

ENCUENTROS CON LA  
**CIENCIA**  
Del macrocosmos al microcosmos



Los contenidos de este libro se publican bajo la licencia  
**Reconocimiento-No comercial-Sin obras derivadas 3.0**  
de **Creative Commons**  
(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/>)

**[www.encuentrosconlaciencia.es](http://www.encuentrosconlaciencia.es)**

# La biodiversidad de la naturaleza, una pérdida de patrimonio

F. Xavier Niell Castanera. *Catedrático de Ecología. Universidad de Málaga*

«...de todos modos moverse es mejor que nada. . . »

Claudio Magris. El Danubio

**E**n la primera parte de este artículo se comenta lo difícil que fue conocer la diferencia entre seres vivos y llegar a su clasificación; esta etapa duró 24 siglos aproximadamente. La segunda parte versa sobre el concepto de diversidad y sus desarrollos y relaciones con variables biológicas; esta segunda parte, como el vino joven, todavía no tiene «madres», es decir, no ha sedimentado y se polemiza aún sobre muchos aspectos de ella, causa de su ligera complejidad que no siempre permite su comprensión sin un estudio profundo.

## El concepto de biodiversidad

Hace no más de 20 años aparecía en la opinión pseudo-científica y pública el concepto de biodiversidad, empleado como sinónimo de variedad, de riqueza, obviando la contribución que la Teoría de la Información ha aportado al estudio de la variabilidad de las comunidades naturales. El concepto clásico de diversidad, a secas, sin «bio», tiene dos componentes: la riqueza de entidades (especies, por ejemplo) y la información que la abundancia de cada una de ellas permite calcular. La falta de ejercicio intelectual, debido a la simplificación y a la globalización, ha llevado al nuevo concepto de biodiversidad a simplificar el de diversidad y corremos el riesgo de que lo sustituya, a pesar de que la biodiversidad tiene aplicaciones restringidas y no se relaciona con los puntos de vista termodinámicos como aquél. La biodiversidad es más fácilmente comprensible, manejable e interpre-

table, aunque no es modelizable, lo que en el ámbito de las Ciencias Naturales es mayoritariamente bien recibido, a pesar de la imprecisión que plantea dentro de la tendencia que el conocimiento científico, en general, sigue.

El U.S. Office of Technological Assessment (USTA) define la biodiversidad como: «La variedad y variabilidad de los organismos vivos y



**Los fondos del museo británico** son una muestra de alta diversidad que no tiene conectancia alguna entre sus elementos. La diversidad de cada cajón, en términos específicos, es nula.

de los complejos ecológicos en los cuales viven aquellos». Dobson facilita las cosas y se sumerge en lo medible, o al menos en lo estimable, y dice que «la biodiversidad puede ser definida, del modo más simple y más general (¡¡¡difícil compatibilidad ¡¡¡), como la suma de todas las clases de organismos habitando una región como la Tierra en su totalidad (¡¡¡sic¡¡¡), el continente Africano, la Cuenca Amazónica o el Patio de su casa». Dobson hace mención expresa de la división de los seres vivos entre los «carismáticos más aparentes: pájaros, mamíferos y especies de plantas 'superiores'», termino este último clasista de por sí y evolutivamente impropio. Los seres a los que se refiere Dobson son «los fáciles de observar, fotografiar y contar, así como la multitud de seres menos aparentes como, bacterias, protozoos, invertebrados y especies fungales que son capaces de reciclar nutrientes, rejuvenecer (¡¡¡sic!!!) aire y agua y fraccionar y reciclar los restos de desecho y los cuerpos senescentes de las grandes especies». Con semejante definición, Dobson sería incapaz de responder a preguntas como las que él mismo se formula: ¿quién está?, ¿dónde está?, ¿qué hace?, ¿cuál es su papel? La definición del USTA se aparta bien poco, en pleno siglo XX, de la *Scala Naturae* aristotélica o de las ideas que en el siglo sexto luciera Isidoro de Sevilla, que no fue santo precisamente por la división zoológica que hizo de los animales, a los que clasificaba en grandes y pequeños según fueran o no enjaulables.

Estas definiciones están lejos del concepto sistémico y termodinámico de la ecología, y se restringen al concepto de riqueza, que es una de las dos componentes de la diversidad (sin «bio»). La riqueza expresa cuántas cosas diferentes se incluyen en un colectivo, cuántas cosas se distinguen en él. De hecho, el nuevo concepto de biodiversidad nace tras un recorte en la subvención a la tradicional investigación en taxonomía, mientras mandaban en UK y USA dos insignes personajes: ella M. Thatcher, él R. Reagan, ambos reputados por su humanismo, desgraciadamente común por lo menguado, mantenido aún por algunos de sus brillantes coetáneos y sucesores en el poder público.

Ante esta actitud, los científicos se enfadaron y generaron una solución poco ingeniosa pero muy mediática: formularon preguntas de un agustinianismo ridículo como la que planteó Robert May: ¿cuántas especies de seres vivos existen en el Mundo actual? Pregunta obviamente sin respuesta cierta, ni estable, ni posible, pero vivamente

inquietante para mentes de sagacidad limitada. Y si esta pregunta no tiene respuesta, todavía menos la tiene otra, más osada, de May (¿Cuántas han existido?), que se formula de modo frecuente, atraídos como estamos todavía por las secuelas de ese bodrio literario y cinematográfico titulado *Parque Jurásico*. Estas y otras preguntas no tienen respuesta: los problemas a los que se refieren son problemas que no tienen solución.

Otras cuestiones plantean el problema de la conservación de un modo más antropocéntrico: ¿Se cuida la riqueza de especies como un patrimonio-cultural? ¿Qué capacidad tiene la sensibilidad humana para percibir su valor? Las respuestas aquí, desgraciadamente, existen, y son decepcionantes y progresivamente globalizadoras. . . La globalización es un proceso de homodoxia fácilmente orientable al dogmatismo que constituye la modernidad. Es un reinventar revoluciones kuntianas hace tiempo derrotadas, encierra la ignorancia y el desprecio por las fuentes, y cada vez las fuentes que se desprecian están más próximas en el tiempo.

El científico, en tanto que persona, debe desarrollar una personalidad que capte el vacío de las palabras, el eclipse de los valores y de su fundamento, el nihilismo que acaba con cualquier realidad aniquilando el presente. La realidad está repleta de guiños de trascendencia, y este mundo para completarse debe tener en cuenta otros, y otros conocimientos, otras ideas y paradigmas. La realidad siempre remite a otras realidades. Esta idea gödeliana no deja de ser atractiva como seña de identificación de dónde el científico debe encontrarse.

## **Lo moderno y lo contemporáneo**

La modernidad está constituida por pensamientos fuertes que unifican sistemáticamente el conocimiento; la contemporaneidad, por el contrario, es una actitud dialéctica y proliferante que se basa en la convicción de existencia de lo inacabado y la fragmentación de lo real. Esta actitud heterodoxa es simplemente sentir, o más bien estar convencido de que el mundo cognoscitivo en el cual se trabaja está inacabado, inagotado y abierto a otros y nuevos planteamientos.

## **Perspectiva histórica sobre la distinción de las entidades naturales : individuos y especies**

¿Qué relaciones se establecían entre el ser vivo, el hombre en particular, y el ambiente? Muy poca cosa escrita hay sobre esto: el principio del Supremo Hacedor o del Gran Conductor del Mundo estaba impuesto de tal manera que la Naturaleza y los seres vivos eran los que eran y estaban donde estaban porque tenían que ser así y estar ahí. Esta frase es el estandarte del dogmatismo aristotélico, de inspiración platónica, que tanto tiempo resultó heredado por el pensamiento científico occidental. Aristóteles tenía clara la idea de función, pero los tipos que reconoció fueron muy pocos, 250 especies de animales, de modo que la capacidad de distinguir y clasificar debió esperar al siglo XVIII para que Ray, Linneo y otros pocos le dieran entidad.

Los pensadores presocráticos son plenamente contemporáneos: conciben al ser humano como microcosmos y al Universo como macrocosmos; el segundo se explica en función del primero. La creencia en la conciencia individual y en su autonomía y el firme racionalismo en la perceptiva eran característicos de la Grecia de la época. De hecho, éstas son también las características de todos los renacimientos: el de Adriano, el de Bizancio y el renacimiento humanista desde el siglo XIII en adelante, el alemán de la Gesamkultur de fines del XVII y, probablemente, lo que concierne a la afirmación de la persona en todas las corrientes de pensamiento actual.

En una proliferación de ideas que se nos antoja en gracia, las ideas de Heráclito de Efeso me parecen plenamente contemporáneas: la idea de la lucha de los principios contrarios le lleva a definir precisamente que el ser vivo es como es porque cambia continuamente. Estas ideas de Heráclito permanecen en las escuelas pitagóricas, que sufrieron diversas persecuciones por parte del orden sistematizador, en una de las cuales murió el propio Pitágoras. Heráclito presentó el dilema de la percepción por la razón o por los sentidos. A Heráclito le contraponemos a Parménides, un fijista que supone que la realidad es algo eterno, inmóvil, inmutable y uniforme; su racionalismo le condujo a una preferencia de los sentidos en la percepción de la realidad. La diversidad del mundo se basa en el mantenimiento de los principios de singularidad, uniformidad y permanencia.

Sócrates era un materialista, un científico atípico. ¡¡¡No publicaba sus trabajos!!! Esta impertinente actitud pitagórica, y su elitismo “antidemocrático” que le llevó a proponer que las decisiones las adoptaran los capacitados y no los políticos («La política es incompatible con la vida honorable», decía) condujo a los recién establecidos demócratas de Atenas a ofrecerle brindar con cicuta, que era como una inyección letal de las que aún hoy se utilizan en modelos democráticos de nuestros días, pero más báquica. Sócrates fue discutido por Platón, pues mientras éste postulaba la inmutabilidad de las cosas representadas por las ideas, que eran, según él, la única realidad, Sócrates era un realista más cercano al empirismo perceptivo.

