

LA IMPLANTACIÓN DE LA ECOLOGÍA EN ESPAÑA

Francisco García Novo

Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales

INDICE

1 ¿Qué es la Ecología?

2 Los antecedentes naturalistas

3 Los años 50: a Ecología arraiga en el CSIC

4 Doñana a escena

5 Los años 60: el Instituto de Edafología

6 Los años 70: la Ecología se implanta en la Universidad

7 La expansión de los años 80

8 Algunos libros de Ecología

9 La Ecología al doblar el siglo: madurez y transversalidad

Referencias

Esta publicación es una separata divulgativa para uso científico y debe citarse de la forma siguiente (o adaptada al formato que convenga):

García Novo, F., 2009, **La implantación de la Ecología en España**. En *Ciencia y Tecnología*, C. Sánchez del Río, E. Muñoz y E. Alarcón Eds. en S. del Campo y J. F. Tezanos Eds. *España Siglo XXI*, Biblioteca Nueva, Madrid, 4:205-242

ESPAÑA SIGLO XXI
Salustiano del Campo y José Félix Tezanos

DIRECTORES

CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Carlos Sánchez del Río _ Emilio Muñoz _ Enrique Alarcón

EDITORES

BIBLIOTECA NUEVA

4

ESPAÑA SIGLO XXI

Salustiano del Campo y José Félix Tezanos
Directores

4

CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Carlos Sánchez del Río, Emilio Muñoz
y Enrique Alarcón
Editores



FUNDACION SISTEMA

BIBLIOTECA NUEVA

1118		Índice
CAPÍTULO 4.	<i>La física de la materia condensada en España</i> , por Antonio Hernando y Juan Manuel Rojo	179
	Introducción, 179. La física en la España de la Pleguerra, 180. La aparición de la física del estado sólido, 184. Consolidación y despegue, 186. Realidad y tendencias actuales, 188. Algún índice de calidad, 200. Conclusiones, 203. Agradecimientos, 203. Bibliografía, 203.	
CAPÍTULO 5.	<i>La implantación de la ecología en España</i> , por Francisco García Novo ..	205
	¿Qué es la ecología?, 205. Los antecedentes naturalistas, 207. Los años 50: la ecología arraiga en el CSIC, 209. Doñana, a escena, 212. Los años 60: el Instituto de Edafología, 215. Los años 70: la Ecología se implanta en la Universidad, 217. La expansión de los años 80, 222. Desarrollo bibliográfico, 231. La Ecología al doblar el siglo: madurez y transversalidad, 235. Bibliografía, 240.	
CAPÍTULO 6.	<i>La geología en la España actual</i> , por Juan Antonio Vera Torres	243
	Introducción, 243. Situación de la geología española entre 1975 y 1986, 245. El gran desarrollo de la geología en España (de 1986 a la actualidad), 249. Centros españoles de investigación geológica en la actualidad, 251. La Sociedad Geológica de España, 258. La geología española actual en el contexto internacional, 260. Consideraciones finales, 269. Bibliografía, 270.	
CAPÍTULO 7.	<i>Química orgánica</i> , por José Elguero Bertolini	273
	Introducción, 273. Químicos orgánicos, 274. Bibliografía, 306.	
CAPÍTULO 8.	<i>La informática en España</i> , por Mateo Valero Cortés y Josep Mompín Poblet	317
	Introducción, 317. Los predecesores de la informática en España: las tabuladoras, 319. Generaciones de computadores, 320. La evolución del mercado en España, 327. El mercado del software, 338. Teleinformática, 341. La informática en la escuela, 347. La enseñanza universitaria de la informática, 349. El fenómeno Internet, 351. Plan Avanza, 358. La I+D en informática, 360. La informática en la empresa, 366. Las tecnologías de la información, claves del futuro, 369. Conclusiones, 372. Bibliografía, 372.	
CAPÍTULO 9.	<i>Química inorgánica</i> , por Miguel Ángel Alario y Franco y Ernesto Carmona Guzmán	375
	Introducción, 375. Química de coordinación. Materiales moleculares y macromoleculares con propiedades magnéticas, eléctricas u ópticas de interés. Química bioinorgánica, 378. Química organometálica. Catálisis Homogénea, 384. Química del estado sólido. Química de materiales y nanomateriales. Catálisis heterogénea, 400. Bibliografía, 418.	
CAPÍTULO 10.	<i>Paleontología</i> , por Emiliano Aguirre Enríquez	419
	I, 419. II, 425. III, 441. IV, 448. V, 454. VI, 456. Bibliografía, 461.	

La implantación de la ecología en España

FRANCISCO GARCÍA NOVO

I. ¿QUÉ ES LA ECOLOGÍA?

La ecología es la rama de la biología que estudia la interacción de los organismos entre sí y con su entorno. El objeto de la Ecología pasa del ser vivo a la interacción, del inventario a la trama de relaciones, desde los niveles moleculares de organización a los grandes biomas. La ecología enfoca su interés en la dinámica y regulación de los individuos, sus poblaciones y comunidades y de estos con su entorno. De la mano de la evolución rastrea las comunidades en el tiempo, interpretando su composición como una herencia dinámica de la biosfera que impulsa la transformación de la vida y su distribución planetaria.

Se ha consolidado como disciplina científica independiente en la primera mitad del siglo xx mediante una convergencia desde la zoología y la botánica, con aportaciones propias sobre el funcionamiento de los medios terrestres y de las masas de agua de lagos, mares y océanos.

Las relaciones entre ecología y evolución explican que ecólogos y evolucionistas sitúen a la obra de Carlos Darwin en el origen común de ambas ciencias. Entre las dos han reformulado la interpretación de la biosfera: desde considerarla una colección heredada de especies fijas, a percibirla como un sistema que genera sin cesar nuevas formas de vida y las ensambla en conjuntos funcionales, siempre renovados en el marco geológico cambiante.

La emergencia de la ecología en las ciencias naturales se produce por una reinterpretación dinámica de los procesos biológicos y no como un cuerpo de doctrina científica levantado sobre algunos principios. La voz ecología fue acuñada por Aldous Ernst Haeckel en 1869, tomando la raíz «casa», οικος, que más tarde servirá también para nombrar la economía. La *casa humana* se inserta en la *casa natural* que constituye su

LA IMPLANTACIÓN DE LA ECOLOGÍA EN ESPAÑA

INDICE

4 ¿Qué es la Ecología?

5 Los antecedentes naturalistas

6 Los años 50: a Ecología arraiga en el CSIC

4 Doñana a escena

5 Los años 60: el Instituto de Edafología

6 Los años 70: la Ecología se implanta en la Universidad

7 La expansión de los años 80

8 Algunos libros de Ecología

9 La Ecología al doblar el siglo: madurez y transversalidad

Referencias

1. ¿Qué es la Ecología?

La Ecología es la rama de la Biología que estudia la interacción de los organismos entre sí y con su entorno. El objeto de la Ecología pasa del ser vivo a la interacción, del inventario a la trama de relaciones, desde los niveles moleculares de organización a los grandes biomas. La Ecología enfoca su interés en la dinámica y regulación de los individuos, sus poblaciones y comunidades y de estos con su entorno. De la mano de la Evolución rastrea las comunidades en el tiempo, interpretando su composición como una herencia dinámica de la biosfera que impulsa la transformación de la vida y su distribución planetaria.

Se ha consolidado como disciplina científica independiente en la primera mitad del siglo XX mediante una convergencia desde la zoología y la botánica, con aportaciones propias sobre el funcionamiento de los medios terrestres y de las masas de agua de lagos, mares y océanos.

Las relaciones entre Ecología y Evolución explican que ecólogos y evolucionistas sitúen a la obra de Carlos Darwin en el origen común de ambas ciencias. Entre las dos han reformulado la interpretación de la biosfera: desde considerarla una colección heredada de especies fijas, a percibirla como un sistema que genera sin cesar nuevas formas de vida y las ensambla en conjuntos funcionales, siempre renovados en el marco geológico cambiante.

La emergencia de la Ecología en las Ciencias Naturales se produce por una reinterpretación dinámica de los procesos biológicos y no como un cuerpo de doctrina científica levantado sobre algunos principios. La voz Ecología fue acuñada por Aldous Ernst Haeckel en 1869, tomando la raíz "casa", οἶκος, que más tarde servirá también para nombrar la Economía. La *casa humana* se inserta en la *casa natural* que constituye su *medio ambiente*. Las tres expresiones tendrán profundas repercusiones en la sociedad del siglo XX.

Los procesos ecológicos admiten al menos dos tipos de interpretación, que a veces se etiquetan Ecología funcional y Ecología evolutiva:

-la *Ecología funcional*, también llamada Ecología de sistemas o microecológica, ofrece interpretaciones instantáneas de las relaciones observadas, explicando las interacciones en términos de abundancia de los componentes de la comunidad, su diversidad y las características del ambiente.

-la *Ecología evolutiva* o macroecológica, ofrece interpretaciones históricas, evolutivas, para organismos y comunidades, explicando las interacciones en un contexto secuencial que abarca el medio físico y los organismos. Las interacciones existen porque los bucles reguladores entre organismos pueden acoplarse, conduciendo un proceso largo que ha seleccionado a los linajes evolutivos en la dinámica del ecosistema.

Peter W. Price¹ (2003) menciona a la causación local como paradigma de la Ecología funcional o de sistemas que enfrenta al paradigma de la acumulación de causaciones antiguas de la Ecología evolutiva. Ambos son legítimos y complementarios. Los caracteres del individuo, herencia evolutiva de su linaje, son la interfase ecológica que le permite supervivencia, reproducción y dispersión. Las líneas evolutivas escindidas en la superficie planetaria explican el antiguo origen y la biogeografía. Las tramas ecológicas, resueltas en interacciones, explican la composición y regulación actual de las comunidades.

El desenvolvimiento de aspectos teóricos en la Ecología para configurar una *ciencia de los sistemas ecológicos* ha acuñado conceptos y encontrado patrones o leyes que se repiten en diferentes comunidades y medios y han sido reconocidas como principios ecológicos generales. La gran variedad de organismos, medios y escalas de observación, ha mantenido como disciplinas independientes la Oceanografía, la Limnología, la Ecología de la vegetación, la Ecología animal o la microbiana; la Ecología evolutiva, la Ecofisiología vegetal, la Ecología de sistemas o la Ecología humana. Probablemente la autonomía de cada rama ecológica haya servido para profundizar aspectos diferentes, finalmente complementarios. Pero también ha impedido que los descubrimientos en una de ellas se hayan incorporado con facilidad al acervo común de la Ecología.

Otra dualidad se ha producido entre los aspectos básicos y aplicados a causa de la expansión social de los temas ambientales y su asimilación con la Ecología en el lenguaje común. La voz *ecologista* es definida por la Real Academia de la Lengua en el DRAE (2007) como adjetivo: *que propugna la necesidad de proteger la naturaleza* y como sustantivo: *persona que es partidaria de la defensa ecológica*. No hay en otras ciencias el equivalente de una voz para referirse a los aficionados a la disciplina científica, convertida en un componente de la percepción social.

Aspectos aplicados como los efectos de la contaminación y otros impactos ambientales, la gestión de los recursos naturales, la conservación, el mantenimiento de la biodiversidad, pertenecen al ideario de los países avanzados y plantean demandas a la Ecología. Otras disciplinas se han sentido atraídas por la capacidad de integración de la Ecología para abordar los complejos sistemas naturales y han surgido la Economía Ecológica, la Biología de la Conservación, la Restauración Ecológica y un largo etcétera. La referencia a la Ecología puede servir de señuelo social: agricultura ecológica, producción ecológica, política ecológica y el calificativo ecológico a multitud de temas ajenos a la Ecología y a la ciencia.

¹ De la Northern Arizona University, ha trabajado extensamente en las relaciones ecológicas y evolutivas de plantas e insectos. La referencia esta tomada de su libro *Macroevolutionary theory on Macroecological patterns*. Cambridge University Press, Cambridge, 2003.

En el capítulo se han tomado como hilo conductor las biografías de los naturalistas que introducen la Ecología y a partir de 1975, el despliegue de los centros contemporáneos de investigación ecológica en España y la penetración social de los temas medioambientales. La mayoría de los discípulos de las figuras pioneras del siglo XX forman hoy el grueso de la Ecología en España. Se han dejado fuera a campos afines a la Ecología y la Limnología, como la Oceanografía, la Fitosociología o el Medio ambiente.

Existen bastantes trabajos sobre la historia de la Ecología, la Limnología y otras ciencias naturales en España. Entre los autores destacan Luis Alfredo Baratas (Baratas y Joaquín Fernández 1998), Santos Casado (Casado y Montes 1992) y Josep M. Camarasa (2000) y otros historiadores de la ciencia como José María Sánchez Ron y la escuela de López Piñero de Valencia.

2. Los antecedentes naturalistas.

La Ecología en España toma forma entre los naturalistas, primeros científicos que se interesaron por la nueva disciplina. A principios del siglo XX las Ciencias Naturales contaban con el Museo Nacional de Ciencias Naturales, con las Secciones de Zoología y Geología y el Real Jardín Botánico en Madrid. En 1910 se crea el *Instituto Nacional de Ciencias Físico-Naturales* agrupando el Museo Nacional de Ciencias Naturales, el Museo Antropológico, el Jardín Botánico, la *Estación de Biología Marina y Botánica de Santander*, la *Misión Biológica de Galicia* y la *Estación Alpina de Biología del Guadarrama*. En Barcelona, los *Museos de Ciencias Naturales de Cataluña*, en el Parque de la Ciutadella, contando con el Museo de Geología de Francesc Martorell, la Estufa fría, el Umbráculo y el Castell dels Tres Dragons que albergaba las colecciones de zoología. El *Instituto Español de Oceanografía*, creado en 1914, agrupará los centros existentes, la *Estación de Biología de Santander*, el *Laboratorio Biológico Marino de Baleares* en Porto Pi y la *Estación Biológica-Marina de Málaga*, a los que se añaden los de Vigo y Canarias.

Existían otros Jardines botánicos y colecciones importantes de muestras animales, minerales y herbarios en los Gabinetes de Ciencias Naturales de algunas universidades (como Sevilla, Murcia, Valencia y Zaragoza), las Escuelas de Ingenieros de Minas y Montes y los Institutos de Enseñanza media. En 1926 se inauguran en Madrid las instalaciones del *Instituto Geológico de España*, con excelentes colecciones de rocas y minerales. En Barcelona se inicia en 1930 la construcción del *Jardín Botánico*. El *Instituto Botánico de Barcelona* creado en 1934 por Pío Font i Quer se traslada a un pabellón cercano en 1940. Las instituciones mencionadas, impulsaron el desarrollo naturalista en el siglo XX, hasta la Guerra Civil (1936-39).

El *Primer Congreso de Naturalistas Españoles* tiene lugar en 1908. Entre las sociedades científicas destacaban la *Real Sociedad Española de Historia Natural*, fundada en 1871, con secciones en varias provincias. Publicaba los *Boletines* y las *Memorias* y desde 1926 las *Conferencias y Reseñas Científicas*. En 1932 publicará la *Revista Española de Biología*, con Río Hortega como redactor jefe y con Cajal como presidente. La *Institució Catalana d'Història Natural* (fundada en 1899) inicia la publicación en catalán del *Butlletí* en 1901, presentándolo como *fulla franca als aficionats a les ciències naturals*. Mas adelante editarán los *Treballs*. La *Sociedad Aragonesa de Ciencias Naturales* en Zaragoza, fundada en 1902, que publicaba sus *Actas* y *Memorias*. Cambia su denominación en 1919 por *Sociedad Ibérica de Ciencias Naturales*.

La Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, con sede en Madrid, creada en 1847, publicaba las *Actas*, *Memorias*, y la *Revista de Ciencias*, con atención a los temas naturalistas presentes ocasionalmente en otras academias como la de Farmacia

o en la Real Sociedad Geográfica. La *Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona* creada en 1764 como organismo consultivo de la Corona en el Principado de Cataluña, poseía colecciones naturalistas y publicaba sus *Memorias*.

La Sección de Valencia de la Real Sociedad de Historia Natural (1913-1939) tuvo un papel pionero en la incorporación de la Ecología. Celso Arévalo Carretero (1885-1944). Catedrático de Historia Natural y Fisiología e Higiene en el Instituto General y Técnico de Valencia creará allí el *Laboratorio de Hidrobiología Española* en 1917, sede de la Sección Valenciana. Arévalo estudia el agua, plancton y bentos de la Albufera de Valencia desde 1914 y publicará *Los métodos en la investigación planctónica* en 1920. Se traslada en 1919 a Madrid publicando la primera monografía de Limnología: *La vida en las aguas Dulces* en 1929. Luis Pardo García (1897-1958), su discípulo, se hace cargo del Laboratorio de Hidrobiología y más tarde (1948) publica *Los lagos de España* documentando 2474 masas lacustres. En el prólogo cita 522 títulos, la primera revisión bibliográfica de la Limnología de España.

