descubrirse que los pequeños organismos macrobentónicos de las profundidades eran asombrosamente diversos, Sanders (1969) pronunció su «hipótesis estabilidad-tiempo». La oscuridad completa, las temperaturas cercanas a los 0 °C, la escasez de nutrientes y las presiones intolerables se convirtieron, de repente, en las características de un medio muy estable que favorecía la especialización de las especies con nichos reducidos, capaces de coexistir en equilibrio competitivo (foto 2.9). El intento más conocido, y más citado, de estimar el número de especies de las profundidades marinas es el trabajo de Grassle y Maciolek (1992), el equivalente marino al artículo de Erwin (1982) sobre el número de especies de insectos en las selvas tropicales. Grassle y Maciolek estudiaron la pequeña macrofauna contenida en 233 dragas (*box corers*), de 30 x 30 cm, en un transecto de 176 km a 2.100 m de profundidad



Foto 2.9: Fondo marino. La expresión «profusión de especies en un ambiente calmado» fue acuñada por los ecólogos Paul Snelgrove y Craig Smith para enfatizar la paradoja de la biodiversidad del océano profundo. Tradicionalmente, el océano profundo ha sido considerado como un ambiente hostil, pobre en especies. Sin embargo, unos pocos metros cuadrados de este fango desértico pueden contener varios centenares de especies de pequeños organismos macrobentónicos, especialmente poliquetos e isópodos, que en su mayoría aún están por describir.

Foto 2.10: Ctenóforo (*Leucothea multi-cornis*). Esta especie es abundante estacionalmente en el plancton del mar Mediterráneo.



frente a las costas de Nueva Jersey. Estas muestras, obtenidas de una superficie total de 21 m², contenían 798 especies. Tras un análisis de rarefacción, Grassle y Maciolek apreciaron que después de un rápido aumento inicial se incorporaba una nueva especie por cada km². Dado que la superficie de fondo oceánico por debajo de 1.000 m es de 3 x 10⁸ km², estimaron que el número de especies de macrofauna esperado en las profundidades marinas (a partir de los 3.000 m) era de 10⁸. Más adelante, tras conocerse que muchas de las llanuras abisales son oligotróficas, los mismos autores bajaron sus cálculos a unas 10⁷ especies (¡10 millones!), una «bomba» que inmediatamente dio lugar a una escalada en las cifras, a la par que a una amplia controversia.

En el lado de la escalada, Lamshead (1993) postuló que había nada menos que 100 millones de especies de nematodos marinos, dado que el número de especies de nematodos superaba al de la macrofauna en un orden de magnitud. A partir de la información extraída de una base de datos de isópodos del hemisferio sur, Poore y Wilson (1993) dijeron que el Atlántico norte no era un ejemplo de biodiversidad oceánica y sugirieron que el número de especies en el conjunto de todos los océanos era el resultado de multiplicar la cifra de especies conocidas por 20 (según estos autores, un factor de 20 era «razonable»).

En el lado de la controversia, May (1992) cuestionó la extrapolación de la curva de rarefacción y, basándose en que cerca del 50% de las especies en el estudio de Grassle y Maciolek eran nuevas, sugirió que sólo quedaba la mitad de la fauna de las profundidades marinas por describir y que era poco probable que el número real de especies fuera mayor de 5×10^5 , es decir, el doble de las especies descritas. En 1994, May criticó de nuevo las cifras hiperbólicas de especies marinas: «Muchas opiniones revisionistas sobre grupos particulares están en el aire. Especialmente destacables son las sugerencias de Grassle y Maciolek, Poore y Wilson y otros “chovinistas marinos” que estiman que el número de especies marinas es mayor (al menos 20 veces más). En mi opinión, sin embargo, las estimaciones más reales son las que se basan simplemente en la proporción de nuevas especies encontradas en nuevos grupos y nuevas regiones estudiadas, que rara vez representan más del 50%».

Diez años más tarde, tal controversia parece haber desaparecido, pero aún no se ha llegado a ningún consenso. Incluso considerando que las profundidades marinas son oligotróficas y que es probable que la riqueza de especies que las habitan no sea tan grande como en el litoral, 278 millones de km² (la superficie del océano por debajo de los 3.000 m) siguen siendo una superficie enorme. Coincido con Poore y Wilson (1993) en que las aguas profundas frente a la costa nordeste de Estados Unidos se hallan entre las más estudiadas del mundo, y en que el porcentaje (50%) de nuevas especies de macrofauna allí identificadas no es extrapolable a otras zonas menos estudiadas.