## Distinguir y clasificar

Aristóteles todo lo distingue y todo lo clasifica; probablemente se conocían más cosas diferentes que las que se enumeran (no parece muy verosímil que el omnipresente maestro limitara su comunicación en algunos campos de su saber, probablemente en la transferencia de sus conocimientos se ha perdido contenido, lo cual no es de extrañar en un autor traducido y retraducido y transcrito y retranscrito una y mil veces). Aristóteles es fijista, pero su distinción de los niveles de organización, muy imperfecta, la llamada *Scala Naturae*, es un principio de evolución expresado inconscientemente. Aristóteles tenía, sin duda, una notable capacidad de organización del pensamiento. Discernía los problemas atacándolos mediante la formulación de dualidades: el contestar si sí o si no permitía, en el marco que nos interesa, agrupar los seres vivos en «genus» que contienen varias especies, división que Linneo tuvo buen cuidado en desarrollar. La probiología griega, si así se me permite llamarla, tiene semejanza a lo que sucedía en Macondo la primera vez que el gitano Melquíades llegó y enseñó el hielo: «muchas cosas no tenían nombre todavía y había que señalarlas con el dedo» (*Cien Años de Soledad*, Gabriel García Márquez). El criterio de diferencia existe, pero no se expresa, en Aristóteles. La democracia griega me parece que se fundamentaba más en la incapacidad de distinción de las cosas que en la verdadera definición del individuo para considerar la equivalencia de sus derechos. Todos eran tratados como iguales, independientemente de sus diferencias.

La idea Aristotélica de Telos (finalidad) gustó en los siglos posteriores, puesto que si las Leyes Universales estaban establecidas de antemano por el Ser Externo todo funcionaría fatalmente como estaba previsto en ellas; de aquí que estas ideas persistieran durante mucho tiempo. Su invariabilidad permitía el proselitismo en la enseñanza, el aprendizaje y el adiestramiento: los empollones disciplinados tenían ventaja y los profesores perezosos también, y sin ser esto malo, las leyes perduraban protegidas institucionalmente por la eclesiástica medieval y renacentista, que sobrepasaba incluso sus obligaciones con el poder. Las opiniones de Aristóteles parecían indelebles y Newton, con Laplace, tuvo a bien servir una segunda versión determinista y finalista que los *progres* de su época pavonearon con entusiasmo. A Aristóteles le acusaron de ateísmo y sacrilegio; esto ocurrió cuando Alejandro el Magno, el macedonio, su protector, murió.

Aristóteles dejó una escuela expansiva, sí, él es el iniciador de la distinción de los animales, Teofrasto realiza un papel paralelo en el mundo vegetal. Su clasificación no es taxonómica, es fisonómica. Edita la primera farmacopea producida y crea algunos términos para denominar órganos vegetales que han persistido hasta hoy, y fue crítico con el criterio de finalismo típico de «su» escuela. Distinguió claramente que la diferencia entre animales y vegetales era la existencia del aparato radical.

La visión finalista, fatal, victimista, es la que impregna y fundamenta las ideas estoicas de Zenón y sus seguidores que, abúlicos, siguieron principios análogos a los mecanicistas de años más tarde. Encontraron oposición en los epicúreos, especialmente durante la cultura latina. Epicuro era partidario de rechazar la autoridad del estado frente al consentimiento voluntario: era comunalista, vivía con sus discípulos y creía en el acuerdo social por el consenso, se diría hoy, para la toma de decisiones. El epicureísmo es una corriente individual que se manifiesta contraria a los mitos y supersticiones. Las ideas de Epicuro se prolongan hasta hoy: en lo científico se declara atomista, es mecanicista y materialista; en lo ideológico inspira al materialismo dialéctico (K. Marx estuvo muy interesado en el epicureísmo); y en lo social es un ácrata o un *bippy* (con licencia de Epicuro). Es un claro defensor del "se es como se es y no hay que cambiar si no se quiere cambiar". No cayó simpático en siglos posteriores.



## Una transición de largo alcance

El dogmatismo continúa con Galeno, quien fundamentó la medicina occidental vigente hasta el siglo XIX con modificaciones de importancia, como las que hizo Vesalio en su *Fabrica*, que publicó en el siglo XVI. Los autores latinos son los ensalzadores del fenómeno griego: la cultura científica se desarrolla frecuentemente en ejercicios retóricos sobre las lecciones griegas.

En el campo de la distinción de entidades naturales destaca en este periodo Plinio el Viejo, autor de la *Naturalis Historia*, compuesta por cerca de cuarenta libros en los que hacía una agrupación de los animales de mayor a menor, previa a la de Isidoro de Sevilla, de modo que la primera especie que cita es el elefante. Plinio es prolífero pero desordenado, y junto a contribuciones valiosas entrega procesos de magia y brujería o describe entelegías hijas de la fabulación y la superstición.

Dioscórides es un médico viajero que escribió una extraordinaria farmacopea, que ha tenido más repercusión que la de Teofrasto. Su obra es más reducida que la de Plinio pero representa el conocimiento que se tenía de las plantas; en realidad, sugiere el criterio utilista que se apreciaba de ellas por encima de otras cualidades. Las Ciencias Naturales entre los años 150 y 450 se basan en esas aportaciones y pocas más.

Y hasta los árabes, las tinieblas: Tertuliano, Lactancio, Jerónimo, San Agustín, tuvieron una influencia nefasta en el desarrollo del conocimiento de la naturaleza hasta el siglo VII. La contemplación, el misticismo y la reflexión de las verdades teológicas la propiciaron: con un resuelto fijismo, se consideraba que lo sabido era ya definitivamente cierto, y así se aguantó hasta los árabes, con ligerísimas anécdotas. Son las ideas que se eclipsan al tiempo del *Juris* romano, que hacía a cada ciudadano protagonista, al menos, de su propia historia.

## El legado oriental: los árabes

Se dice normalmente que el panorama en Occidente era oscuro, pero simplemente, no era, no existía. Los árabes desarrollaron una febril actividad recuperando conocimientos en sus escuelas de traductores. Hay una novedad en términos de contribución metodológica: los árabes modificaban el curso natural de los fenómenos para obtener un resultado concreto, y ello les valió para formular un séquito de leyes generales deducidas de la experimentación de la perturbación de la naturaleza. El campo de particular atracción fue la alquimia, que se puede considerar con fundamento el primer precedente de ejercicio del método científico

Las descripciones de animales van empujando los Animalarios en detrimento de los fabulosos y cabalísticos Bestiarios; la prolijidad de la tarea y la paciencia que exigía el nacimiento y la síntesis de los conceptos la hacen especialmente adecuada para la contemplativa actitud árabe. Destacan Abd-al Latif y Mohamed el Camiri, así como El-Kasvini, que describió animales desconocidos comunes como la vaca marina y el orangután. Los libros de zoología que elaboraron tenían del orden de mil especies, lo cual, comparando con Aristóteles, es bastante. La fiebre por el conocimiento cobró importancia con la dinastía Omeya. En esta época, el saber y la técnica estaban en Oriente, y la fe y la mística eran patrimonio de Occidente, justo al revés de lo que ocurre hoy. Destaca entre los árabes europeos Averroes, que era un evolucionista que postulaba antiguas ideas heraclitianas sobre la mutabilidad del mundo. Como a otros muchos -y esto demuestra que todos los poderes establecidos son iguales cuando se establecen-, los guardianes de Mahoma de la época lo desterraron a Marruecos, donde murió tras ser rehabilitado. España y las dos Sicilias eran focos de irradiación cultural en el siglo XII y XIII, que se caracterizaban por la mezcla de las tres culturas. Una buena muestra de ello es Miguel Escoto, que estuvo en ambas cortes y publicó una obra ecléctica titulada *Los secretos de la Naturaleza*. Técnicamente, la aparición del papel se inició en los reinos aludidos. Fue de una importancia decisiva, como lo sería la de la imprenta, aunque el papel no sustituyó al pergamino de modo instantáneo.

## La transición hacia el segundo renacimiento

La influencia árabe se prolonga mucho tiempo, y se mezcla con las ideas cristianas. Regulaban el sistema dominicos y franciscanos, que lo predicaban todo. Los dominicos tienen una cierta base aniquilacionista: conducen la cruzada contra los cátaros y su exterminio, y son los principales impulsores de la Inquisición. En esta orden brilla, en el campo de la Naturaleza, San Alberto Magno, que en el 1200 deja diversos códices que permiten aquilatar el saber zoológico de la época. Su discípulo Santo Tomás de Aquino pasa por el principal bastión -y empleo la palabra a conciencia- del aristotelismo.

Por su parte, los franciscanos se retratan en la figura de Roger Bacon, racionalista, que insistió en la importancia de los estudios de la naturaleza para el desarrollo de la humanidad. Guillermo de Ockham, nominalista radical, se caracteriza por su empirismo estricto sin precedentes: afirma que la realidad es lo palpable, y que las palabras en ciencias son meros productos del pensamiento que sólo llevan a conjeturas. En la filosofía dialéctica, Louis Althusser, siglos más tarde, distingue los objetos reales concretos, que son los que existen realmente, y los abstractos, que existen perceptivamente. Ockham y Bacon tienen un interés notable por separar fe y razón, aunque en el ambiente místico de la escolástica esta idea no prendía, y ambos tuvieron problemas de distinta intensidad por sus opiniones. Es notable en esta época el progreso de la medicina, impulsado por las Universidades de Bolonia y Montpellier. San Bernardino de Siena describe, hablando de Universidades, las cualidades del buen estudioso: afecto por los profesores y antecesores, saber pasar de lo imposible, trabajar en paz, orden en el procesado y en el discurso, perseverancia, discreción epicúrea y deleite en la investigación. No he podido contenerme a transcribir el pensamiento de Siena: se comprende que en tiempos de paz y sosiego el pensamiento cuajará más que en épocas caóticas.