Emilio Huguet del Villar (1871-1951) fue secretario de la Comisión de Edafología y Geobotánica de España y pionero en las relaciones entre vegetación y suelo, publicando *Geobotánica* (1929). Inicia la edafología, voz acuñada por él, publicando *Los suelos de la península Lusobélica* en 1937 y en 1938 el *Mapa* a escala 1/1.500.000. En el mismo año 1929 la Editorial Labor de Barcelona publicaba dos monografías pioneras en nuestra literatura científica: la de Arévalo y la de Villar. Limnología y Ecología aparecían en el panorama científico español.

La Ecología en el primer tercio del siglo XX profundizará en los aspectos de regulación y funcionamiento trascendiendo las especies individuales y cuestionando los modelos sucesionales hacia climax que proponía la escuela de Chicago. La escuela rusa con Vasili V. Dokucháyev prestará atención al sustrato para integrar suelo y agua. Su discípulo Vladímir I. Vernadski, integrará a los organismos en un ciclo geoquímico más amplio que la comunidad, donde participan atmósfera, océanos, rocas y suelos. Existía una controversia sobre la significación de las unidades de vegetación. En Europa, entre unidades discretas y epiorganismos y en Estados Unidos entre unidades estables y sucesionales, el *continuum* de las escuelas de Wisconsin y Chicago. El botánico inglés Arthur G. Tansley propone en 1935 tratarlas como sistemas físicos y denominarlas simplemente *ecological systems*. *Ecosystem*, ecosistema, con énfasis físico, ha facilitado el análisis de los flujos de materia, energía, información, la detección de procesos reguladores y el modelado. Sin embargo no ha evitado la proliferación nominalista. En los sistemas acuáticos los primeros pasos de Brice, Juday o los hermanos Odum, siguiendo el flujo de la energía y la vigorosa personalidad de Hutchinson, han integrado el tránsito energético, la circulación de materiales y el desarrollo de la comunidad en los medios acuáticos. Lindeman en 1942 da el paso definitivo extendiendo el proceso a los sistemas terrestres.

La penetración de estos conceptos ecológicos en España tardará en llegar. La Geografía botánica y los estudios limnológicos y oceanográficos prosiguen tareas taxonómicas y los medios científicos eran modestos. La Guerra Civil (1936-39) y la represión política, redujeron aproximadamente a la mitad los claustros de las 12 universidades existentes. El Gobierno del General Franco suprime la Institución Libre de Enseñanza y la Junta de Ampliación de Estudios en 1938, incautando sus centros.

El Consejo Superior de Investigaciones Científicas, (CSIC) se constituye en 1939 y su Secretario General José María Albareda Herrera (1902-1966) tratará de recomponer la investigación durante el periodo difícil de opresión política y penuria económica. Algunos supervivientes del brillante periodo naturalista que se extingue con la República, superan la fase oscura de la posguerra y estimulan a las nuevas generaciones para implantar la Ecología en España.

3. Los años 50: la Ecología arraiga en el CSIC

En 1942 el CSIC crea el primer instituto de Ecología: *Instituto de Edafología, Ecología y Biología Vegetal*. Publica los *Anales del Instituto de Edafología, Ecología y Biología Vegetal* que desde el primer número (1942) ofrece trabajos ecológicos sobre vegetación además de otros sobre Edafología y Fisiología vegetal. Sin embargo en 1949 cambia el nombre a *Instituto de Edafología y Fisiología Vegetal*, perdiendo a la Ecología. El *Instituto de Biología Aplicada* del CSIC creado en el 1943 bajo la dirección de Francisco García del Cid, Catedrático de Zoología de la Universidad de Barcelona y especialista en ictiología, comenzó a funcionar en la propia Universidad. En 1949 se crea la Sección de Biología Marina que se instalará en otro edificio pasando a denominarse *Instituto de Investigaciones Pesqueras* en 1951 y desarrollando nuevas sedes en Vigo y Cádiz además de los laboratorios de Blanes, Vinaroz y Castellón.

En España, la primera figura de la Ecología es Ramón Margalef, primero en el tiempo y primero por el alcance de sus investigaciones y la proyección mundial.

Ramón Margalef López (1919-2004) era natural de Barcelona. La Guerra civil trastocó su carrera y en los años 40 era agente de seguros y subalterno en el *Instituto Botánico* de Barcelona, escribiendo obritas de divulgación sobre naturaleza. Su afición le llevó a estudiar en su domicilio los medios acuáticos y adquirir un microscopio. García del Cid y Albareda le consiguen una beca para poder cursar Ciencias Naturales en la Universidad de Barcelona, graduándose en 1949 y realizando la Tesis doctoral en el Instituto de Biología Aplicada del CSIC en Barcelona sobre *Temperatura y morfología de los seres vivos* que presentó en 1951 en la Universidad Central². Se incorpora al Instituto de Investigaciones Pesqueras y García del Cid lo pone en contacto con Sydney Galler, enviado de Estados Unidos, que facilitará sus estancias en USA y sus desplazamientos, a escala casi global, en el MATS (*Military Air Transport Service*). El joven doctor acumula rápidamente experiencias y contactos proyectándose internacionalmente.

Poseía una inteligencia y una memoria excepcionales que le permitieron desenvolverse con facilidad en la sistemática del zooplancton, el fitoplancton, los peces y otros grupos de su interés (como los Neurópteros). Lector tenaz de la bibliografía mundial en múltiples lenguas, infatigable curioso y viajero, buscaba el lenguaje físico y matemático, progresando desde los organismos hacia la teoría ecológica para interpretar los ecosistemas y las comunidades. Su motivación profunda era la naturalista, como recoge el título del volumen colectivo de sus discípulos (Ros y Prat, 1991) *Homage to Ramon Margalef or why there is such a pleasure in studying Nature*. Carlos Gracia (en Valladares *et al.* 2008) destaca su permanente sentido crítico y su rabiosa independencia, que lo mantuvo en el frente científico y lo alejó de la política. De hecho lo enfrentó a la clase política gobernante en las instituciones y en el propio CSIC, que con frecuencia le dio un trato impropio.

Los primeros trabajos de Margalef, cuando era estudiante, son taxonómicos y fitosociológicos, que el autor calificará más tarde *pecadillos de juventud*. En los 50s publica una monografía sobre plancton marino y amplía su presencia en revistas internacionales *Verhandlungen, Vie et Milieu, Hidrobiologia, Archiv. Hydrobiologie*. La serie de 11 trabajos sobre taxonomía de algas planctónicas en *Collectanea Botanica* aparecidos entre 1946 y 1957 permitirá trabajar en fitoplancton con cierta garantía sistemática e incluye (1947) un

² La Universidad Central, con sede en Madrid, era el centro facultado para otorgar el grado de Doctor en España. Mas adelante, las restantes universidades pudieron otorgar doctorados. Desde 1970 se denominará Universidad Complutense de Madrid.

trabajo metodológico. En 1947 publica una monografía: *Limnosociología* a la que seguirá *Los Crustáceos de las aguas continentales ibéricas* (1953) que constituirá una referencia para el zooplancton peninsular y *Los organismos Indicadores en la limnología* (1955) donde esboza la futura *Limnología*. Para Margalef la presentación en 1956 ante la Scripps Institution of Oceanography de su comunicación sobre *Temporal succession and spatial heterogeneity in phytoplankton*, representó el inicio de su carrera científica.

En 1957 en el Discurso de Ingreso en la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona³ titulado *La Teoría de la información en Ecología* (Margalef 1957), desarrolla la sugerencia de Quastler en 1953 para tratar la complejidad de las comunidades y sus interacciones aplicando la Teoría de la Información iniciada en 1947 por Claude E. Shannon en *A mathematical theory of communication*. La importancia del *Discurso*, abriendo cauces para comprender el significado de la diversidad, hace que se publique en inglés en 1958 en *General Systems*.

Glenn Evelyn Hutchinson, el limnólogo más destacado del siglo XX, planteó en 1959 (*Homage to Santa Rosalia*) y 1961 (*The Paradox of the plankton*) la (paradójica) coexistencia de numerosas especies planctónicas, en el homogéneo medio acuático, sin que lleguen a excluirse. Sugiere (1961) que un rango apropiado de frecuencias de perturbación probablemente impedía la exclusión competitiva. Margalef en 1967 propondrá otra explicación: el muestreo mezcla medios diferentes generados por la regulación autónoma del medio físico (energía externa) que diferencia tipos de masas de agua hacia los que cada especie se orienta. La existencia de un límite superior para la diversidad de la comunidad la presenta en *Homage to Evelyn Hutchinson* (1972). Evocando el título, en 1991, sus discípulos dedicarán *Homage to Ramón Margalef* a su maestro. El autor volverá sobre la diversidad repetidamente, proponiendo en 1991 como símil de la biodiversidad natural, de su riqueza de especies, al diccionario y cómo símil de la diversidad, al lenguaje, que enlaza funcionalmente las voces. En la contribución última del autor (2006) sugiere otra comparación atractiva: los reservorios de diversidad como los fondos lacustres y los suelos, protegen a las formas de resistencia y bombean biodiversidad a las comunidades.

Margalef en 1958 profundiza en la sucesión del plancton, el papel de los nutrientes y las condiciones de la masa de agua en sucesivas generaciones de los organismos, proponiendo interpretaciones paleoecológicas de los restos del plancton en lagunas del norte de España asociando caracteres de las especies y estadio de la sucesión. Evidencia mecanismos sucesionales de ciclo largo en lagos, que evocaban los modelos forestales de Cowles y Clements y parecían ausentes de los medios acuáticos. Plantea la sucesión como un proceso autoorganizativo formulando principios generales, presentes en aguas continentales y marinas. *On certain unifying principles in Ecology* publicado en *American Naturalist* (Margalef 1963) tiene gran repercusión. La Ecología española adquiere audiencia internacional.

En los años 60 tuvo ocasión de estudiar las comunidades oceánicas en América Central y América del Sur publicando en 1962 en la Universidad de Puerto Rico *Comunidades Naturales*, un volumen de 466 páginas, su primera síntesis de la Ecología.

En 1965, a los 16 años de su graduación, había publicado 206 trabajos de Limnología y Oceanografía con avances significativos en la teoría ecológica, siendo una personalidad científica reconocida mundialmente. En 1966, invitado por la Universidad de Chicago, imparte un ciclo de conferencias que se publican como *Perspectives in Ecological theory*

³ Tras su ingreso, Margalef publicará otras Monografías en la Academia: *El Ecosistema pelágico de un area del Nediterráneo Occidental*, *Estudio sobre la distribución del plancton a diferentes escalas*, *La Limnología a Catalunya*, *La Biosfera sota l'imperi de l'home* y el Discurso de Recepción en repuesta al de Ingreso en la Academia de Marta Estrada Mirayes, una de sus discípulas (1999).

(Margalef 1968). En páginas breves marca direcciones de futuro y ofrece una base firme, más física que biológica, donde asentar la Ecología. Comparado con un texto popular entonces *Fundamentals of Ecology* de Eugene Odum (1953 primera edición) se percibe que Margalef trata de incorporar ideas, herramientas y sugerencias en la frontera, dando por conocido lo construido hasta entonces (flujo de energía y nutrientes, organización, sucesión) que el texto de Odum explicaba extensamente.

En la Universidad española desaparece la licenciatura de Ciencias Naturales en 1953 (BOE 24 Agosto) creándose las de Ciencias Biológicas y Ciencias Geológicas. La evolución será patrimonio común de ambas licenciaturas pero la Ecología florecerá en la de Biología. Las Universidades comenzaban a percibir los cambios de paradigma en las Ciencias naturales que apuntaban a la Biología molecular y la Ecología.

Las Facultades de Ciencias de la Universidad Complutense de Madrid y la Universidad de Barcelona eran las únicas con Sección de Biología (primera promoción 1957). Desde 1964 se crean Secciones de Biología en otras Facultades de Ciencias y sus planes van entrando en vigor hasta la entrada de la Ley General de Educación de 1970. No había en 1953 en los Planes de Biología una materia de Ecología, (tampoco de Bioquímica) pero en Madrid Francisco Bellot, catedrático de Botánica, explicaba una Ecología vegetal de buen nivel. En la Universidad de Barcelona la enseñanza de la licenciatura de Biología era comparable a la de Madrid, pero la Ecología tomó pronto otros derroteros.

La primera cátedra de Ecología la obtiene Margalef en 1967 en la Universidad de Barcelona donde impartirá la *Ecología* (troncal) e iniciará una materia optativa nueva, la *Limnología*, dando preferencia a esta voz dominante en el mundo anglosajón frente a Hidrobiología empleada por Arévalo y Pardo. Un modesto laboratorio en el zaguán del monacal edificio de la Universidad, aprovechaba la cornisa del patio para mantener los depósitos de agua donde florecerían la Limnología y la Ecología en la Universidad española. Margalef se integra en la vida universitaria, manteniendo la actividad en el Instituto de Investigaciones Pesqueras hasta su renuncia al CSIC en 1977⁴.

4. Doñana, a escena

Francisco Bernis Madrazo (1916-2003), natural de Salamanca, siendo estudiante de bachillerato ingresa en la Real Sociedad Española de Historia Natural y publica su primer trabajo en 1933. Estudia Ciencias Naturales licenciándose en 1941 y obtiene en 1943 la cátedra de Ciencias Naturales del Instituto de Enseñanza Media de Lugo. Realiza la Tesis doctoral en botánica, aunque su interés eran ya las aves.

En 1952 decide estudiar el Coto de Doñana e invita a José Antonio Valverde, un joven estudiante de Valladolid. El Coto de Doñana era muy conocido como cazadero al que Alfonso XIII había acudido anualmente. *Wild Spain* (1899) y *Unexplored Spain* (1910) de los cazadores-naturalistas Abel Chapman y Walter Buck, habían hecho legendarias en Europa las tiradas de aves acuáticas en las Marismas y el atractivo de su fauna. Bernis y Valverde inician el anillamiento de garzas comenzando a trazar las pautas migratorias de nuestra avifauna. Bernis y Valverde publican en *Aranzadi*, una revista reciente (1948) de naturaleza y antropología, la descripción de las pajareras de Doñana (Bernis y Valverde 1952). Este trabajo y los de 1953 y 1954 en la misma revista, marcan el inicio de la investigación

⁴ La renuncia estuvo forzada por la dirección del CSIC. Margalef dejará a Investigaciones Pesqueras dotado con el *Cornide de Saavedra*, primer buque oceanográfico construido como tal. Había transcurrido más de medio siglo desde que Odón de Buen iniciara en 1914 las campañas oceanográficas españolas en el venerable vapor *Vasco Núñez de Balboa*.

ecológica en Doñana, los primeros censos, descripciones de colonias y migración de garzas y una sinopsis de sus ecosistemas.

En 1952 se iniciaban en la comarca de Doñana las repoblaciones de eucaliptos en suelos arenosos y se ampliaba el drenaje de las Marismas del Guadalquivir para el cultivo. Bernis y Valverde en el artículo de 1952 proponen⁵ su conservación, que se cumpliría gracias al esfuerzo de los autores. La creación de un Parque Nacional fue sugerida en 1953 por Bernis, autor del informe al Jefe del Estado General Franco para evitar la repoblación de eucaliptos presentado por Manuel María González Gordon copropietario del Coto de Doñana. La fase temprana de la conservación, su *germinación* en expresión de José Vicente de Lucio, de la Universidad de Alcalá, y la creación de los primeros Parques Nacionales había sido muy anterior, con el protagonismo de Eduardo Hernández Pacheco y Pedro Pidal, Marques de Villaviciosa, entre 1916 y los años 30.

En 1953, 1954 y 1957 tienen lugar las *Coto Donana Expeditions* internacionales. Tomaron parte Roger Peterson, Guy Mountfort y Peter Hollom, autores de *A Field guide to the birds of Britain and Europe* (aparecida en 1953), Sir Julian Huxley, Eric Hosking y Mauricio González Gordon, un excelente ornitólogo aficionado de la familia González Byass, copropietaria del Coto de Doñana, que apoyó materialmente las expediciones. Mountfort las recoge en un libro que se ha hecho clásico: *Portrait of a wilderness* (1958). Valverde asiste a la Tercera *Expedition* que le facilita el contacto con instituciones extranjeras. Doñana sustituirá a la Albufera de Valencia como el humedal de referencia en España.

En 1954 Bernis, Valverde, el geógrafo José Manuel Rubio de la Universidad de Sevilla, Mauricio González Gordon y el ornitólogo Pedro Wickert fundan la *Sociedad Española de Ornitología*, que será clave en la conservación. Bernis en 1954 publica el *Prontuario de la Avifauna de España* cuyas denominaciones vernáculas aplicará Mauricio González en su traducción de la *Field Guide* de Peterson: *Guía de campo de las Aves de Europa* (1965) facilitando la observación. El interés por la ornitología ha contribuido poderosamente a la conservación en España.

