

Ramon Margalef, el científico genial

J. Ros

Departament d Ecologia. Universitat de Barcelona. Avgda. Diagonal 645. 08028. Barcelona. España.

A raíz de la muerte del profesor Ramon Margalef han sido frecuentes en distintos medios, académicos y populares, los obituarios, las glosas y los recuerdos que colegas, discípulos y amigos han hecho de la persona y la obra de este naturalista de renombre mundial. Su gran categoría como ecólogo, reconocida desde hace medio siglo en casa y en el extranjero, y el gran respeto que mereció de la comunidad científica, académica y docente (y no sólo universitaria) por sus valores como hombre de ciencia y como persona, se han hecho patentes en dichos escritos. Es difícil, por ello, no repetir en estas páginas cosas ya dichas (por otros o por uno mismo), aunque el público lector vaya a ser distinto. Como también lo es no caer en la falta de perspectiva de quien ha trabajado durante más de un cuarto de siglo en el departamento universitario que Margalef creó.

Intentaré por ello limitar estos recuerdos a dos de las múltiples facetas de Margalef, la de profesor universitario y la de teórico de la ecología (en una versión muy concreta: la de *gedankenexperimentator*), siendo consciente de que con ello mi retrato será parcial, pues sus otras facetas (limnólogo, oceanógrafo, naturalista, ecologista *malgré lui*, etc.) darían para otras tantas semblanzas interesantes.

Margalef, profesor universitario

Margalef era un profesor universitario nato, que cautivaba y entusiasmaba a sus estudiantes, especialmente si éstos estaban motivados (es decir, cuando la Ecología era una asignatura optativa, como generalmente lo son la Limnología, la Biología Marina, etc.). Esta actividad, inseparable de la científica, ha pasado quizá más inadvertida, y sobre ella comentaré algunos aspectos, en los que habrá que ver más un vaciado de recuerdos (y por ello un posible sesgo) que un tratamiento riguroso.

Margalef fue el primer catedrático de ecología de España (1967), pero mucho antes había impartido ya cursos universitarios sobre disciplinas de su especialidad. Por ejemplo, dictó cursos de Ecología Animal y de Oceanografía y Biología Marina en la Universidad de Barcelona ya desde el año 1955, así como también en otras universidades y centros de investigación, principalmente americanos. Del nivel de estos cursos tempranos puede dar idea el hecho de que el material didáctico reunido para impartirlos sirvió para preparar diversos libros, que en cada momento fueron referentes de la ciencia ecológica: *Comunidades naturales* (1962), *Ecología marina* (1967) y *Perspectives in Ecological Theory* (1968).

Posteriormente, ya desde su cátedra en la UB, escribiría dos manuales universitarios extraordinarios, tanto por la extensión como por el tratamiento en profundidad de las materias respectivas, *Ecología* (1974) y *Limnología* (1983). El primero, que durante muchos años fue considerado por los especialistas el mejor libro sobre esta ciencia escrito en cualquier idioma, y que todavía es vigente en sus rasgos esenciales tres décadas después, fue complementado y puesto al día por Margalef en textos posteriores: *La biosfera, entre la termodinámica y el juego* (1980), *Teoría de los sistemas ecológicos* (1991), *Oblik Biosfer* (1992) y *Our Biosphere* (1997).

Los estudiantes de biología de las últimas promociones, un poco asustados por el material ingente recopilado en *Ecología* o por el nivel más especializado de los textos posteriores, han utilizado, con aprovechamiento, otros libros del mismo Margalef de nivel más divulgativo; entre estos textos dirigidos al gran público hay que citar una *Ecología* (1981), procedente de una enciclopedia y que desde entonces ha sido un éxito de ventas, *L'Ecología* (1985), surgido de una magnífica exposición de la Diputación de Barcelona (hay versión al castellano de 1989), y *Planeta azul, planeta verde* (1992). (**Fig. 1**)

PLANETA AZUL, PLANETA VERDE

RAMON MARGALEF



Figura 1. Sobrecubierta de *Planeta azul, Planeta verde*, que reproduce un fragmento de tapiz del siglo XVI, en el que un anciano inmovilizado por unas esposas parece estar estudiando unas conchas, mientras a su alrededor tiene lugar una escena bélica impresionante. En la explicación de la ilustración, Margalef comenta que ¿hace falta valor para estudiar la diversidad biótica entre tanta adversidad?, seguramente en referencia a sus propios y difíciles inicios como naturalista, en el ambiente nada propicio, ni en el campo ni en el laboratorio, de la Cataluña y la España de la posguerra. Pero puede dársele otra interpretación: a menudo se ha criticado a los naturalistas que van a la suya, impasibles ante los acontecimientos de este mundo, generalmente turbulentos, de los que se suelen aislar en sus torres de marfil. Margalef nunca se aisló del entorno social.

Su contribución a enciclopedias de historia natural fue asimismo notable, especialmente en la *Història natural dels Països Catalans* (1984-1992) y *Biosfera* (1993-1998).

