INSTITUTO DE ESPAÑA

REAL ACADEMIA NACIONAL DE FARMACIA

GEOBOTÁNICA, CAMBIO CLIMÁTICO Y SALUD

DISCURSO DEL

EXCMO. SR. D. DANIEL PABLO DE LA CRUZ SÁNCHEZ MATA

LEÍDO EL 9 DE DICIEMBRE DE 2021 EN EL ACTO DE SU TOMA DE POSESIÓN
COMO ACADÉMICO DE NÚMERO

Y CONTESTACIÓN DEL

EXCMO. SR. D. ANTONIO GONZÁLEZ BUENO

MADRID MMXXI

INSTITUTO DE ESPAÑA

REAL ACADEMIA NACIONAL DE FARMACIA

DISCURSO DE INGRESO EN LA REAL ACADEMIA NACIONAL DE FARMACIA
COMO ACADÉMICO DE NÚMERO DEL

EXCMO. SR. D. DANIEL PABLO DE LA CRUZ SÁNCHEZ MATA

GEOBOTÁNICA, CAMBIO CLIMÁTICO Y SALUD

Se prohíbe, sin la correspondiente autorización escrita de los derechos del *copyright*, la reproducción total o parcial de esta obra por cualquier medio o procedimiento, así como su distribución, venta o alquiler

© de los textos, el autor
Edita: Real Academia Nacional de Farmacia©
ISBN: 978-84-122587-9-0
Depósito Legal: M-32066-2021
Impresión: Reprografía Madrid, Isaac Peral, 12, local. 28015 Madrid

SUMARIO 5

Agradecimientos 7

GEOBOTÁNICA, CAMBIO CLIMÁTICO Y SALUD

I. INTRODUCCIÓN 13

II. TERRITORIO Y DIVERSIDAD BIOLÓGICA (ORGANISMOS Y SISTEMAS) 13

IIa. El medio natural: el continente 13
IIa.1. El componente físico (abiótico) 14
IIa.2. Las ciencias básicas: Biogeografía y Bioclimatología 15
II.b. El medio natural: el contenido 17
II.b.1 El componente biótico general: biodiversidad (organismos y sistemas) 17
II.b.1.1. Flora: patrimonio fitogenético y conservación 17
II.b.1.2. La vegetación natural: fitocenosis, Fitosociología y Geobotánica 19
II.b.2. Arquitectura y estructura del paisaje: Sinfitosociología 20

III. MEDIO NATURAL Y CAMBIO GLOBAL 24

III.a. El cambio global 24
III.b. El cambio climático: ciencia y conciencia social 25
III.c. Cambio climático y salud 27
III.d. Cambio climático, Geobotánica y salud 29

IV. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 31

APÉNDICE GRÁFICO 33

DISCURSO DE CONTESTACIÓN DEL EXCMO. SR. D. ANTONIO GONZÁLEZ BUENO 49

AGRADECIMIENTOS

Excmo. Sr. Presidente de la Real Academia Nacional de Farmacia,
Excmos. e Ilmos. señoras y señores académicos,
Autoridades, familiares, queridos compañeros y amigos

Quiero manifestar mi satisfacción por ser el protagonista de este solemne acto académico en esta tarde del mes diciembre de 2021 y de poder compartirlo con todos los presentes y los que nos siguen a través de los medios; el ver el Salón Amarillo de esta ilustre corporación ocupado es un buen síntoma para este período post-pandemia que por fin hemos alcanzado.

Efectivamente es un orgullo haber llegado hasta este lugar y haber sido elegido para ocupar uno de los puestos (medallas) de esta prestigiosa Real Academia, concretamente la número 25.

Han pasado cuarenta y cinco años (¡que vértigo!) desde que inicié mis estudios de la licenciatura de Farmacia en la Universidad Complutense de Madrid (UCM), allá por el año 1976; estudios que yo ya tenía decididos desde años atrás para cumplir mis deseos de aprender y formarme en el ámbito de la Botánica y Farmacognosia y también en el ámbito de la Bioquímica. Mi vocación desde niño se veía compensada cuando comencé la licenciatura; el haber tenido maestros de la talla de los profesores Miguel Ladero y Ginés López en la disciplina de Botánica, de la profesora Pilar Pardo en Farmacognosia, del profesor Salvador Rivas en Geobotánica y del profesor Ángel Santos en Bioquímica, entre otras disciplinas, fueron parte de las claves de mi éxito académico. Acabé la licenciatura con las dos especialidades, Ecología Vegetal y Bioquímica, que cumplieron con creces mis expectativas académicas.

Mi formación botánica comenzó pronto ya que desde el tercer curso de la licenciatura acudía como 'alumno interno' a iniciarme en la identificación de las herborizaciones que cada semana llegaban al departamento para ser incorporadas a las colecciones de los herbarios de la Facultad (MAF Herbaria). La llegada a la Cátedra de Botánica del profesor Salvador Rivas en 1977 precipitó nuestro encuentro: mi fuerte y sólida vocación y su maestría se unieron rápidamente: me licencié y gradué en 1981, doctorándome con éxito bajo su tutela en 1986. Con posterioridad, la carrera docente me llevó a ser Profesor Titular de Universidad (1987) por oposición y Catedrático de Universidad (2005) por habilitación nacional.

Fue en 2006 cuando entré en contacto con esta Corporación, quien me acogió como Académico Correspondiente, adscribiéndome a la sección 2ª (Biología, Biotecnología y Farmacogenómica) y a la 5ª (Salud Pública, Alimentación y Medio Ambiente) y participando muy activamente en la Comisión de Aguas Minerales y Minero-Medicinales concretamente en el estudio monográfico de los balnearios, ocupándome del entorno natural de los mismos (flora, vegetación y paisaje).

En este dilatado espacio de tiempo he tenido numerosas oportunidades de disfrutar de estancias en centros internacionales de prestigio y de iniciar y consolidar proyectos de investigación con colegas de numerosos países siempre con resultados fructíferos. Soy un convencido de la necesidad de la internacionalización de nuestras

actividades académicas y de investigación, así como un leal practicante de las sinergias y de los trabajos en equipo; siempre así se llega más lejos…En estos ámbitos destaco, por un lado, dos instituciones que han marcado desde hace años mi devenir investigador: la Universidad de California (campus de Davis y Berkeley) desde 1996 y, más recientemente, la Universidad de Harvard desde 2017; por otro, dos científicos y maestros: el profesor Salvador Rivas y el profesor Michael Barbour -Académico Correspondiente Extranjero de esta Corporación- que nos dejó este mismo año.

Me siento afortunado…debo todo lo que soy a mis padres que ya no están con nosotros. Ellos forjaron mi persona y la de mis hermanos con su trabajo y esfuerzo siempre buscando lo óptimo para el futuro de sus hijos; creo, sinceramente, que hicieron una buena labor. También he tenido la enorme suerte de compartir un buen manojo de años de mi vida con María de los Reyes Gavilán; ella ha sido siempre, con su continuo e incondicional apoyo, la dinamizadora de mis dudas e incertidumbres y, en muchos casos, el apoyo fundamental de mis tareas guardando ausencias en los periodos de trabajos de campo y en mis estancias, a veces compartidas, en países extranjeros. Juntos forjamos las vidas de Irene y Beatriz y hoy me siento realmente orgulloso de que hoy puedan estar a mi lado en este acto.

Si estoy leyendo hoy estas palabras es gracias a la generosidad de los tres preceptivos valedores que me presentaron ante la Corporación como Académicos de Número: las doctoras Rosa Basante y María del Carmen Francés y el doctor Ángel Villar. Además, a los Excelentísimos señoras y señores académicos que, el pasado mes de febrero de este mismo año, depositaron con su voto su apuesta hacia mi persona y en la aportación que mi ingreso en la Academia puede suponer. A todos ellos mi sempiterna gratitud por su apoyo y confianza. Espero estar a la altura de las circunstancias.

Ocuparé la medalla número 25. Agradezco al Dr. Antonio González Bueno, buen amigo y compañero, su disponibilidad para la recepción, en nombre de la Real Academia, de mi discurso de ingreso en esta Corporación así como su contestación.