En 1956 obtiene Bernis la Cátedra de Zoología de Cordados de la Universidad de Madrid siendo nombrado Jefe de Sección del Museo Nacional de Ciencias Naturales. Estudia las migraciones de aves desde varios frentes: anillamiento, censos, observaciones en paso, e inicia en la Universidad Complutense de Madrid una escuela de estudios migratorios. Con Francisco Purroy realiza en 1977 el *Atlas de las Aves de España* y publica su obra de síntesis *La Migración de las aves en el Estrecho de Gibraltar* en 1980.

José Antonio (Tono) Valverde (1926-2003), natural de Valladolid, comienza sus publicaciones en *Nos Oiseaux* (1947) siendo estudiante de Ciencias Naturales. En 1952 describe el paso de las grullas en la Laguna de la Nava (Palencia) y los trabajos de Doñana y en 1955 publica *Essai sur l'aigrette garzette en France* fruto de su estancia en la Camarga, ofreciendo el análisis ecológico de las colonias. En 1956 publica sus expediciones a Marruecos y en 1957 un trabajo sobre el lince ibérico. Inspirado en el *sketch* de Max Nicholson sobre Camarga y Doñana de 1957, Valverde publica en 1958 *An*

⁵ Cuando escribimos estas líneas pesa sobre los famosos cotos del Guadalquivir la amenaza de la colonización e industrialización. ¿No será posible dejar intacto para siempre un rincón siquiera de esta naturaleza bravia? ¿Se llegará a tiempo de evitar la destrucción definitiva de aquellas maravillosas colonias animales? ¿Quedarán reducidos a recuerdos docenas de especies y subespecies de hermosos mamíferos y preciosas aves? F. Bernis y J.A. Valverde, *Munibe* (1952):3-15

ecological sketch of the Coto Donana, con perfiles y bloques diagrama y fotografías de Eric Hosking, que será cita obligada sobre el espacio natural.

En 1957 publica *Aves del Sáhara Español: Estudio ecológico del desierto* con una descripción de las aves en los ecosistemas, que relaciona con el microclima, la geomorfología y los procesos predominantes, constituyendo un clásico de la fauna africana. Ingresa en 1958 como Colaborador eventual en el *Instituto de Aclimatación de Almería* del CSIC. Estudia el comportamiento de los buitres leonados en torno a una carroña, describiendo las pautas y la trama de relaciones que establece la jerarquía de los individuos y sus medios de expresión. Esta primera contribución en España sobre etología, abrirá una gran vía a los zoólogos españoles. En 1959 resume la regresión de la fauna en las Marismas para UICN y en 1960 documenta el descenso del águila imperial (Valverde 1960). Pasado el tiempo, su discípulo Ferrer publicará en 1996 la serie de censos de la especie continuando los de Valverde que muestran el estado crítico de su población.

Valverde publica en 1960 *Vertebrados de las Marismas del Guadalquivir (introducción a su estudio ecológico)* en los *Archivos del Instituto de Aclimatación de Almería* describiendo las comunidades de vertebrados de las marismas utilizando las redes tróficas como hilo conductor, analizando las dietas y hábitats, el uso del espacio y la reproducción. Licenciado en 1961 en Ciencias Biológicas, presenta en 1962 en la Universidad Complutense su Tesis doctoral: *Estructura de una comunidad de vertebrados terrestres* publicada como monografía del CSIC (Valverde 1962), que marca un hito en la Ecología. Completa el trabajo de 1960 profundizando el análisis de las comunidades, proponiendo los mecanismos ecológicos y evolutivos que explican su estructura funcional. Observa que las interacciones, singularmente la predación, están condicionadas por los tamaños de las especies respectivas. La presión ejercida por los predadores sobre la comunidad de presas (*predopresión*, en expresión de Valverde) selecciona los tamaños y orientando su progenie entre dos grandes alternativas evolutivas: pequeños, de vida corta y numerosa progenie, frente a grandes y longevos, de corta progenie. Las alternativas, más tarde etiquetadas *r* y *K*, fueron formuladas tempranamente por Valverde, aunque han quedado asociadas a otros autores como MacArthur o su escuela (Pianka, Emlen, Jolly y Pilbeam).

Valverde trasciende las aves o sus migraciones y aborda la comunidad de vertebrados como entidad que ocupa el espacio, explota los recursos y regula su reproducción (Valverde 1964). Este enfoque integrador, la Ecología de comunidades, se está desarrollando entonces como nuevo paradigma frente a la Ecología de sistemas donde el medio juega el papel predominante. Resulta paradójico que estos pasos científicos tan avanzados se detengan aquí, sin producir nuevas aportaciones a la literatura mundial que los dieran a conocer y los desarrollaran. Valverde se dedicará, con gran éxito, a la conservación, creando el Parque Nacional de Doñana, a la promoción de la investigación, creando la Estación Biológica de Doñana, y a la zoología describiendo nuevas especies. Serán sus discípulos, tras un paréntesis de 20 años, quienes reanuden los avances en Ecología de comunidades.

5. Los años 60: el Instituto de Edafología

Durante los años 50 la Ecología en España no se había independizado como ciencia pero era cultivada en grupos avanzados de zoólogos y botánicos, terrestres y acuáticos. El CSIC actúa como caldo de cultivo para sus protagonistas en los años 60.

Valverde en 1962 se incorpora como Colaborador científico al Instituto de Aclimatación de Almería, pero bascula hacia el W, atraído por las marismas de Doñana. Para asegurar su protección propone comprar una extensión suficiente de marismas y crear

allí un centro de investigación. El Patronato de la Estación Biológica de las Marismas, del que Valverde fue secretario, funcionó entre enero de 1962 y diciembre de 1964 acordando la adquisición de una parte de las Marismas del Guadalquivir. Para recaudar los fondos se puso en marcha en Londres en Mayo de 1961 una fundación hoy muy conocida: *World Wildlife Fund*, *WWF*, que reunió una suma, que con otra equivalente del Gobierno español, permitió en 1964 adquirir 6,974 ha de dunas, matorral y algo de marisma que pasaron a constituir la *Reserva Biológica de Doñana*. Entregada al Consejo Superior de Investigaciones Científicas en 1965, se funda en 1966 en Sevilla la *Estación Biológica de Doñana*, germen de un centro de Biología animal, actualmente de importancia mundial. El Parque Nacional se crea bajo la inspiración de Valverde en 1969 en torno a la Reserva.

El zoólogo Enrique Balcells había estudiado en los años 50 los ciclos biológicos y la ecología de insectos y vertebrados interpretándolos en términos biogeográficos. Progresivamente se interesará por la Ecología de los medios de montaña dirigiendo el *Centro Pirenaico de Biología Experimental*, del CSIC en Jaca y la conservación al frente del Comité Español del Programa MAB (*Man and Biosphere*) de UNESCO desde 1971.

Retomando el desarrollo de la Ecología, un protagonista procedente de la botánica catalana es Montserrat. Pere Montserrat Recoder (1919-), natural de Menorca, estudia Ciencias Naturales en Barcelona licenciándose en 1945. Su primer trabajo (*El Geranium lanuginosum en Cataluña*) aparece en 1946. Realiza su Tesis en el Instituto Botánico de Barcelona sobre *Flora y Vegetación de la Cordillera Litoral Catalana* presentándola en 1950. El Director del Instituto es Antonio de Bolós y el Jefe de la Sección de fanerogamia, Pius Font i Quer, que invita al geobotánico francés Josías Braun Blanquet a impartir Cursos de Geobotánica en Lérida 1947 y en Barcelona-Costa Brava en 1948. Al curso de 1947 acuden, entre otros, Pere Montserrat y Ramón Margalef que pronto buscarán nuevos cauces en la Ecología.

Montserrat es nombrado Jefe de Sección de Agrostología del Instituto de Biología Aplicada de Barcelona, pasando en 1963 al Instituto de Edafología en Madrid y en 1968 como Vicedirector al *Centro Pirenaico de Biología Experimental*, en Jaca.

Montserrat publica con intensidad, casi siempre como autor único. Una interesante contribución *Root nodules in Coriaria* (1958) aparecida en *Nature*, demostraba la capacidad fijadora de nitrógeno de este matorral. Montserrat (1961) acuña *agrobiosistema* para expresar la integración de la explotación en las unidades ecológicas con una larga presencia humana. Descubre que las comunidades sometidas a secular intervención y procesos de medio físico (que denomina *explotación natural*), desarrollan rasgos ecológicos diferenciables. El hombre actúa como estructurador alterando la composición florística, el dinamismo y la estructura espacial de la comunidad. A su vez, la vegetación modelada por hombre y ganados, modula a la tasa de acumulación de regolito alterando el balance erosión-transporte-sedimentación. A plazo milenario en la montaña mediterránea se mantendrá una vegetación estabilizadora: el bosque y el matorral favorecen la infiltración y la recarga del acuífero del coluvión que se convierte en depósito regulador del agua y nutrientes, para mantener la productividad vegetal. Resume estos conceptos en 1963 en el *First Symposium, European Grassland Federation* y los publica en 1964 bajo el epígrafe de *Fitotopografía* que cambiará por *Ecología del pasto (Ecología de los agrobiosistemas pastorales)* (Montserrat 1964) y en 1965 por el más ambicioso de *Los sistemas agropecuarios*.

Montserrat opone sus ideas, integradoras del componente humano, frente a las escuelas naturalistas de la Ecología erróneamente empeñadas en una naturaleza intacta, de bosques y lagos prístinos y que despreciaban las áreas intervenidas. Aparecerán regularmente nuevas contribuciones, alcanzando las 100 en el 1968, las 200 en 1980, las 300 en 1991...hasta los 500 títulos que ofrece su rica bibliografía en 2009.

Fernando González Bernáldez (1933-1998), natural de Salamanca, inicia Derecho en la Universidad de Salamanca, pero se traslada en 1953 a la de Madrid para estudiar Ciencias Biológicas, licenciándose en 1960. La Tesis doctoral sobre relaciones planta-agua dirigida por Florencio Bustinza, la completa en París con Pierre Chouard y G. Lemée presentándola en Madrid en 1963. Excelente dibujante, dotado de una inteligencia clara de tipo matemático, manejaba con soltura francés, inglés, alemán y ruso. Su formación era muy amplia, incluyendo vertebrados, insectos, plantas vasculares y suelos. Sus primeras publicaciones se encuadran en la fisiología vegetal y la edafología. González Bernáldez pasa a Colaborador Científico y Jefe de la Sección Edafología y Fisiología Vegetal del Instituto de Edafología del CSIC. Monta en 1961 el Laboratorio de Ecofisiología Vegetal, orientado a la determinación del estado hídrico de las hojas aplicando nuevos métodos y más tarde, en 1965, ensayará la medida del potencial hídrico construyendo una cámara de presión tipo Scholander.

Frente al Laboratorio de Ecofisiología Vegetal se situó la Sección de Agrostología cuando se traslada desde Barcelona en 1963. La vecindad de González Bernáldez con Montserrat resultó providencial para la Ecología terrestre. Ambos, profundos naturalistas, completaban sus conocimientos y perspectivas: Montserrat conocía la especie desde su entorno; González Bernáldez la interpretaba desde su fisiología.

Ronald A. Fisher desde la Estación Agrícola de Rothampsted puso en manos de los científicos un abanico de pruebas para discriminar los componentes azarosos de la experimentación, iniciando una revolución científica que se extendió a otras ciencias como la Ecología. Carrington Bonsor Williams, publica con Fisher en 1943 un índice de diversidad relacionando especies e individuos. C.B. Williams en los 20 años siguientes producirá una oleada de contribuciones que merecerán esta afirmación de Wigglesworth: C. B. Williams ha sido *the first real quantitative empirical naturalist*. Aparecen textos de Ecología cuantitativa, como el de Greigh Smith de 1957, y la aplicación de los nacientes ordenadores termina por decantar la investigación ecológica hacia los métodos numéricos, apareciendo lo que W.T. Williams bautizará en 1967 *the computer botanist*.

González Bernáldez y Montserrat codirigen a Francisco García Novo⁶ el estudio numérico de un transecto de vegetación sobre una ladera, con el apoyo de Angel Gil Criado del *Centro de Cálculo Electrónico* del CSIC que daba entonces sus pasos primeros. Titulada *Estudio conjunto de la vegetación y los factores ambientales en un pasto natural de Rodas Viejas (Salamanca)*, se presentó como Tesis doctoral en la Universidad Complutense en 1968. Constituyó la incorporación en España de la Ecología numérica siendo un avance del trabajo la primera publicación⁷. El análisis factorial identificaba ordenaciones, tendencias de variación interpretables de acuerdo con el medio físico. La clasificación automática identificaba grupos de muestras de vegetación y sus especies indicadoras. La diversidad (H' , Shannon) señalaba las transiciones entre tipos de vegetación. Los resultados numéricos fueron comparados con los fitosociológicos (González Bernáldez *et al.* 1968) y los datos se analizaron numéricamente en profundidad por García Novo y David Wishart.

Los resultados atrajeron a Margalef que analizó con González Bernáldez 1144 inventarios de plancton de sus campañas en el Caribe en 1969. Los métodos numéricos

⁶ Francisco García Novo (1943-), natural de Madrid, estudió Ciencias Biológicas en la Universidad Complutense licenciándose en 1965, siendo Becario doctoral del CSIC en el laboratorio de González Bernáldez.

⁷ García Novo, F., González Bernáldez, F., Gil Criado, A., 1966, Essais d'analyse automatique de la vegetation et des facteurs du milieu. V *Symposium Flora Europaea*. Servicio de Publicaciones de la U. de Sevilla:91-115

toman carta de naturaleza en la Ecología española, terrestre y acuática. En 1970 Margalef, Catedrático de Ecología en la Universidad de Barcelona y Director del Instituto de Investigaciones Pesqueras, convocó allí el *Seminario de Ecología Matemática* a la que asistieron, entre otros, González Bernáldez y Gil Criado.

6. Los años 70: la Ecología se implanta en la Universidad.

En 1970 González Bernáldez accede a la Cátedra de Ecología de la Universidad de Sevilla y García Novo se incorpora para impartir la Fisiología Vegetal. Ambos dejan el CSIC para desarrollar en la Universidad una Ecología de la vegetación de base numérica interpretada con el apoyo de la fisiología vegetal y la geomorfología. Con la complicidad de Valverde, entonces Director de la Reserva y el Parque Nacional, harán de Doñana su ámbito de estudio, implicándose en su conservación.

Sucesivas generaciones de biólogos de la Universidad de Sevilla atraídos por las brillantes clases de Ecología de González Bernáldez engrosarán el naciente departamento donde harán sus tesis doctorales o se unirán a la Estación Biológica de Doñana como Carlos Herrera, Ramón Soriguer, Juan Aguilar Amat o Andrés Sánchez. La colaboración con la Estación en la carrera académica de sus doctorandos era vital ante la precariedad de medios en que el CSIC la tenía sumida.

La siguiente reunión ecológica, la convocó en Margalef en 1972 en S. Bernat, en el Montseny, como *Seminario de Ecología Matemática* asistiendo Margalef, González Bernáldez, García Novo y las nuevas generaciones de ecólogos que preparaban entonces sus tesis doctorales. Las presentaciones se publicaron en el número 36 de la revista *Investigaciones Pesqueras*. Se trataba del primer “congreso de Ecología” contando con casi una treintena de “ecólogos” en el país. En 1974 correspondió a Sevilla organizar la reunión: *Seminario sobre Estructura y Estabilidad en el Ecosistema* con una visita a Doñana. Asisten Valverde, Margalef, y las nuevas generaciones de ecólogos terrestres: Miguel Morey, José Manuel Gómez Gutiérrez, Ángel Puerto, Juan Pedro Nicolás Sevillano, Luis Ramírez Díaz, Antonio Torres Martínez, Fernando Sancho Royo, José Ángel Merino Ortega, Juan Fernández Haeguer y acuáticos: Marta Estrada, Rosa Miracle, Julia Toja, Juan Armengol, Fernando Vallespinós. Se repiten parte de los asistentes al Seminario de 1972 ampliando los efectivos de la Ecología española.

El grupo de Sevilla comienza a describir los ecosistemas de los mantos dunares de Doñana (González Bernáldez *et al.* 1975). En otra dirección sintetizan las unidades de vegetación y medio físico, publicando un innovador *Mapa Ecológico de la Reserva Biológica* (Allier *et al.* 1975) que renueva la cartografía ecológica. Los estudios piezométricos plantean cuestiones sobre las respuestas de la vegetación al suministro hídrico en el cambiante medio dunar iniciando una línea de ecofisiología vegetal que persistirá en los siguientes 30 años de la mano de José Ángel Merino, García Novo, Mari Cruz Díaz Barradas y María Zunzunegui. Las primeras contribuciones sobre Doñana aparecerán en un volumen de síntesis (García Novo *et al.* 1977).