## El conocimiento científico en un ambiente humanista

Este apartado se podría titular "el Renacimiento". En él, el ambiente era más humanista que científico, tanto que algunos historiadores se

plantean si los pensadores de este periodo eran científicos o no. Este periodo viene marcado por la imprenta.

Es aceptado que los humanistas de la época no estaban preocupados por el conocimiento científico, sino que lo que pretendían era la demarcación de una personalidad histórica propia y su diferenciación de los legados árabes anteriores: Paracelso, en 1500, quema públicamente los textos de Avicena y los de Galeno en un Fahrenheit adelantado. El árabe como vehículo de expresión desaparece, y el latín y el griego no son lenguas más usadas. Estas dos lenguas, a pesar de su trascendencia etimológica, van perdiendo fuerza a favor de las lenguas vernáculas.

Se imprime a Aristóteles y a Teofrasto, después que a Plinio, y siguen Hipócrates, Dioscórides y Galeno. En orden a la percepción de cosas diferentes no existía mucha sensibilidad. Tanto es así que el contraste que representó el Descubrimiento de plantas y animales de América pasó ignorado o, al menos, incidió poco en la reflexión, y entre los naturalistas se mantuvo la fidelidad al clasicismo. A la hora de enumerar las entidades naturales distinguibles, punto y aparte de Leonardo, son de interés las contribuciones de E. Wotton, de Oxford, que elimina lo fabuloso en su *De differentiis animalium*, y de Gessner, que en Alemania escribe una *Historia Animalium* de 3500 páginas. De constatar las diferencias surgen las comparaciones, y Aldrovandi en Bolonia, así como Rondelet y Bellon en Montpellier, se ocupan del estudio de las aves, siendo además este último un experto ictiólogo. Ellos, con algunos Botánicos herborizadores como Brunfels, Bock y Fuchs, ya en el siglo XIV, constituyen parte de esa pléyade de «distinguidos» predecesores de futuros movimientos intelectuales.

En el humanismo, el empirismo, como en Grecia, era despreciado o, al menos, había una enorme pereza para llevarlo a cabo. Excepción encomiable es Nicolás de Cusa, que apuntaba que las plantas «vivían del aire», lo mismo que Van Helmont, unos siglos más tarde. Su fecundidad de ideas fue aprovechada posteriormente por Galileo, convencido de la movilidad de la Tierra y de la infinitud del mundo; no le pasó nada, pero a Giordano Bruno, un seguidor acérrimo, lo quemaron en la hoguera cuando le oyeron decir lo mismo. El belga Vesalio fue también un empirista convencido: lo acusaron de nigromancia y herética,

a pesar de que no criticaba directamente al intocable Galeno, cuyos conocimientos matizó y corrigió sin enfadarse.

La obra de los científicos de aquel tiempo tenía algunos componentes poco adecuados: el dogma que primaba por encima de todos, las ideas griegas en biología y cosmología, eran claramente inaprovechables; había un pseudocientifismo procedente de la alquimia y la astrología; y no se ignoraba la superstición popular. Todo ello constituye un disperso y embarullado conocimiento.

## Leonardo

He reservado un apartado sólo para Leonardo da Vinci, que nació en Anciano, en plena Toscana, región central por muchos aspectos exclusiva, de gran repercusión en Italia y en toda Europa, que representa el cambio en el modo de pensar y en el quehacer artístico. De Leonardo se ha escrito mucho: sus biógrafos, como Michael White, utilizan mucha letra para justificarle en algunos aspectos personales considerados licenciosos entonces y hoy. Creo que el cotilleo no vale la pena: todo queda eclipsado cuando caen en las manos de uno los *Cuadernos*, que dan idea cumplida de la capacidad de investigación de da Vinci, así como de su inclinación a la descripción de la realidad. Los resultados que comenta y representa proceden de un empirismo decidido.

De Leonardo se dice que escribía deficientemente italiano y que no era muy buen matemático, pero están sin cuestionar sus cualidades más estimables: todos sus desarrollos son independientes del fervor religioso, su imaginación es inatenazable por la tradición, y es un virtuoso del boceto y del dibujo; los aludidos *Quaderni* son el modelo que justifica el discutible refrán de que una imagen vale, según cuándo, más que mil palabras.

Otra duda que asalta a sus devotos biógrafos es si Leonardo procedía como un científico, tal como hoy se concibe el término, o era un filósofo al estilo de los "sabios griegos". Leonardo empleaba el método

deductivo. Así llegó a aproximaciones holistas a partir del concepto de interacción entre los músculos y los nervios, que dibujó magníficamente como anatomista, no como médico. La experimentación que realiza es semejante a la actual: sus estudios sobre la luz preceden en gran modo a Huygens, sus observaciones sobre filotaxia en plantas son correctas, y además se fundaba en la expresión cuantitativa de los resultados, «... número y medida, aritmética y geometría completan la verdad de las cantidades continuas y discontinuas...».

En su estudio sobre las ondas percibe el efecto Doppler y la formación de ondas de propagación en la superficie del agua, así como sus deformaciones. Sus grabados representan la turbulencia como las fotografías a alta velocidad lo hacen hoy en día. Se le acusa de que muchas de sus hipótesis son soñadas e intuitivas. Es famosa la aproximación de Leonardo para comprender la posición de los fósiles: ante la idea creacionista de que Dios usó del Diluvio para «colocar los fósiles donde se encontraban», Leonardo disconforme comentaba que en «la Lombardia los fósiles tienen cuatro niveles y de manera similar aquellos que se han formado en varios estadios...». Es como negar que Dios creara tan ordenadamente. «Dios no juega a los fósiles», se podría decir, porque los fósiles correctamente colocados eran consecuencia de aportes de agua, pero no del Diluvio (*códice de Lancaster*).

En un libro sobre el método científico, el propio Waddington alaba la capacidad genial de formular hipótesis sólo con la imaginación, y si son descabelladas pero realistas su contraste las falsaría. En aquella época no estaba al alcance de todos esta estupidez que los pedantes científicos de hoy llamamos *State of the Art*, y había que cavilar mucho para generar nuevos pensamientos y nuevas hipótesis desde la individualidad. A pesar de ello, el mismo Leonardo se refiere a las relaciones del conocimiento explorado con el pasado («Cuántas cosas han permanecido ignoradas o tergiversadas durante muchos siglos...», en *Cod. Atlanticus*) y se lamenta por no disponer de fuentes suficientes, a pesar de la bibliografía que tuvo a su alcance en Milán, Roma, Francia, y en su Florencia. Leonardo recomienda llevar siempre papeles para anotar todo. Los cuadernos tienen, con frecuencia, un aprovechamiento espacial congestivo: en una misma página hay notas, esquemas, bocetos, dibujos definitivos, notas diversas... Consta que a Leonardo le faltaba papel como recurso.

En la aplicación del método precede a Francis Bacon y Galileo. Su independencia le hace huir del finalismo teísta. Todo lo que existe en el mundo está interrelacionado, funcionando como un todo integrado, suposición criticada sin fundamento con la perspectiva actual, puesto que dicha afirmación no difiere más que en la forma y en la cantidad de conocimiento básico de la hipótesis Gaia que a muchos satisface. En el fondo, Leonardo desprecia las humanidades y aprecia la pintura, sobre la que tiene abundantes precisiones didácticas, que se fundamentan sobre sus estudios básicos de la naturaleza de la luz.

¿Qué idea tenía Leonardo de la diversidad de la Naturaleza? ¿Le llevó su capacidad de observación a distinguir aquello que observaba? Su advertencia a los pintores incide en su clara capacidad de distinción: «tú, imitador de la Naturaleza, procura no perder de vista la variedad de configuraciones de las cosas».

Inspirado en sus estudios anatómicos del hombre y del caballo, y se supone que de otros organismos, se educa en la percepción comparada, y el estudio de las plantas lo hace con mano maestra en la descripción de los experimentos y en el análisis de sus resultados. Sin duda, lo más popular de Leonardo es su *Uommo Vitrubianus*, que es la enseña de una serie enorme de trabajos sobre la proporción. Leonardo pasa a nosotros en plena fiebre pretecnológica como un diseñador de máquinas. Evidentemente, sus *Quaderni* dan en parte la razón para esta conceptualización, pero quiero recordar su cita «la ciencia es el capitán, la práctica el soldado», que se parece mucho a la de Einstein cuando dijo que «La mejor práctica es una buena teoría».

Leonardo tuvo la fortuna de producir su obra en un ambiente socialmente calmado, sin demasiadas presiones. Sin embargo, detestaba a ciertos colegas a los que llamaba «llenaletinas». Se le acusó de nigromancia, y su movilidad al final de su vida parece obedecer de nuevo a un deseo de desmarcarse. De su extenso pensamiento sabemos poco, pero lo que sabemos deja a Leonardo, en palabras de Michael White, como el primer científico.

## Las consecuencias del renacimiento

Siempre desde el punto de vista de la percepción de la variabilidad de la naturaleza, parece que el conocimiento de la misma ya era extenso y había una cierta capacidad de discernimiento, pero faltaba clasificar, ordenar.