2.3.4. Extrapolación basada en la fauna y las regiones conocidas

Los peces son, sin lugar a dudas, la biota marina más estudiada; y los mares europeos, la región del mundo donde la biodiversidad marina ha sido mejor documentada. En el Registro Europeo de Especies Marinas (ERMS, en sus siglas en inglés) (Costello, Emblow y White 2001; Costello et al. 2006) hay registradas 29.713 especies marinas europeas –sin contar los organismos unicelulares–, de las cuales 1.349 son peces. Si asumimos que el porcentaje de peces con relación a la biodiversidad marina es constante en todo el mundo y que existen 16.475 especies descritas de peces marinos, podemos extrapolar que la magnitud global de biodiversidad marina es: $(16.475 : 1.349) \times 29.713 = 362.877$ especies.

La validez de esta cifra depende del número de suposiciones correctas e incorrectas. Por un lado, los cálculos dan por sentado que la división geográfica mundial de biodiversidad marina es igual en todos los grupos taxonómicos o ecológicos. Sabemos que esto no es verdad. Los taxones del plancton tienen rangos más amplios que los organismos bentónicos, de modo que la biota del plancton europeo representa una mayor proporción del total mundial en comparación con la biota bentónica. Por ejemplo, las 41 especies de Euphausiacea registradas en Europa

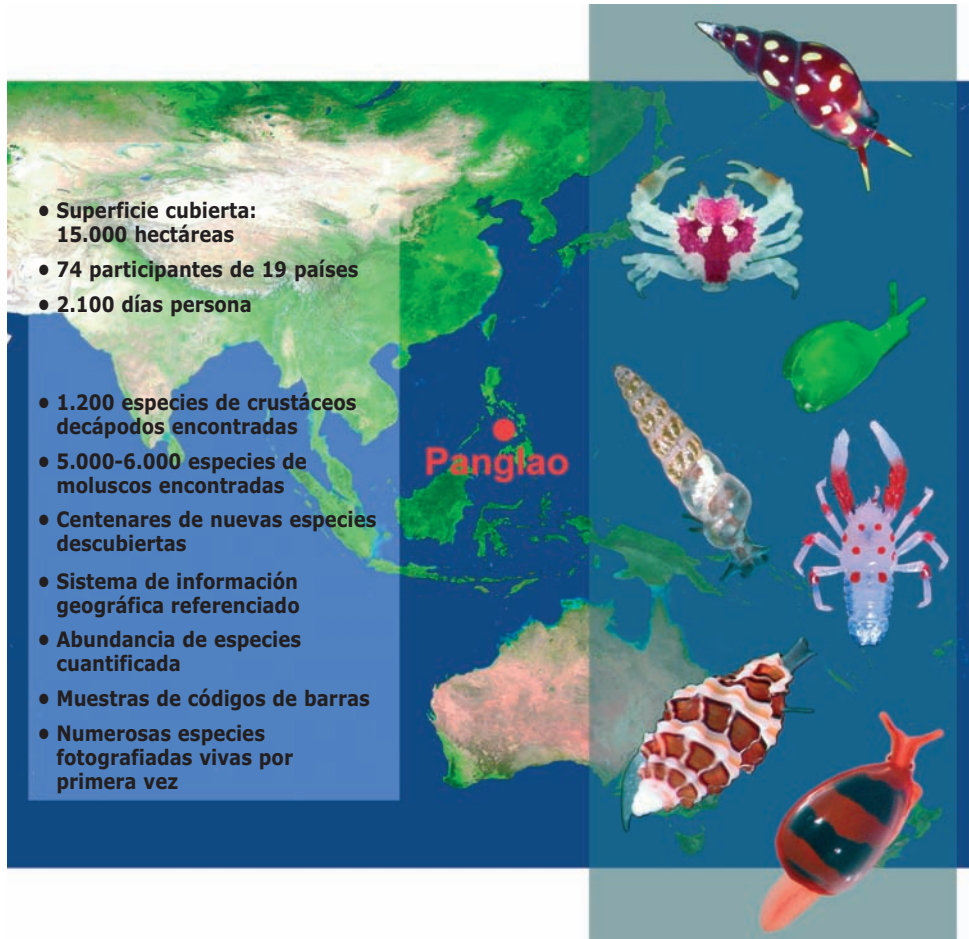
constituyen el 48% del total de las 86 especies existentes en todo el mundo, en tanto que las 212 especies de Brachyura de Europa suponen el 4% del total de las 5.200 de todo el mundo. La extrapolación anterior basada en las especies de Euphausiacea nos daría sólo 62.325 especies de biodiversidad marina –dato que sabemos que es incorrecto–, mientras que la misma extrapolación basada en las especies de Brachyura nos daría 728.809 especies (para las fuentes de estos datos, v. Costello, Emblow y White 2001 y el cuadro 2.1).