Julia Toja, procedente del Departamento de Ecología de Barcelona se traslada al de Sevilla en 1973 donde realizará su Tesis doctoral dirigida por Margalef, sobre *Limnología de los embalses de Minilla y Aracena*, seguida de otros estudios de embalses. En 1976 comienza a impartir la Limnología en Sevilla, la segunda Universidad que ofreció esta materia. Toja, Catedrática de Ecología en la Universidad de Sevilla en colaboración con Laura Serrano, y Cástor Guisande⁸, han seguido hasta la actualidad dando a conocer las lagunas peridunares de Doñana, pequeñas masas de agua fluctuantes en nivel y

⁸ Actualmente Catedrático de Ecología en la Universidad de Vigo

composición química, que mantienen una excepcional diversidad de zooplancton (Guisande y Toja, 1988).

González Bernáldez se interesa por la ordenación territorial y realiza en 1971 los estudios ecológicos para el Plan de Ordenación Urbana de Sevilla, desarrollando con Fernando Sancho Royo y Pilar Martín de Agar el *Sistema IRAMS: Evaluación de alternativas de uso en la ordenación integral del territorio*, que más tarde (1981) publicará la Universidad de Sevilla como una monografía. En 1974-76 describirá González Bernáldez unidades ambientales integradas en Sierra Morena, articulándolas en la cuenca hidrográfica con laderas o pequeños arroyos como unidades elementales, que se publicarán en 1976 como *Estudios ecológicos en Sierra Morena*. Monografía 8 de ICONA. Bajo su dirección Francisco Díaz Pineda amplía el método para la descripción en los Montes de Cercedilla de la Sierra de Madrid, que publica como una nueva monografía en 1976. Seguirá Díaz Pineda su carrera científica como Catedrático de Ecología en la Universidad Complutense, completando la aproximación funcional y paisajística del ecosistema, propia de González Bernáldez, con la abstracción física de Margalef, explorando la organización, información y entropía del sistema.

El Medio Ambiente y el estudio de los embalses.

En 1970 se constituye en Suiza el Club de Roma y en 1972 publica *The limits to Growth, a report for the Club of Rome's Project on the Projections of Mankind*. El Modelo World 3 sobre la población humana y sus recursos apuntaba a una crisis global. En Junio de 1972 tiene lugar en Estocolmo la *Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano*, que dará lugar a la creación del Programa de Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente (PNUMA) el mismo año y se acuñará en español la expresión *medio ambiente*⁹. La Administración española crea la Comisión Interministerial de Medio Ambiente, CIMA, que prepara el informe *Medio Ambiente en España* en 1978 y envía comisiones de expertos a diferentes países para conocer las instituciones ambientales. La Ecología, de la mano del Medio Ambiente, hace su entrada en la Administración (y en la política).

El Ministerio de Obras Públicas solicita a González Bernáldez un trabajo "ambiental" para presentar en el X Congreso Mundial de Grandes Presas de 1973 en Madrid. González Bernáldez y Margalef, proponen presentar el estudio de los embalses como nuevos lagos y nuevos entornos territoriales.

Margalef había estudiado con Antonio Vidal el embalse de Sau desde 1963. Con el respaldo de Obras Públicas organiza una campaña nacional que desarrollan Dolors Planas, Antonio Vidal, Joan Armengol, Narcís Prat y Julia Toja para muestrear en mezcla y estratificación un centenar de embalses. Se hace patente una gran división entre aguas mineralizadas en la España de sustratos calizos y arcillosos opuesta a la de aguas poco mineralizadas de la España silíceo sobre rocas ígneas y metamórficas. Eutrofia, edad y volumen jugaban un papel modulador sobre esta colección de lagos hasta entonces inexplorada. Otro resultado de la campaña fue la formación de un equipo maduro de limnólogos con sólida experiencia de campo y profunda base de laboratorio, cimiento de la limnología española. En pocos años, desde sus cátedras, expandirán la Limnología a nivel nacional y darán a conocer internacionalmente a la escuela de Margalef.

González Bernáldez para estudiar el entorno terrestre de los embalses creó el *Grupo de Análisis Ambiental* con los doctorandos de su Departamento, de la Estación Biológica de Doñana (Carlos Herrera, José Antonio Hernando, Fernando Hiraldo), el Departamento de Botánica de Sevilla (José Carlos Escudero) y la Escuela de Ingenieros de Montes de

⁹ En 1854 Alfonso Pérez Nieva utiliza en 1909 la expresión *medio ambiente*, con el significado actual de entorno, en su libro de viajes *Por las Rías bajas*, Andrés Martínez, Editor, La Coruña, 251 p.

Madrid con su amigo Ángel Ramos, Catedrático de Proyectos y Helios Sanz Ribero. González Bernáldez desarrolla personalmente un método matricial de elaboración y cartografía automática que aplica a los embalses mejor documentados. En 1973 en el XI Congreso de Grandes Presas ambos grupos presentan sendas monografías en inglés que sitúan a la Ecología en dos vías aplicadas, medioambientales, que ya no abandonarán: la limnología de los embalses y la evaluación de impactos y ordenación del territorio. Margalef y su equipo publicarán *Limnología de los embalses españoles* (Margalef *et al.* 1976). Joan Armengol repetirá el muestreo 20 años más tarde evidenciando los cambios causados por el desenvolvimiento económico y urbano.

En 1973 crea Margalef en la Universidad de Barcelona *Oecologia aquatica*, primera revista de limnología aparecida en España, que se mantuvo con periodicidad irregular hasta el 1998.

La colaboración Margalef-González Bernáldez ha sido importante porque facilitó la integración de la Ecología, como un nivel distinto del taxonómico, del acuático o terrestre. En España los ecólogos terrestres conocían a Margalef y sus trabajos; los acuáticos a González Bernáldez o a Valverde. Algunos ecólogos terrestres han investigado en medios acuáticos y viceversa. En los departamentos han coexistido ambas orientaciones.

Nuevos objetivos

Volviendo a los años 70, Valverde, se orienta decididamente a la protección, abandonando su prometedor despegue ecológico. Al frente de Reserva y Parque de Doñana, consolida el Parque Nacional, incorpora la Marisma de Hinojos y crea la Reserva de las Nuevas (1973). Los nuevos laboratorios en Las Nuevas y el de Luis Bolín en la Reserva, los comparten científicos del CSIC y las Universidades, convirtiendo a la Estación Biológica de Sevilla en un centro de investigación de gran nivel.

Todavía se abre Valverde a nuevas iniciativas fuera de Doñana. En 1971, en colaboración con Antonio Cano, crea en Almería el *Centro de Rescate de la Fauna Sahariana* y con ayuda del Ejército de Aire, consigue entre 1971 y 1975 aportar ejemplares de tres especies de gacela (la antílope de Mohor, la de Cuvier y la dorcas) y posteriormente el arruí sahariano, cuyos rebaños se multiplican en semilibertad. El *Centro*, gestionado desde 1975 por la *Estación Experimental de Zonas Áridas*, EEZA, del CSIC, ha visto partir en 2006 y 2008 a ejemplares almerienses para rehacer las poblaciones extinguidas en las reservas de Senegal, Túnez y la Reserva de Safia, en el antiguo Sáhara Español, ocupado por Marruecos,.

Finaliza este periodo de Valverde en 1973 cuando una grave enfermedad le obliga a moderar su ritmo y dejar la dirección de Parque, que asumirá un funcionario de ICONA. En 1975 lo sustituye al frente de la Estación Biológica Javier Castroviejo, destacado zoólogo de vertebrados y Colaborador Científico del CSIC en la Estación desde 1971. Ampliará las actividades de investigación y consolidará Doñana, amenazada al N por la desecación de las marismas y la expansión de los cultivos y al S por el desarrollo turístico litoral de Matalascañas.

La lucha por la conservación de Doñana ocupó la década de los 70, testigo de la implantación de la conservación en la sociedad española. Castroviejo desde la Estación, impulsó a las emergentes ONG ecologistas, que habían recibido el influjo de Félix Rodríguez de la Fuente (1928-1980). Desde los años 60 este médico, aficionado a la cetrería y a la Naturaleza, había educado la sensibilidad de la sociedad española en sus programas de radio y desde 1968 en la TVE (*Fauna, Vida salvaje, Planeta azul, El hombre y la Tierra*). Sus enciclopedias de Naturaleza por fascículos, donde colaboran los jóvenes

científicos de Doñana, suponen un éxito editorial no igualado: *Fauna Ibérica*, 1970, *Enciclopedia Salvat de la Fauna 1970-74* y *Los animales y el medio ambiente*, 1976.

Tras la desaparición del General Franco en 1975, se incorpora a las administraciones una nueva generación de técnicos con sensibilidad ambiental que ampliarán el Parque Nacional de Doñana en 1979 de 34.625 a 50.720 ha, rodeándolo de Preparques de protección y limitando la expansión urbanística y agrícola. Desde entonces, se ha convertido en un espacio de referencia para conservacionistas e investigadores de la naturaleza. Actualmente el Parque Nacional y el Parque Natural de Doñana suman 108.429 ha.

La Estación Biológica de Doñana consolida su posición científica y las tesis doctorales, dirigidas por Valverde, abren nuevos campos a la Zoología y la Ecología. Herrera Maliani, analizando una comunidad de paseriformes de Sierra Morena, Aguilar Amat estudiando la avifauna de las Marismas, Hiraldo Cano a los buitres del Viejo Mundo, Soriguer Escofet, sobre el conejo, Delibes sobre el lince, representan la incorporación de la ecología trófica, los mecanismos de explotación de los recursos y la utilización del espacio.

El paisaje, un tema clásico en geografía, estética e historia del arte, había sido propuesto por Hernández Pacheco desde los años 30 como unidad básica del territorio. Ángel Ramos en la Escuela de Ingenieros de Montes de Madrid, había aplicado el paisaje como elemento analítico para la planificación.

Fernando González Bernáldez en los paisajes naturales descubre la importancia de la percepción sensorial frente al sistema natural (*fenosistema sensorial* frente al *criptosistema subyacente*, usando sus expresiones). Para analizar la percepción prepara pares de fotografías de paisajes naturales y empleándolos como test ante distintos tipos de observador (edad, sexo, origen, ocupación) progresa en la interpretación del paisaje natural, dirigiendo la Tesis doctoral de Fernando Sancho Royo que la Universidad de Sevilla publica como una monografía en 1973: *Actitudes ante el paisaje :estudio experimental*. González Bernáldez en la Universidad Autónoma de Madrid desde 1975, continuará investigando sobre el paisaje, su origen y percepción (Ruiz y González Bernáldez 1983), escribiendo tres libros, que serán analizados en otro apartado: *Ecología y paisaje* (1981), *Invitación a la Ecología humana* (1985) y *Los paisajes del agua* (1992).

En las Universidades madrileñas, Autónoma, Complutense y Alcalá se prosiguen los estudios del paisaje. La percepción, que impulsará González Bernáldez, el funcionamiento de las unidades, la trama de relaciones y la respuesta a las intervenciones, que estudiará Díaz Pineda y la gestión y conservación, que desarrollan Antonio Gómez Sal, José Vicente de Lucio o José María Ruiz Benayas. No formalizan una Ecología del paisaje, pero la completan desde varios frentes. Más tarde las áreas de Ecología de las tres universidades se integrarán en un Departamento interuniversitario de Ecología, el de mayor importancia en el panorama español.

Se cerraba a mediados de los 70 una etapa fructífera de la Ecología tras hacer acto de presencia en varios frentes: Ecología teórica, limnología, estudio de los embalses conservación y paisaje. Valverde, González Bernáldez y García Novo cambian su rumbo y en Barcelona se crea la nueva cátedra de Ecología de la Universidad Autónoma que ocupará Jaime Tarradas. Se dotan nuevas cátedras de Ecología que serán ocupadas por investigadores procedentes de Sevilla: Universidad Autónoma de Madrid (Fernando González Bernáldez), Universidad Complutense de Madrid (Francisco Díaz Pineda), Universidad de Santiago de Compostela (Francisco García Novo), Universidad de Córdoba (Juan Fernández Haeguer), Universidad de Murcia (Carlos Montes, Luis Ramírez y Antonio Torres), Universidad de Extremadura (José Carlos Escudero) o procedentes de Barcelona: Universidad Autónoma de Barcelona (Jaime Tarradas), Universidad de Valencia (Rosa

Miracle), Universidad de Málaga (Xavier Niell). Al frente de otros departamentos habrá personalidades independientes atraídas por la nueva disciplina: Gómez Gutiérrez, discípulo de Montserrat, en la Universidad de Salamanca y que más tarde desarrollará la disciplina en la Universidad de León; Antoni Escarré, que impartía la materia ya en 1967 en la Universidad de Navarra, pasará a la de Barcelona y a la de Alicante.

Miguel Morey, procedente de la genética, pertenecía al CSIC y había colaborado con González Bernáldez y Montserrat en estudios ecológicos. Pasará a la Universidad impartiendo la Ecología en Oviedo y Santiago para desarrollar más tarde una importante actividad en la Universidad de Palma de Mallorca.

Frente a la orientación de González Bernáldez (fisiológica, ecosistémica, paisajista) y la de Margalef (ecosistémica en una perspectiva regulatoria de plazo largo, teórica), Valverde insistía en la regulación intracomunitaria y los aspectos evolutivos de las especies, incluida la humana. Cordero Rivera (2003) pone de manifiesto el sesgo ecosistémico en la denominación de los Departamentos universitarios y en la orientación de las publicaciones en España durante en el último tercio del siglo XX.

Se inician en la sociedad demandas ambientales que, de alguna manera, miran hacia los Departamentos de Ecología para abordar los nuevos problemas.

7. La expansión de los años 80

Los nuevos departamentos expanden durante los años 80 la enseñanza de la Ecología impartiendo cursos de *Ecología General*, *Ecología Especial*, *Ecología de Sistemas* y *Limnología*. Menos frecuentes los de *Ecología Aplicada*, *Ecología Marina* (en la licenciatura de Ciencias del Mar), *Ecología Vegetal* (en las Facultades de Farmacia, de contenido fitosociológico). Minoritarias serán la *Ecología de Peces*, la *Ecología Humana* y la *Ecología y Medio ambiente*. Cursos introductorios de *Ecología* en la Facultad de Veterinaria o en las Escuelas de Ingenieros e Ingenieros técnicos de Montes, Agrónomos e incluso de Caminos (en la Universidad de Cantabria).

El profesorado ya formado pertenecía a la generación universitaria nacida en la posguerra, que había estudiado en los años 60 y 70 y se había doctorado un lustro más tarde, que había participando regularmente en actividades internacionales y alcanzaba su madurez en los años 80. Los temas en boga en la literatura mundial van a seguirse y los investigadores extranjeros participan en proyectos en España que diversifica las direcciones de su investigación ecológica.

En 1980 Margalef organiza en el Instituto Agronómico Mediterráneo de Zaragoza, (IAMZ) un *Curso de Limnología Avanzada* que repite en 1982, 1984 y 1986, año de su jubilación en la cátedra de Barcelona. En el profesorado participaron figuras internacionales como Goldman, Capblanq, Edmonton, Fee, Imberger, Golterman, Mortimer, Psenner, Schindler, Tundisi, Ward, y Williams junto a la generación emergente de limnólogos de la escuela de Barcelona: Armengol, Miracle, Planas, Prat, Vidal, Toja y otros investigadores españoles destacados como Carles Pedrós-Aliós y Ricardo Guerrero que han estudiado la Ecología microbiana. Como colofón Margalef edita en 1991 *Limnology Now: A paradigm of Planetary problems* al que contribuyen muchos de los profesores participantes.

Los *Cursos* atrajeron a la limnología ecólogos acuáticos y terrestres, zoólogos o botánicos que encontraban en el IAMZ un nivel científico muy alto, la ocasión de conocer a primeras figuras mundiales y a la nueva generación de la Limnología en España. Los cursos impulsan un movimiento que cristaliza en la *Asociación Española de Hidrobiología* (primer congreso, Barcelona 1981) y se convertirá (congreso de Murcia, 1983) en la

Asociación Española de Limnología (AEL). Las reuniones se han mantenido con periodicidad bienal añadiendo cursos, publicación de claves de grupos sistemáticos y organización de reuniones conjuntas con otras asociaciones científicas. La AEL inició en 1983 la publicación de *Limnetica*, su revista científica, que ha ido progresando en calidad y extensión, alcanzando en Diciembre de 2008 el volumen 28. Publica trabajos de los limnólogos españoles, portugueses y americanos, con un Comité editorial internacional y el habitual sistema de revisión de manuscritos. La AEL ha pasado en 2006 a denominarse *Asociación Ibérica de Limnología (AIL)*, con una numerosa participación portuguesa y 350 socios en 2008.