Paracelso se llamaba Philippus Teophrastus Bombastus von Hohenheim, pero gustaba llamarse como sabemos, o sea, superior a Celso. Su carácter, reflejado con esta anécdota, vino impulsado por diversos avatares difíciles de su infancia y juventud. Paracelso denuesta el lenguaje culto, incluso el correcto; prefiere el lenguaje bajo, así como sus compañeros; era un rechazado quizás por molesto... Postula la destrucción de todo, el volver a empezar, aunque, como en tantas ocasiones, por la boca muere el pez, y usa los conocimientos del pasado y sus propios resultados en una obra obstinada y poco inteligible. Era un buen conocedor de la naturaleza. Su teoría de las signaturas dice que la morfología de las plantas sugiere el órgano que puede sanar. Esta convicción es propia de la superchería popular, pero ha tenido muchos adeptos. Paracelso tuvo devotos descendientes, como el belga van Helmont, cuyos estudios sobre gases biogénicos son de una gran intuición.

Otro personaje polémico es el protomártir de la ciencia Giordano Bruno, un nómada, característico de los perseguidos, que fue detenido en uno de sus viajes en Venecia y conducido a Roma, donde ardió en la hoguera de la Inquisición. Claro que Bruno era agresivo: se puede decir que en sus ideas defendía que había otros mundos, que el nuestro no era el centro del Universo, que éste era infinito y tenía la misma composición y las mismas actividades en todas sus partes. Además, dijo aquello de que «Del error nace la verdad», que molestó a muchos. Todas estas ideas eran fruto de la reflexión y de su espíritu impulsivo, nada de empírico en Bruno.

Una revolución científica se desarrolla en este punto. En el siglo XVI, los vaivenes entre reforma y contrarreforma hacen progresar el conocimiento, pero su narrativa estaba falta de precisión; existía una cierta negación a expresar el detalle y, probablemente, cierta pereza



a hacerlo. Galileo tiene aportaciones interesantes a la biología: sus estudios biométricos son pioneros, y tienen un mayor alcance que los de Leonardo; reparó en que el volumen es el cubo de la longitud del cuerpo y la sección de los huesos su cuadrado: es la intuición de la relación  $2/3$  entre anabolismo y catabolismo.

Otro personaje reputado es Francis Bacon. Su papel es mucho más el de un emprendedor que el de un científico pero, sin embargo, sus enunciados tienen una trascendencia filosófica muy grande. Satisface ver que en aquella época las relaciones entre las dos disciplinas se separan, aunque el autor está firmemente convencido de la necesidad de soporte filosófico para el desarrollo del pensamiento científico. Las aportaciones de Bacon y de Descartes han tenido poca trascendencia en ciencia. Bacon sólo aceptaba los hechos, lo que es experimentalmente fructífero, pero la adquisición del conocimiento se realiza mediante el análisis, que no siempre es vulgarmente lógico, como él creía. Bacon plantea bien, pero resuelve sin detalle. La transmisión, el aprendizaje, se hace con la experimentación y con los buenos maestros; ambas cosas, digo, son difíciles y no siempre coinciden, y el boca a oreja (no el boca a boca, como dicen algunos de nuestros próceres) esta lejos de ser efectivo sin maduración personal. Bacon habla de las fuentes de falsedad: las propias de no reflexionar y poner en reflexión lo que ya se sabe, es decir, el mantenimiento de un respeto excesivo por el orden establecido; las propias de los defectos del investigador, el seguimiento del "mercado" o de las modas, como la biodiversidad, y aquellos que proceden de la sensibilidad al embaucamiento de los charlatanes, predicadores y demás personajes mediáticos. Bacon perfila al científico como un tipo peculiar, independiente, con un interés aplicado potencial, rabiosamente empirista. Descuidó la importancia de la reflexión, y su investigación se ausentaba de la abstracción, por lo que era dudoso que pudiera constituir una teoría. Lo que nadie puede negar es la influencia admirable de Bacon, que fue seguido nada menos que por Harvey y Newton con su *Hipotesis non fingo* que tanta trascendencia ha tenido. Bacon contribuyó a fundar la Royal Society, cuna e incubadora de ideas y modos de proceder sin precedentes hasta entonces, con un lema claro: «*Nulius in verba*»; poco rollo y hechos, que diría un moderno. Se basaba en la presentación cara a la audiencia no sólo de temas, sino de su demostración práctica.

## El final del XVII: Newton

Isaac Newton era una persona especial. Su perfil era el del científico caracterizado por Francis Bacon, circunspecto, anónimo, perfeccionista y carente de cualquier hedonismo desvinculado de la investigación. Newton era poco comunicativo. Halley era uno de sus corresponsales, como Boyle, que formuló la simplicidad constitutiva de los elementos químicos. Newton alcanzó un gran prestigio en Inglaterra y en el continente. Los divulgadores de sus ideas fueron Voltaire, Locke, Hume y otros. La explicación de los fenómenos estaba en los hechos, en la evidencia, no era necesario ningún análisis ulterior: todo iba a suceder como tenía que suceder, independientemente de qué o quien fuera el responsable del suceso. No había que tener fe, la disyunción religión-razón no tenía sentido. El orden era tan perfecto que todo ocurría como tenía que ocurrir, a pesar de los pesares...

## Los clasificadores del siglo XVIII: ¡Linneo, al fin!

En el siglo XVIII se produce una nueva ruptura, la de lo romántico, y al mismo tiempo una revolución en lo material, que es el comienzo de la revolución industrial. Nace el científico útil a la sociedad, la ciencia se perfila como el motor de la tecnología y ambos cuerpos, aunque no inmediatamente, están destinados a evolucionar unidos. El racionalismo natural germánico es la tendencia de pensamiento que más impera: Kant, Shelling, Herder, Fichte y Hegel son las muestras más conocidas.

Desde los antiguos griegos, la percepción ha variado de modo rotundo; volviéndole a robar las palabras al maestro Gabo, en *Cien Años de Soledad*: «había entonces tantas cosas que se había olvidado el nombre de muchas de ellas y había que ponerles un letrero para poderlas señalar». En esta época se hacía imperativo normalizar el lenguaje, lo que contribuyó indirectamente a sistematizar y ordenar las especies conocidas.

La clasificación era absolutamente necesaria. Bauhin, basándose en datos de viejos herbolarios, establece afinidades entre grupos de plan-

tas comunes de un modo politético o natural, llegando a un nivel que equivalía a las familias actuales. Los nombres que designaban a los organismos eran eternos y se parecían a los que los pieles rojas usan en las películas que sobre ellos han hecho los blancos. Un predecesor brillante de Linneo fue Tournefort, que distingue Clases y Secciones por encima del *genus* aristotélico. Disconforme con Bauhin, establece una clasificación artificial basada en diferencias monotéticas que da pie a los actuales sistemas dicotómicos de clasificación de plantas, utilizados didácticamente en nuestras escuelas y universidades y que, dicho sea de paso, son profundamente aristotélicos debido a su dualidad.

Ray estudia, además de las aves, los peces y los insectos, y clasifica cerca de 19.000 plantas en géneros y especies con un sistema natural en 1682. Para Ray, la entidad específica era fija, pero le concedía una cierta variabilidad.

Linneo es la figura que nos ocupa y donde termina la evolución de los conceptos relacionados con la biodiversidad. Linneo se inspira en la obra previa de Camerarius sobre el sexo de los vegetales, publicada a finales del siglo XVII. Linneo es un recolector y un agrupador. Es el personaje que queríamos en esta historia hasta aquí prologada y que aquí comienza. Linneo es un fijista acérrimo, y sus frases al respecto son concluyentes. En *Genera Plantarum* dice: «*Species tot sunt, quot diversae formae ab initio produxit infinitud est*». No es una opinión temporal, o al menos en veinte años no cambió cuando escribió: «*Species tot numeramos quot diversae formae in principio sunt create*». Llegó a reconocer cierta variabilidad de la entidad específica, que creía era consecuencia, básicamente, de la manipulación del hombre.

## **La claridad de Buffon: un antídoto contra ideas modernas**

Omito referencias puntuales para empezar por Buffon. George Louis Leclerc, conde de Buffon, es un producto de alta sociedad de la época, entre la que consiguió despertar el interés por la ciencia. Era culto, educado, y como buen francés de la época, empelucado, maquillado

y ciertamente altanero. Viajó muchísimo e, introducido en las altas esferas, fue nombrado en 1783 conservador del *Jardin des Plantes*, tras ser elegido miembro de la Academia de Ciencias. Centró en la Institución una enorme actividad científica. Hombre poco comprometido, vivió con el régimen real y con el revolucionario. Unido a su estilo de comunicar, brillante sobremanera, fue capaz de escribir como culminación su *Histoire Naturelle*, que se considera la primera piedra del futuro evolucionismo. Desde 1740 a 1804 aparecen diversos tomos de dicha obra. Aunque Buffon no quiso participar en la Enciclopedia, esta obra es digna de ella. No era partidario de los sistemas de clasificación: criticó a Tournefort y Linneo, algunas veces con acidez y sadismo. Para Buffon lo que existe es el individuo: las especies son meras suposiciones (consensos, diríamos hoy). Sin quitarle importancia al sistema de clasificación, Buffon, como otras veces, tenía razón: la variabilidad se manifiesta más en especies con más individuos que en aquellas menos abundantes.

El pensamiento de Buffon trascendió, y tiene más trascendencia de lo que cualquiera de los Naturalistas mentados hasta ahora ha tenido. Buffon manifiesta una profunda independencia en sus opiniones: es claramente evolucionista, niega la creación convencido del origen cosmológico de la Tierra. Al requerimiento de los obispos Buffon hizo una genuflexión y declaró que lo que había hecho era una declaración de tipo filosófico; lo dijo con una sonrisa y los engañó. Para Buffon, la biología no es independiente de la física ni de otras materias, y hay que considerarla regida por propiedades acordes con las propiedades cosmológicas generales. La materia es una, también para vegetales y animales, que están vivos como una expresión especial de la materia: esta expresión es la vida. Buffon llega a decir que algunos tipos de moléculas orgánicas desarrollarían los organismos, agrupadas de una manera conveniente; como no huelga aclarar, el preformacionismo le parece tan absurdo como a nosotros.