Otros textos y manuales universitarios llevan su firma, o surgieron directa o indirectamente de su actividad docente. Por ejemplo, en el prólogo de un libro de prácticas de ecología en el que actué de secretario de redacción (Ros, 1979), se reconoce explícitamente que ¿Como autor del programa de la asignatura, el Director del Departamento de Ecología de la

Universidad de Barcelona [Margalef] ha sido? quien ha diseñado estas prácticas, y otras, de manera que puede decirse que sólo en la forma, ya que no en el fondo, los autores del libro lo son de las prácticas.?

Margalef fue un escritor prolífico, con un gran dominio de la lengua en media docena de idiomas, y es un placer leer tanto sus manuales universitarios como sus ensayos y libros de divulgación, algunos de los cuales, escritos hace medio siglo o más, sorprenden por la modernidad del tratamiento de temas biológicos. Sus conferencias y lecciones magistrales eran deliciosas, y sus clases podían ser una experiencia inolvidable? en muchos sentidos.

Yo mismo cursé la Ecología como asignatura optativa de la carrera de Biología en la época ?heroica? (curso 1966-67), inmediatamente después (mayo de 1966) del curso que Margalef impartió en la Universidad de Chicago y que fue la base de *Perspectives in Ecological Theory*, librito del que alguien ha dicho que tuvo para la ecología moderna una importancia inversamente proporcional a la exigüidad de sus cien pequeñas páginas contadas, equivalente al papel seminal de *What is Life?*, de Schrödinger, para la biología.

Hace cuarenta años, la asignatura Ecología se impartía en el ya desaparecido Instituto de Investigaciones Pesqueras, donde Margalef trabajaba y que por aquel entonces pasó a dirigir. Las excursiones al IIP eran interesantísimas, pues nos hacían olvidar por unas horas la rigidez de las aulas del edificio histórico de la universidad y a los más atrevidos nos permitían explorar los laboratorios en los que Margalef y otros sabios hacían ciencia oceanográfica, lo que a algunos nos cautivó de por vida.

Margalef era un profesor atípico, o nos lo parecía: aunque seguía un programa bien explícito y detallado, pasaba constantemente de un tema a otro, no siempre explicaba temas que pareciesen pertenecer a la materia y, sobre todo, usaba la pizarra de una manera que nos sacaba de quicio, porque apenas permitía tomar notas? que es lo mismo que se puede decir de su discurso docente. En un comportamiento típico, que he visto repetido centenares de veces (y que otros antiguos alumnos también recuerdan), Margalef explicaba alguna cosa interesante, se daba la vuelta para escribir algo en la pizarra, pero lo hacía con letra pequeña y a la altura de su pecho. Nadie veía nada, pero esperábamos verlo cuando se apartase? ¡vana esperanza! Alguna vez se volvía de cara a los estudiantes y seguía tapando el jeroglífico, pero normalmente lo que hacía era borrarlo antes de continuar la explicación general. Era exasperante para los estudiantes, pero al mismo tiempo era un acicate que nos obligaba a buscar donde fuera las aclaraciones para complementar el tema apenas vislumbrado.

Y ésta es la otra faceta universitaria caudal de Margalef: nos habituó a leer sobre ecología y sobre cualquier materia, desde física a ensayo científico, desde geología a estadística. Su formación autodidacta, que le hizo espigar en muchas ramas de la ciencia, explicaba seguramente su capacidad sintética a la hora de interpretar la naturaleza, y se convertiría en un valioso legado para sus discípulos: Margalef fue uno de los principales impulsores, primero, y responsable académico, después, del Seminario de Biología, embrión de lo que más tarde sería la Biblioteca de la Facultad de Biología de la UB. Y, sobre todo, invirtió muchos esfuerzos y presupuestos generosos en establecer la biblioteca del Departamento de Ecología, que durante décadas fue la mejor surtida en textos de áreas no exclusivamente ecológicas. La razón hay que buscarla en sus propias palabras (la traducción es mía):

'Yo quisiera que se leyera más, que hubiera mejores bibliotecas y que los estudiantes adquiriesen más facilidad en el manejo de otras lenguas... Cataluña no dispone de fondos bibliográficos científicos mínimamente adecuados, nunca se ha hecho o nunca se ha podido hacer el esfuerzo necesario. Las modernas técnicas de informática no sustituyen el poder inspirador de un libro -iba a decir de carne y huesos- sobre las rodillas...' (Margalef, 1981).

Este interés por promover la lectura entre los estudiantes explica otra anécdota, que se repitió más de una vez. Al llegar el temido examen final de la asignatura, a veces Margalef lo planteaba para realizarlo no en un aula de la facultad, sino en la biblioteca del departamento, y los estudiantes tenían libre acceso a los libros que quisieran para responder a las preguntas? Era fácil identificar a los que tenían práctica en la consulta y sabían dónde debían ir a buscar las respuestas.

Tampoco los exámenes ?típicos? se libraban de alguna genialidad (no muy bien acogida por los atemorizados estudiantes); por ejemplo, una vez les dijo que se pusieran ellos mismos la pregunta que quisieran (y el número de suspensos no fue menor que en otras ocasiones). Otra, la pregunta, apabullante y única, era: ?¿Qué es la ecología??.