Otra razón por la cual deberíamos tener cuidado a la hora de aceptar las cifras extrapoladas es que no disponemos de un inventario completo de la biodiversidad europea en general ni de ningún taxón importante en el mundo. Constantemente se añaden nuevas especies –con un promedio de 121 por año– al inventario europeo de biodiversidad marina, y Wilson y Costello (2005) han utilizado aproximaciones estadísticas para predecir que todavía queda por descubrir un 11-15% de la fauna europea. A escala global, cada año también se describen nuevas especies de peces marinos y Brachyura. En los ejemplos anteriores, el número real de especies marinas en Europa podría oscilar entre 35.000 y 40.000, de las cuales 1.400 serían peces –de un total de 20.000 en todo el mundo– y 250 Brachyura –de un posible total mundial de 10.000–. Utilizando estas nuevas cifras, el número de especies de organismos marinos pluricelulares en todo el mundo sería de 500.000-570.000 especies o de 1,4-1,6 millones, dependiendo de si nos basamos en extrapolaciones del número de especies de peces o de Brachyura, respectivamente.

2.3.5. Enfoques basados en criterios ecológicos

Los arrecifes de coral cubren una superficie de 600.000 km², o, lo que es lo mismo, el 0,1% de la superficie del planeta. No obstante, albergan un número excepcional de especies, motivo por el cual a menudo se los compara con las selvas tropicales, además de por la complejidad de sus ecosistemas y por su vulnerabilidad (figura 2.1). A partir de las cifras que suponen la existencia de cerca de 274.000 especies de organismos marinos, y asumiendo, por un lado, que el 80% de ellas se encuentran en la zona litoral y, por otro, que las zonas litorales tropicales son dos veces más ricas en especies que las zonas templadas, Reaka-Kudla (1997) utilizó la relación especies/área para estimar que el número aproximado de especies en los arrecifes de coral era de 93.000. Posteriormente, basándose en la teoría de que en los arrecifes de coral se dan los mismos procesos ecológicos y evolutivos que en las selvas tropicales, y que el conocimiento de ambos medios es parecido, señaló que el número de especies en los arrecifes de coral rondaría «las 600.000-950.000 especies» si en las selvas tropicales viven 1-2 millones de especies, o alcanzaría los 4,7 millones si en aquéllas habitan 20 millones de especies. Su conclusión provisional fue que el número real de especies en los arrecifes

Figura 2.1: Principales logros del proyecto Panglao en los arrecifes de coral



La obtención de muestras de los arrecifes de coral supone un gran desafío, debido a la enorme diversidad de especies que albergan y a que la mayoría de ellas son raras y pequeñas. En este sentido, el proyecto Panglao de biodiversidad marina (Museo Nacional de Historia Natural, París; Universidad de San Carlos, Cebu City, Filipinas; Universidad Nacional de Singapur) representa un esfuerzo sin precedentes, que ha generado también resultados sin precedentes en cuanto a descubrimiento y documentación de nuevas especies. Para más información, véase www.panglao-hotspot.org.

de coral «probablemente sería como mínimo de 950.000», lo que a su vez sugería que los arrecifes de coral son el reservorio de una enorme diversidad de especies indocumentadas. De hecho, un estudio a gran escala reveló que el número de especies de moluscos presentes en 30.000 hectáreas del sudeste del Pacífico era mayor que el existente en los 300 millones de hectáreas de todo el Mediterráneo (Bouchet et al. 2002).