A continuación, siguiendo el protocolo de esta Real Academia, dedicaré unas palabras a los académicos antecesores en esta misma medalla. Curiosamente fueron un botánico, un farmacognosta y una bioquímica, los tres pilares de mi vocación y formación que fueron, respectivamente y por orden de antigüedad, D. Joaquín Mas Guindal, don César González Gómez y Dª María Cascales Angosto y de quienes realizaré una breve glosa de forma regresiva cronológicamente.

******

La Excma. Señora Dª **María Cascales Angosto**, académica supernumeraria de esta Real Academia Nacional de Farmacia, nace en Cartagena (Murcia) en 1934 y pasa la mayor parte de su infancia y juventud en Cádiz. Inicia su formación universitaria en la Facultad de Farmacia de la Universidad de Granada desde donde emprende su futura carrera investigadora siendo discípula directa de uno de los bioquímicos más relevantes de nuestro país, el profesor Ángel Santos Ruiz. Su intensa dedicación a la Bioquímica le permite disfrutar de numerosas estancias de investigación en prestigiosos centros extranjeros; por orden cronológico destacamos: 1962, Versalles; 1965-1966 Kansas, donde trabaja con el profesor Santiago Grisolía; 1968, Israel; 1970, Bristol y Edimburgo; 1972-1973, Londres y 1982, Reading.

En 1971 obtiene con brillantez una plaza de investigadora científica del CSIC siendo la primera mujer en España que accedió a una academia científica: fue en 1987, cuando fue acogida como miembro de esta Corporación. Sus valedores para tal ocasión fueron los Excmos. Señores D. Federico Mayor Zaragoza, D. Octavio Carpena y D. Antonio Doadrio quienes apostaron fuerte por una investigadora de gran valía y tesón, virtudes esenciales en el ámbito investigador.

El profesor D. Ángel Santos Ruiz, su tutor científico, fue el responsable de contestar a su discurso de entrada. Los méritos y el *curriculum vitae* de la Dra. Cascales son muy extensos y no los voy a enumerar en esta ocasión.

Si quiero añadir que es para mi un honor ocupar a partir de hoy la que fue su medalla en esta Real Academia.

******

D. **César González Gómez** (Carriches, Toledo, 1897 - Madrid, 1985) obtuvo la licenciatura en Farmacia en la Universidad Central (Madrid) en 1918, doctorándose en 1924. En 1922 culminó su licenciatura en Medicina que comenzó años atrás, licenciándose en Veterinaria en la Universidad de León en 1950. Su vinculación con la docencia e investigación se inicia en 1929 ocupando una plaza como auxiliar temporal en la Facultad de Farmacia de la Universidad Central obteniendo la cátedra de Materia Farmacéutica Vegetal en 1930 y la de Farmacognosia General y Especial en 1945 en la misma Universidad.

En 1932 es becado por su Universidad para sendas estancias en los Museos de Farmacognosia de la *Faculté de Pharmacie* de París y de la *School of Pharmacy* de Londres. Fue pensionado en 1942 por el Consejo Superior de Investigaciones Científicas para visitar los Institutos de Farmacología y Farmacognosia de Ginebra, Zúrich, Basilea, Berna y Lausana interesándose por los estudios de Arthur Stoll sobre el aislamiento y caracterización de glucósidos, en especial los del género *Digitalis.*

Dirigió, desde 1940, el Instituto José Celestino Mutis de Farmacognosia (CSIC), del que fue impulsor y su primer director; entre otros cargos fue vocal de los Comité del Quino y del Comité Nacional de Plantas Medicinales, del que fue vicepresidente.

Académico de la Academia Nacional de Farmacia tomó posesión de la medalla n.º 25 en 1936; fue, asimismo, académico de la Real Academia Nacional de Medicina en 1945, donde desempeñó el cargo de bibliotecario y tomó parte especialmente activa en la redacción de la *IX Farmacopea Española* (Madrid, 1954). Fue académico correspondiente de la Real Academia de Farmacia de Cataluña y miembro de honor de la Academia Nacional de Farmacia de Brasil.

******

D. **Joaquín Mas Guindal** (Madrid, 1875-1945) se licenció en Farmacia en la Universidad Central (1896) donde se doctoró (1901). Ingresó en el Cuerpo de Farmacia Militar siendo nombrado jefe de la farmacia del Hospital Militar de Tetuán (Marruecos) en 1926 y subinspector de segunda en 1928 para dirigir los Servicios Farmacéuticos de Marruecos.

Estos cargos conllevaban la inspección de las farmacias militares del Protectorado, lo que le permitió visitar y herborizar los territorios septentrionales de

Marruecos con cierta facilidad, bien solo o en compañía de otros botánicos y farmacéuticos militares como Manuel Vidal López, Pío Font Quer, Eliseo Gutiérrez del Álamo y Pedro Sánchez González.

Mas Guindal desarrolló allí una destacable labor de estudio y divulgación de la naturaleza marroquí; si bien destacan los relativos a la flora marroquí, no faltaron los de ámbito etnográfico, etnobotánico, jardinería o mineralogía del Protectorado. En junio de 1930, participo en la Misión Científica Bolívar, expedición a la región rifeña dirigida por Cándido Bolívar y en 1931, de regreso a Madrid, fue destinado al Laboratorio y Parque Central de Farmacia. Fue entonces cuando participó muy activamente en las actividades de la Academia Nacional de Farmacia. A partir de 1940 forma parte de diferentes tribunales para cubrir plazas de cátedras universitarias, como las de 'Botánica descriptiva y determinación de plantas medicinales' y de 'Materia farmacéutica vegetal' de la Facultad de Farmacia de la Universidad de Santiago y la de 'Botánica descriptiva y determinación de plantas medicinales' de la Facultad de Farmacia de la de Granada.

---oooOOOooo---

GEOBOTÁNICA, CAMBIO CLIMÁTICO Y SALUD

DISCURSO DEL EXCMO. SR.

D. DANIEL PABLO DE LA CRUZ SÁNCHEZ MATA

I. INTRODUCCIÓN

La existencia de los seres vivos en nuestro planeta no es posible sin una estrecha interrelación con el entorno donde se desarrollan sus actividades; la necesidad del consumo de los recursos naturales que les ofrece conlleva una inevitable alteración del frágil equilibrio original. La intensidad de esta alteración origina una gran variabilidad en el dinamismo del medio, así como a una elevada capacidad de respuesta, procesos que pueden ser monitorizados, e incluso, modelizados.

Es en este ámbito de modelización de los paisajes naturales a través del estudio exhaustivo de los patrones de dinamismo de las comunidades vegetales y su estructura en un esquema homologable donde la Geobotánica moderna tiene un privilegiado protagonismo. La monitorización del paisaje vegetal nos permitirá las comparaciones en series temporales así como la detección de los procesos que acarrea el cambio global, y más en concreto, el cambio climático que sufrimos. Las migraciones de especies y de comunidades vegetales, la adaptabilidad a variaciones termotípicas u ombrotípicas, las invasiones biológicas, la extinción de especies vulnerables debido a la alteración de su hábitat, etc. son procesos actuales de los que estamos siendo protagonistas.

Este es el objetivo de mi discurso. Incidir en la alerta de la necesaria monitorización del cambio climático a través del seguimiento de bioindicadores y hábitats a fin de predecir escenarios posibles para garantizar la preservación y conservación de nuestros recursos naturales y prevenir las implicaciones socio-sanitarias derivadas. Para ello, la ciencia geobotánica es la que nos ofrece herramientas óptimas, adecuada metodología y un bagaje histórico destacado entre otras fortalezas; por ello, su lenguaje científico en la clasificación de las comunidades vegetales fue el elegido por el Consejo de Europa para hacer visible el binomio preservación-conservación reflejado en el medio natural.

II. TERRITORIO Y DIVERSIDAD BIOLÓGICA (ORGANISMOS Y SISTEMAS)

II.a. EL MEDIO NATURAL: EL CONTINENTE

El término ‘medio natural’ intenta ser integrador; de alguna manera acota y delimita un espacio físico en un ámbito geográfico caracterizado y condicionado por sus propios parámetros. Su uso se ha extendido, en los últimos años, frente al término ‘medio ambiente’.