Durante toda su vida activa, prácticamente hasta un mes antes de morir, Margalef recibía y atendía toda clase de consultas y demandas de información provenientes de estudiantes, pero también de profesores y de investigadores de sus campos de pericia, así como de otras disciplinas, a menudo muy alejadas (o así podía parecer) de la suya: economistas, físicos, químicos, ingenieros, geógrafos y otros científicos. Indefectiblemente, su respuesta a la mayoría de tales demandas empezaba así: 'Yo de esto no sé mucho, pero' (y, a continuación, venía el tesoro que uno buscaba: la última referencia bibliográfica pertinente, la dirección de algún investigador que trabajaba en el tema, lo que Margalef pensaba de aquel asunto supuestamente marginal a sus intereses científicos, y un montón de sugerencias de investigación para resolver aquel y otros problemas relacionados en los que quien preguntaba no había caído). Parte de estos intereses católicos se pueden ver en su bibliografía (Ros & Prat, 1991); la mayoría de los más de cuatrocientos artículos científicos y libros tratan de ecología, limnología y biología marina, pero no son raras las aportaciones a la biogeografía, la micropaleontología, la biología evolutiva, la ecología humana y el medio ambiente. Las tesis doctorales que dirigió entre 1971 y 2001 (Ros & Prat, 1991) muestran también este abanico amplio; en número de cuarenta (sin contar tesis de licenciatura y otros trabajos), no hacen justicia a los centenares de estudiantes e investigadores que recibieron consejos, sugerencias y pistas para poder abordar viejos problemas o estudiar áreas vírgenes de la ciencia.

Desde el Departamento de Ecología de la Universidad de Barcelona, Margalef formó a un buen número de ecólogos, limnólogos y oceanógrafos. Después de dos décadas de fructífera labor universitaria, se jubiló y fue nombrado catedrático emérito; hasta muy poco antes de su muerte siguió ofreciendo su magisterio a colegas y amigos. El Margalef científico y profesor universitario difundió unas enseñanzas y una manera de trabajar que dejaron impronta en muchos investigadores, jóvenes y no tanto, que a lo largo de casi medio siglo gozamos de su magisterio. He aquí como el mismo Margalef vio su paso por la universidad (mi traducción):

En la universidad? he pasado media vida? la verdad es que puse en ella mucho entusiasmo y esfuerzo, pero también es cierto que una fracción considerable de mi vida universitaria transcurrió durante épocas relativamente dificultosas o conflictivas, en que se combinaban situaciones políticas poco favorables, sucesión de diversos rectores, unos muy buenos, y algún otro menos y, en general, una administración que no siempre me facilitó la buena disposición de recursos que se me habían concedido en buena ley. También hubo períodos de conflictividad turbulenta e incluso chapucera, pero es un deber añadir que ninguno de ellos fue seriamente negativo para la docencia? (Margalef, 2004).

Este texto... trata de reunir los materiales esenciales para construir los fundamentos de una Ecología, con cierta sistematización y con la presentación de numerosos ejemplos... Tampoco está de más añadir que el carácter aleatorio que estos últimos años ha adquirido el desarrollo de la vida universitaria hace pensar que un texto puede facilitar la continuidad de los estudios. (Margalef, 1974).

Una serie de generaciones de maestros que enseñen unos a otros sin suficiente contacto con el mundo externo, lleva a una enorme burbuja sin otro contenido que las frustraciones de todos. La investigación es indispensable para que los conocimientos no se degraden en su comercio y para que tengamos el tino de infundir cierta animación a algunas de las lecciones. Esta investigación no se reivindica, se hace en la medida de las posibilidades. (Margalef, 1981).

Tanto en la investigación propia como en estimular la de mis estudiantes intenté hacer lo que pude; guardo buen recuerdo de ello, pero no he quedado del todo satisfecho con los resultados obtenidos. Mentiría si escribiese que no han valido el esfuerzo invertido? (Margalef, 2004).

Margalef, pensador de la naturaleza

Como todo gran genio, Margalef sobresalió en el planteamiento de *gedankenexperimente*, es decir, supuestos teóricos del estilo de '¿qué pasaría si??', que permiten ahondar en aspectos poco proclives a experimentos reales. Aunque estos ejercicios puedan parecer más próximos a la ciencia-ficción que a la ciencia, de algunos especialmente fecundos Margalef supo sacarles un gran partido y convertirlos en clásicos de la ecología teórica. De los diversos que sería posible glosar aquí, mencionaré sólo dos: el depredador superprudente y la conectancia entre elementos de sistemas que funcionan.