2.3.6. Sondeo de los taxonomistas

Tras revisar la diversidad de las algas eucariotas, Andersen (1992) publicó que «la mayoría de los ficólogos con los que he contactado piensan que el número total de especies de algas será de 1,2 a 10 veces superior al descrito». Los diatomistas creen que el número real de especies de diatomeas es de entre 2 y 1.000 veces mayor que el reconocido hoy en día. Entre los intentos regionales por recoger las opiniones de los taxonomistas, el Directorio de Fauna Australiano tiene una página web (www.deh.gov.au/biodiversity/abrs/online-resources/fauna) dedicada a las «estimaciones de la fauna australiana». A pesar de figurar todos los componentes de la fauna, marinos y no marinos, resulta interesante advertir que los investigadores australianos consideran que el porcentaje de su fauna conocida sobre la desconocida oscila entre el 80-90% en el caso de los macroinvertebrados (equinodermos, decápodos) y el 10% en el de los parásitos y la meiofauna. Parece difícil, no obstante, extrapolar estas cifras a la fauna mundial, sobre todo por su baja contribución a la cantidad global en aquellos taxones para los que existen estimaciones más ajustadas (peces, equinodermos, decápodos); todo lo contrario de lo que sucede en los taxones donde participan con una aportación importante (parásitos y nematodos). En este sentido cabe señalar también que el mismo Lamshead revisó sus teorías previas sobre la riqueza de especies de nematodos (Lamshead 1993; ¡100 millones de especies!) basándose en nuevos datos de las profundidades marinas, y concluyó que el número de especies de nematodos marinos tal vez no supere el millón (Lamshead y Boucher 2003).

A mi modo de ver, y a riesgo de que me tachen de chovinista europeo, las extrapolaciones más creíbles son las que derivan de la bien inventariada fauna europea, e intuyo que los 1,4-1,6 millones de especies extrapoladas a partir de las especies de *Brachyura* constituyen una buena aproximación a la biodiversidad marina mundial.

2.4. EPÍLOGO

A la velocidad actual de descripción de especies necesitaremos de 250 a 1.000 años para finalizar el inventario de biodiversidad marina: el «impedimento taxonómico» es real. Contribuyen a este impedimento numerosos factores, pero quiero centrarme en dos:

Dentro de la comunidad científica. Las carreras profesionales, la financiación y otros recursos dependen de evaluaciones por pares que favorecen los artículos publicados en revistas con un factor de impacto elevado. Según nuestra base de datos de 2002-2003, tan sólo el 12,6% de las descripciones de especies fueron publicadas en revistas con un factor de impacto igual o superior a 1, y únicamente el 36% aparecieron en revistas que tienen asignado un factor de impacto. Dado que el Código Internacional de Nomenclatura Bacteriana requiere que se describan nuevas especies de procariotas, o al menos que las descripciones se registren, en el *Interna-*

tional Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology (factor de impacto: 3,2) no hay ningún tipo de discriminación contra los sistemáticos dedicados al estudio de procariotas. Los taxonomistas que trabajan en algas o parásitos también tienen acceso a revistas con un buen factor de impacto que aceptarán la descripción de nuevas especies. Sin embargo, la mayoría de las descripciones de nuevas especies de invertebrados y peces marinos se publican en revistas de bajo o nulo factor de impacto, lo que perjudica a sus autores a la hora de competir por ofertas de trabajo, becas o ascensos. Los futuros historiadores de biología marina decidirán si iniciativas como el Censo de la Vida Marina deben considerarse como un punto de inflexión a la hora de restituir el prestigio de la taxonomía entre las ciencias marinas.

Fuera de la comunidad científica. Puede decirse que el «impedimento taxonómico» se ve reforzado o agravado por actitudes y reglamentos dentro y fuera de la Convención sobre Diversidad Biológica. El acceso a la biodiversidad –con fines académicos o industriales– se encuentra ahora estrictamente regulado por leyes nacionales de biodiversidad que aplican los acuerdos internacionales de la Convención. Los científicos han insistido en los beneficios económicos que pueden derivarse del descubrimiento de nuevos compuestos bioactivos, con la esperanza de captar fondos públicos y privados para sus trabajos de investigación. Ahora se enfrentan a la desconfianza, e incluso la hostilidad, de unos legisladores reacios a asumir ningún riesgo económico ni político permitiendo el acceso a la exploración y la bioprospección de la biodiversidad. Las autoridades, las ONG conservacionistas y los activistas del Tercer Mundo cada vez dirigen más el descubrimiento de nuevas especies marinas, e, indirectamente, de nuevos productos marinos, en detrimento de los propios científicos.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Carlos Duarte su invitación para ofrecer en la Fundación BBVA (Madrid, 29 de noviembre de 2005) la conferencia en la que se ha basado este capítulo. Asimismo quiero dar las gracias a Marie-Emilie Ducloux, Joelle Rameau y Virginie Heros por su labor en la construcción de la base de datos 2002-2003, y a Benoit Fontaine y Didier Molin por la extracción de datos. Mi gratitud también a los numerosos colegas citados en los agradecimientos del cuadro 2.1 por sus estimaciones en el número de especies de su grupo taxonómico.