Buffon observa los fósiles con sagacidad: se da cuenta de la presencia de fósiles en las cimas montañosas y en todas las altitudes, y atribuye esta deposición a movimientos de un mar cambiante. Estos fósiles algunas veces son como los organismos vivos actuales, especialmente los que se encuentran en las estratos superiores, mientras en los estra-

tos más antiguos son diferentes y de origen marino. Sugiere que unas formas pudieran haberse transformado en otras de abajo a arriba. Esta acertada interpretación da idea de su convencimiento transformista. Se podría definir a Buffon como un Heraclítico avanzado: todo cambia, La Tierra se originó del Sol y se enfrió y consolidó rodeada de una atmósfera gaseosa desprendida, que se condensó formando las aguas en un proceso de enfriamiento. El vulcanismo es la causa moduladora de la superficie terrestre juntamente con la acción del agua. En épocas subsiguientes de calma se formaron los animales, que con los cambios de temperatura (y los gradientes, diríamos hoy) se diferenciaron; aparece, posteriormente, el hombre. No vale la pena hablar de la estimación de tiempo, ya que ahí Buffon se equivocó: tiró por lo muy corto. Estos periodos los agrupó astutamente en siete (¡como los días de la Creación Genésica!), en un claro brindis al episcopado. Ante la cuestión de la formación de la vida quedaba una gran incógnita, ante la cual dio tres posibles modelos: 1) la generación espontánea 2) las creaciones sucesivas y 3) la transformación. Por todo lo expuesto sólo podía creer en la tercera posibilidad: la primera estaba desestimada desde los experimentos de Spallanzani y otros, Buffon no era creacionista, por lo que la segunda no podía defenderla, la tercera era la posible. Buffon se calló taimadamente: a buen entendedor...

Buffon precede a los pensadores franceses de más repercusión en biología, como Lamarck y Cuvier. Su idea sobre la evolución del mundo es diferente: los fósiles de una clase dan paso a otros cuando se cambia de estrato, pero no de una manera brusca, sino que en el contacto se mezclan ambas formas. La interconexión transformista era evidente. Buffon, con o sin exactitud, conocía la correspondencia de los fósiles y las diferentes épocas, y pensó que los sistemas de cambio habían sido parecidos a los que se estaban desarrollando en su época: era un actualista («...Pasará lo que está pasando»), dando muestras de que los procesos de selección habían sido antes parecidos a los de ahora y a los que se dieran en el futuro. Se mostró contrario al catastrofismo para aludir a la evolución de las especies, sin quitarle una importancia puntual. Pero consideraba que la existencia de procesos de transformación más lentos, en calma, eran los más importantes.

## Pensamiento de largo alcance

Quiero recordar a estas alturas del texto que el motivo principal de estas líneas es discutir la capacidad de distinguir entidades y su clasificación. En este momento de la historia hay ya un considerable cambio, y me corresponde discutir los cuerpos de pensamiento de Lamarck, de Cuvier y, aunque posteriores, los de Mendel y Darwin. La historia de Jean Baptiste Monet Lamarck es complicada: primero era botánico y fijista, teísta convencido. Llegó a ejercer la zoología a edad avanzada, y se centró básicamente en el estudio de los invertebrados. Su concepto de especie coincidía con el de Bufón. Su clasificación de los invertebrados era más detallada y superior, en general, a la de aquel que fue sin duda su valedor. Consideraba que era posible la variabilidad de las especies de acuerdo con la influencia ambiental, y el uso o falta de uso determinaba el desarrollo de los órganos implicados en ello. Estos cambios eran transmisibles generación tras generación.

Este principio de la herencia de los caracteres adquiridos colecciona hoy, y aderezado con un buen creacionismo da una mezcla polémicamente moderna. En la naturaleza, las especies iban apareciendo a lo largo del tiempo, y así permanecían, con los cambios mentados. Su origen era espontáneo y la diversificación, palabra que usa Lamarck, se debe al ambiente. Fue el primer filogenetista, y relacionó en sus esquemas evolutivos los reptiles con las aves y los mamíferos que procedían de ellos. Los simios y el hombre eran parecidos, pero no los cuadrúpedos: la diferencia era el intelecto, del que los hombres primitivos, los salvajes y los disminuidos mentales carecen. Lamarck tenía amigos y enemigos. Bufón, Lyell y Geoffroy St Hillaire, y especialmente Haecckel, estuvieron de su parte. Cuvier lo despreció hasta después de su muerte. Lamarck no tuvo demasiado prestigio en su época.

A mí me impresiona de Cuvier que se llamase Georges Leopold Chretien Frederich Dagobert. De una sólida formación, fue reclamado a París por Geoffroy Sant Hillaire. Admirado por sus trabajos, le llegó a decir que era un segundo Linneo para la zoología. Empezó con Daubenton y Lacepède, discípulos de Buffon, cuya influencia se nota en su obra. Cuvier es un aristotélico y está básicamente preocupado por la forma, que cambia rápidamente, y percibió diferencias individuales en cada individuo, que siempre es diferente de todos los demás.

El cuerpo es un todo, las partes guardan relación con el todo. Esta idea leonardiana le bastó para reconstruir fósiles a partir de los restos parciales encontrados. En cierto modo, creía que la mecánica Newtoniana tenía su aplicación en los organismos animales. Se dio cuenta de las distintas edades de los fósiles: los fósiles entre distintos estratos se presentaban de modo discontinuo, o sea que eran distintos entre sí. La brusca separación se debía a acontecimientos catastróficos que terminaban con unos antes de aparecer los otros. Las especies fósiles permanecían iguales a sí mismas, como las especies actuales. Las catástrofes eran inundaciones o regresiones acuáticas que ahogaban o dejaban en seco a muchas especies. El Diluvio era la última catástrofe, tras la cual fue creado el hombre. Las catástrofes no eran generales y siempre, en los lugares poco afectados, quedarían especies que recolonizarían las partes destruidas; los conjuntos primitivos son más diversos que los nuevos grupos de invasores.

Tan largo como su nombre fue el título de su obra principal: *Le regne animal distribué après son organization pour servir de base a l'histoire naturelle des animaux et d'introduction a l'anatomie comparée*, de indudable valor sistemático. Aparte de sus contribuciones en paleontología fue un buen sistemático, que dividió a los animales por un sistema de clasificación dual en cuatro tipos: vertebrados, con esqueleto y cavidad medular; moluscos, con sistema nervioso en masas aisladas; articulados, con sistema nervioso en escalera y tráqueas; y radiolarios, sin sistemas nervioso ni circulatorio. Subdividió estos tipos en Phyla, Clases, Órdenes, Géneros y especies.

Darwin y Mendel son los naturalistas que representan la consolidación del concepto de variabilidad. Sus teorías se basan en que los seres son distintos, uno en el sentido de la evolución y selección y el otro en la transmisión de caracteres. No citarles sería una omisión grave, pero no están ligados con los procesos de distinción, agrupación y clasificación, que en el siglo XIX estaban resueltos. La variabilidad de las especies tenía varias causas. Para Buffon y St. Hillaire el ambiente era el motor, el uso y la falta de uso guiaba el proceso. El proceso, según Lamarck, se debía a fuerzas interiores, o sea, no sabía a que se debía, lo mismo que Nägeli y Bateson. Y, según Darwin y Wallace, se debía a la selección natural.

Darwin no conocía los mecanismos de la herencia ni sus causas remotas. Los mecanismos los describió Mendel, en un alarde de combinación de matemáticas y botánica, puesto que hasta la hipótesis pangénica de De Vries y Correns no se estableció la existencia de mutaciones.

## La diversidad

*«Homage to Santa Rosalia,  
or why are there so many kinds of animals?»*

G. E Hutchinson

La percepción de distintos organismos clasificables es práctica normal hoy en día. Su diferente abundancia es el tema que preocupa, así como las razones de las desigualdades. Acabo de definir lo que es diversidad, una variable compuesta de otras dos: la riqueza específica y la equitatividad o distribución de los organismos en las distintas entidades distinguidas. La riqueza es exactamente lo mismo que la biodiversidad: el alcance de la diversidad excede ampliamente al de la biodiversidad.

Pielou (1969) especifica matemáticamente que se puede obtener la diversidad de un colectivo (aplicar una expresión como índice de diversidad) con dos condiciones. En primer lugar, es necesario distinguir las entidades que la forman. Y en segundo, si la probabilidad de encuentro unitario correspondiente a las distintas entidades reconocidas es igual, el valor de la diversidad es máximo. Es decir, que dicha función (dicho índice) es máxima cuando todas las entidades están igualmente representadas. Significa esto que la diversidad es una variable de índole general, aplicable a conjuntos, series o secuencias de todo tipo: se puede hallar la diversidad de una comunidad, de un texto, de los componentes estructurales de una roca, de un polímero etc., siempre que esté compuesto por partes distinguibles con una frecuencia estimable o mensurable.



El concepto de diversidad en colectivos biológicos se comprende con facilidad: la idea de diversidad es intuitiva. En realidad, lo que es fácil comprender es la inexistencia de diversidad en colectivos constituidos por una sola especie. A medida que hay más especies y variaciones en su representación, la diversidad aumenta.

En los estudios de la diversidad se ha procedido por pasos: primero se establece una hipótesis sobre los mecanismos que hacen que la distribución de entidades en especies sea distinta (esto implica la percepción cualitativa de dicha diferencia); segundo, se trata de ajustar una distribución numérica, con parámetros conocidos, de los cuales se toma alguno como indicio de menor o mayor diversidad; y en tercer lugar, se utilizan los parámetros u otras expresiones basadas en la teoría de la información como índices de información. El concepto y la estimación de diversidad por medio de índices numéricos son estrictamente cosas diferentes. El concepto es el de diversidad. Los índices son otro cantar, menos serio.