El depredador superprudente

Existen muchas analogías en el funcionamiento del bosque y del plancton marino: organización según bloques verticales, del orden de decenas de metros en el bosque y de centenares de metros en la columna de agua; distribución de la producción (P) en la parte superior, iluminada, de cada bloque, y de la respiración (R) en la parte inferior, oscura, del mismo (con una

clara inversión por lo que respecta a la relación entre la extensión de cada ámbito: P/R es del orden de 40/1 en tierra y de 1/40 en el mar: 80 metros de altura de árbol por 2 de potencia de suelo y 100 metros de capa fótica por 4000 de capa afótica), lo que está relacionado con la lentitud del ciclado de los nutrientes; coincidencia en la proporción de la superficie de las zonas de afloramiento en relación a la superficie total de los océanos, y de las secciones del xilema activo respecto de la sección de los troncos enteros: menos de un 1%₀ en cada caso; y todavía encontraríamos otras analogías (Fig. 2).

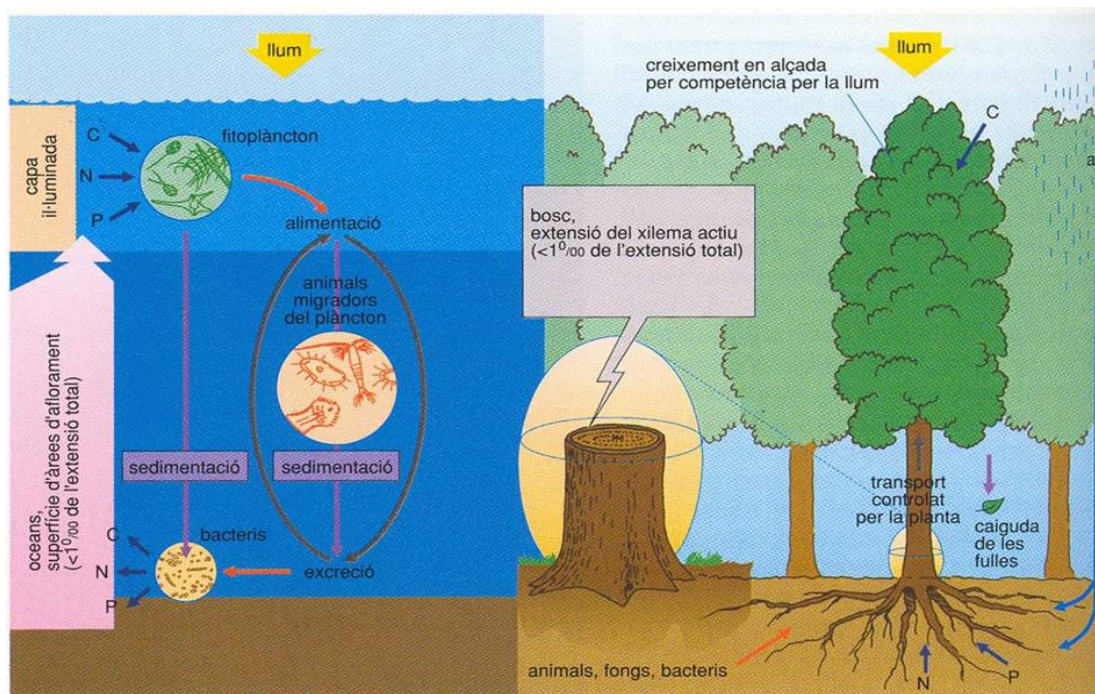


Figura 2. Comparación entre los prismas fundamentales del ecosistema terrestre y marino típicos, que sugirió la idea del 'depredador superprudente'. (De *Biosfera*.)

Pero hay una diferencia fundamental entre la dinámica de la producción primaria en el ecosistema forestal, paradigma del medio terrestre, y en el planctónico, paradigma del acuático: el motor del retorno de los nutrientes a la zona iluminada (bóveda arbórea, capa fótica marina), sede de la producción, desde la zona oscura (suelo forestal, capa afótica marina), sede de la respiración, son básicamente los organismos (las plantas, y en especial los árboles) en tierra y el medio físico (las corrientes ascendentes o afloramientos) en el mar. Un fenómeno físico, la gravedad, actúa en ambos casos en el primer tramo del recorrido: caída de las hojas de los árboles y de las células muertas y de los cadáveres de los planctones desde el 'centro de gravedad' de P hasta el de R. Pero la evolución ha actuado para que el segundo tramo, el ascenso de los nutrientes desde el nivel en el que predomina R hasta aquel en que es posible P, lo promuevan las plantas en tierra (de hecho, puede decirse que el árbol, considerado como máquina de succionar agua del suelo mediante la evapotranspiración a través de las hojas y la conducción de la savia a través del xilema, es la respuesta evolutiva a esta necesidad de extraer nutrientes del suelo y llevarlos hasta la copa). No ocurriría así en el mar, donde la distancia enorme entre la superficie y el fondo (4 kilómetros de promedio en el océano mundial) habría imposibilitado que la evolución produjera un organismo capaz de retornar los nutrientes, necesarios para la producción primaria, a la zona fótica. ¿O quizá sí?

Ésta es la gran pregunta que se planteaba Margalef: ¿Existe acaso un organismo que cumpla en el mar la función del árbol en tierra? Al inconveniente de la enorme distancia mencionada anteriormente hay que añadir el carácter altruista de un tal comportamiento: el árbol se beneficia directamente del transporte hacia arriba de los nutrientes, por lo que se entiende que la evolución haya operado en este sentido. Pero el organismo marino teórico imaginado por Margalef sólo muy indirectamente obtendría provecho de su actividad: el fomento de la producción primaria oceánica revertiría en su beneficio sólo después de varios niveles tróficos (al menos dos si dicho organismo es un carnívoro).