En el magnífico compendio del Diccionario de la Naturaleza de Ramos (1987) la voz ‘medio ambiente’ la firma el prestigioso académico colombiano Julio Carrizosa Umaña (Bogotá, 1935) quien afirma “*el término medio ambiente es joven, complejo y subjetivo, por lo cual presenta dificultades en su definición y uso posterior*” (1987:595). El uso polivalente e indiscriminado de este término ha supuesto una merma de su significado intrínseco y ha sido utilizado para su descrédito. Ramos (1993:13) recoge el comentario de Corominas & Pascual (1980:238) donde se afirma que el término ‘ambiente’ aparece por primera vez en castellano en la obra *Monserrate* de Cristóbal de Virués (Valencia, 1550-1614) cuya primera edición vió la luz en Madrid en 1587;

esta obra fue una de las tres que se salvaron de la quema de libros que Cervantes recoge en El Quijote debido a su valía literaria (recordemos que los otros dos fueron *La Araucana* de Alonso de Ercilla y *La Austríada* de Juan Rufo); afirma, asimismo que 'medio ambiente' se trata de un cultismo, de un tecnicismo adaptado del inglés '*environment*' y del francés '*environnement*' que procede del latín '*virare*' (dar vueltas) y posteriormente '*viron*', '*environ*' y '*environnemen*t' (lo que gira alrededor de un centro).

El uso ambiguo y diferenciador se mantuvo hasta que el término empieza a ser recogido en los diccionarios temáticos especializados. El mencionado diccionario de Ángel Ramos recoge la voz en 1987, como hemos comentado, con posterioridad al Vocabulario de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (RAC); en su primera edición (1983) se diferencian los términos 'ambiente' y 'medio ambiente'. Para la expresión se adopta la definición de "*todo lo que no forma parte de un sistema dado*" mientras que en la edición de 1990 se afirma "*conjunto de las condiciones externas que afectan al comportamiento de un sistema… en particular, conjunto de características climáticas, edáficas y bióticas en las que se desarrollan las actividades de los seres vivos*".

El Diccionario de la Real Academia Española (RAE) en sus ediciones de 1970 (19ª) y 1984 (20ª) en la acepción de 'medio ambiente' añade "*por extensión, conjunto de circunstancias físicas, culturales, económicas, sociales, etc. que rodean a las personas*" mientras que el epíteto 'medioambiental' aparece en la edición de 1992 (21ª). La consulta *online* en el Diccionario RAE vigente conduce al siguiente contenido "*conjunto de circunstancias exteriores a un ser vivo*" donde se acepta tanto la expresión 'medio ambiente' como el sustantivo 'medioambiente' [https://www.rae.es].

Siguiendo a Ramos (1993:15) las definiciones y su uso resultan confusas y un tanto equívocas ya que se han utilizado por un lado los vocablos 'medio' y 'ambiente' y, por otro, la expresión 'medio ambiente' para englobar aspectos parciales como son los que afectan a las ciudades y las poblaciones humanas sin tener en cuenta ni el continente (entorno físico o hábitat) ni el contenido (los seres vivos en general), es decir, alejándose del ámbito natural original asignado a estos términos. En esta situación, personalmente, nos posicionamos en el sentido del mencionado Vocabulario de la RAC por considerar idónea la acepción del término 'medio ambiente'.

En la actualidad, en lo referente al estudio del hábitat donde se desarrollan los organismos y los sistemas, se mantiene de forma generalizada la expresión 'medio natural'; es lo que Ramos avalaba con el uso de la expresión 'medio ambiente natural' en un intento de enfatizar el aspecto prístino del concepto y evitar desviaciones indeseables.

II.a.1. El componente físico (abiótico)

El medio natural incluye un marco o espacio geográfico conformado por parámetros físicos diversos al que denominamos 'componente físico', de carácter abiótico; en la literatura muchos autores también usan el término 'medio físico' con este sentido. Es, básicamente, una realidad geológica constituida por materiales diversos, formas y elementos del relieve condicionados, principalmente, por factores

climáticos y biológicos. No obstante, el clima, a su vez, también está afectado por el medio físico (hidrología, relieve, flora, fauna, etc.) resultando un perfecto sistema en equilibrio.

El medio natural puede hacerse sinónimo de territorio, es decir, un continente que engloba un contenido básicamente biológico. Constituye, pues, el soporte de la vida en nuestro planeta, es fuente de materias primas que utilizan y/o transforman las actividades humanas en beneficio del hombre y es, en definitiva, el lugar donde se desarrolla nuestra existencia; por ello recibe impactos y es también el recipiendario último de residuos y desechos generados en los procesos antrópicos. El inventario y evaluación del impacto antrópico sobre el medio natural (clima, suelo, agua y paisaje) debe contemplarse en todo proceso de ordenación territorial; esta evaluación puede ser, a menudo, determinante para asignar usos al territorio de acuerdo con su vocación y capacidad de acogida.

La importancia del medio natural y de la problemática medioambiental para nuestra sociedad está lejos de cualquier discusión. Los estudios científicos y preocupación social sobre la alteración del entorno natural han evidenciado la fragilidad de nuestro planeta.

El consumo desmedido, la explotación de los recursos naturales, la contaminación, la desaparición de ecosistemas, de especies animales y paisajes naturales o productivos, así como también de la cultura y el modo de vivir de los seres humanos modernos en su entorno oscurecen la necesaria prioridad de un futuro sostenible. La diversidad de ámbitos afectados por la degradación del medio natural implica severamente a administraciones públicas, instituciones privadas, empresas e individuos; esto no significa que la producción exponencial de informes, directivas, legislación, editoriales, ensayos, debates, tertulias, denuncias en medios de comunicación, sentencias judiciales, etc., etc. sea fiel reflejo del carácter trascendente del asunto ni de que sirvan de reactivos ante las situaciones; tampoco que sirvan de revulsivo social frente a injusticias y abusos o minimicen los efectos perjudiciales dañinos de una actividad; por el contrario, generalmente, estos ámbitos agitan temporalmente a la opinión pública siendo un síntoma de la necesidad humana de producir grandes titulares que, en muchas ocasiones, el tiempo se encarga de sedimentar cuando no de diluir o desaparecer.

II.a.2. Las ciencias básicas: Biogeografía y Bioclimatología

Definido así el medio natural, con continente y contenido, el continente es el resultante de la suma estructural de los elementos que conforman su parte abiótica. El conocimiento y estudio en sí del soporte físico, enmarcado en un área geográfica determinada, queda bajo la tutela de las ciencias de la Tierra, es decir, de las ciencias de la Gea, las ciencias geológicas.

En lo referente al contenido biótico que ocupa y tiene su ser en el continente, son dos ciencias las que se encargan del estudio de las relaciones entre el continente y contenido: Biogeografía y Bioclimatología. Rivas-Martínez (2007:101) define la Biogeografía como la ciencia geobotánica que estudia la distribución de las especies y

de las biocenosis sobre la Tierra; esta ciencia, con apoyo de la Corología Vegetal (estudio de las áreas de táxones y sintáxones) y de otras ciencias de la Naturaleza (Geografía, Edafología, Bioclimatología, Geología, etc.), trata de establecer una tipología jerárquica de los territorios del planeta, cuyas unidades en orden decreciente son: reino, región, provincia, sector, distrito, comarca, célula de paisaje y tesela. Tal sistematización es uno de los objetivos científicos principales de la geobotánica actual.

Un criterio destacable, habitualmente utilizado en el reconocimiento y delimitación de áreas biogeográficas es la cartografía de aquellos taxones (familias, géneros, especies y subespecies) que tienen una distribución territorial referida a un área concreta: los llamados endemismos; éstos han sido utilizados para la delimitación y propuesta de las unidades corológicas o biogeográficas (provincias, sectores) al formar parte del subelemento fitogeográfico que las caracteriza. El desarrollo de la Fitosociología dinámico-catenal, el conocimiento sintaxonómico de amplios territorios de la Tierra y de su conocimiento cartográfico y las series y geoseries de vegetación han pasado a ser criterios esenciales sobre todo en la delimitación y definición de las unidades biogeográficas de los territorios, a los que se han unido los factores bioclimáticos y edáficos con capacidad cartográfica.