Lo que se puede llamar «segunda generación» en la medida de la diversidad procede de la Teoría de la Información, independientemente de la distribución de frecuencias.

## **Diversidad e información: ¿qué es un mensaje?**

En los años 60 y todavía en los 70 proliferaban los índices de información asociados a distribuciones conocidas de efectivos en especies, o sin tener en cuenta tales relaciones. Todos estos estudios tenían algo en común: denostaban los índices de diversidad usados hasta entonces y proponían un índice mejor, según cada autor, alternativo a los existentes. La diversidad se estima de modo muy poco preciso. Si bien el concepto de "muy y poco diverso" es intuitivo, cuando se transforman en guarismos éstos son indeterminados. Los valores de diversidad a merced de los diferentes índices no revelan más que muy groseramente el tipo de colectivo que estudiamos, y muy poco dicen de su funcionalidad. El concepto de diversidad es claro, contrariamente al parecer de Hulburt (1979), que lo define como un no-concepto, pero su expresión cuantitativa es indeterminada, y al decir indeterminada

se significa la falta de correspondencia numérica unívoca con la estructura y complicación del sistema.

El interés reside en calcular la información que contiene un mensaje, dando un índice de diversidad. Un mensaje es «lo que se expresa o se comprende en los elementos de un conjunto o serie». Shannon y Wiever (1949) expresan el algoritmo que se usa en la estimación de la información. El lenguaje hablado es el ejemplo mas emblemático de conjunto portador de información (Maldenbrot, 1953), pero existen colectivos biológicos con mensaje, como las series informativas de los mecanismos del sistema nervioso, las secuencias de nucleótidos y proteínas (Branson, 1953 y Linnschitz, 1953) o de los cromosomas (Gamow, 1956). El índice de uso general que se debe a Shannon-Wiever (1949) es independiente de la distribución de efectivos entre entidades. No es muy pertinente, pero facilita la comprensión de los párrafos venideros conocer su cálculo:  $H' = - \sum p_i \log p_i$ , siendo  $p_i$  la probabilidad de encontrar un signo, una letra o una especie.

Los índices de diversidad relacionados con la teoría de la información son intuitivos y permiten emular en su capacidad predictiva las apreciaciones de algunos personajes televisivos... «Mucho-poco», «cerca-lejos», «arriba-abajo», etc... Su cálculo es rápido, y los valores del logaritmo de la probabilidad están tabulados.

Voy a recurrir, siguiendo a Maldenbrot (1953), al lenguaje para resaltar algunas ambigüedades de la información, que deben tenerse en cuenta con precaución cuando se quiere analizar el «significado» de los valores de los índices de diversidad. A cada hipotética especie de un colectivo le voy a asignar una letra del alfabeto, supuesta la capacidad del especialista de distinguir las entidades que forman el mensaje, es decir, las letras del alfabeto o, por analogía, las especies de una comunidad.

Algunas paradojas de los índices de diversidad se recogen a continuación:

- 1) Información máxima para 1 elemento «aaaaaaaa» es igual a 0; para dos elementos «abababab» ó «aaaabbbb» ó «abba» ó «abbbbaaba» u otras combinaciones en que  $a = b$  es la misma en

todos los casos, con estructuras claramente diferentes.

2) Información nula y alta información: «aaaaaaaaaaaa» y «ayuntamiento» son dos colectividades de una información distinta; la primera representa un lenguaje pobre con un solo elemento, frente a uno con diez elementos combinados en distintas proporciones.

3) Información idéntica, con estructura distinta: supongamos dos agrupaciones A y B; en A hay cuatro clases de elementos, w, x, y y z, representados por 10, 5, 2 y 1 efectivos; en B hay también cuatro elementos, \*, ^, & y >, representados por 10, 5, 2, y 1 efectivos. La diversidad calculada es idéntica en los dos casos. El ejemplo correspondiente sería la comparación, pongo por caso, de un palmeral A, y una comunidad de peces de fondo B.

4) Información idéntica con composición proporcional idéntica pero distribuida de modo diferente. La agrupación A tiene los elementos w, x, y y z representados por 10, 5, 2, y 1 efectivos, y en la agrupación A' tenemos los mismos elementos w, x, y y z representados por 5, 2, 10 y 1 efectivos respectivamente. La información es idéntica, pero el papel de cada elemento diferente. La diversidad es la misma.

4) Información idéntica con composición proporcional diferente  
El colectivo A está formado por los mismos elementos con las mismas abundancias citadas en los epígrafes 2 y 3, y el colectivo A'' está formado por los mismos elementos w, x, y, y z representados por 10, 30, 50 y 100 individuos respectivamente.

La probabilidad de elegir un elemento cualquiera en el grupo A'' es la misma que en el A o en el A', luego la información es la misma, pero la cantidad de efectivos es distinta; presuntamente, la función del sistema simulado será diferente.

Las diferencias de diversidad pueden deberse a cómo están emplazados los individuos en el espacio (diversidad llamada beta) o a cómo se encuentran en el tiempo; es decir, los individuos si-

tuados de diferente modo o presentándose en tiempos distintos, en colectivos con la misma diversidad, dan estructuras distintas o iguales que no se perciben de la misma manera.

5) Diversidad de significado. Tomemos una palabra, "burro" por ejemplo; en castellano define a un animal o a una persona que presenta características especiales; "urrob" es una palabra que no tiene ningún significado, y sí la misma diversidad. El término burro, que ya hemos dicho lo que significa en castellano, en italiano significa mantequilla, y en eusquera no significa nada. Mencionar la palabra burro en una vía pública a gritos produce una respuesta de sorpresa en los transeúntes; la misma palabra puede ser insultante mencionada en una conversación individual, y puede pasar desapercibida en el contexto descriptivo del paisaje. Determinadas enzimas controlan procesos distintos en distintas especies, caso comprobado de las transferrinas en roedores: una misma de estas enzimas actúa en verano en una especie y en otra en invierno; en la otra especie la estival actúa en invierno y en verano actúa otra, distinta de las dos consideradas.

6) Otra palabra cualquiera o un grito vehemente produce el mismo efecto en los transeúntes independientemente de su significado real. Hay tripletes de nucleótidos diferentes que codifican la síntesis del mismo aminoácido.

Estos juegos tratan de enfatizar que el concepto de diversidad tiene menos dificultades de interpretación de lo que se ha querido ver en él; es un concepto no discriminatorio en lo que concierne a la organización y composición detallada del mensaje. Los índices son insensibles a la naturaleza de los elementos. Esta afirmación desmiente el «lam» que se le ha querido conceder a la diversidad en gran parte de la literatura kitch que aún se arrastra por las facultades.

En la estructura de un mensaje existen otras particularidades:

1) No todas las combinaciones de elementos tienen sentido; existen mensajes nulos seleccionables indefectiblemente, como la palabra urrob. La conexión de los N elementos que componen

un colectivo es un espacio de dimensión  $n$ ; el número de combinaciones posibles es  $N^2$ , pero no todas las combinaciones se dan, y solo  $V$  son viables. Se ha dado llamar conectancia a la relación entre  $V$  y  $N$ : la conectancia expresa el grado de relación efectivo entre los elementos del sistema.

2) No todos los nexos entre los elementos son igualmente frecuentes. En castellano el sonido CRA se encuentra en diferentes palabras, sonando con fonética directa, como está escrito, pero la combinación KRA o QRA, que suenan igual, son extremadamente raras. La intensidad de las interacciones es otra variable a considerar en el funcionamiento, consecuencia de la estructura de un sistema.

El significado de estos ejemplos tomados en el lenguaje se plasman en la naturaleza: un colectivo (comunidad, ecosistema etc.) está compuesto por un cierto número de entidades (especies, géneros, fenotipos etc.) con un número limitado de relaciones entre ellos, y además la intensidad de las relaciones no tiene por qué ser igual entre las distintas especies ni simétrica entre cada dos. Al mismo tiempo, la percepción de estas relaciones no siempre significa lo mismo para el clasificador de la diversidad, o sea un observador externo, como un científico, o para un organismo que forma parte del conjunto, como una especie cualquiera. La naturaleza está llena de signos, algunas veces equívocos desde un punto de vista antropocéntrico. En ella, como dice Cott (1966), «encontraríamos un mundo donde los indicadores de carreteras señalarían nombres señalados en sentido contrario al adecuado, otras (señales de tráfico) estarían pintadas con mucho arte sobre las paredes, facilitando la colisión, por donde circularían vehículos cuya parte trasera se parecería a la delantera; los coches de bomberos y las ambulancias frenarían bruscamente sus carreras; el medio estaría constituido por señales de prohibición en lugares transitables; los socavones, grandes, estarían cuidadosamente camuflados con guardias de tráfico dirigiendo a los vehículos hacia ellos y otros peligros». En estas condiciones no se trata de circular, sino de sobrevivir. Este realista ejemplo pone parte de información alejada de la pura expresión numérica y hace reflexionar en una complejidad añadida que modifica la velocidad de los procesos. Además, existe una gran

cantidad de estructuras neutras que no influyen en la manifestación de dichos procesos.

Cuando me refería a que algunos investigadores quisieron ver propiedades emergentes en el valor de la diversidad, me refería a la fe que tenían en los índices como expresión de madurez y complejidad, y como expresión de la funcionalidad de los sistemas en términos de eficiencia energética y estabilidad.

Una aproximación ulterior a la complejidad la puede dar la reflexión de un concepto descuidado de gran significado: la compactación de los sistemas. La compactación es el número de símbolos que usa un sistema para expresar un mensaje. Así, los sistemas de numeración binarios se expresan con el 0 y el 1, la numeración ordinaria se expresa con 10 cifras, y el abecedario castellano con 24 letras. El habla normal puede usarse con 300 palabras, y me excedo. El idioma castellano es mucho más rico, y aun así se expresan ordinariamente pocas de las palabras de las que lo constituyen, incluso en las expresiones de personas cultas.