Por analogía con el 'depredador prudente' de Slobodkin, es decir, el carnívoro que gestiona adecuadamente a su presa, eliminando de preferencia a los animales enfermos y viejos de la población y consiguiendo un rendimiento sostenible máximo, del que existen numerosos ejemplos en la naturaleza, Margalef calificaba a su organismo oceánico altruista de 'depredador superprudente'. ¿Qué candidatos existen a 'depredador superprudente' en el mar? El mismo Margalef exploró algunas posibilidades de su existencia, pero (como ocurría con la mayoría de sus incursiones en la ecología teórica), otros tomaron el relevo e indagaron en este campo. Adviértase que el interés no sólo es teórico: el 'depredador superprudente' invertiría también la bomba biológica de carbono, con implicaciones en el equilibrio de este elemento en la atmósfera y el agua y en el cambio climático global. Un resumen de los resultados obtenidos (hasta ahora) es el que sigue.

Los principales candidatos a 'depredador superprudente' son: a) grandes animales marinos (cetáceos, pinnípedos, peces, cefalópodos, etc.); b) larvas planctónicas de animales bentónicos o pelágicos (con desarrollo planctotrófico o lecitotrófico); c) organismos planctónicos (principalmente copépodos y eufausiáceos) que realizan migración vertical; d) organismos planctónicos (principalmente copépodos, apendicularias y salpas) que 'empaquetan' sus heces y producen pellas fecales que se hunden más rápidamente (o flotan); e) animales que realizan migraciones horizontales en el mar.

- a) *Grandes animales marinos.* Los cetáceos, principalmente los cachalotes, y las focas, que comen en fondos de 200 a 1000 metros y retornan a la superficie para respirar, parecerían los depredadores superprudentes ideales. Pero no lo son, porque necesitan 'soltar lastre' para ascender, y prácticamente liberan en profundidad un volumen de heces equivalente a la ingesta de calamares, peces y otras presas. En cambio, morsas y ballenas grises, que se alimentan de anfípodos y otros invertebrados bentónicos que extraen mediante enormes bocados del fango del fondo marino de entre uno y dos centenares de metros de profundidad, levantan grandes 'polvaredas' de sedimento con el que 'fertilizan' las aguas superficiales.
- b) *Larvas planctónicas de animales bentónicos o pelágicos.* Una gran mayoría de animales marinos bentónicos o pelágicos (más del 80% en algunos grupos) poseen larvas con desarrollo planctotrófico (viven un tiempo, generalmente prolongado, en el medio pelágico, alimentándose de plancton) o lecitotrófico (viven un tiempo corto como planctones, pero poseen su propia dotación de vitelo y no se alimentan de plancton). Es tentador plantear que el desplazamiento desde el hábitat de los adultos, más profundo por término medio, al de las larvas, más superficial, puede significar un trasiego neto de materia orgánica hacia arriba; pero rápidamente se comprende que el transporte neto de materia orgánica es hacia abajo. En los pocos casos en que se ha podido evaluar el balance entre exportación de biomasa (en forma de huevos o larvas) e importación de la misma (en forma de juveniles que retornan al hábitat de los adultos), el resultado siempre es favorable a la importación: los animales envían a sus larvas 'a nodriza' a las aguas superficiales, más ricas en alimento. De no ser así, la evolución no hubiera conservado un mecanismo tan complejo y generalizado.
- c) *Organismos planctónicos que realizan migración vertical.* Por un razonamiento similar al anterior, uno de los supuestos beneficios (trófico) de la migración vertical de organismos del plancton (principalmente copépodos y eufausiáceos) no existiría si el flujo neto de energía fuera hacia arriba. Los planctones migradores no son, pues (ni a nivel de especies individuales, ni de todo el amplio colectivo implicado en la llamada 'escala del plancton?'), depredadores superprudentes, sino explotadores temporales de recursos tróficos, más abundantes cuanto más arriba, y colaboradores del funcionamiento directo de la bomba biológica de carbono (de arriba abajo).
- d) *Transporte mediante pellas fecales.* Muchos animales planctónicos (principalmente copépodos, apendicularias y salpas) que obtienen su alimento filtrando las células bacterianas, fitoplanctónicas u otras partículas orgánicas del agua circundante, 'empaquetan' sus heces en mucílago, con lo que consiguen aumentar su densidad y que se hundan más rápidamente. Otros las envuelven en ceras, con lo que las heces flotan hacia la superficie; en ambos casos se consigue que desaparezcan con celeridad del entorno de los planctones, que así no pierden eficiencia al filtrar de nuevo material ya procesado. Es claro que los paquetes fecales que ascienden hacia la superficie devuelven a ésta una pequeña parte de los nutrientes que continuamente se hunden por gravedad, de manera que los animales que los producen cumplirían el requisito de 'depredador superprudente' mencionado; pero también los que envuelven sus heces en mucílago y las envían hacia mayores profundidades lo serían (véase más adelante).