En lo referente a la Bioclimatología, el mismo autor (*op. cit*.: 100) la define como la ciencia geobotánica que estudia las relaciones entre el clima y la distribución de los seres vivos y de sus comunidades en la Tierra. Esta disciplina, llamada también Fitoclimatología, comenzó a afianzarse a partir de la estrecha relación de los valores numéricos de algunos parámetros del clima (temperatura y precipitación) con los areales de las plantas y las formaciones vegetales. El objetivo próximo de la Bioclimatología es establecer una tipología bioclimática de los territorios delimitando áreas que muestren una relación ajustada entre los componentes vegetacionales y los valores del clima; el elevado valor predictivo de las unidades bioclimáticas puede utilizarse ventajosamente en otras ciencias, en los programas de estudio y conservación de la biodiversidad, así como en la obtención responsable de recursos agrícolas y forestales.

El conocimiento actual de la vegetación sobre la Tierra, tanto en lo referente a la vegetación potencial como a su dinamismo (etapas de sustitución o seriales) permite el reconocimiento preciso y objetivo de las fronteras bioclimáticas y vegetacionales. Una vez conocidos y cartografiados los límites o fronteras de las series, geoseries y geopermaseries de vegetación, se pueden calcular los valores bioclimáticos numéricos umbrales que los discriminan.

En la clasificación bioclimática global de la Tierra de Rivas-Martínez & col. (2011), de amplia aceptación científica, se reconocen, a nivel mundial, cinco macrobioclimas. El macrobioclima es la unidad tipológica suprema del sistema de clasificación bioclimática. Se trata de un modelo biofísico delimitado por determinados valores climáticos y vegetacionales que posee una amplia jurisdicción territorial y que está relacionado con los grandes tipos de climas, de biomas y de regiones biogeográficas que se admiten en la Tierra. Los macrobioclimas reconocidos son: Tropical, Mediterráneo, Templado, Boreal y Polar. Cada uno de ellos y cada una de sus respectivas unidades subordinadas o bioclimas, están representados por un conjunto de formaciones vegetales, biocenosis y comunidades

vegetales propias. En los bioclimas, además de sus variaciones ombro-termoclimáticas o pisos bioclimáticos: termotipos y ombrotipos, se reconocen, en función de los ritmos estacionales de la precipitación, un cierto número de sus unidades conocidas como variantes bioclimáticas. La delimitación numérica de las diferentes unidades bioclimáticas supone la justificación de su potencial predictivo y valor cartográfico (Figs. 9 y 10).

II.b. EL MEDIO NATURAL: EL CONTENIDO

II.b.1. El componente biótico general: Biodiversidad (organismos y sistemas)

La versión *online* del Diccionario de la Lengua Española define el vocablo "biodiversidad" como la "*variedad de especies animales y vegetales en su medio ambiente*". Esta acepción, aparentemente tan simple, encierra un gran trasfondo ecológico; hace referencia de forma expresa al lugar común del componente biótico, es decir, al medio natural expresado como 'medio ambiente'. Son pues, los organismos vivos los que encuentran en el medio natural su nicho vital. Desde las formas de vida más simples y el universo fúngico y algal primitivo que compone el microcosmos edáfico hasta las formas macroscópicas, tanto animales como vegetales, la vida en el medio natural se compone tanto de organismos en sí como de los sistemas más o menos complejos que conforman o estructuran dando sentido a lo que llamamos medio natural. Es éste, pues, el resultado del ensamblaje de las diferentes comunidades de seres vivos que cohabitan en un territorio físico concreto obteniendo la noción de paisaje en cuanto el ser humano la percibe como un todo en su conjunto.

Así, el concepto de biodiversidad o diversidad biológica, recogido por la Convención de Naciones Unidad sobre la Diversidad Biológica (UN) en 1992, queda definido como "*la variabilidad entre los organismos vivos incluyendo, básicamente, los existentes en los ecosistemas terrestres, marinos u otros de ámbito acuático; se incluye toda la diversidad reconocida de especies, entre especies y de ecosistemas"*

Así entendida, la biodiversidad puede concebirse como el conjunto de organismos y sistemas que coexisten en el medio natural. Este complejo es una estructura con un equilibrio ecológico preciso y, a la vez, frágil; su alteración tiene consecuencias cuali- y cuantitativas que repercuten de forma negativa en el entorno y afecta, además, a los propios elementos de éste.

II.b.1.1. Flora: patrimonio fitogenético y conservación

El conjunto de animales del medio natural conforma lo que denominamos 'fauna' (en sus diferentes variables) en un amplio concepto que abarca la vida animal de un territorio. Del mismo modo el conjunto de vegetales constituye la 'flora', también en una acepción amplia; se trata de extensos grupos de organismos que presentan interrelaciones claras ya que forman parte de las cadenas tróficas del medio natural; asimismo constituyen atributos cualitativos de un espacio geográfico determinado caracterizando su biodiversidad.

La flora constituye un patrimonio genético irremplazable en el entorno natural; sus componentes están en la base trófica del sistema y exhiben, además, peculiaridades que les confieren un valor inestimable para el desarrollo de la vida. Sirven de alimento básico a los animales y proporcionan recursos de interés intrínseco

al sistema siendo su diversidad extrema; así, de forma básica, diferenciamos hongos, criptógamas, fanerógamas, etc. Su existencia es imprescindible para el desarrollo de la vida sobre nuestro planeta y, por tanto, su conservación debería de ser un objetivo prioritario de primer orden para nuestra sociedad. La diversidad de la flora en los diferentes territorios geográficos está relacionada con la historia geológica del mismo, es decir, con su devenir geohistórico siendo la evolución y la especiación los fenómenos más destacables del proceso de diversificación de organismos; este proceso es el que hace que podamos contar con un ingente patrimonio genético natural con aplicaciones y utilidades aún por descubrir.

Es razonable la preocupación que surgió, desde el pasado siglo, en los medios científicos en relación con el deterioro del medio natural; la afectación y las amenazas en ciernes sobre la flora y, por ende, a la fauna, harían desequilibrar un frágil consenso. De esta forma surgen los movimientos conservacionistas en las sociedades avanzadas y la conciencia clara de la necesidad de propiciar actuaciones destinadas a la preservación y conservación de los organismos; en el caso que más nos ocupa los recursos fitogenéticos pasan a ser relevantes para las administraciones y su prioridad aparece reflejada en planes, proyectos, convocatorias y otras numerosas iniciativas.

Un claro punto de partida en la historia conservacionista de Europa fue el convenio relativo a la conservación de la vida silvestre y del medio natural, hecho en Berna el diecinueve de septiembre de 1979 y que entró en vigor de forma general el primero de junio de 1982 [https://www.coe.int/en/web/bern-convention]. Este convenio debe su valor a tres características básicas: su carácter generalista, la concepción de una lista única de especies y la incorporación de la política conservacionista en la planificación económica, especialmente en lo relacionado con la protección de los hábitats. Es el primer tratado internacional que da un tratamiento general a la gestión de la vida silvestre, elaborando una serie de medidas de protección para plantas y animales, diferenciando en estos últimos las especies estrictamente protegidas, de las que requieren medidas especiales en su gestión e incluyendo medios de captura no selectivos prohibidos.

Es también a finales de 1982 cuando Naciones Unidas aprueba la *Carta Mundial de la Naturaleza* donde se recogen y usan tanto conceptos como un lenguaje claramente conservacionista:

"*La Asamblea General…consciente de que: a) la especie humana es parte de la naturaleza y la vida depende del funcionamiento ininterrumpido de los sistemas naturales que son fuente de energía y de materias nutritivas, b) la civilización tiene sus raíces en la naturaleza, que moldeó la cultura humana e influyó en todas las obras artísticas y científicas y de que la vida en armonía con la naturaleza ofrece al hombre posibilidades óptimas para desarrollar su capacidad creativa, descansar y ocupar su tiempo libre….convencida de que: a) toda forma de vida es única y merece ser respetada, cualquiera que sea su utilidad para el hombre y con el fin e reconocer a los demás seres vivos su valor intrínseco, el hombre ha de guiarse por un código de acción moral…*"

Una década más tarde, como necesidad para aplicar el Convenio de Berna sobre conservación de la vida silvestre y de los hábitats naturales de Europa surge la iniciativa sobre conservación de la vida silvestre y de los hábitats naturales. En este

sentido, la acción más destacable la realiza el Consejo de Europa quien, en 1992, publica la Directiva Hábitats (Directiva 92/43/CEE del Consejo del 21 de mayo de 1992. DOCE, 1992) relativa a la conservación de los hábitats naturales y de la flora y fauna silvestres que fue modificada en años posteriores. Con este mandato legal, se amplían y mejoran las obligaciones del Convenio convirtiéndolas en legislación comunitaria y, por tanto, de obligado cumplimiento en los países implicados.