BIBLIOGRAFÍA

- ANDERSEN, R. A. «Diversity of eukaryotic algae». *Biodiversity and Conservation* 1 (1992): 267-292.
- BACKELJAU, T., P. BOUCHET, S. GOFAS, y L. DE BRUYN. «Genetic variation, systematics and distribution of the commercial venerid clam *Chamelea gallina*». *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 74 (1994): 211-223.
- BOSS, K. J. «How many species of mollusks are there?». *Annual Report of the American Malacological Union* (1970): 41.

- BOUCHET, P. «Inventorying the molluscan diversity of the world: what is our rate of progress?». *The Veliger* 40 (1997): 1-11.
- BOUCHET, P., P. LOZOUET, P. MAESTRATI, y V. HÉROS. «Assessing the magnitude of species richness in tropical marine environments: exceptionally high numbers of molluscs at a New Caledonia site». *Biological Journal of the Linnean Society* 75 (2002): 421-436.
- BRIGGS, J. C. «Species diversity: land and sea compared». *Systematic Biology* 43 (1994): 130-135.
- BRIGGS, J. C. «Proximate sources of marine biodiversity». *Journal of Biogeography* 33 (2006): 1-10.
- BRUSCA, R. C., y G. J. BRUSCA. *Invertebrates*. Sunderland: Sinauer Associates, 2000.
- BRUSCA, R. C., y G. J. BRUSCA. *Invertebrates*, 2.^a ed. Sunderland: Sinauer Associates, 2003.
- COSTELLO, M., P. BOUCHET, C. EMBLOW, y A. LEGAKIS. «European marine biodiversity inventory and taxonomic resources: state of the art and gaps in knowledge». *Marine Ecology Progress Series* 316 (2006): 257-268.
- COSTELLO M., C. EMBLOW, y R. WHITE, eds. «European Register of Marine Species. A check-list of marine species in Europe and a bibliography of guides to their identification». *Patrimoines Naturels* 50 (2001): 1-463.
- COUNTWAY, P., R. GAST, P. SAVAI, y D. CARON. «Protistan diversity estimates based on 18S rDNA from seawater incubations in the western North Atlantic». *Journal of Eukaryotic Microbiology* 53 (2005): 95-106.
- CURTIS, T. P., W. T. SLOAN, y J. W. SCANNELL. «Estimating prokaryotic diversity and its limits». *Proceedings of the National Academy of Sciences* 99 (2002): 10494-10499.
- DOLAN, J. «Microbial biogeography?». *Journal of Biogeography* 33 (2006): 199-200.
- DUCLoux, M. E. «Inventaire mondial de la biodiversité marine animale, végétale, champignons et procaryotes sur les années 2002 et 2003». Trabajo inédito, Université Pierre et Marie Curie, 2005. Se revisaron las siguientes bases de datos: para todos los taxones animales se utilizaron registros zoológicos impresos y en Internet (md2.csa.com/factsheets/zooclust-set.c.php); para algas, hongos y procariotas se recurrió a Aquatic Sciences and Fisheries Abstract (md2.csa.com/factsheets/aquclust-set.c.php), Plant Science (md2.csa.com/factsheets/plantsci-set.c.php) y Plant Science (md2.csa.com/factsheets/biolclust-set.c.php); en el caso de los procariotas se usó como fuente adicional Medline (md2.csa.com/factsheets/medline-set.c.php). Los resultados se cruzaron con bases de datos específicas: Fishbase (ichthyonb1.mnhn.fr/search.com) para peces, y Moe y Silva (ucjeps.berkeley.edu/INA.html) para algas; y se consultó a varios colegas del Muséum National d'Histoire Naturelle para identificar otras posibles fuentes.
- ERWIN, T. L. «Tropical forests: their richness in Coleoptera and other arthropod species». *Coleopterists' Bulletin* 36 (1982): 74-82.
- FENCHEL, T., y B. J. FINLAY. «The ubiquity of small species: patterns of local and global diversity». *BioScience* 54 (2004): 777-784.
- FOISSNER, W. «Protist diversity: estimates of the near-imponderable». *Protist* 150 (1999): 363-368.
- GASTON, K. J., y R. MAY. «Taxonomy of taxonomists». *Nature* 356 (1992): 281-282.
- GRASSLE, J. F., y N. J. MACIOLEK. «Deep-sea species richness: regional and local diversity estimates from quantitative bottom samples». *American Naturalist* 139 (1992): 313-341.
- GRAY, J. S. «Marine diversity: the paradigms in patterns of species richness examined». *Scientia Marina* 65, supl. 2 (2001): 41-56.