- e) *Animales que realizan migraciones horizontales.* Muchos animales, tanto del plancton (de forma pasiva) como del pélagos y del bentos (activamente, al menos en parte), realizan migraciones entre áreas productivas, en las que se alimentan, y otras que lo son menos, en las que viven, se reproducen, etc. De esta manera redistribuyen horizontalmente la producción oceánica.

Salvo los casos anecdóticos mencionados (morsas y cachalotes, planctontes que envuelven en cera sus heces), no existen organismos que retornen directamente a la superficie oceánica la materia orgánica que aquella pierde continuamente y que la empobrece en nutrientes. No hay, pues, depredadores superprudentes, altruistas, en el mar. Pero, en cambio, sí que hay especies que introducen materia orgánica en la primera parte del circuito físico (caída por gravedad), a veces ?empaquetándola? para que su caída sea más célere, con lo que coadyuvan al retorno más rápido de nutrientes a la zona fótica (a través de la segunda parte: ascenso por afloramiento, frentes, mareas, etc.).

En realidad, esto ocurre también en tierra: las plantas, de las que más arriba se cantaron las excelencias como perfectas máquinas de transporte de nutrientes desde el suelo a las hojas, no hacen otra cosa que sacar partido de mecanismos físicos: evaporación, capilaridad, etc. Lo mismo puede decirse de los organismos marinos: inyectan materia orgánica en la cinta transportadora sin fin que es el hundimiento y afloramiento de las aguas, lo que les permite participar en el ciclado de los nutrientes de manera pasiva. Si tuvieran que hacerlo activamente (si fueran verdaderos ?depredadores superprudentes?) necesitarían energía externa y violarían unas cuantas leyes físicas básicas.

Regularidades en la composición de sistemas que funcionan, y otros ámbitos de interés

El estudio de la distribución de las abundancias de las especies de una comunidad, su diversidad, fue uno de los campos en el que Margalef hizo aportaciones más valiosas. Éstas no se limitaron, como se suele creer, a la adopción del índice de Shannon-Wiener, tomado de la teoría de la información, o al diseño de índices propios, todos los cuales aplicaría en especial a las numerosísimas muestras de fitoplancton que identificó y cuantificó a lo largo de su vida (varios miles; véase, por ejemplo, Margalef, 1997).

Además de las consabidas y clásicas analogías entre la abundancia relativa de determinados oficios y profesiones en un colectivo humano y la de las especies en un ecosistema, o la comparación del lenguaje popular poco sofisticado (?cálido?, monótono y poco diverso) con el lenguaje literario (?frío?, rico e incluso pedante), que por primera vez permitía un interesante análisis del ?estilo? literario de distintos escritores, Margalef exploró la diversidad y la conectancia de sistemas artificiales funcionales.

Dirigió sendas tesis de licenciatura (Marrasé, 1981; Gutiérrez, 1981) que analizaban la diversidad y la conectancia de los componentes mecánicos de modelos funcionales (molinos, telares, coches, etc.) de ?Meccano? (**Fig. 3**) y de circuitos electrónicos diversos (amplificadores, compresores de audio, receptores, transmisores, etc.) usados en la construcción de aparatos electrónicos (televisores, radios, etc.).

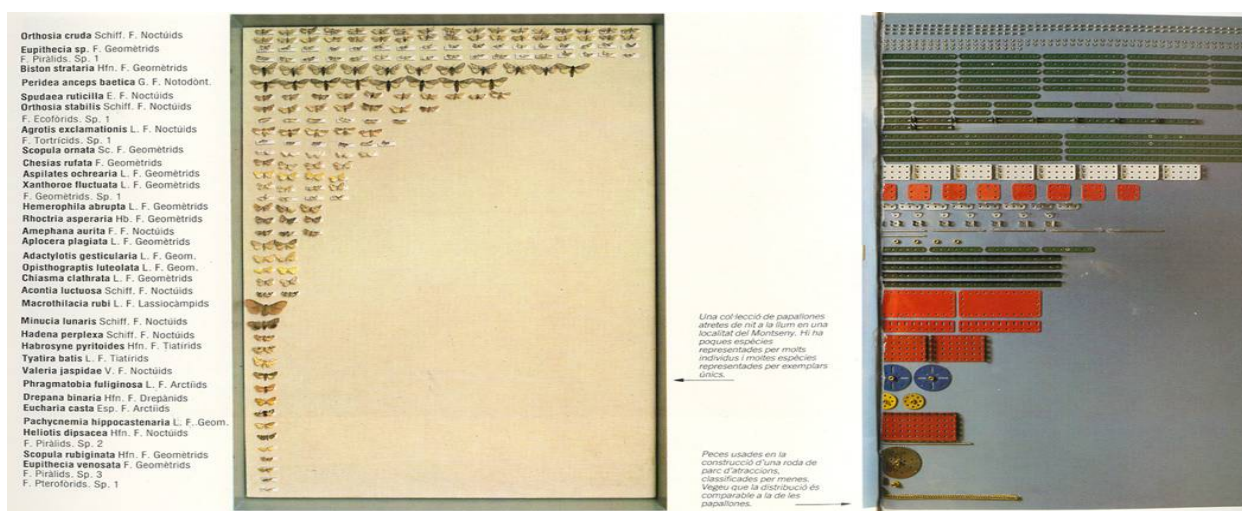


Figura 3. La distribución de las piezas de un artillugio de ?Meccano? que remeda la de especies en un ecosistema. (De L'Ecologia.)