En los medios acuáticos continentales las lagunas ofrecen una tipología más variada que los embalses. Existían estudios regionales de lagunas en el NW por Margalef o en sectores, como los Pirineos por Rosa Miracle. Eran también conocidos los lagos (Sanabria, Carucedo, Bañolas), la laguna de Gallocanta o las lagunas de Doñana, ya mencionadas. Miguel Alonso publicará en 1987 y 1998 síntesis limnológicas de las lagunas peninsulares. Rosa Miracle y Eduarddo Vicente de la Universidad de Valencia, estudian la Albufera de Valencia, de larga tradición limnológica, el Mar Menor y otras masas litorales. El grupo de Luis Cruz Pizarro de la Universidad de Granada en la Albufera de Adra, actualmente separada en dos masas de agua, ha incorporado al estudio limnológico la dinámica de parches, el papel del fósforo en los sedimentos, la descomposición de materia vegetal en ese medio peculiar, la explotación de las aves marinas. Las lagunas de Sierra Nevada con masas de agua muy poco mineralizadas mantienen biomasa bajas y productividades reducidas. Ocasionalmente se habían detectado pulsos de productividad elevada evidenciados por el aumento de fitoplancton y químicamente por el incremento moderado de nutrientes, Ca y P en particular. Los pulsos de nutrientes son debidos a la deposición de polvo sahariano, transportado durante regímenes de viento favorable (Morales Baquero *et al.* 2006).

Cada sistema bien conocido, sean lagunas o embalses, ha servido a su grupo de investigación como banco de prueba para testar la teoría ecológica y proyectarse en la ciencia internacional.

Javier Alba Tercedor, de la Universidad de Granada, ha estudiado la fauna de insectos acuáticos caracterizando la calidad del agua y otras condiciones del medio acuático desde los estudios faunísticos proponiendo índices de diversidad faunística. El interés por los caudales ecológicos y más tarde, en 2000, por la *Directiva Marco Europea del Agua*¹⁰ ha puesto de manifiesto las posibilidades de la aplicación de índices de calidad basados en medidas de diversidad (macroinvertebrados, grupos planctónicos, especies de diatomeas) y el estado del hábitat acuático y márgenes, etc.

Los focos de interés de la limnología española se reflejan en los artículos publicados por la revista de su asociación, *Limnetica*. Agrupando los 121 artículos parecidos en sus cuatro primeros números (1984 a 1987), se observa el predominio de estudios en lagos, lagunas y albuferas (31%), seguidos de ríos y arroyos (22%) y embalses (6,6%) con un 13% destinado a calidad o gestión. Pasados 20 años, (2005 a 2008, incluido el volumen de 2006 dedicado a Margalef), el espectro de temas en los 144 artículos aparecidos, mantiene el predominio de lagunas (21%), seguidas de ríos (13%) y embalses (10%). Se ha incrementado la gestión (calidad, índices) hasta el 19% y la entrada de nuevos temas. Son muy escasos los trabajos experimentales, teóricos o evolutivos. Los de ictiología suman menos del 10%.

La ictiología de aguas continentales se había orientado a la sistemática, la biogeografía y la gestión pesquera. La incorporación a la Limnología tiene lugar desde los

¹⁰ Directiva 2000/60/CE de 23 de Octubre de 2000.

años 80 cuando una nueva generación de biólogos integra a los peces en la biocenosis acuática estudiando dietas, productividad, desarrollando métodos para estima de poblaciones en ríos, uso del espacio, migraciones y las reiteradas introducciones de especies (Encina *et al.* 2006). Los estudios de lagos y embalses (Carlos Granado, Antoni Palau, Benigno Elvira, Ramón Moreno-Amich, Ignacio Doadrio, Camino y Margarita Fernández Aláez) o de ríos (Javier Lobón Cerviá, Sergi Sabaté, Diego García de Jalón, Marta González Tánago, Adolfo Sostoa, Carlos Fernández Delgado) se han integrado en investigaciones conjuntas en unos u otros medios. Se han realizado experimentos a escala de mesocosmos, estudiando el impacto de la introducción de peces en masas de agua en Europa, un proyecto dirigido por Rosa Miracle o haciendo estimas poblacionales y vaciando el embalse de Joaquín Costa, para validarlas.

Medios terrestres

Sobre los ecosistemas mediterráneos y la convergencia entre la vegetación de la Cuenca, la de California, Chile central y SW de Australia se desarrolla una oleada de interés en los 70 con trabajos de Naveh (1967), Specht (1969), Naveh y Wittaker (1979) y los libros de Mooney y Di Castri (1973) o Mooney y Conrad (1977). En Europa Trabaud, Debusche, Lepart y otros, en la década de los 70, investigan el efecto de los fuegos en los ecosistemas mediterráneos. Toman contacto, especialmente Trabaud, con grupos españoles que estudiarán los incendios forestales hasta la actualidad. Destacan los grupos de la Universidad de Santiago con Mercedes Casal, Margarita Basanta, Aurora Puentes (Casal *et al.*1984), León, con Tárrega y Estanislao Luis Calabuig, Mallorca con Miguel Morey y otros. Juli Pausas del *Centro de Investigaciones sobre Desertificación* del CSIC en Valencia, ha dado un salto cualitativo pasando del nivel ecológico al evolutivo, mostrando como el régimen de fuegos ha seleccionado caracteres y condicionado la aparición de nuevos taxa (Verdú y Pausas 2007). José Manuel Moreno, Catedrático de Medio Ambiente en la Universidad de Castilla la Mancha en Toledo que había estudiado incendios forestales en California y España ha desarrollado el *Centro de Investigaciones sobre Incendios forestales* de la Comunidad de Castilla la Mancha en 2006. Desde 2005 forma parte del IPCC (*Intergovernmental Panel of Climatic Change*) y en 2008 ha sido elegido Vicepresidente de Grupo 2 y miembro del Bureau.

La estructura vertical horizontal, biomasa y productividad del matorral ha sido estudiada ampliamente. En Doñana y SW Peninsular Mari Cruz Díaz Barradas y Maria Zunzunegui, han estudiado *Halimium halimifolium* y *Corema album*. En la Universidad de Santiago Miguel Morey, Margarita Basanta y Elvira Díaz Vizcaíno, la estructura vertical y el crecimiento en brezos y leguminosas de gran porte como tojos y genistas. En Cataluña matorrales mediterráneos por Jaume Terradas y Josep Camarasa, *Cistus albidus* por Josep Peñuelas, en el Sistema Central *Anthyllis balsamea* por Luis-Calabuig y en la Universidad de Extremadura el *Cistus ladanifer* en el W peninsular por José Carlos Escudero. Estructura horizontal y vertical, regulación, demografía, fisiología y metabolismo secundario de los matorrales mediterráneos y atlánticos, han atraído el interés de los ecólogos terrestres.

Carlos Herrera Maliani, Profesor de Investigación del CSIC en la Estación Biológica de Doñana, publica un artículo (Herrera 1984b) sobre la definición de síndromes morfofuncionales, asociación de caracteres que permite agrupar las especies taxonómicas en categorías ecológicas de significado funcional. Identifica en el matorral mediterráneo dos grandes tipos: el *monte bajo*, de pequeño porte y flores conspicuas, cuyas semillas germinan tras el fuego. El segundo tipo, *matorral de mancha* y *monte noble* de mayor porte, flores poco vistosas, frutos llamativos y comestibles y rebrote tras el fuego. La propuesta de Herrera produjo nuevos estudios refinando las clasificaciones incorporando a los caracteres morfológicos los fisiológicos y su interpretación evolutiva. Se ha llegado a un protocolo mundial para definición de los caracteres por Cornelissen *et al.* En 2003.

Otra línea de investigación fructífera en el matorral procede del estudio de interacciones planta-planta (competencia, facilitación), lo que llevó a refinar el análisis de la distribución espacial y la dinámica de los nichos de regeneración de P. J. Grubb. Regino Zamora, Adrián Escudero, Andreu Bonet, Luis Santamaría y Antonio Gallardo, han abordado la Ecología espacial. Los autores citados, entre otros, han contribuido a una monografía reciente *Introducción al análisis espacial de datos en Ecología y Ciencias Ambientales. Métodos y aplicaciones*, publicada en 2008 por la Universidad Rey Juan Carlos I, editada por Maestre, Escudero y Bonet. Fernando Tomás Maestre Gil, es un científico joven con reconocimiento mundial en Ecología de la vegetación, acumulando en 2007 unas 250 citas y con varios artículos entre los más citados del tema y de las revistas. Buena parte de su producción la ha realizado con los autores mencionados.

El Hubbard Brook Ecosystem Study se estableció en 1963 (New Hampshire, USA), por Gene Likens y Herb Bormann para documentar los aspectos hidrológicos y la circulación del agua, materiales y nutrientes en el ecosistema y posteriormente estudio de suelos, productividad, redes tróficas, efecto de tala y manejo y una base para estudios ecológicos a plazo largo (*LTER, Long Term Ecological Research*). Antoni Escarré y Jaume Terradas instalaron en el Montseny un equipo para medir la circulación del agua en el ecosistema (intercepción, precipitación, trascolación, infiltración, escorrentía y evaporación), obteniendo series comparativas. En 1989 Juan Puigdefabregas desde la Estación de Ecología de las Zonas Áridas de Almería equipa una superficie experimental de 26 ha en Rambla Honda en la Sierra de los Filabres bajo clima mediterráneo semiárido, como parte del Programa LUCDEME. Orientada a medir variables microclimáticas, intercepción y escorrentía, infiltración y procesos geomorfológicos, se ha enriquecido con nuevos sensores disponiendo ya de 20 años de registros de algunas variables. Ha permitido producir una larga lista de trabajos sobre matorrales y espartizales desde el nivel fisiológico al de paisaje. Puigdefábregas había estudiado con anterioridad Ecología forestal en los bosques del Pirineo¹¹.

Jaume Terradas en el Montseny estableció los patrones de crecimiento de las diferentes especies. Con los datos del Inventario Forestal de Cataluña y el Inventario Forestal Nacional se ha producido una cartografía precisa de las masas forestales, de su diversidad y estado de conservación y de su respuesta al Cambio Climático. Josep Raventós, Catedrático de Ecología en la Universidad de Alicante, ha podido reconstruir las series climáticas del levante peninsular extrapolando las instrumentales hasta 700 años, estudiando los anillos de crecimiento de *Pinus halepensis* y otros árboles. Josep Peñuelas, un destacado ecólogo terrestre, Profesor de Investigación del CSIC en el CREAM, ha estudiado en los bosques de encina y de otros árboles, los intercambios de N y P y especialmente los intercambios gaseosos. Ha desarrollado una línea interesante al estudiar los compuestos volátiles del suelo y la vegetación y sus efectos en la comunidad forestal y el matorral. Los estudios de intercambio atmosférico le han permitido anticipar efectos del cambio climático en la vegetación y en la regulación de las comunidades.

La Ecología de los pastizales iniciada por Montserrat en el CSIC en Madrid y Salamanca proseguirá en los Pirineos desde el Centro de Biología Experimental de Jaca con. Montserrat, Luis Villar, Federico Fillat y otros darán a conocer la composición, funcionamiento, respuesta al clima y a los ganados de los pastos pirenaicos. La coevolución pasto-herbívoros, largamente mantenida por Montserrat, fue destacada por

¹¹ Juan Puigdefabregas había dirigido de 1983 a 1992 el Proyecto *Subantarctis* en la Isla Grande de la Tierra del Fuego argentina estudiando los bosques, pastizales, fauna vertebrada, peces, geomorfología litoral, y antiguos asentamientos humanos.

Margalef en 1988 en *Homenaje a Pedro Montserrat*¹². El libro sobre pastizales editado por Fillat *et al.* (2008) sintetiza esta larga línea de investigación.

Lawton en 1994, denomina ingenieros ecológicos (*ecosystem engineers*) a las especies activas en la creación de estructuras y el mantenimiento de los flujos de del ecosistema. El ganado en un pastizal adquiere ese papel. González Bernáldez en la Universidad Autónoma de Madrid con su esposa y colaboradora Catherine Levassor y Francisco Díaz Pineda, Francisco Parra, Begoña Peco, Manuel Ruiz Pérez, Juan Pedro Nicolás, Antonio Pou, Eladio Fernández Galiano y Juan Pedro Ruiz han estudiado composición y dinamismo de los pastizales del centro de España y los efectos (estructura, diversidad) del majadeo y su abandono. El ganado abre claros para instalación de plántulas y limita la competencia interespecífica. Se incrementan la diversidad, biomasa y producción durante los 5-10 años siguientes al barbecho. Contribuyen además procesos no bióticos: humedad, sombreado, orientación, destacados por Montserrat y el suelo estudiado por José Manuel Gómez Gutiérrez de Salamanca. En suelos pobres la mayor diversidad (α) del pasto se produce en la proyección del borde de la copa del árbol y con cargas medias de pastoreo, un patrón que recuerda la hipótesis de la perturbación intermedia de Connell (1978). Los resultados fueron interpretados más tarde, 1981, 1982 en términos de entropía, por Pineda *et al.* (1988).

Desde 1980, Ángel Martín, Rocío Fernández Alés y Manuel Granados Corona de la Universidad de Sevilla, analizaron la información de interés ecológico en el archivo de la Casa Ducal de Medina Sidonia propietaria desde 1295 del Coto de Doñana, iniciando la Ecología Histórica del territorio, con una elegante aplicación de métodos numéricos a inventarios del siglo XVII (Granados *et al.* 1989). En los años 90 Pablo García Murillo y A. Sousa enriquecerán la información sobre la Ecología histórica de Doñana. Los estudios de Lasanta sobre las transformaciones territoriales en el Pirineo Aragonés desde la Edad Media, los estudios forestales y de uso secular del suelo de otras regiones, los cambios en las características hidrológicas, podrían considerarse trabajos de Ecología Histórica, aunque los autores no suelen emplean la expresión.

En Ecología terrestre faltó una iniciativa comparable a los *Cursos de Limnología Avanzada*, aunque los cursos de verano de temas ecológicos se han multiplicado en la Universidad Menéndez y Pelayo de Santander y sus seguidoras. Los *Cursos Máster de Educación ambiental* y de *Medio Ambiente* se inician en la Universidad Complutense (1990) y la de Sevilla (1992), generalizándose después, pero con carácter aplicado, alejado de la Ecología.

Ecología de comunidades

La Ecología de las comunidades, frente a la ecosistémica, fue impulsada por Valverde con sus discípulos de la Estación Biológica de Doñana, que ha seguido siendo el centro de referencia en España. Herrera había estudiado en 1980 el consumo de frutos de matorral por las aves frugívoras, tema clásico en Ecología trófica. Dando un paso, Herrera estudia en 1985 las relaciones entre el matorral que ofrece los frutos y las aves consumidoras, los primeros modificando su fenología y la composición química del fruto para competir por la avifauna que discrimina entre frutos por su contenido en energía, agua y otros componentes. El consumo se inserta en otras estrategias, de dispersión espacial para las plantas y de consumo estacional para las aves. La serie de trabajos despierta interés mundial recibiendo cada uno más de un centenar de citas y Herrera (1984a) en *Ecological*

¹² Margalef le dedica su contribución: *Me complace unirme a este homenajeapostillando un tema yue ha sido a veces objeto de coloquio entre nosotros y ha sido tocado muchas veces en los escritos del Dr. Monserrat: cómo han evolucionado juntos plantas y animales y cómo puede proseguir esta evolución bajo el control humano. Per molts anys, Pere!*

Monographs, supera las 200. Quedaban abiertos nuevos frentes: selección de tamaño, número, época; efecto dispersor de diferentes especies, regulación mutua y coevolución entre plantas y animales y entre órganos de la planta como fruto y hojas (Herrera 2009). Jordano, discípulo de Herrera y asimismo perteneciente a la Estación Biológica de Doñana, estudió las currucas que consumen los frutos del matorral mediterráneo de mancha presentándolo como un *servicio* que la vegetación mantiene con un parte significativa de su productividad (Herrera y Jordano 1981). El análisis genético de cada semilla y fruto ha permitido documentar en el *Crataegus monogyna* los flujos polínicos y las rutas dispersoras y sus vectores vertebrados (aves o mamíferos) en condiciones naturales en 2007.