	CJ	CC	Conectancia
Sistema binario	0,1	Alta	100%
Sistema decimal	Mayor	Alta	100%
Código genético	Baja	Alta	Menor 100%
Aminoácidos	Mayor	Menor	100%
Lípidos (ACoA)	Minima	Muy alta	100%
Ecosistemas bentónicos	Alta	Baja	>17%
Flora	Alta	Muy baja	>4%

COMPLEJIDAD (CJ). Sistemas con muchas variables y gran posibilidad de relaciones entre ellas (conectancia).  
 COMPACTACIÓN (CC). Capacidad de controlar muchos estados con poco elementos.

**Complejidad y compactación** de varios sistemas

Entre los sistemas biológicos hay sistemas binarios, como la secuencia de monómeros del ácido alginico (gularónico y manurónico). Las bases nucleotídicas son cuatro, y con esos cuatro elementos de tres en tres se expresa todo la información genética (recuerdo aquí combinaciones trímeras diferentes y con el mismo resultado, y combinaciones que nada expresan). El ADN se usa sólo en parte; mucho permanece silencioso y nunca se manifiesta. Las proteínas son mensajes de un código de 20 aminoácidos... Y, por fin, en las comunidades naturales, en los ecosistemas, los elementos a combinar son unos pocos, con prolijas y no siempre intensas relaciones.

### **Biodiversidad, riqueza específica y diversidad: una cuestión de selección**

La Biodiversidad se emplea para caracterizar colectivos amplios, tal como apunta Dobson (1999). Un ejemplo que conoce el autor es el de la flora algal de la Ría de Vigo: en ella habrá más de 400 especies citadas, y probablemente queden unas 200 más por citar. En una costa semiexpuesta se encuentran, a lo largo de varios años de estudio, solamente 200 de aquellas especies que se distribuyen esencialmente de acuerdo con los gradientes de exposición al aire y la luz incidente. En la parte superior de la zona intermareal hay unas seis especies, hacia el intermareal medio hay unas 70, y en la parte cubierta por las aguas, 150. En las muestras mensuales se encuentran 1 ó 2 especies en la zona superior, una decena en la parte media y algo más de treinta en la zona inferior. La selección actúa respetando la supervivencia sólo de algunas especies; las otras aparecen raramente en los libros de floristas y coleccionistas.

Los índices de diversidad estimados caracterizan bien las tres zonas: en la parte alta, las comunidades son uniespecíficas, y su diversidad se aproxima a 0; en la zona media, la diversidad oscila entre 0,1 y 0,7, y en la baja, entre 0,5 y algo más de tres.

### **La presión de la selección de la Ría de Vigo**

- Número de taxones específicos en su flora algal: 665
- Número de taxones en un ambiente intermareal, semiexpuesto, no contaminado durante un año: 150
- Número de taxones presentes mensualmente: 25-45
- Número de taxones a distintos niveles sobre el nivel de marea mínima equinoccial (NME):
  - 3 metros sobre NME .....1-2
  - entre 2,5 y 3m sobre NME .....2-6
  - 1,0 y 2,5m sobre NME.....aprox. 5-10
  - 0,8 y 1,0m sobre NME.....18-20
  - 0,4 y 0,8m sobre NME.....24-25
  - 0 y 0,4m sobre NME.....18-40

**Algas de la Ría de Vigo.** Ejemplo de cómo disminuye la biodiversidad cuando se considera la conectancia entre especies.

### **Estructura y estabilidad: un segundo principio universal**

El triángulo en esta historia se compone de la energía que fluye a través del sistema, la estructura que la recibe y la procesa y la función que el sistema desarrolla y modifica el propio flujo de energía. Si un sistema permanece bajo un flujo determinado un cierto tiempo, el sistema es estable, de lo que se deduce que hay sistemas con poca diversidad que son estables, como algunas comunidades pobres en especies de baja biodiversidad sometidas a rigores ambientales extremos (algas del nivel alto intermareal, troglobios en general, cianobacterias de tapices bacterianos y géiseres etc...). Por el contrario, hay comunidades con alta diversidad bajo un alto flujo de energía: son comunidades de colonización, precompetitivas (adherencias sobre rocas desnudas y plantas en bosques incendiados, bacterias en los vertidos etc.). En realidad, el concepto de estabilidad es pues independiente, o al menos no está ligado unívocamente, al de diversidad.

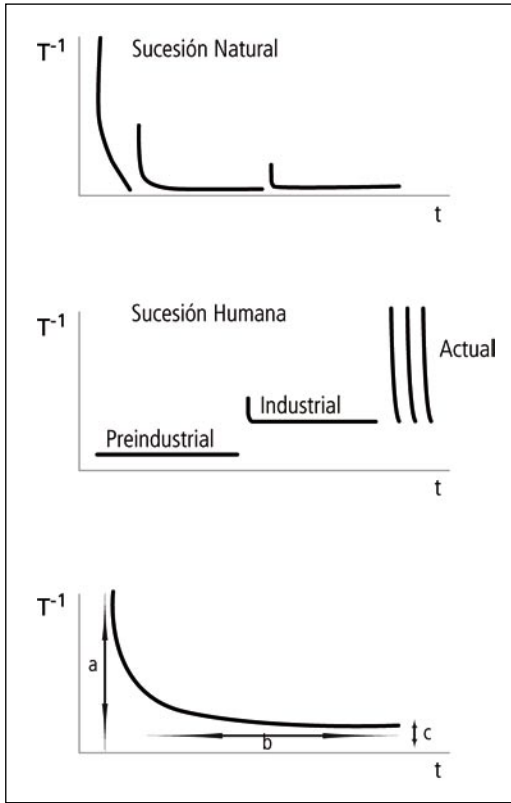
El concepto de estabilidad debe expresarse con respecto al equilibrio para el cual la estructura minimiza el flujo de energía que usa en su funcionamiento, disipando la menor cantidad posible: un sistema es estable cuando minimiza los flujos de energía bajo una incidencia



energética determinada de modo casi continuo. El "casi" se introduce como imprescindible duda estocástica, ya que nada es constante de modo absoluto. Los sistemas estables están en equilibrio, pero no existe un solo equilibrio. El equilibrio depende de la energía incidente en el sistema: si la energía es 0, el sistema está en equilibrio y muerto; es la máxima estabilidad posible. Al aumentar la energía el sistema alcanza nuevos niveles de estabilidad, y se dice están alejados del equilibrio, alcanza un equilibrio local, mientras que el equilibrio a energía 0 se da en estabilidad total. Significa esto que si un sistema recibe un aporte continuo de energía va a permanecer estable, en equilibrio con la energía que recibe. Los sistemas siguen pautas discontinuas en su evolución estructural que usualmente tienen diferentes fases: la primera fase es fundacional o de colonización; la diversidad puede ser alta; son sistemas precompetitivos. Sigue a esta fase una de encauzamiento: primero alguna especie de poca afinidad domina y la diversidad disminuye, pero el flujo de energía termina minimizándose y luego, en la fase normalmente estructurada (clímax, para que Clements me entienda), la diversidad crece y el flujo de energía se minimiza aún más. A cada inicio de fase le corresponde una disipación energética, disminuyendo de principio a fin; las fases de equilibrio tienen una duración mayor a lo largo de la sucesión o proceso de estructuración. En cada fase del proceso la diferencia entre el flujo de energía y el 0 de la estabilidad global es menor. En los relevos de una fase y otra, la diversidad aumenta si las fases se superponen, y disminuye cuando una fase tiene problemas de exclusión con la siguiente. La biodiversidad tiende a aumentar, pero presenta fluctuaciones, y no es anormal encontrar altas biodiversidades al principio de la fijación de los organismos. Este mecanismo no subvierte las leyes generales de la sucesión (Margalef, 1974). Las matiza, eso sí, y cumple los descriptores de la termodinámica. Todo principio de regularidad sobre la diversidad no tiene por qué ser universal.

El modelo de Prigogine refleja esta alternancia entre fases de organización y fases de transición. Las primeras minimizan la entropía interna y las de transición la aumentan. Las estructuras que se ordenan lo hacen a costa de una exportación de entropía, con lo que la entropía del sistema abierto se incrementa, como dice la termodinámica canónica.

El símil lingüístico es inmediato: primero aparecen las palabras en pleno desorden, luego se ordenan en un lenguaje simple donde algunas predominan, luego se anula el uso de las inútiles o descoordinadas, y las útiles se ordenan en un discurso, cada vez más enriquecido y preciso.



**Graficas de disipación energética en sistemas naturales más o menos influidos por el hombre y su expresión en la sucesión.** En abscisas figura el tiempo y en ordenadas el flujo de energía. Arriba la sucesión de los sistemas naturales, en medio la evolución del flujo de energía en la historia del hombre. Abajo una gráfica tipo para la interpretación de las otras dos; el parámetro a es la respuesta a la introducción de energía en el sistema, b es un parámetro que indica la duración del periodo estable y c es la distancia entre el equilibrio y la estabilidad total con flujo nulo. En la gráfica superior disminuyen a y c y b es mayor, en los sistemas influidos por el hombre a y c aumentan y b disminuye.

**¿Y si el descanso hubiera sido al sexto día?**

El problema de la humanidad en la Tierra es demográfico. De ahí surgen las acumulaciones de población, con malthusianas insuficiencias en el uso de recursos, los desastres ambientales como polución,

cambio de clima etc. Y, como consecuencia, los de conservación de la naturaleza.