Los resultados no sólo apuntaban a una similitud sustancial entre los sistemas naturales y los artificiales, sino a la relación inversa entre diversidad y conectividad: cuantos más elementos (especies, piezas de ?Meccano?, componentes eléctricos y electrónicos, etc.) posee un sistema funcional, menos relacionados (interconectados) entre sí se hallan éstos. Y viceversa: cuántos menos elementos, más conectividad muestran. Un aparato electrónico no puede tener todos sus elementos conectados (se cortocircuitaría), un modelo mecánico tampoco (no se movería), y lo mismo vale para un ecosistema, a menos que esté constituido por tan pocos elementos (tundra ártica, fauna cavernícola, microcosmos, etc.) que la mutua interdependencia sea obligada. La conectividad de los ecosistemas muy diversos, como la selva tropical o el arrecife de coral, es bajísima.

Últimamente había otros dos grandes temas que atraían la atención de Margalef, y sin duda habría conseguido desentrañar en ellos algún paradigma como los anteriormente citados si la salud se lo hubiera permitido. El primero era el que podríamos calificar de ?las moscas del 2, del 4, del 8?, y el segundo el de la ?inversión topológica del paisaje?.

Zapatos, clavos o sobres para cartas, entre otros artefactos, no se encuentran en el comercio en toda la gama de tamaños posibles, sino que se ha llegado a una estandarización de tamaños concretos. En la naturaleza pasa lo mismo, y ya hace tiempo que se ha establecido que diferentes especies emparentadas que tienen un mismo papel ecológico están separadas por una determinada diferencia de tamaño. Lo que no era tan evidente es que algunas de estas especies de tamaño ? estándar? parecen tener un número de células (en las alas de dípteros y lepidópteros, donde se pueden contar bien, en el cuerpo de otros invertebrados, y quizá en otros caracteres merísticos de los vertebrados o las plantas) que es la segunda, tercera, cuarta potencia del número de células de la especie más pequeña: una especie (por ejemplo, de mosca) tiene n células, y la especie que la sigue en tamaño tiene n^2 , y la siguiente n^3 células, etc. Descubrir si esta situación es general, qué mecanismo de desarrollo hay detrás, y qué significado tenía en el proceso evolutivo, era uno de estos retos que interesaban a Margalef.

Al igual que la inversión de la topología dinámica del paisaje (**Fig. 4**), es decir, la transformación del territorio de cualquier país occidental, que antes era relativamente natural, poco transitado y salpicado de unos pocos núcleos habitados, en el *totum revolutum* actual, repleto de conurbaciones y otros hábitats humanos y, sobre todo, de vías de transporte de todo tipo por donde transitan vehículos e información y donde la naturaleza a duras penas sobrevive ante la imparable arremetida de nuestra especie. A Margalef le interesaba en especial como afecta al flujo de información esta inversión de fase, de qué manera se comportan las fronteras entre teselas más maduras y otras más activas? la esencia científica subyacente a lo que puede ser evidente para un naturalista, urbanista o paisajista, la aproximación holística al fenómeno concreto. Es, como todo en Margalef, un ejemplo de la manera en que se puede intentar averiguar cómo funciona el mundo a partir de una actitud de naturalista: curiosidad, amor por el objeto de estudio, interés en las interconexiones de los diferentes fenómenos naturales que, lentamente y con gran esfuerzo, se van desvelando.