Juan Fernández Haeguer de la Universidad de Córdoba ha estudiado los ropalóceros de Doñana. *Plebejus argus* un licénido muy abundante se comporta como monófago de *Halimium halimifolium* y su oruga se encuentra protegida por la hormiga *Lasius niger*. La asociación mutualista se extiende a la planta: experimentalmente se ha probado que *H. halimifolium* en condiciones de sequía resulta beneficiado por el consumo de hojas viejas que hace la oruga eliminando superficie transpirante y reduciendo el estrés hídrico. Josep Peñuelas, del CREAM, ha mostrado que las larvas del licénido *Euphydryas aurinia* causan un incremento de isoprenoides volátiles (en *Lonicera implexa*) o de metanol (en *Succisa pratensis*), abriendo un interrogante sobre el significado de tales respuestas.

Herrera en *Helleborus foetidus*, ha descendido a nivel de individuo, examinando en Cazorla a las 19 comunidades de polinizadores de otras tantas poblaciones de *H. foetidus* con caracteres morfológicos de la flor significativamente distintos. Se comprueban mecanismos selectivos operando en direcciones diversas entre poblaciones. Profundizando en las interacciones, ha verificado que en los nectarios florales compiten por los azúcares bacterias y polinizadores; el trabajo ha merecido la portada de la revista *Ecology* en 2008¹³. Un movimiento browniano de la evolución que a plazo largo se integra en tendencias conduciendo a las poblaciones de animales y de plantas a nuevas morfologías. Jordi Bascompte ha refinado el modelo de las redes tróficas, en boga actualmente. Estudiando su conectividad y con ella el anidamiento, ha mostrado que mantienen entre especies más conectividad que la esperable al azar y su sensibilidad ante extinciones e introducciones de especies, proponiendo ecuaciones generalizadas del comportamiento de las especies en las comunidades. La comparación de redes pertenecientes a sistemas contrastados demuestra la concordancia entre evolución de grupos taxonómicos y asociación ecológica (Jordano *et al.* 2003).

Biología de la conservación, Ecología de la restauración.

La gestión del Parque Nacional de Doñana con Valverde ponía énfasis en los procesos, las comunidades y las interacciones. Se interesaba por plantas y animales, vertebrados e invertebrados, chocando con los limitados objetivos de gestión de la UICN (y el ICONA en España) de tradición venatoria y forestal. Conservar implicaba conocer y las tesis doctorales que dirige (conejo, lince, venado, lince, imperial, acuáticas) servirían para proteger especies muy amenazadas. La Estación Biológica de Doñana o el Departamento de Ecología de la Universidad de Sevilla han mantenido desde su origen esta dualidad de ciencia pura y conservación, de la que los Parques de Doñana han sido los principales beneficiarios. Los programas de conservación del lince y el águila imperial, han sido, con el oso pardo de Picos de Europa, los más ambiciosos de nuestro país. José Ramón Obeso, de la Universidad de Oviedo, ha sentado las bases del funcionamiento de las relaciones de aves y roedores, frugívoros y herbívoros, sobre el matorral (tejo, acebo, espino negro) y el hayedo montanos, explicando los efectos de la fragmentación y a interferencia de los herbívoros domésticos sobre las poblaciones amenazadas como el oso pardo o el urogallo

¹³ Herrera, C., García, I.M, y Pérez, R., 2008, Invisible floral larcenies: microbial communities degrade floral nectar of bumblebee-pollinated plants. *Ecology* 89:2369-2376

en los picos de Europa. La mayor parte de los Departamentos de Ecología en las Universidades han incorporado esta dualidad investigando en Ecología y aplicando sus descubrimientos en Medio Ambiente.

Radiorastreo, captura automática de imágenes, identificación genética de los individuos, reproducción asistida y cría en cautividad, han permitido avanzar en la conservación y mejorar el conocimiento de las especies amenazadas. Si llega a persistir, el lince será la primera especie conservada, *in extremis*, gracias a los avances en su biología debidos a las investigaciones de Miguel Delibes. Águila imperial, águila pescadora, quebrantahuesos, en situación muy precaria, se han beneficiado en España de programas de vigilancia y reintroducción de poblaciones, con un éxito moderado.

La Estación Biológica que fundara Valverde en un chalet del barrio sevillano de Heliópolis, era casi un Arca de Noé, con animales, muestras, libros, investigadores en forzada convivencia. Ahora es un Centro de Excelencia situado en el Parque Tecnológico de la Cartuja en Sevilla, junto a otros centros universitarios y de I+D. Los directores sucesivos, Javier Castroviejo o Miguel Delibes, facilitaron la investigación y las colaboraciones con otros centros. Miguel Ferrer intentó darle un liderazgo político capitalizando la restauración del Guadamar tras el vertido de la mina de Boliden en 1998¹⁴. Con Fernando Hiraldo se ha reorientado hacia la excelencia científica y el gran aumento de superficie, medios o personal reflejan el grado muy alto de sus investigaciones. Carlos Herrera, Pedro Jordano, Jordi Bascompte, Ramón Soriguer, Juan Aguilar Amat, Carmen Díaz Paniagua, Montserrat Vila y muchos otros, forman parte de su nómina. En la actualidad la Estación es la punta de lanza de la biología de la conservación y la Ecología terrestre en España.

En la vegetación, el *Proyecto Doñana 2005*, ha servido para documentar los procesos hidrológicos en las cuencas vertientes y los acuíferos, evaluar el estado de las lagunas, amenazadas por la desecación y tomar medidas para recuperar la vegetación. La restauración ecológica de los enebrales, dunas y humedales por Juan Carlos Muñoz Reinoso, Juan Bautista Gallego y Pablo García Murillo, de la Universidad de Sevilla y de sistemas degradados en el centro de la península impulsados por José María Rey Benayas de la Universidad de Alcalá, representan un complemento a la conservación, que irá ganando importancia en el futuro. José Manuel Nicolau Ibarra, José María Rey Benayas y Tíscar Espigares Pinilla han coordinado en 2003 *Restauración de ecosistemas mediterráneos*, una monografía editada por la Universidad de Alcalá de Henares que recoge la mayor parte de los grupos activos en España. Francisco Comín, Profesor de Investigación del CSIC en el Instituto Pirenaico de Ecología, ha organizado en Zaragoza en 2005 la *IV World Conference on Ecological Restoration*.

Los sistemas muy perturbados, como los mineros, con el ejemplo del Río Tinto cuyas aguas mantienen un pH2, ofrecen nuevas claves a la Ecología y la evolución. Sus comunidades integran, de modo sorprendente, extremófilos, muy primitivos y estirpes de grupos modernos que se han seleccionado hacia este medio ácido y mineralizado: una diversidad que resume la historia de la vida.

La diversidad

El interés por la diversidad biológica renace con la publicación de las actas del *Congreso de Diversidad biológica* por E. D. Wilson y F. H. Meter con el título de

¹⁴ Carlos Elías, de la Universidad Carlos III, describe los intentos de la Estación y del CSIC por adquirir protagonismo en los medios de comunicación con el pretexto del accidente minero: Periodismo especializado en Medio Ambiente: el caso de Doñana como paradigma de manipulación informativa. *Ambitos, Revista andaluza de comunicación* 6, 2º semestre 2001:279-304

Biodiversity en 1998. Casi una década antes, el 5 junio de 1989, Rodrigo Gámez había creado en Costa Rica el *Instituto Nacional de la Biodiversidad*, *INBIO*, reconocido con el Premio Príncipe de Asturias de 1995.

En 1989 Francisco Díaz Pineda y Francesco di Castri convocan en Madrid el simposio *Diversidad Biológica y Biodiversidad* (Pineda *et al.* 1991) de gran resonancia, donde Intervienen González Bernáldez, Margalef, Usher, Phipps, Brown y Pielou. En los 90 tienen lugar en Madrid nuevas reuniones sobre Biodiversidad y aparecen publicaciones sobre el “problema” de la diversidad: *Diversidad biológica y cultura rural en la gestión ambiental del desarrollo* (1998), *La Conservación de la Biodiversidad en España* (2004) y la introducción de especies (GEIB). *La Diversidad Biológica de España* (2001) incluye un tratamiento amplio, desde el paisaje a la diversidad marina y un estudio de la diversidad por grupos taxonómicos. *Doñana: agua y Biosfera* (2005) monografía del espacio protegido, incluye un listado de los grupos bien conocidos: vertebrados, zooplancton y fitoplancton y plantas vasculares, que suman 2700 taxa.

En Canarias, Izquierdo en 2004 ha compilado la lista de taxa silvestres de hongos, plantas vasculares y animales terrestres. El archipiélago ha servido de laboratorio para las ciencias naturales desde el emblemático viaje de Humboldt y Bonpland en 1799. Como coautor de Whittaker, Fernández Palacios ha preparado la segunda edición del clásico *Island biogeography* (Whittaker y Fernández Palacios 2007). La Asociación Española de Ecología Terrestre ha publicado *Ecología Insular* en 2004. En la primera década del siglo XXI se han realizado comparaciones de la diversidad a escala mundial sobre la teoría metabólica como explicación de la riqueza específica (2007) o sobre la introducción de especies en Europa con participación de ecólogos españoles (proyecto DAISY, 2009).

Las revistas de Ecología se enriquecen con nuevos títulos mantenidos por Departamentos Universitarios como *Mediterranea* (U. Alicante), *Orsis* (U. Autónoma de Barcelona, no sólo de Ecología), *Quaderns d'Ecologia Aplicada* (U. Autónoma de Barcelona), que han continuado en el nuevo siglo y otras desaparecidas como *Oecologia aquatica* (U. Barcelona, ya mencionada), *Studia ecologica* (U. Salamanca), *Ecología* (ICONA, Madrid) o *Doñana Acta Vertebrata* (CSIC), que no se ha limitado a la Ecología en los trabajos aparecidos. Algunas revistas toman una orientación ecológica nítida, como la antigua *Pirineos*, que se subtitula *Revista de Ecología de Montaña* y en las revistas naturalistas de larga trayectoria como el *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, *Anales del Jardín Botánico de Madrid*, *EOS*, *Ardeola*, *Miscel.lànea Zoològica*, *Collectanea Botanica*, *Anales de Edafología*, *Montes*, *Boletín del Instituto de Oceanografía*, se incrementan los artículos sobre Ecología.

Toma forma en 1989 la *Asociación Española de Ecología Terrestre*, AET, que aborda la publicación de su revista *Ecosistemas*. En 2006 se configura la *Asociación Ibérica de Ecología*, AIE, al unirse las asociaciones portuguesa y española en una nueva organización común que alterna las sedes de sus reuniones en uno y otro país. AIE y su homóloga de limnología AIL, son sociedades científicas jóvenes y activas que organizan seminarios y cursos, convocan grupos de trabajo, publican monografías como *Ecosistemas mediterráneos. Análisis funcional* (2001) que recoge el Simposio organizado en Granada. y sirven de interlocutores con la Administración en temas ambientales. El I Congreso Ibérico de Ecología tuvo lugar en la Universidad de Santiago de Compostela en 2000.

Paulatinamente aparecen revistas de divulgación ecológica, medioambiental y aplicada. La Ecología, se generaliza en el mundo académico y en la sociedad.

8 Algunos libros de Ecología

Los artículos mencionados documentan la apertura de nuevas líneas de investigación en Ecología desde los años 70, siendo testigos de la consolidación de los 80 y la gran expansión de los 90 y el siglo XXI. Los libros que han ido apareciendo muestran la decantación de ideas por los autores españoles tras un periodo largo de reflexión en la investigación y la enseñanza. Artículos y libros se complementan para ilustrar el desenvolvimiento de la ciencia ecológica.

En 1974 apareció la *Ecología* de Margalef. Un grueso volumen (951 páginas), denso en temas, fuentes utilizadas y número de organismos que ofrecía un excelente referente en español, con elevado nivel teórico. *Ecología* es una edición ampliada de *Comunidades naturales* de 1962, aplicando a un curso universitario los principios unificadores de Ecología y las novedades de *Perspectives in ecological theory*. Excedía un texto universitario, siendo un compendio de la ciencia ecológica con tratamiento extenso de los medios acuáticos continentales y marinos. Pasaba por alto los temas ambientales centrándose en los mecanismos ecológicos que los desencadenaban como la eutrofización o la sobreexplotación. Su aparición supuso la puesta de largo de la Ecología en España. En 1977 publicará una versión más acomodada a un texto: *Ecología* para la Universidad Nacional de Educación a Distancia y en 1980 un libro de divulgación: *Ecología*

La Editorial Blume inicia en 1978 la colección *Blume Ecología*, dirigida por Joandomench Ross de la Universidad de Barcelona, incorporando a nuestra bibliografía una biblioteca de referencia. Se inicia con la traducción del *Perspectives* de Margalef (*Perspectivas de la Teoría Ecológica*) y continúa con un criterio amplio: Cloudsey-Thompson, *El hombre y la Biología de las zonas áridas*; Dupont, *Parques Nacionales y Reservas de España y Europa*; Muller, *Introducción a la zoogeografía*; Hutchinson, *El teatro ecológico y el drama evolutivo*. Se trata de libros de 100-200 páginas, de autores como los mencionados o de obras colectivas. *Blume Ecología*, que alcanzó 45 volúmenes se convirtió en una biblioteca básica de Ecología en español, hasta su desaparición en 1996.

Gemelo de la *Ecología* de 1974 fue la *Limnología*, aparecida en 1983 con formato semejante y extensión ligeramente mayor (1010 p.). Margalef desarrolla una Ecología de los medios acuáticos en un texto enciclopédico de larga vigencia. *Limnología* y *Ecología*, pese a su volumen, han sido éxitos editoriales y *Ecología* se reedita hasta 1998. En el Prólogo, Margalef se sitúa ante la obra: *El enfoque de este libro es el de un naturalista y frente a su precedente: La limnología ha sido y es semillero de varios temas importantes de ecología general*. Más adelante reitera una motivación conservacionista: *El autor debe confesar que una de las motivaciones para escribir este libro ha sido el deseo de hacer un poco de propaganda a favor de prestar mayor atención a la naturaleza y sentir más respeto por ella para nuestro propio bien*. *Limnología* es una obra más personal y madura (el autor contaba 64 años) que *Ecología*. Identifica los hilos conductores de la vida en las aguas continentales encajándolos en teorías ecológicas, *una especie de rompecabezas cuyas distintas porciones no pueden encajar perfectamente*, como afirma en el prólogo. Una rica combinación de datos, interpretaciones y sugerencias que ha seguido alimentando a ecólogos acuáticos (y terrestres) desde su aparición.

La biosfera entre la Termodinámica y el juego, (Margalef 1980) de 236 páginas y formato modesto, como *Teoría de los Sistemas Ecológicos* (Margalef 1991), conteniendo reflexiones teóricas sobre la Ecología y sobre la vida, *un experimento inacabado* (p 1). Margalef sitúa su obra en la línea sintética de *Perspectives*, dando claves para comprender a la biosfera y al hombre que la modifica, usando un lenguaje físico. Como en *Perspectives*, el texto formaliza el ciclo de conferencias *Workshop on theoretical Ecology* de 1978 en Phillip Island, Victoria, (Australia). El título, contraponiendo juego y termodinámica,

parafrasea el libro de Monod de 1970 *Le hasard et la nécessité*. En 1997 supera las 400 publicaciones y aparece una reflexión sobre la Ecología, la Biosfera y sus claves en *Our Biosphere* (1998). Margalef ha sido distinguido con El Premio Ramón y Cajal, La Medalla de Oro del CSIC, La Medalla de Oro de la Generalitat de Cataluña, el Premio A. von Humboldt de Alemania, el Premio Huntsman de Canadá y otros.

González Bernáldez publica tres libros sobre paisaje. En *Ecología y paisaje* (1981) desarrolla la estructura y funcionamiento de los sistemas con la presencia humana contemporánea y antigua. Es una Ecología terrestre en clave de información: qué variables son relevantes, cómo detectarlas y ejemplos de interpretación. Desde el capítulo 8 se adentra en el paisaje: percepción con sensores remotos, historia, valores estéticos, origen de los paisajes, para finalizar con sus estudios sobre preferencias. Al final, presenta su *teoría eco-etológica de la estética del paisaje*, sugiriendo un valor adaptativo a nuestras respuestas. Escrito como un curso de paisajismo desde la perspectiva ecológica, daba respuesta a la propuesta de Eduardo Hernández Pacheco para emplear el paisaje como unidad espacial básica.

En 1985 aparece *Invitación a la Ecología humana*, complemento de la obra anterior. Reflexionando sobre el significado del paisaje y su interpretación desde la Ecología culmina el autor 15 años de investigaciones. Ilustrado con fotografías y dibujos, muchos de ellos propios, representa un hito en la interpretación ecológica del territorio a la escala de paisaje y las claves de la percepción humana. González Bernáldez defiende que la naturaleza y sus relaciones sólo se perciben sensorialmente en una pequeña parte, que precisamente constituye el paisaje, una expresión cultural de raíz ecológica. Invita en su libro a la percepción personal de la naturaleza frente a la actual cultura basada en la información transmitida. *Los paisajes del agua* (1992, reeditado en 1996) es obra póstuma. Con formato de vocabulario, explora el significado de las voces relacionadas con las aguas continentales en español, gallego, catalán, vascuence y sus equivalentes en otras lenguas como francés, inglés, ruso o alemán. Las definiciones son geomorfológicamente precisas.