- GROOMBRIDGE, B., y M. D. JENKINS, eds. *Global biodiversity: Earth's living resources in the 21st century*. Cambridge: World Conservation Press, 2000.
- HABURA, A., J. PAWLOWSKI, S. D. HANES, y S. S. BOWSER. «Unexpected foraminiferal diversity revealed by small-subunit rDNA analysis of Antarctic sediment». *Journal of Eukaryotic Microbiology* 51 (2004): 173-179.
- HAMMOND, P. M. «Species inventory». En B. Groombridge, ed. *Global biodiversity. Status of the Earth's living resources*. Londres: Chapman and Hall, 1992, 17-39.
- HAMMOND, P. M. (autor principal). The current magnitude of biodiversity. En V. H. Heywood y R. T. Watson, eds. *Global biodiversity assessment*. Cambridge: Cambridge University Press, 1995, 113-138.
- HESSLER, R. R., y H. L. SANDERS. «Faunal diversity in the deep sea». *Deep-Sea Research* 14 (1967): 65-78.
- HUGOT, J. P., P. BAUJARD, y S. MORAND. «Biodiversity in helminths and nematodes as a field of study: an overview». *Nematology* 3 (2001): 199-208.
- HUMES, A. G. «How many copepods?». *Hydrobiologia* 292-293 (1994): 1-7.
- JUSTINE, J. L. «Parasite biodiversity in a coral reef fish: twelve species of monogeneans on the gills of the grouper *Epinephelus maculatus* (Perciformes: Serranidae) off New Caledonia, with a description of eight new species of *Pseudorhabdosynochus* (Monogenea: Diplectanidae)». *Systematic Parasitology* (en prensa).
- LAMBSHEAD, J. «Recent developments in marine benthic biodiversity research». *Oceanis* 19 (1993): 5-24.
- LAMBSHEAD, J., y G. BOUCHER. «Marine nematode deep-sea biodiversity – hyperdiverse or hype?». *Journal of Biogeography* 30 (2003): 475-485.
- MACPHERSON, E., W. JONES, y M. SEGONZAC. «A new squat lobster family of Galatheoidea (Crustacea, Decapoda, Anomura) from the hydrothermal vents of the Pacific-Antarctic Ridge». *Zoosystema* 27 (2005): 709-723.
- MAY, R. M. «How many species are there on earth?». *Science* 241 (1988): 1441-1449.
- MAY, R. M. «How many species?». *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, B, 330 (1990): 293-304.
- MAY, R. M. «Bottoms up for the oceans». *Nature* 357 (1992): 278-279.
- MAY, R. M. «Biological diversity: differences between land and sea». *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, B, 343 (1994): 105-111.
- MINELLI, A. *Biological systematics*. Londres: Chapman and Hall, 1993.
- MORAVEC, F., V. M. VIDAL-MARTINEZ, J. VARGAS-VASQUEZ, C. VIVAS-RODRIGUEZ, D. GONZALEZ-SOLIS, E. MENDOZA-FRANCO, R. SIMA-ALVAREZ, y J. GÜEMEZ-RICALDE. «Helminth parasites of *Epinephelus morio* (Pisces: Serranidae) of the Yucatan Peninsula, southeastern Mexico». *Folia Parasitologica* 44 (1997): 255-266.
- ØDEGAARD, F. «How many species of arthropods? Erwin's estimate revised». *Biological Journal of the Linnean Society* 71 (2000): 283-296.
- POORE, G., y G. WILSON. «Marine species richness». *Nature* 361 (1993): 597-598.
- REAKA-KUDLA, M. L. «The global biodiversity of coral reefs: a comparison with rain forests». En M. L. Reaka-Kudla, D. E. Wilson y E. O. Wilson, eds. *Biodiversity II*. Washington: Joseph Henry Press, 1997, 83-108.
- ROHDE, K. «Latitudinal gradients in species diversity and Rappoport's rule revisited: a review of recent work and what can parasites teach us about the causes of the gradients?». *Ecography* 22 (1999): 593-613.