El objetivo principal de la Directiva Hábitats es contribuir a garantizar la biodiversidad mediante la conservación de los hábitats naturales y de la flora y fauna silvestres del territorio europeo. Su finalidad más inmediata es la de asegurar un estado de conservación favorable para los hábitats naturales y especies de interés comunitario a través de las propuestas de lugares de interés comunitario (LIC). Esta protección se realiza a través de la designación de Zonas de Especial Conservación (ZEC) que se integrarán en "*una red ecológica europea coherente de áreas especiales para la conservación que se establecerá bajo el título de Natura 2000*". En 1995 el gobierno español establece las medidas básicas para contribuir a garantizar la biodiversidad en nuestro país mediante la conservación de los hábitats naturales y la fauna y flora silvestre así como la de las aves silvestres con la designación de zonas de especial protección de aves (ZEPA) siguiendo la Directiva Europea 79/409/CEE relativa a la conservación de las aves silvestres (DOCE, 1979); esta completa transposición al ordenamiento jurídico español establece las competencias de las Comunidades Autónomas en estos ámbitos.

De esta forma se configura la actual Red Natura 2000 como red ecológica europea de áreas de conservación de la biodiversidad. La red consta de Zonas Especiales de Conservación (ZEC) establecidas de acuerdo con la Directiva Hábitat y de Zonas de Especial Protección para las Aves (ZEPA) designadas según la Directiva Aves [https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/espacios-protegidos/red-natura-2000]. Su finalidad es asegurar la supervivencia a largo plazo de las especies y los tipos de hábitats en Europa, contribuyendo a detener la pérdida de biodiversidad. Es el principal instrumento para la conservación de la naturaleza en la Unión Europea en cuyos proyectos nacionales de configuración y propuestas de los LIC tuve la oportunidad y el privilegio de participar durante varios años de intensos trabajos de campo; los proyectos a nivel nacional, en sus diferentes fases, que llevaron a buen puerto a nuestra actual Red Natura 2000 fueron coordinados por mi maestro y Académico de Número de esta Real Corporación D. Salvador Rivas Martínez quien nos dejó el año pasado.

II.b.1.2. La vegetación natural: fitocenosis, Fitosociología y Geobotánica

Flahault & Schröter (1910) al combinar los componentes fisionómico y florístico de las comunidades vegetales establecen las bases de la "asociación" que definen como aquellas comunidades que se desarrolla en un hábitat de condiciones ecológicas homogéneas. Rivas-Martínez (2007:113) denomina "fitocenosis" a las comunidades o biocenosis vegetales desarrolladas en un medio físico determinado (biotopo) y expuestas a factores ambientales concretos (hábitats) y asume que su equivalente en la taxonomía de comunidades vegetales (sintaxonomía) es la unidad básica, es decir, la asociación.

El conjunto de fitocenosis de un territorio ensambladas en un espacio físico concreto y marco geográfico conforman gran parte de lo que entendemos por paisaje natural. Pues, el estudio de las diferentes comunidades vegetales de un área, así como su dinamismo, constituye un referente imprescindible en los estudios del territorio siendo el objeto de estudio de la Sociología Vegetal o Fitosociología, cuya metodología, desarrollo y aplicaciones fueron dadas a conocer por Braun-Blanquet (Fig. 3).

El concepto de "asociación" fue definido formalmente, en 1915, por el botánico suizo Josías Braun-Blanquet (1884-1980). Esta unidad básica del estudio de las comunidades vegetales se delimitó como "un conjunto de plantas estable y en equilibrio con los factores ambientales caracterizado por una peculiar composición florística en la que algunos elementos propios (especies características) revelan una particular autoecología. Esta unidad básica se podía jerarquizar en un sistema taxonómico que conformó la llamada Sintaxonomía, es decir, la taxonomía de las comunidades vegetales.

Trasladado a Montpellier (Francia), fue el creador en 1927 de la *Station Internationale de Géobotanique Méditerranéenne et Alpine (SIGMA*). En 1928 publica *Pflanzensoziologie. Grundzüge der Vegetationskunde* en Springer (Viena), obra básica donde compila todos sus postulados sobre la ciencia de las comunidades vegetales; la obra se traduce al inglés en 1932 y es publicada en Nueva York por la editorial McGraw & Hill (Fig. 3); por estas circunstancias se califica a la Fitosociología como 'braun-blanquetiana', 'sigmatista' o se habla de la 'escuela de Zürich-Montpellier'. Su obra básica, publicada con sus colaboradores, *Prodrome des groupements végétaux*, se agrupa en 7 volúmenes (1934-1940) y supuso un compendio de obligada referencia en el estudio de las comunidades vegetales.

A partir de esa fecha fueron intensas sus colaboraciones científicas con botánicos españoles quienes recompusieron la ciencia botánica después de los desastres estériles de las guerras; además de Pío Font Quer cabe mencionar a Ceballos, Losa, Guinea, Rivas Goday, Bellot y Muñoz Medina así como una pléyade de farmacéuticos que colaboraron con ellos tales como: Antonio de Bolós, Laza, Calduch y Borja. En 1948 Braun-Blanquet funda la publicación periódica *Vegetatio* (actual *Plant Ecology*), revista de prestigio en las ciencias de la vegetación; en ese mismo aparece la obra *La végétation alpine des Pyrénées orientales*, publicada en España por el CSIC siendo otra referencia de interés; poco después (1952) publicaría también su monografía sobre el Mediodía de Francia *Les groupements végétaux de la France Méditerranéenne* y en 1958 con Oriol de Bolòs la monografía fitosociológica del Valle del Ebro *Les groupements végétaux du bassin de l'Ebre*. La Fitosociología en España adquirió, desde entonces, un desarrollo y auge imparables (Loidi, 1996; Sánchez-Mata, 2016); los tratados y manuales sobre esta ciencia moderna se suceden hasta nuestros días, destacando la versión en italiano del clásico original rumano (Cristea & al., 2015).

En nuestro país esta Sociología Vegetal o Fitosociología, introducida tempranamente por Rivas Martínez a través de sus contactos personales con Josias Braun-Blanquet y Reinhold Tüxen en la década de los '60, se postula rápidamente como la ciencia óptima para el estudio de las comunidades vegetales; proliferan en nuestro país los estudios territoriales de la vegetación con innumerables tesis doctorales por toda nuestra geografía que han conformado, hasta nuestros días, un conocimiento del paisaje vegetal extraordinario lo que supuso poder abordar el reto

europeo de la propuesta de áreas a conservar que supuso la creación la Red Natura 2000.

II.b.2. Arquitectura y estructura del paisaje: Sinfitosociología

La corriente de considerar al paisaje como un objeto de análisis científico surge a mediados del siglo XIX a la vez que se le consideraba bajo una concepción artística. Este hecho se enmarca en el desarrollo que adquirieron las ciencias como consecuencia del empuje del positivismo. La noción de paisaje unida a un territorio geográfico concreto es la que nos ha llegado hasta la actualidad como un objetivo de estudio de la Geografía moderna, aunque también enriquecido por otras ciencias como la Ecología y la Edafología.

Aunque los primeros esbozos del acercamiento de la ciencia al paisaje pueden encontrarse en las crónicas de los exploradores científicos españoles del XVIII o incluso antes, con Gonzalo Fernández de Oviedo y José de Acosta en los siglos XVI y XVII respectivamente, el reconocido pionero de este hito fue, sin duda alguna, Alexander von Humboldt (Fig. 1). Este filósofo de la naturaleza e incansable viajero definió el paisaje, a principios del siglo XIX, como la característica total de una región terrestre; consideraba que, al igual que los animales y plantas tenían caracteres morfológicos peculiares que los caracterizaban y diferenciaban entre sí, los paisajes podían estudiarse según la fisonomía que exhibían.