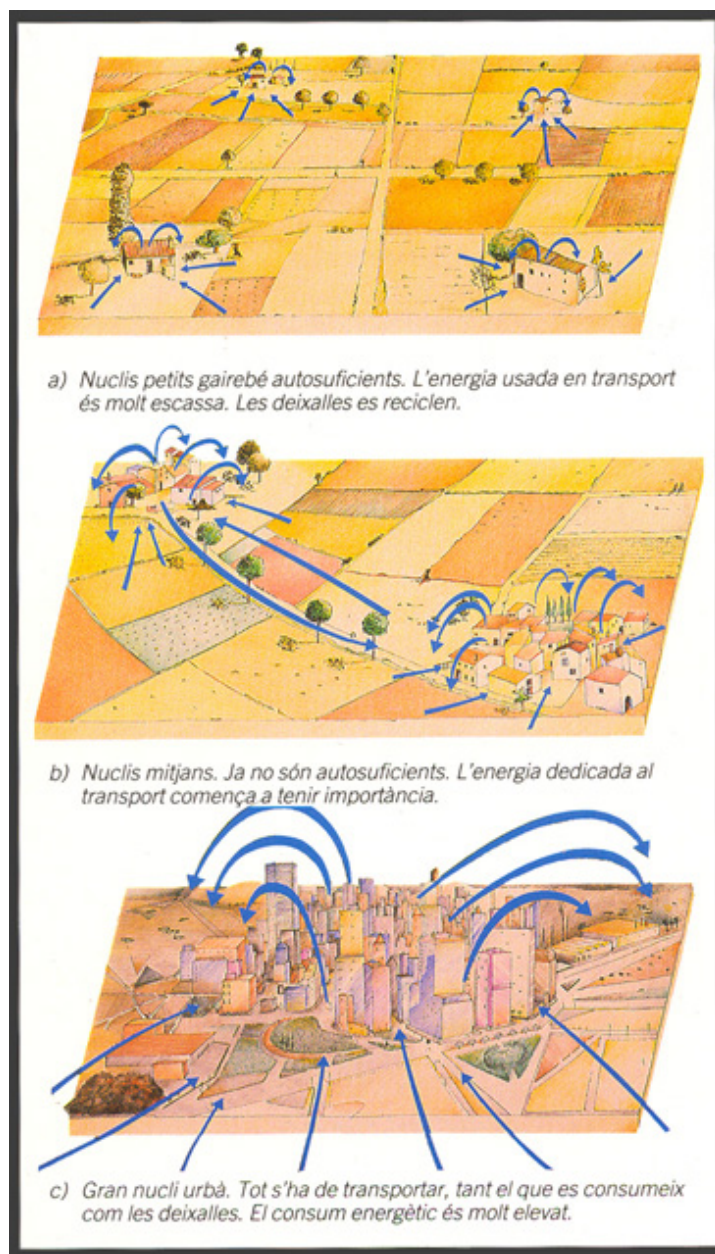


Figura 4. Cambios drásticos en la topología del paisaje pueden afectar a las interacciones entre teselas del mismo. (De L? Ecologia.)

Según Stephen Jay Gould (1993), hay dos tipos de naturalistas: los galileanos (de Galileo) se deleitan en los enigmas intelectuales de la naturaleza pero, sin negar su belleza visceral, intentan encontrar la explicación científica de dichos enigmas. Los naturalistas franciscanos (de San Francisco de Asís), en cambio, se contentan con disfrutar de la contemplación de la naturaleza, a la que exaltan con palabras que suelen ser bellas y profundas: son los poetas de la naturaleza. Según Edward O. Wilson (1999), el mundo, en toda su multifacética complejidad, es explicable a partir de unos mismos principios generales, básicamente físicos, que son de aplicación a la vez a las ciencias y a las humanidades, y que Wilson denomina consiliencia. Hace unos años dediqué uno de mis libros, de artículos y ensayos sobre ciencia (Ros, 1999, 2004) ?A Ramon Margalef, naturalista galileano y científico consiliente *avant la lettre*??.

Referencias

Gould, S. J. 1993. *¿Brontosaurus? y la nalga del ministro*. Crítica. Barcelona

Gutiérrez, E. 1981. *Organización de los ecosistemas. Análisis del concepto de conectancia por medio de la simulación y uso de artefactos análogos*. Tesis de licenciatura. Universitat de Barcelona.

Margalef, R. 1974. *Ecología*. Omega. Barcelona.

Margalef, R. 1981. Meditació sobre la recerca a la Universitat. En: *Sobre les formes de l'activitat universitària*. Acte inaugural del curs 1981-82:39-63. Universitat de Barcelona. Barcelona.

Margalef, R. 1991. Perspectives de la creació científica (a Catalunya). En: *La recerca a Catalunya, repte de futur*, 205-218. CIRIT. Barcelona.

Margalef, R. 1997. *Our biosphere*. Excellence in Ecology, 10. Ecology Institute. Oldendorf/Luhe

Margalef, R. 2004. Notes autobiogràfiques de Ramon Margalef López. Inédito.

Marrasé, C. 1981. *El concepto de diversidad en sistemas de diferente naturaleza: Analogías entre sistemas mecánicos y ecosistemas*. Tesis de licenciatura. Universitat de Barcelona.

Ros, J. D. (ed.). 1979. *Prácticas de Ecología*. Omega. Barcelona

Ros, J. D. 1991. Ramon Margalef, limnologist, marine biologist, ecologist, naturalist. En: *Homage to Ramon Margalef, or Why there is such pleasure in studying nature*. (Ros, J. D. & Prat, N., eds.) *Oecologia aquatica*, 10:413-423

Ros, J. D. 1999. *Proposicions il·luminadores i insensates. Reflexions sobre ciència*. Empúries. Barcelona

Ros, J. D. 2004. *El segle de l'ecologia*. Bromera. Alzira.

Ros, J. D. & Prat eds. 1991. *Homage to Ramon Margalef, or Why there is such pleasure in studying nature*. *Oecologia Aquatica*, 10:413-423

Wilson, E. O. 1999. *Consilience. La unidad del conocimiento*. Galaxia Gutenberg. Barcelona