Las enciclopedias naturalistas regionales de los años 80 y 90 son obras de síntesis editadas con abundancia de medios. Destaca por el nivel de sus textos y la calidad de las ilustraciones la *Història Natural dels Països Catalans* (1984), publicada en catalán, que abarca Cataluña, Comunidad Valenciana y Comunidad Balear, Andorra y áreas limítrofes donde se utiliza el catalán en Aragón y en Francia: la *Catalunya del Nord*. Dirigida por Ramón Folch, un brillante naturalista catalán, desarrolla en 15 volúmenes la Geología, Zoología, Botánica y Ecología de los territorios. El volumen 14, dedicado a los *Sistemes naturals* (1989), se puede considerar un texto de Ecología. Años más tarde Folch, que había pertenecido al *Comité Español del Programa MaB* de UNESCO, dirige a un nutrido equipo de colaboradores, preparando otra obra de gran alcance, *Biosfera*, (Folch 1993-1998) que ofrece una Ecología planetaria de alto nivel. Publicada en catalán se ha editado también en alemán y japonés.

Las obras de Ecología aparecidas en España durante el periodo considerado se publicaron en su mayor parte en español, con algunas en catalán o en inglés y muy pocas en gallego o vascuence. En la docencia universitaria de los años 90 mejora la penetración del inglés, quedando relegados francés y alemán. En Cataluña, Comunidad Valenciana y Baleares, el catalán se emplea en la docencia (y la investigación) y los estudiantes encuentran más fáciles los textos en catalán que en español. Para la Ecología, también para otras ciencias naturales, la publicación de *Història Natural dels Països Catalans* significó revisar el vocabulario naturalista en catalán, incorporando voces nuevas y fijando otras, traducidas de modo diverso. *Història* encontró moderada repercusión científica en los centros académicos del ámbito lingüístico español y excelente difusión en los de ámbito catalán.

En 1984 Jordi Flos, de la Universidad de Barcelona, publica *Ecología, entre la magia y el tópico* que recuerda en su estructura *Perspectives in Ecological Theory* con capítulos cortos, densos en sugerencias y un impulso hacia la abstracción y la formulación física y numérica de los procesos que interesan a la Ecología, dentro y fuera de la comunidad, con o sin seres vivos. Josep Peñuelas publicó en 1988 *De la biosfera a la atmósfera: una introducción a la Ecología* y en 1993 una nueva versión: *Una introducción a la Ecología*.

Jaume Terradas, pertenece a la generación de catedráticos de Ecología que había estudiado en los años 60, graduándose en Barcelona. Discípulo de Margalef y de Oriol de Bolós, es Catedrático de Ecología de la Universidad Autónoma de Barcelona. Su orientación hacia el estudio de la fisiología de la vegetación, se ha ampliado desde el principio hacia la sociedad (*Ecología avui*, 1971), el medio ambiente y sus problemas (*Ecología del foc*, 1996) y hacia la educación ambiental, de la que ha sido pionero en España. En 2000 ha publicado *Ecología de la vegetación* (Terradas 2000) que subtitula *De la ecofisiología de las plantas a la dinámica de las comunidades y paisajes* desarrollando en el texto el amplio programa. En la introducción, echa de menos en la Ciencia Ecológica un núcleo de teoría verificable sobre un corto número de organismos que permitiera validar un esqueleto sólido de conceptos. La obra se desarrolla en 5 partes. *Conceptos que maneja la Ecología para abordar los seres vivos, Funcionamiento de plantas y comunidades, La diversidad, La dinámica de las poblaciones, La gestión y la restauración*. Terradas no es complaciente o convencional: presenta visiones alternativas de los problemas clásicos aportando una rica bibliografía y muchos ejemplos de la península.

Jaime Rodríguez, Catedrático de Ecología de la Universidad de Málaga orientado a los estudios oceanográficos, ha explorado el espectro de tamaños y masas del plancton marino, y sus trabajos han tenido gran repercusión en la bibliografía mundial. Los espectros se han convertido en una herramienta para conocer el estado trófico del sistema acuático. Ha publicado un texto de *Ecología* en 1999, con una orientación numérica y física, que ayuda a la formalización.

Carlos Granado Lorenzo, Catedrático de Ecología en la Universidad de Sevilla interesado desde su época de estudiante por la ictiología, ha estudiado las comunidades de peces en embalses y ríos en España y la Amazonía. Ha dirigido la Estación de Ecología Acuática Príncipe Alberto I de Mónaco, centro mixto de la Universidad de Sevilla. Ha publicado *Ecología de Peces* y *Ecología de Comunidades* y *El paradigma de los peces de agua dulce*. El segundo título (Granado 2000), de mayor madurez científica, toma los peces como un elemento para explorar la Ecología y los sistemas naturales y se inicia (Cap 1) con una reflexión sobre la Ecología, origen, configuración y significados.

Francisco Pugnaire (EEZA, CSIC, Almería) y Fernando Valladares, (I. Recursos Naturales, CSIC, Madrid), publican en 1999 *Handbook of functional plant ecology*, (Nueva cork) con énfasis en la dinámica y la interacción. Las funciones, más que los caracteres, explican el funcionamiento de las comunidades. La segunda edición, ampliada, se ha publicado en 2007. Josep Raventós y Miguel Acevedo de la Universidad de Alicante, han iniciado en 2005 una colección de monografías de la Universidad de Alicante sobre *Métodos Cuantitativos en Ciencias Ecológicas*. Han aparecido *Dinámica y manejo de Poblaciones: modelos unidimensionales* y *Modelos de metapoblaciones y de la dinámica espacio-temporal de comunidades* que desarrollan modelos numéricos y sus aplicaciones. Carlos Herrera ha publicado en 2009 *Multiplicity in unity*¹⁵. *Plant subindividual variation and interactions with animals*, (University of Chicago Press). Las relaciones mutualistas entre plantas y animals se desagregan a nivel de población y de individuo; los diferentes órganos de la planta sufren presiones de selección distintas y siguen trayectorias evolutivas propias, a veces contrapuestas.

¹⁵ El título parafrasea *Unity in diversity*, volumen dedicado a Margalef por Valladares *et al.* (2008)

Las obras de Flos, Terradas, Rodríguez o Granado y ilustran la calidad de los textos universitarios al iniciarse el siglo XXI, con reflexiones científicas basadas en un buen conocimiento de los sistemas naturales planetarios y la bibliografía mundial. Las monografías de Pugnaire, Valladares, Raventós, Reigosa o Herrera, muestran la especialización ofreciendo a la Ecología horizontes nuevos. Los 30 años transcurridos desde la *Ecología* de Margalef (1974), han permitido que su legado haya alcanzado la madurez.

Recordando los 25 años de su accidente en Alaska se ha publicado *Félix, 25 años de conciencia ecológica* (2006) donde doce autores (Joaquín Araujo, Benigno Varillas, José Vicente de Lucio, Miguel Delibes, Francisco Pugnaire, Carlos Duarte, Juan Carlos del Olmo, Luis Baladrón, entre otros) reflexionan sobre Félix, su legado y lo que han supuesto 25 años de intenso desarrollo económico sobre el medio ambiente peninsular. Leídos este libro y otros parecidos, en perspectiva, durante estos 25 años el mayor avance se ha dado en 2 frentes: el ecológico (los autores representan la nueva generación) y el ambiental (la documentación sobre especies, medios y lugares es ahora muy rica).

En España ha tenido gran repercusión la publicación en 1976 de *Natura: ùs or abùs?* Preparado bajo la dirección de Ramon Folch, apareció en un momento político de renovación, tras el fallecimiento del General Franco y desencadenó el por la planificación del territorio y el uso de los recursos en Cataluña y el resto de España. Folch publica en 1984 un libro breve y sugerente: *Que lo hermoso sea poderoso* y en 1998 *Ambiente, Emoción y Ética*¹⁶, señalando que la solución de los temas ambientales requiere más de actitud que de conocimiento. Una reformulación ética que incorpore la naturaleza y los grupos humanos alienados por la tecnología de los grupos dominantes. En 1992, Josep Peñuelas había publicado *Biosphere, Evolution, Brains and Sex: reflections on Biology and Ecology* (Vantage Press, Nueva York). Terradas en *Biografía del Mundo. Del origen de la vida al colapso ecológico* (2006), reflexiona sobre la biosfera, nuestro origen y el de la Sociedad ayudándonos a comprender quienes somos y qué podemos ser. Granado en *Avances en Ecología: hacia un mejor conocimiento de la Naturaleza* (2007), recapitula la contribución de la Ecología para comprender la biosfera y alcanzar un equilibrio con la sociedad. El futuro conjeturable es sombrío, porque la demanda se expande en extensión e intensidad y la *sostenibilidad* no pasa de un juego de palabras. El *Millenium Ecosystem Assesment*¹⁷ (2001-2005) documenta la precaria situación global y sus causas, señalando objetivos de restauración y buena práctica ambiental.

9. La Ecología al doblar el siglo: madurez y transversalidad.

Los impulsos al desarrollo de la ciencia ecológica en España durante los 90 procedieron de personalidades maduras surgidas en los grupos que proliferaron en la década de los 80 en el CSIC (como Carlos Herrera, Pedro Jordano o Carlos Duarte) o en las Universidades (como Jaume Terradas, Díaz Pineda, Xavier Niell o Joan Armengol) en grupos de investigación pertenecientes a los departamentos de Ecología. La década de los 90 es innovadora en cuanto a sedes. Se han incorporado a la revolución ecológica

¹⁶ Último título de una tetralogía: *Sobre ecologismo y ecología aplicada* (1977), *Sobre ecología, educación y desarrollo* (1990), *Sobre educación ambiental y socioecología* (1993) y *Ambiente, emoción y ética* (1998)

¹⁷ La preocupación ambiental se plasma en *Protecting our Planet, securing our future: linkages among global environmental issues and human needs*, publicado Noviembre de 1998 por UNEP, NASA y World Bank. El *Millenium Assesment* se discute desde 1998, tomando forma al superponerlo en 2000 al *International Program on Ecosystem Change (IPEC)*, iniciándose el *Millenium Ecosystem Assesment* en Febrero 2001 (formalmente el Día del Medio Ambiente, 5 de Junio) y presentando sus resultados el 30 de Marzo de 2005.

investigadores de diferentes ramas como botánica, zoología o microbiología. Y de más lejos, atrayendo en España, como sucediera en otros países, a matemáticos, físicos, químicos y un creciente número de *moleculares*. Por ejemplo el microbiólogo Ricardo Guerrero de la Universidad de Barcelona interesado en las comunidades de los tapetes microbianos y en bacterias primitivas o el grupo de Andres Moya, Amparo Latorre y Francisco José Silva Moreno en la Universidad de Valencia y el CSIC que han estudiado la reducción de genoma en estirpes microbianas endosimbiontes como *Buchnera* spp. microorganismo asociado a pulgones con estirpes específicas de genomas reducidos: la estirpe del pulgón *Cinara cedri* tiene un genoma de 450 kb, la de *Bayzongia pistacea*, de 615 kb La interfaz de la biología molecular y de sistemas, de la Ecología y la microbiología, la están desarrollando los biólogos moleculares.

Una medida de la madurez alcanzada por la Ecología ha sido la creación de Centros en las Universidades y el CSIC, donde trabajan científicos de diferente origen. Como ejemplos el CREA (*Centre de Recerca Ecològica i Forestal*) en la Universidad Autònoma de Barcelona, el CBAB, (*Centre de Estudios Avanzados de Blanes*), perteneciente al CSIC, desde la oceanografía y la Ecología marina se ha ampliado hacia la Ecología forestal y la limnología, el *Centre de Recerca d'Alta Muntanya* de la Universitat de Barcelona, el *CIBIO (Centre Iberoamericano de la Biodiversidad)* de la Universidad de Alicante en colaboración con la AEI, la *Estación de Ecología Acuática "Príncipe Alberto I de Mónaco"*, de la Universidad de Sevilla en colaboración con EMASESA, Empresa municipal de aguas, el *Centro de Investigaciones Ecológicas y Ambientales* de la Junta de Andalucía en Matalascañas, junto a Doñana, gestionado por la Universidad de Huelva.

La Ecología en España en los aproximadamente cuarenta años analizados, ha pasado de pequeña rama de la Biología a ciencia protagonista de la Naturaleza. En la percepción social abandonó el carácter de ciencia pasando a símbolo natural y más tarde, a etiqueta de una actitud social.

El papel de los forjadores de la Ecología contemporánea en España, tocaba a su fin al comenzar el siglo XXI. González Bernáldez, había fallecido en 1998, Valverde lo hará en 2003 y Margalef en 2004, siendo sus publicaciones últimos trabajos póstumos. Montserrat ha continuado activo durante la primera década del siglo XXI, pero la mayor parte de su legado ya había sido presentado.

Una forma de reconocimiento a la generación pionera han sido los Doctorados *Honoris causa*. Otra, el homenaje que los oceanógrafos le dedicaron a Margalef en Menorca en 2001: *A Marine Science Odysseey into the 21st Century*. Los libros colectivos que recuerdan a Montserrat (1988) y a González Bernáldez (Montes *et al.* 2002) sirven también como historia de sus figuras. Los de Margalef (Ros y Prat 1991, Armengol *et al.* 2004, Valladares *et al.* 2008) ofrecen además una panorámica de la investigación en la Ecología terrestre y acuática en España hacia el comienzo del siglo.

En Madrid, se ha creado la *Fundación Interuniversitaria González Bernáldez* que recuerda su figura y desarrolla conferencias y cursos. Otorga la *Medalla Fernando González Bernáldez* que desde 2002 ha sido concedida a Antonio López Lillo, Emilio Fernández Galiano, Ramón Llamas, Ramón Tamames y, en 2008, a Pedro Montserrat. La Universidad Autónoma de Madrid, donde González Bernáldez había impartido docencia desde 1976 hasta 1992, le ha dedicado la *Biblioteca de Ciencias Fernando González Bernáldez*.

El Parque Nacional de Doñana ha dedicado a Valverde el *Centro de visitantes José Antonio Valverde*, situado en Cerrado Garrido, sobre las Marismas que acertó a proteger.

La Generalitat de Catalunya ha creado en 2005 un importante galardón, el *Premio Ramón Margalef de Ecología y Medio ambiente*, generosamente dotado. Impresiona que centros muy prestigiosos del mundo presenten como candidatos al Premio a figuras de más alto nivel en la Ecología, la oceanografía y la limnología que reconocen el profundo magisterio de Margalef en su trayectoria personal. El Premio ha sido otorgado en 2005 a Paul Dayton de la Universidad de San Diego en California, en 2006 a John H. Lawton presidente de la British Ecological Society, en 2007 a Harold Mooney de la Universidad de Stanford y en 2008 a Daniel Pauly de la Universidad de British Columbia en Canadá.

A la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales no habían pertenecido los protagonistas de la Ecología española, aunque habían formado parte otros científicos mencionados en el texto, como Eduardo Hernández Pacheco, Salvador Rivas Martínez y Ángel Ramos. En marzo de 2007 ingresó como Académico numerario Francisco García Novo, con un discurso sobre *La Diversidad Biológica*. En su contestación Emiliano Aguirre analizó los estudios Paleoecológicos en España. En el mismo año ingresó como Académica correspondiente la oceanógrafa Marta Estrada.

España ha consolidado su papel científico en Ecología, como en otras ciencias biológicas y es de esperar que durante el siglo XXI mantenga el nivel de excelencia que gozan muchas de sus investigaciones. Se ha situado entre los países avanzados por las contribuciones de autores españoles a las revistas importantes de Ecología y las de ciencia en general, o la participación de científicos españoles en iniciativas internacionales de investigación básica, revisiones mundiales, campañas internacionales, etc. El proceso ha sido acelerado en los últimos 15 años. Las publicaciones españolas de ciencias durante el periodo 1992-2002 han tenido 3,5 citas/artículo. Las de Ecología y Medio ambiente en el mismo periodo, 4,96, que se han elevado a 6,32 citas/artículo, para el intervalo 1994-2004, lo que muestra el peso de los años 2003/04. En 2009 el valor alcanza a 9,16 citas/artículo lo que indica mayor penetración en la bibliografía mundial. No obstante, hay que señalar que al agregar los datos de Medio ambiente a los de Ecología, la segunda queda minusvalorada. A nivel de España el número de citas/artículo se sitúa aproximadamente en el promedio nacional ya que Ecología y Medio ambiente producen anualmente 9800 trabajos, el 3,22% de los publicados en ciencias y reciben el 3,19% de las citas. Ecología y Medio ambiente se han destacado frente a los campos de la zoología y la botánica (21,000 publicaciones con 7,13 citas/artículo), y se mantienen a un nivel similar en producción y citas a las geociencias. Quedan todavía muy alejadas de la biología molecular cuya producción científica y citas/artículo son sensiblemente superiores.