Humboldt es el primero en propugnar el conocimiento científico del paisaje. Defendió con firmeza los estudios ecológicos de las plantas y sus relaciones con los atributos del medio físico (macroclima y microclimas locales o topográficos) y los expresó con tanto detalle, perfección y belleza gráfica que sus postulados se extendieron con rapidez. Con colegas de viajes y ciencia como Aimé Bonpland, Louis Bouquet y otros publican las seriaciones altitudinales comparativas de las altas montañas de la Tierra (Himalaya, Laponia, Alpes-Pirineos, Islas Canarias y Andes), su relación con las formaciones ecológicas y con la naturaleza de las rocas (Figs. 1, 2 y 3). Fue el auténtico pionero de lo que hoy denominamos Geobotánica al establecer claramente la existencia de los pisos de vegetación y la distribución altitudinal de la vegetación en cliseries peculiares en cada montaña, es decir, los esbozos de la moderna Biogeografía y las observaciones básicas para una Bioclimatología global. Es precisamente la importancia de la flora y de la vegetación de estas áreas de montaña en escenarios de cambio global, más concretamente climático, lo que llevó a la creación y desarrollo del proyecto internacional GLORIA que comienza su andadura en 2002 como un proyecto de monitorización permanente de las cumbres del planeta para ver su afectación como resultado del cambio climático (*Global Observation Research Initiative on Alpine Environments*, [https://www.gloria.ac.at/home]. La literatura en este ámbito se ha multiplicado en los últimos años siendo destacables algunas aportaciones recientes como la de Rew & al. (2020).

Los postulados de Humboldt fueron seguidos por la llamada escuela geográfica alemana basada en el naturalismo y que propugnó el estudio integral del paisaje (*landschaft*). Passarge (1913) utiliza por primera vez la expresión "geografía del paisaje" y propone el uso del término Ciencia del Paisaje; casi una década más tarde (Passarge, 1921) define al paisaje natural como "*una zona que representa en la mayor medida posible una unidad de acuerdo a su clima, cubierta vegetal, modelado*

superficial, estructura geológica y suelo"; esta definición, de vigencia en la actualidad, conduce a la moderna acepción de paisajes integrados.

Ya en la segunda mitad del siglo XX el geógrafo francés Bertrand (1968) aborda una reflexión metodológica del estudio del paisaje y propone la creación de un sistema taxonómico que permita la clasificación de éste en función de la escala, es decir, en la doble perspectiva del tiempo y del espacio. Entre los diferentes niveles espaciotemporales que define este autor, es el "geosistema" el que representa la manifestación territorial del paisaje. Se trata de una unidad con parámetros ecológicos estables que resultan de la combinación de factores geomorfológicos, climáticos, hidrológicos, etc. (potencial ecológico) y de la explotación biológica del espacio. Cuando existe un equilibrio o balance entre el potencial ecológico y la explotación biológica, el paisaje se encuentra en un estado de "clímax"; como elemento de importante modelado y alteración cabe mencionar la acción antrópica (Figs. 4 y 5).

En lo que se refiere a la vegetación un geosistema es comparable al espacio que ocupa una serie de vegetación en el sentido de Rivas-Martínez (Rivas-Martínez & col., 1987); en el análisis de un paisaje existirán tantos geosistemas como series de vegetación puedan reconocerse en él. El paisaje puede concebirse, pues, como una estructura propia que depende de las relaciones entre los diversos geosistemas presentes con funciones especificas en lo que respecta al intercambio y ciclos de energía, ciclos de los elementos, migraciones de las especies y capacidad de cambio en el tiempo de los propios geosistemas que lo integran. Bertrand (*op. cit.*), en sus intentos de sistematización del paisaje, habla asimismo sobre la vegetación como la mejor aproximación al análisis científico del paisaje indicando que es la ciencia del estudio del ensamblaje de las comunidades vegetales o Sinfitosociología la que armoniza y completa el sistema y permite delimitar las unidades homogéneas o unidades de paisaje desde el punto de vista de las propias comunidades (asociaciones).

Las diferentes aportaciones de Passarge, Flahault, Braun-Blanquet, Pavillard, Troll, Forman, Godron, Braun-Blanquet, Tüxen, Schmithüsen, Bolòs, Géhu y Rivas-Martínez consideran al paisaje como un conjunto de comunidades vegetales enmarcadas en un territorio, hacen que la ciencia del paisaje se independice como tal y surja entre los años 1974-1977 a partir de la reunión de la *Asociación Internacional de Fitosociología* en Valais en 1976 que continuó en el Simposio Internacional de 1977. Los resultados y conclusiones vieron la luz en varias publicaciones clásicas del momento destacando las publicaciones al respecto de Géhu (1974, 1976, 1987) y Rivas-Martínez (1976, 1978, 1981, 1982a, 1982b,…) y Géhu & Rivas-Martínez (1981). A propósito del desarrollo histórico de la Fitosociología destacamos la contribución de Pignatti (2016) recogida en el volumen especial de la revista *Documents Phytosociologiques* dedicado a su centenario como ciencia.

Basados en los postulados clásicos de la Sociología Vegetal o Fitosociología, surge la Sinfitosociología o Ecología del Paisaje. Se trata de una disciplina integrada donde la unidad básica es la serie de vegetación o 'sigmetum' (aspectos dinámicos o sucesionales y la geoserie o 'geosigmetum' (aspectos catenales). La serie de vegetación se define como una unidad geobotánica que trata de expresar todo el conjunto de comunidades vegetales o estadios que pueden hallarse en unos espacios teselares afines como resultado del proceso de sucesión; esto incluye tanto el tipo de vegetación representativo de la etapa madura o cabeza de serie como las comunidades iniciales o

subseriales que pueden reemplazarla. Si integramos a una serie de vegetación sus contiguas, es decir, si tenemos en cuenta el fenómeno catenal (series que pueden encontrarse en contacto) nos encontramos con una geoserie.

La Sinfitosociología moderna distingue entre series climatófilas y edafófilas (edafoxerófilas, temporihigrófilas y edafohigrófilas). Las series climatófilas o zonales son las que se ubican en suelos maduros: mesofíticas, submesofíticas y subxerofíticas. Las series edafófilas ocupan áreas con alguna peculiaridad edáfica distinguiéndose series edafoxerófilas, que se hallan en suelos o en biótopos especialmente secos o xerofíticos (litosoles, leptosoles, arenosoles, gipsisoles, etc.) y que colonizan dunas, lugares muy venteados, laderas abruptas, cresteríos, cantiles etc.; series temporihigrófilas (meso- fíticas y mesohigrofíticas) con aportes hídricos extraordinarios por razones topográficas y desarrolladas en suelos ligeramente encharcados o muy húmedos solo una parte del año; por último, las series edafohigrófilas son las que ocupan suelos y biótopos especialmente húmedos como fluvisoles, halosoles, histosoles, etc., y se hallan en cauces fluviales, zonas palustres, saladares, turberas, etc. (Rivas-Martínez 2007).

Un atributo destacable del concepto de series de vegetación radica en la posibilidad de ser representadas cartográficamente. De esta forma podemos delimitar territorios geográficos homogéneos que potencialmente pueden acoger a una determinada serie de vegetación o varias en función de los condicionantes ambientales. Este aspecto de plusvalía cartográfica de la Sinfitosociología se puso de manifiesto en el mapa de las seres de vegetación de Madrid donde Rivas Martínez (1981) cartografía en un mapa de alta calidad artística la vegetación potencial de la Comunidad Autónoma de Madrid (Fig.6); a este le siguió la obra titánica de la cartografía de las series de vegetación de España (Rivas-Martínez & col., 1987); la memoria de esta magna obra supone una formalización teórica de la Fitosociología paisajista o Sinfitosociología representando en su totalidad el casi centenar de series de vegetación españolas. El *Mapa de Series de Vegetacion de España a escala 1:400.000* supuso un antes y un después de los estudios de la naturaleza en nuestro país; su utilidad en numerosos ámbitos como en la ordenación del territorio, estudios de impacto ambiental y de gestión del medio natural siguen vigentes en la actualidad; es la herramienta básica para entender el paisaje en cualquier área de nuestro país (Fig. 6). Una versión profundamente actualizada y revisada de este valioso mapa ha comenzado a publicarse parcialmente tras la publicación de la correspondiente memoria (Rivas-Martínez 2007; Rivas-Martínez & col., 2011).