- SANDERS, H. L. «Marine benthic diversity and the stability-time hypothesis». *Brookhaven Symposium on Biology* 22 (1969): 71-80.
- SNYDER, M., y P. BOUCHET. «New species and new records of deep-water *Fusolatirus* (Neogastropoda: Fascioliidae) from the West Pacific». *Journal of Conchology* 39 (2006): 1-12.
- STORK, N. «Insect diversity: facts, fiction and speculation». *Biological Journal of the Linnean Society* 35 (1988): 321-337.
- VENTER, J. C., K. REMINGTON, J. F. HEIDELBERG, A. L. HALPERN, D. RUSCH, J. A. EISEN, D. WU, et al. «Environmental genome shotgun sequencing of the Sargasso Sea». *Science* 304 (2004): 66-74.
- VICKERMAN, K. «The diversity and ecological significance of Protozoa». *Biodiversity and Conservation* 1 (1992): 334-341.
- WILSON, S. P., y M. J. COSTELLO. «Predicting future discoveries of European marine species by using non-homogeneous renewal process». *Applied Statistics* 54 (2005): 897-918.
- WINDSOR, D. A. «Most of the species on Earth are parasites». *International Journal for Parasitology* 28 (1998): 1939-1941.

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS E ILUSTRACIONES

Foto 2.1:	Comunidad de arrecife de coral. © Patrice Petit-De Voize/Panglao Marine Biodiversity Project	32
Foto 2.2:	Los medios de comunicación, atónitos ante el descubrimiento del «cangrejo Yeti», <i>Kiwa hirsuta</i> . (Izda.): Materiales cortesía de Violaine Martin. (Dcha.): © A. Fifis/IFREMER	34
Foto 2.3:	Enteropneusto en un fondo marino. © Cyamex cruise/IFREMER	35
Foto 2.4:	Dos nombres y una única especie: <i>Facelina bostoniensis</i> . © Claude Huyghens	38
Foto 2.5:	<i>Cookeolus</i> spp., una de las varias especies de peces descubiertas recientemente en los arrecifes de coral profundos de Vanuatu. © Richard Pyle/Mission MNHN-IRD-PNI Santo 2006	41
Foto 2.6:	Célula de <i>Pelagomonas</i> . © Nathalie Simon	42
Foto 2.7:	Interacciones a modo de «muñeca rusa». © Masako Mitsuhashi/Mission MNHN-IRD-PNI Santo 2006	50
Foto 2.8:	Tres especímenes del monogen <i>Lageniva ginopseudobenedenia</i> en las branquias del pez <i>Etelis coruscans</i> de Nueva Caledonia. © Jean-Lou Justine	51
Foto 2.9:	Fondo marino. © Naudur cruise/IFREMER	53
Foto 2.10:	Ctenóforo (<i>Leucothea multicornis</i>). © David Luquet	54
Cuadro 2.1:	Número global de especies marinas descritas por grupo taxonómico	36
Cuadro 2.2:	Discrepancias entre las estimaciones publicadas sobre el número de especies existentes en los principales taxones	40
Mapa 2.1:	Distribución de la «forma atlántica» y la «forma mediterránea» de las almejas del género <i>Chamelea</i>	39
Gráfico 2.1:	Media anual de nuevas especies marinas descritas en 2002-2003 por grupo taxonómico	43
Gráfico 2.2:	Número de autores que describieron nuevas especies marinas en 2002-2003 por grupo taxonómico, y grado de cobertura de cada grupo en cuanto a número de investigadores	45
Gráfico 2.3:	País de afiliación institucional de los autores que describieron nuevas especies en 2002-2003	47
Gráfico 2.4:	Curva acumulativa de gasterópodos marinos en Europa desde el año de su descripción	48

NOTA SOBRE EL AUTOR

Philippe Bouchet es catedrático adjunto del Museo Nacional de Historia Natural de París. Sus trabajos de investigación se centran en la taxonomía, historia natural y conservación de los moluscos, así como en el estudio de la riqueza en especies de ecosistemas costeros tropicales complejos.

e-mail: pbouchet@mnhn.fr