Como ha sido habitual en la historia de la ciencia española, las personalidades excepcionales (como el ecólogo Carlos Herrera Maliani o el oceanógrafo Carlos Duarte) son reconocidas mundialmente y han sido objeto de distinciones internacionales. Durante el intervalo 1981-2005 figuran entre los 344 científicos más citados, y los 15 más destacados en Ecología a nivel mundial y entre los 22 españoles más citados en 2007. Herrera ha superado las 4000 citas en 2007. En el 1% de los investigadores de Ecología y medio ambiente más citados en la bibliografía mundial durante los últimos 10 años figuran además J. Peñuelas, J. Bascompte, M. Delibes, M. Ferrer, L. Andy Green, P. Jordano, M. Vila.... Se ha mencionado a la nueva generación de ecólogos que destacan en el panorama mundial como J. Pausas, F. Valladares, A. Escudero, R. Zamora, J. M. Rey Benayas, F. Pugnaire, Morales Baquero, S. Sabater, J. Rodríguez o T. Maestre y habían tenido ocasión de formarse en departamentos bien desarrollados en una atmósfera de colaboración internacional, disfrutando de estancias en centros de excelencia mundiales, para integrarse finalmente al tejido investigador. Como sucediera con Margalef o Valverde, ayudan a hacer visible el desarrollo en España de la Ecología terrestre, la Limnología y la Oceanografía. En los próximos veinte años, las nuevas generaciones de ecólogos convertirán estos reconocimientos mundiales de los científicos españoles en una regla, más que una excepción.

Es oportuno, al concluir, reflexionar si el éxito de las dos últimas décadas se debe a un enfoque particular de la Ecología o a una estructura favorable de la red científica en España. Una clave del éxito desde los años 80, ha sido la continuidad. Las figuras principales (Margalef, González Bernáldez, Valverde, Montserrat) y un número amplio de actores secundarios sólidos y productivos, han permanecido durante casi 3 décadas en actividad. Han configurado un paisaje estable de la Ecología con cumbres señeras a nivel mundial y realizaciones de primer nivel. Han ofrecido además orientación por su ejecutoria, sus cursos, sus contactos e iniciativas. Sus lugares de trabajo han servido de centros para demostrar la Ecología terrestre, vegetal y animal, la Limnología y la Ecología de peces, la Conservación y la Restauración, la colaboración internacional y el desarrollo en otros países de proyectos, centros, reservas. Posibilidades que los doctorados conocían y les ayudaban a situarse ante la Ecología mundial. Cuando la generación fundante de los años 70 se apaga en el paso al nuevo milenio, la dinámica es pujante y las relaciones tan extensas que la producción ecológica se diversifica y amplía.

Uno de los problemas de la Ecología y de la ciencia en general en el siglo que se inicia, es la exigencia para la carrera investigadora del éxito a plazo corto en publicaciones y en citas. En la ciencia española la evaluación de los “sexenios” de investigación ha resultado beneficiosa favoreciendo la visibilidad de los científicos. Su utilización impropia puede resultar perjudicial especialmente porque con los fondos generalmente insuficientes, cierra el paso a procesos largos de investigación y al relleno de lagunas de conocimiento que no resultan de vanguardia pero son imprescindibles para el avance científico. El exceso de celo en las administraciones exigiendo como criterio de calidad la cita y su impacto conduce a una pobreza en las ideas y a una formación sectorial que comienza a percibirse en autores jóvenes, con muchas citas y poca cultura biológica.

Un segundo tema para traer a colación es el papel de la sugerencia frente a la constatación en Ecología y en las Ciencias naturales. Es incuestionable la validez del método experimental y la inferencia estadística sobre los datos; el avance mediante pasos bien trabados que permitan un progreso firme. Pero con frecuencia tras leer un número de *Ecology*, *Journal of Ecology* o del *Archiv*, tiene el lector la sensación de *nihil sub sole novum*. El número de revistas (y contribuciones) crece, pero no de igual modo su interés. Margalef, González Bernáldez, Valverde o Montserrat, además de demostrar, sugerían. A veces sugerían escenarios lejanos, que la experimentación distaba de poder validar. Y lo hacían combinando gran erudición, conocimiento profundo de los sistemas naturales a diferentes escalas y su genial intuición, entrenada por el rigor científico. Margalef lo subrayaba en la introducción de *Perspectives...y de nuevo en Our Biosphere: For most topics that concern ecology, I like poets more than lawyers, and feel more inclined to fantasy, feeling and inspiration than to rigor, consistency and even responsibility.*

The Origin of species, después de todo, es una poderosa sugerencia débilmente apuntalada en la evidencia disponible entonces y confirmada clamorosamente en el siglo y medio que nos separa de su publicación y celebramos en 2009. La clave evolutiva ha iluminado con fuerza la Biología y permitido reformular la Ecología. Quizá sea imprescindible sugerir además de demostrar; aventurarse flexiblemente además de viajar con certeza a un objetivo seleccionado. Para volar es necesario leer y escribir las reflexiones científicas que van más allá de la discusión o la introducción del artículo. Probablemente el mayor riesgo de las nuevas generaciones de ecólogos es que limiten sus lecturas a la especialidad y no aprovechen libros antiguos y nuevos, reflexiones y sugerencias desde su propio campo científico y desde otros. En España Flos, Ros, Parra, Granada, Folch, Terradas, Camarasa, Peñuelas y Varillas, han asumido esta tarea de gran alcance: reflexión, síntesis, sugerencia, propuesta. Crítica. Es una lástima que las editoriales (y los autores) que publican en catalán no ofrezcan sus obras también en español para que sus reflexiones abarquen un espacio ecológico lo más amplio posible. Y

unos y otros presenten habitualmente sus conclusiones en inglés, *lingua franca* de la Ciencia en los comienzos del siglo XXI.

El fisiólogo Jaques Loeb en 1909 apuntaba a la síntesis de la vida como el *goal of biology*. El siglo transcurrido ha llevado a la Biología molecular a las puertas de lograrlo. Pero ha puesto de manifiesto, en el extremo opuesto de la Naturaleza, otro gran objetivo para la Biología de sistemas: hacer la vida planetaria compatible con la humanidad.

Desearía concluir con Josep María Camarasa y Jesús I. Catalá (2008), en clave optimista: *L'ecologia, amb les aportacions teòriques conformades al voltant del concepte d'ecosistema, el sentit integrador de la biosfera, la normalització de la seua pràctica a universitats i instituts de recerca, i la seua difusió i divulgació a la societat –fins i tot impregnant dels seus continguts el discurs polític– és ara una disciplina científica consolidada. D'alguna manera, l'actual ciència de l'ecologia ha aconseguit articular un discurs integrador de la diversitat de la natura, aquesta diversitat que la història natural tradicional tant maldà per descriure i entendre*¹⁸.

¹⁸ *La Ecología, contando con las aportaciones teóricas surgidas en torno al concepto de ecosistema, el sentido integrador de la biosfera, su incorporación en universidades y centros de investigación, su difusión y divulgación en la sociedad, -incluso impregnando de sus contenidos el discurso político- es ahora una disciplina científica onsolidada. De algún modo la actual Ciencia ecológica ha logrado articular un discurso integrador sobre la diversidad de la naturaleza, esa diversidad que la Historia natural tradicional tanto se esforzó enl describir y comprender.* Camarasa, J.M. y Catalá, J.I., 2008, *Els nostres naturalistes II*. Publicacions de la Universitat de Valencia, *Mètode. Monografies* 2(2). p.

Referencias

1. Allier, C., Ramírez Díaz, L. y González Bernáldez, F., 1975, *Mapa ecológico / Ecological Map. Reserva Biológica de Doñana*. CSIC. Memoria + 1 mapa
2. Armengol, J., Moreno-Amich, R. y Palau, A. (eds.), 2006, *The ecology of the Iberian inland waters: Homage to Ramón Margalef*. *Limnetica* 25(1-2):1-612
3. Baratas, L.A. y Fernández, J. (eds), 1998 Aproximación histórica a la Real Sociedad Española de Historia Natural. *Memorias de la R. Sociedad Española de H. Natural. Tomo I*. Madrid. 260p
4. Bascompte, J. y Jordano, P., 2007, Plant animal mutualistic networks. The architecture of biodiversity. *Ann. Rev. Ecol. Evol and Syst.* 38:567-593
5. Bernis, F. y Valverde, J.A., 1952, La gran colonia de garzas del Coto Doñana. *Munibe (1952)*:3-15
6. Camarasa, J.M., 2000, *Cent anys de passió per la Natura. Una història de la Institució Catalana d'Història Natural 1899-1999*. Institució Catalana d'Història Natural. Barcelona. 183 p
7. Casado, S. y Montes, C., 1992, A short history of eighty years of Limnology in Spain. *Limnetica* 8:1-9
8. Casado, S., 1997, *Los primeros pasos de la Ecología en España*, Madrid, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación y Publicaciones de la Residencia de Estudiantes.
9. Casal, M., Basanta Alves, M. y García Novo F., 1984, *La regeneración de los montes incendiados en Galicia*. Universidad de Santiago. 113 p.
10. Cordero Rivera, A., 2003, Trends in the evolution of Ecology: "Spain is different" .*Web Ecology* 4:14-21
11. Encina, L., Rodríguez, A. y Granado-Lorencio, C., 2006, The iberian ichthyofauna: Ecological contributions. *Limnetica* 25(1-2):349-368
12. Fillat, F., García González, R., Gómez, D. y René R., (eds.) 2008 *Pastos del Pirineo*. CSIC. Diputación de Huesca Madrid. 319 p.
13. Folch i Guillen, R., (ed.), 1993-1998, *Biosfera*. Fundació Enciclopedia Catalana. Barcelona Vols.I-XI.
14. García Novo, F., et al. (eds.),1977, *Doñana: prospección e inventario de ecosistemas*. ICONA. Monografía 18. Madrid. 244 p.
15. González Bernáldez, F., 1981, *Ecología y paisaje*. Madrid, Blume. 250 pp.
16. González Bernáldez, F., 1985, *Invitación a la Ecología humana. La adaptación afectiva al entorno*. Tecnos. Madrid, 159 p.
17. González Bernáldez, F., 1992, *Los paisajes del agua. Terminología popular de los humedales*. Madrid, J.M. Reyero. 257 pp. Reedición en Martín Duque, J.F. y Montalvo, J.,1996, *Agua y Paisaje. Naturaleza, cultura y desarrollo*. Multimedia Ambiental. Madrid:225-333
18. González Bernáldez, F., García Novo, F. y Ramírez Díaz, L., 1975, Analyse factorielle de la vegetation des dunes de la Reserve Biologique de Doñana. *Israel J.Bot.* 24:106-107;173-182.
19. González Bernáldez, F., Montserrat, P. y Gil Criado, A., 1968, Elaboración automática de datos fitosociológicos. *Bol.R.Soc.Española.H. Nat. (Biol)* 66:151-176.
20. Granado, C., 2000, *Ecología de Comunidades. El paradigma de los peces de agua dulce*, Publicaciones de la Universidad de Sevilla. Sevilla, 282 p.
21. Granados Corona M., Martín Vicente, A. y García Novo, F., 1989, Long term vegetation changes in the stabilized dunes of Doñana National Park. *Vegetatio* 75:73-80.
22. Guisande, C. y Toja, J., 1988, The dynamics of various species of the genus *Brachionus* (Rotatoria) in the Guadalquivir river. *Arch. Hydrobiol.* 112(4):579-585.
23. Herrera, C., 1984 a, A study of avian frugivores bird dispersed plants and their interaction in Mediterranean scrublands *Ecological monographs* 54(1):1-23
24. Herrera C 1984 b, Tipos morfológicos y funcionales en plantas del matorral mediterráneo en el Sur de España, *Studia Oecologica* 5:7-34
25. Herrera, C. 2009, *Multiplicity in unity. Plant subindividual variation and interactions with animals*. University of Chicago Press.
26. Herrera, C., y Jordano, P., 1981, Prunus mahaleb and birds. The high efficiency seed dispersal system of a temperate fruiting tree. *Ecological Monographs* 51(2):203-218

27. *Història Natural dels Països Catalans*, 1984, Director Ramón Folch i Guillén. Enciclopèdia Catalana. Barcelona. 15 vol. El tomo 14 *Sistemes naturals* (1986, 500 p), está editado por J. Terradas, N. Prat, A. Escarre y R. Margalef.
28. Jordano, P., Bascompte, J. y Olesen, J.M., 2003, Invariant properties in coevolutionary networks of plant-animal interactions, *Ecol Letters* 6:69-81
29. Margalef, R., 1957, La teoría de la información en Ecología. *Mem Real Acad C Art Barcelona* 32:373-449. Traducción en *General Systems* 3.
30. Margalef, R., 1963, On certain unifying principles in Ecology. *American Naturalist* 97(897):357-374
31. Margalef, R., 1968, *Perspectives in Ecological Theory*. Chicago University Press. Chicago
32. Margalef, R., 1974, *Ecología*. Editorial Omega. Barcelona, 951 p
33. Margalef, R., 1980, *La Biosfera entre la termodinámica y el juego*, Editorial Omega. Barcelona, 236 p
34. Margalef, R., 1983, *Limnología*. Editorial Omega. Barcelona. 1010 p
35. Margalef, R., 1991, *Teoría de los sistemas ecológicos*. Universitat de Barcelona. Barcelona 290 p
36. Margalef, R., Planas, D., Armengol, J., Vidal, A., Prat, N., Guiset, A., Toja, J. y Estrada, M., 1976, *Limnología de los embalses españoles*. Publ. D.G. Obras Hidráulicas. M.O.P., Madrid: 451+85 pp
37. Montes, C., Levassor, C., Cuenca, A., Casado, S. (eds.) 2002, *Figura con paisajes. Homenaje a Fernando González Bernáldez*, Madrid: Fundación Interuniversitaria Fernando González Bernáldez. 236 p
38. Montserrat, P., 1964, Ecología del pasto, *P Centro Pirenaico Biología Experimental* 1,2
39. Morales Baquero, R., Pulido Villena, E. y Reche, I., 2006, Atmospheric inputs of phosphorus and nitrogen to Southwestern Mediterranean region: biogeochemical response of high mountain lakes, *Limnology and Oceanography* 51(2):830-837
40. Pineda, F.D., Casado, M.A., de Miguel, J. y Montalvo, J. (eds), 1991, *Diversidad biológica/ Biological diversity*. ADENA WWF y Fundación Ramón Areces. Madrid.
41. Pineda, F.D., De Pablo, C.L., Casado, M.A. y de Miguel, J, 1988, Ecological structures recognized by means of entropy analysis. Assessment of differences between entropy values. *J theor Biol* 135:283-293
42. Pugnaire, F.A. y F. Valladares, F., (eds.), 1999, *Handbook of functional plant ecology*. Marcel Dekker Inc., Nueva York:
43. Ros, J. y Prat, N., (eds.), 1991, *Homage to Ramon Margalef or why there is such a pleasure in studying nature. Oecologia aquatica* 10.
44. Ruiz, J.P. y González Bernáldez, F., 1983, Landscape perception by its traditional users. The ideal landscape of Madrid livestock raisers. *Landscape Planning* 9:279-297
45. Terradas, J., 2000, *Ecología de la vegetación De la ecofisiología de las plantas a la dinámica de las comunidades y paisajes*. Editorial Omega, Barcelona. 703 p
46. Valladares, F, Camacho, A., Elosegui, A., Gracia, C., Estrada, M. Senar, J.C. y Gili, J.M., (eds.), 2008, *Unity in diversity. Reflections on Ecology after the legacy of Ramon Margalef*. BBVA Ed. Bilbao 495p
47. Valverde, J.A., 1960, La population d'Aigles impériaux (*Aquila heliaca adalberti*) des marismas du Guadalquivir: son évolution depuis un siècle. *Alauda* 28 (1):20-26
48. Valverde, J.A., 1962, *Estructura de una comunidad de vertebrados terrestres*. Monografías de Ciencia Moderna 76, CSIC, Madrid.
49. Valverde, J.A., 1964, Remarques sur le structure et l'évolution des communautés de vertebrés terrestres. *La Terre et la Vie* 2:121-154
50. Verdú, M. y Pausas J.G., 2007, Fire drives phylogenetic clustering in Mediterranean Basin woody plant communities. *Journal of Ecology* 95 (6):1316-323
51. Whittaker R.J. y Fernández Palacios, J.M., 2007, *Island biogeography. Ecology, Evolution and Conservation*. 2nd edition Oxford University Press. Oxford.