Además, hay que resaltar el valor bioindicador de las comunidades vegetales, sean etapas maduras (cabezas de series de vegetación) o seriales. Al igual que los taxones vegetales, las comunidades son el fiel reflejo y consecuencias de unos parámetros determinados del medio natural; de este modo podemos conocer datos del mismo, a múltiples niveles, por el mero hecho de reconocer una comunidad vegetal o un taxón determinado. A modo ilustrativo y como ejemplos de bioindicadores podemos mencionar que *Conium maculatum* (cicuta) crece en suelos con un elevado contenido en nitrógeno (planta nitrófila); *Cistus ladanifer* (jara pringosa) o *Cistus monspeliensis* (jarilla), que conforman extensos jarales en Extremadura, crecen exclusivamente en suelos ácidos; *Cistus albidus* (jara cana) o *Cistus clusii* (romerina), que forman jarales en La Mancha, crecen en suelos básicos;

Montia fontana (borujas) nos indican una buena calidad de aguas nacientes oligótrofas en manatiales de montaña; o *Gypsophila struthium* (jabonera) propias de tomillares gipsícolas, nos indica un elevado contenido en sulfato cálcico en el suelo.

Las fortalezas más destacables del concepto dinámico de la vegetación se basan en el concepto de series de vegetación y radican en su predictibilidad y capacidad de modelización. Son estas credenciales intrínsecas a esta moderna ciencia que es la Ecología del Paisaje las que le han valido el ser considerada como la herramienta más válida y útil para un sinfín de ámbitos relacionados con el medio natural: rehabilitación y restauración de hábitats, gestión de espacio protegidos, monitorización del dinamismo de la vegetación natural, migración de comunidades, modelización de cultivos potenciales de interés económico, monitorización fenológica y predicción de cosechas, etc., etc.; sus protocolos son los sugeridos por las administraciones e instituciones públicas en todo lo relativo al medio natural desde hace décadas siendo considerada una ciencia de ámbito universal.

Como ciencia del paisaje y del medio natural el uso de la metodología habitual en Sinfitosociología resulta muy valiosa para el conocimiento de los patrones de distribución de especies de interés y de sus comunidades; esta modelización es básica para el entendimiento de los procesos actuales en escenarios de cambio global y su repercusión en el ámbito de la salud, y muy especialmente en la salud pública.

III. MEDIO NATURAL Y CAMBIO GLOBAL

III.a. El cambio global

El medio natural ha sido utilizado y explotado por el hombre desde su aparición en el planeta. Los ingentes recursos naturales que ofrece (tanto abióticos como bióticos) fueron imprescindibles para el desarrollo de la vida: refugio, vivienda, alimentos de distinta naturaleza, materias primas para construcciones, utensilios y herramientas, materias curativas, etc., etc.

Sin embargo, el uso y manejo del entorno no fue aséptico; el hombre modeló el paisaje a su conveniencia desde los inicios de las primeros asentamientos y civilizaciones y aprovechó sus recursos; la caza de animales y la aparición de las actividades agronómicas (tanto agricultura como ganadería) supusieron auténticos hitos en nuestra historia pero también en la alteración del medio natural. Para la agronomía se necesitaban vastas áreas deforestadas y exentas de vegetación natural (bosques, matorrales, herbazales, etc.) para la introducción de los cultivos y la facilidad de cosechar los frutos o semillas de interés.

Sobre estas premisas el medio natural estuvo sometido a los usos tradicionales y la naturaleza coexistía con el ser humano dentro de unos parámetros razonables. El aumento de población mundial, la revolución industrial, el abuso en la utilización de los combustibles fósiles, la expansión de los cultivos en grandes territorios, el desarrollo desaforado de los núcleos urbanos y el crecimiento desmesurado las grandes ciudades han forzado a la destrucción parcial o total de cualquier vestigio de vegetación natural en extensos territorios. Estos hechos junto con las abusivas emisiones de gases de efecto invernadero han supuesto el inicio de los procesos de alteración de los patrones que rigen el clima a nivel local, comarcal, nacional o continental.

Estos cambios acaecidos desde la revolución industrial se han ido acrecentando dando lugar a lo que en la actualidad llamamos cambio global en el que se enmarca, en particular, el denominado cambio climático o crisis climática.

Alexander von Humboldt fue el primer científico que habló del cambio climático provocado por la actividad humana; comprobó el tremendo impacto de la agricultura en el medio natural, la problemática asociada al monocultivo, la irrigación no planificada ni responsable y la deforestación extensiva de nuestros bosques. Humboldt fue pionero en la explicación de la capacidad de las masas forestales para enriquecer la atmósfera y su efecto refrescante, así como su importancia para la protección del suelo contra la erosión y la retención de agua.

III.b. El cambio climático: ciencia y conciencia social

En octubre de 1976 salta a los noticieros las conclusiones del informe que un prestigioso grupo de científicos mundiales presentan a la *National Academy of Sciences*. Poco se había logrado desde la cumbre de Medio Ambiente de 1972 en Estocolmo donde, a la vista de las evidencias de las tendencias del clima (cambio climático) se acordó la implantación de diversos *Global Environmental Monitoring Systems*. Esta propuesta suponía un modelo de estudio y trabajo basado en la monitorización de los elementos que definen la situación ambiental: niveles de CO_2, fósforo, azufre, mercurio, nitrógeno, etc. Este era el proceso a seguir en adelante ya que, según el informe aludido, "*sin establecer primero los hechos tal como son no se puede pasar de la interminable especulación pasajera al conocimiento científico*". Entre sus propuestas se encontraban:

1) Medición de los niveles reales de sustancias potencialmente perjudiciales o beneficiosas no sólo en el aire, sino también en el suelo, en el agua y en los organismos vivientes, incluido el hombre y su alimentación.

2) Medición de otras variables de interés, tales como la potencia de radiación solar, la transparencia del aire y la química solar.

3) Registro de la extensión de los efectos dañinos o beneficiosos sobre la vida de los factores anteriormente señalados, así como de los efectos sobre las enfermedades y variaciones genéticas.

4) Creación de un inventario de los índices de cambio climático, tales como extensión de las capas de hielo, tamaño de los glaciares y nivel del mar, así como los efectos de deforestación e incidencias de la agricultura, la urbanización y el empleo de la energía.

Los autores del informe constataron un hecho: las consecuencias del desarrollo industrial no son el producto de la racionalidad humana, sino del descontrol y la falta de investigación y estudio.

En 1988 se crea el Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) siendo el principal órgano científico internacional para la evaluación del cambio climático. Fue creado por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y la Organización Meteorológica Mundial (OMM) para ofrecer una visión científica clara del estado actual de los conocimientos sobre el cambio climático y sus posibles repercusiones medioambientales y socioeconómicas.

En el mismo año, la Asamblea General de las Naciones Unidas hizo suya la decisión de la OMM y del PNUMA de crear conjuntamente el IPCC. Por su carácter científico e intergubernamental, el IPCC supone una oportunidad única de ofrecer información rigurosa y equilibrada a las administraciones. Al hacer suyos los informes del IPCC, los gobiernos reconocen la autoridad de su contenido científico. Así pues, la labor del Panel es pertinente para la adopción de políticas y, sin embargo, neutral al respecto, nunca preceptiva.

En 2007 el IPCC, en su 4º Informe de Evaluación, expresaba su concepto del cambio climático como "*cualquier cambio del clima a lo largo del tiempo como resultado de la variabilidad natural o de la actividad humana*". Hasta hoy han sido seis los informes de evaluación publicados de los cuales el último apareció el pasado mes de septiembre. En él se constata de forma inequívoca la responsabilidad de la actividad humana en el calentamiento de la atmósfera, el océano y la tierra lo que ha provocado cambios generalizados sin precedentes en el planeta siendo en algunos casos, con toda probabilidad, de carácter irreversibles durante siglos (Fig. 11). Entre las consecuencias directas, además de la subida de las temperaturas medias, figuran los fenómenos meteorológicos extremos (olas de calor con alta incidencia de incendios forestales, impredecibles periodos prolongados de sequía, lluvias torrenciales, ciclones tropicales, huracanes, etc.) que ya han aumentado en intensidad y frecuencia debido al calentamiento generado por el ser humano, según confirma el informe (Figs. 7 y 8).