La historia ambiental del hombre empieza, según Lumley, cuando, hace 15 millones de años, ciertos primates se trasladan a las llanuras desde los bosques, en un época de sequía extrema (¿un cambio de clima?). La marca de fábrica del hombre viene determinada por la conquista de este nuevo hábitat, que se manifiesta en ampliarlo destruyendo el forestal, que era el más extenso, para lo que desarrolla herramientas cuyos restos europeos más antiguos tienen 1,2 millones de años. Posteriormente, el evento más importante es la posesión del fuego, la primera tecnología, que se sitúa entre 0,4 y 0,1 millones de años. Los rastros de hogares más antiguos pertenecen a esta época, aunque Renault-Mikovski (1991) habla sólo de campamentos organizados de carnívoros y carroñeros. Las primeras talas masivas se ven en indicios de hace 0,3 millones de años, como consecuencia de la invasión de especies del Este que se generalizó ¿en el Pleistoceno?; durante las interglaciaciones se revertía el efecto humano, ganando biodiversidad (Vernet 1997). Incluso en momentos de histeria colectiva como el presente las fluctuaciones climáticas han tenido una importancia siempre minimizada por la actividad humana. Los desbroces neolíticos y medievales disminuyeron la diversidad de modo drástico, según el registro paleopalínológico; un ejemplo vivo de la regresión forestal se da hoy en lugares donde aún no se había producido: Amazonia, SE Asiático, América del Sur. Todo ello iba en favor de una revolución agraria de subsistencia. La glaciación Wurm coincide con el relevo de Neanderthal por ¿Sapiens?. Al mejorar el clima, es probable una diversificación del paisaje, de nuevo, hasta la tala neolítica (Renault-Miskowsky, 1991). El poblamiento inicial se hace desde casas con sus campos de cultivo, apacentamiento y bosque (hortum, ager y silva); la expansión de las granjas se dio en el siglo XI. En el siglo XIII, los espacios intermedios se reducen; en el siglo XVI, la explotación comunal reduce aún más dichos espacios, hasta que en el siglo XIX no hay espacios libres, y hay contacto entre propiedades privadas.

Más tarde, la movilización de energías fósiles retiradas de los ciclos biogeoquímicos, que ya había empezado por el uso de los carbones,

permite una intensificación del flujo de energía, un abaratamiento del transporte, y la consiguiente deslocalización de las zonas de explotación y de transformación.

El incremento de la población se predice mal, pero siempre los errores han sido más por defecto que por exceso. La emigración y la acumulación demográfica convulsiva hacen crecer los lugares de residencia en vertical, producen la acumulación de materia, su deficiente degradación y la contaminación derivada de ella. Todos estos procesos son teóricamente solucionables con un incremento del esfuerzo de tratamiento, con una aplicación de sofisticada tecnología que implica un mayor flujo energético. Por otra parte existe, y es real, la capacidad de generar nuevas energías y de aprovechar algunas hasta ahora disipadas: me refiero a la energía nuclear y al aprovechamiento de la solar, la eólica, la mareal, la del oleaje etc., que se aprovecharán como se aprovecha la hidráulica desde hace poco. El término que empleo con insistencia en el párrafo anterior es energía, y ahí se soluciona y a la vez se genera el problema, El hombre antiguo vivía para consumir energía encaminada a mantener su metabolismo. Hoy, el 1% es lo que se dedica a esa energía somática, mientras que el resto todo se emplea

### **Historia forestal reciente de la Tierra**

- Supongamos que 10 min de la vida de una persona equivalen a 1000 años.
- Durante 7 minutos, el aspecto de la Tierra no cambió: el 34% de su superficie estaba recubierta por bosques que contenían el 50% de las especies conspicuas.
- 30 segundos después (7'30" de los 10'), se había producido la desertización del próximo Oriente y del espacio Egéico (asentamiento y prosperidad de las civilizaciones Mesopotámicas y Griega)
- A los 9 minutos la erosión estaba generalizada
- A 12" del final había ya grandes claros desvegetados en Europa, China e India. Con la caída del imperio maya la vegetación Centroamericana se recuperaba.
- 6" más tarde desaparecía la vegetación del Este de Estados Unidos.

**La deforestación** ha sido el factor más importante por el que el hombre ha actuado sobre los ecosistemas.

en otros menesteres y actividades. Numerosas fuentes de energía se desprecian o se malgastan, especialmente aquellas que por su rentabilidad o localización no permiten su explotación globalizada.

Las tecnologías modernas tienden a aumentar el flujo de energía: con un proceso de reemplazamiento rápido (aparatos de generaciones sucesivas) o ficticio (ideas, ingeniería económica, asesorías, planificaciones etc.) las cosas que se hacían antes se hacen mucho más deprisa; si un proceso se divide por un tiempo menor, el flujo aumenta; curiosamente, la disminución del tiempo se logra muchas veces simplificando la esencia de los procesos, como por ejemplo el lenguaje de "chateo", las claves personales, etc..

A todo esto, el hombre ha generado un sistema de comunicación ficticio y bajamente energético que puede movilizar altas cotas de energía. Bajo esta aparente contradicción están las ideologías y la cultura en general: un lienzo, una pintura, unas siglas, el nombre de un club deportivo, que contienen poca energía en sí, mueven energía en forma de dinero y física, como si el lienzo fuera una nación y el club «más que un club». Ninguno de ellos vale una guerra, pero en su nombre han llegado a declararse, como la del famoso partido entre Honduras y El Salvador hace pocos años.

La cultura sustanciada en forma de pinturas, obras musicales, piezas literarias, hierros retorcidos o cordeles pegados, de modo más o menos estético, sobre un cartón, moviliza cantidad de dinero para lograr su usufructo y, sobre todo, su posesión. No digamos ya la posesión de un botón de Elvis Presley, un pelo de Marilyn o un cachito de madera que aseguran es *lignum crucis*. Las religiones y el fetichismo, según el esquema de Toynbee, pasan por el mismo raseró.

Llegados aquí, quiero considerar el papel del dinero: el dinero es una energía mínima que se cambia por energía tangible y que acelera los procesos de cambio, o sea, incrementa el flujo de energía. Los gastos, por ejemplo, para hacer una guerra, se han disparado. ¿Qué representa una guerra? Movimiento de materiales, incremento de actividades de transformación, creación de una estructura destructiva, ejército, espionaje, propaganda, etc. Se desarrolla la guerra: destrucción de la estructura. Fin de la guerra: negociación de la paz; opiniones, parece-

res políticos, malentendidos, elipsis, mentiras, confusiones y malas interpretaciones. La paz: vigilancia de la paz; se arbitran nuevas estructuras improductivas, muy complicadas comisiones, conversaciones etc... Termina todo y hay que volver a empezar: movilización de materiales, reconstrucción, distribución de la propiedad según nuevos patrones, supervisión del compañero de acción, lucha por las preferencias. Todo ello cuesta dinero, es decir, aumenta el flujo de energía. Toynbee es autor de análisis sobre los procesos históricos como sistemas de respuesta al precio de la presión que sufren las civilizaciones, flujo que Odum (1974), en una obra clásica pero vigente, plasmó en modelos reales diagramáticos de flujo.

## **Momento de autocríticas**

La primera autocrítica es sobre la teoría ecológica. La Ecología se ha impregnado de un misticismo mojigato que la condena al circunloquio. Se hacen elucubraciones con cuatro malos conceptos de tipo global aprendidos en los medios de difusión o en los cerebros informáticos. El empirismo es escaso, no existen diseños de experimentación ni de hipótesis, se desaprovechan los experimentos a realizar estudiando los desarreglos ambientales, básicamente por la inercia de las instituciones a responder en poco tiempo al acontecimiento del suceso. La Ecología que se financia es fundamentalmente descriptiva, de alta calidad, pero no pasa de conseguir una buena información y representarla de una manera atractiva (SIG etc.), siendo a veces más importante la forma que el fondo. En forma de reflexión, la proliferación de estudios aplicados, no se sabe muy bien a qué, ha mermado el potencial de la ecología teórica.

Además, existe una megalomanía exploratoria, resto del imperialismo, Austria en nuestro caso. Nos empeñamos en la descripción del Amazonas, de Indonesia y de la Antártida, cuando no comprendemos aún el funcionamiento de los sistemas peninsulares.

La última crítica viene a cuento del olvido de los conocimientos clásicos, que se abandonan y se ignoran. La información plana de las redes electrónicas domina y guía la investigación: es la globalización

del conocimiento. Ha dejado de existir el *primus inter pares*. La ciencia no necesita jerarcas pero sí jerarquización. A nuestro conocimiento se le ha acortado la historia: el pretérito se ha reducido notablemente, nadie se acuerda de Leonardo, ni de Clements, ni de Maldenbrot, o sabe quién era Einstein. La investigación se repite o se interpreta como se interpretó hace pocos años. Otra vez la velocidad con que se olvidaron las cosas en Macondo reaparece como una sombra: la red «ignora» lo ocurrido en los 80.

La investigación I+D tiene que ir seguida por una P, de paciencia y perseverancia, antes de añadir otra I de innovación. Encontrar respuestas en Ecología no es inmediato, pero peor es quedarse en vulgaridades superficiales. Podría preguntar ahora qué trabajos científicos bien diseminados ha generado la inversión post-Prestige y post-Aznalcóllar; la respuesta sería decepcionante. El futuro de aquel presente no ha existido: todo fue una mera hipocresía erige-comisiones mediática.

La cuestión lapidaria no es que se extingan especies: la cuestión es que no sepamos cómo ocurre en la mayor parte de los casos. E hombre es la causa, y el modo de incidir en ello, el incremento en el flujo de energía, el control del gasto, la mejora inflacionaria de ocio y el propio cambio del ocio fatuo e inútil por el hedonismo del conocimiento serían remedios que nadie está dispuesto a adoptar. Así pues, el patrimonio que representa la biodiversidad tiende a menguar. Su rentabilización tiene una contradicción paradójica: se incrementa el flujo de energía y el sistema se simplifica. Sólo las especies vulgares y ordinarias, las de escasa especificidad, sobreviven.

Pobre resultado, pero esto es así.