El 6º Informe de Evaluación profundiza en los efectos físicos que ya ha tenido el calentamiento y los posibles escenarios en función de los gases de efecto invernadero que emita la humanidad en las próximas décadas. Esos gases se liberan de forma generalizada cuando se queman los combustibles fósiles para generar energía. Desde la revolución industrial las emisiones no han parado de crecer, llegando hoy a niveles insólitos. Como ejemplos podemos resaltar, siguiendo los datos recogidos en el Informe, que la concentración en la atmósfera del dióxido de carbono (CO_2) -principal gas de efecto invernadero- es la más alta a la que se ha llegado en los dos últimos millones de años; las de metano y óxido nitroso -otros dos grandes precursores del calentamiento- no habían alcanzado unos niveles tan altos en los últimos 800.000 años. La consecuencia es clara: el aumento de la temperatura media global ya está en 1,1°C respecto a los niveles preindustriales mientras que el ritmo de calentamiento planetario es tal que no hay precedentes de un proceso similar en al menos los últimos 2000 años, apunta el informe del IPCC. A partir de 2050 el problema puede agravarse porque no se logrará que el nivel de calentamiento se quede entre los 1,5 y 2°C "*a menos que se produzcan reducciones profundas en las emisiones de CO_2 y otros gases de efecto invernadero en las próximas décadas*". Los científicos recuerdan que la última vez en la que se llegó a un nivel de calentamiento por encima de los 2,5 grados fue hace tres millones de años, cuando ni siquiera existía el ser humano.

El IPCC también explica que la situación todavía no es irreversible: en el escenario de emisiones más optimista aún se puede lograr que el incremento de la temperatura a final de siglo se quede en 1,5°C, aunque pueda haber una superación temporal de ese umbral en los próximos años. Para cumplir con París se necesitará,

además, recurrir a la captura del dióxido de carbono que ya hay en la atmósfera a través de sumideros naturales, como los bosques, o recurrir a soluciones tecnológicas.

Precisamente este mismo año 2021, Syukuro Manabe y Klaus Hasselmann han sido galardonados conjuntamente con el premio Nobel de Física "*por sus propuestas del modelado físico del clima de la Tierra, cuantificando la variabilidad y prediciendo de manera confiable el calentamiento global*". Manabe demostró la relación directa entre el aumento de los niveles de dióxido de carbono en la atmósfera y el aumento de las temperaturas en la superficie de la Tierra. Ya en los años '60 desarrolló modelos físicos del clima de la Tierra siendo pionero en la exploración de la interacción entre el balance de radiación y el transporte vertical de masas de aire. Sus investigaciones sentaron las bases para el desarrollo de los modelos climáticos actuales. Con posterioridad, Hasselmann creó un modelo que vincula el tiempo y el clima dotándolos de fiabilidad a pesar de que el clima es cambiante y caótico. También desarrolló métodos para identificar señales específicas que tanto los fenómenos naturales como las actividades humanas imprimen en el clima. Sus métodos han servido para demostrar que el aumento de temperatura en la atmósfera se debe a las emisiones humanas de dióxido de carbono. Los descubrimientos que sin cesar se están reconociendo demuestran que nuestro conocimiento sobre el clima descansa sobre una base científica sólida, basada en un análisis riguroso de las observaciones.

Acabamos de asistir a la 26ª reunión anual de la Conferencia de las Partes (COP), donde casi 200 países que forman parte de la *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático* se esfuerzan, con mayor o menor intensidad y éxito, en tomar acuerdos de urgencia sobre el calentamiento global. La convención nace en 1992 estableciendo que los gases de efecto invernadero que emite el ser humano en su actividad cotidiana están contribuyendo al cambio climático. La convención, además, fijó que los firmantes deben reducir esos gases celebrando su primera reunión en Berlín en 1995. La Convención Marco sirvió para que se aprobara en 1997 el Protocolo de Kyoto. En 2015, se aprobó el *Acuerdo de París*, que obliga a todos los países que se sumen al pacto a acometer recortes de sus emisiones de gases. La suma de todas esas reducciones debe de cumplir el principal objetivo: que el aumento de la temperatura media del planeta no supere los 2°C grados centígrados respecto a los niveles preindustriales y en la medida de lo posible que no rebase los 1,5°C. Ese es el límite que establece la ciencia para evitar los efectos más catastróficos de una situación que en estos momentos no se puede revertir. El planeta está ya en un calentamiento de 1,1°C.

Por otro lado, la importancia de la educación ambiental en nuestra sociedad y de asumir colectivamente los postulados de sostenibilidad en toda la actividad humana son irrefutables. Además, es necesario la máxima implicación de los medios de comunicación y de información en la difusión y divulgación de las noticias con la rigurosidad científica que este asunto vital para nuestra existencia como seres vivos merece. Solo de esta forma conseguiremos salir airosos de esta crisis que acecha la vida sobre el planeta.

III.c. Cambio climático y salud

La Organización Mundial de la Salud (OMS) en 1948, expresa el concepto de "salud" como el "*estado de un completo bienestar tanto físico, como mental y social y no solamente la ausencia de patologías o enfermedad"*.

Es evidente que la relación entre cambio climático y salud es una realidad. A principios de este año más de 220 revistas médicas de prestigio publicaron un editorial donde instaban a los líderes mundiales a proteger la salud tomando medidas urgentes contra el cambio climático. El editorial enfatiza en la necesidad de que se acometan "*cambios urgentes en toda la sociedad*", lo que "*conducirá a un mundo más justo y saludable*". Y piden a los "*gobiernos y otros líderes a actuar y fijar 2021 como el año en que el mundo finalmente cambia de rumbo*". El editorial fija dos metas para esa cumbre: por un lado, que aumenten los planes de recorte de emisiones para alcanzar la neutralidad a mediados de este siglo, con objetivos ambiciosos para esta década. Por otro lado, exponen la necesidad de que "*los países que han creado de manera desproporcionada la crisis ambiental*", en referencia a los más desarrollados, ayuden a los más pobres a reducir sus emisiones y a prepararse para las consecuencias del calentamiento.

El Papa Francisco, en su Carta Encíclica *Laudato Si*, publicada en mayo de 2015 semanas antes de la COP21 en París, encabezaba el llamamiento de la Iglesia católica hacia la responsabilidad ética y moral de preservar el clima y la atmósfera terrestres como bienes comunes a la humanidad y la necesidad de su estudio y cuidado para la prevención de la alarmante degradación medioambiental del planeta; es el llamamiento a la prioridad de la sostenibilidad en el uso de los recursos naturales terrestres (Fig.12).

Hace unos meses la *Organización Mundial de la Salud* (OMS) y millones de profesionales de la sanidad de todo el mundo pidieron a los gobiernos esfuerzos más potentes para afrontar esta crisis. El argumento de fondo es irrebatible: combatirla salva vidas.

El último informe sobre sobre salud y cambio climático de la prestigiosa revista *The Lancet -The Lancet Countdown-*, recién publicado, incorpora un seguimiento de 44 indicadores. Los datos indican que las olas de calor, los incendios forestales, la sequía, la mayor propagación de enfermedades infecciosas y la subida del nivel del mar están perjudicando la salud de las personas en todos los países sin que ningún indicador permita pensar en una tendencia descendente. En concreto, la investigación revela que la posibilidad de que surjan brotes de dengue, chikunguña y zika es cada vez mayor en países con un índice de desarrollo humano muy alto, incluido el mundo occidental. Además el aumento de las olas de calor, que afectan más gravemente a personas mayores o con patologías previas, es preocupante; incluso la salud mental se resiente a consecuencia de las altas temperaturas, según muestra el informe y aumentan las enfermedades asociadas a ciertas bacterias que generan gastroenteritis, infecciones graves de heridas y sepsis. Además, el cambio ambiental propicia las invasiones biológicas y, con ello, las migraciones de parásitos asociados a ellas con la

consecuente novedosa incidencia geográfica de numerosas parasitosis que afectan al hombre y al resto de animales.

Mención aparte merece la incidencia del cambio de patrones climáticos en los ciclos de los seres vivos; en el caso de los vegetales, la fenología es determinante para la producción de frutos y semillas; anomalías en el ciclo estacional puede ocasionar fracaso o descenso considerable en las cosechas, así como la alteración del ciclo de los polinizadores naturales, afectados a su vez, por los contaminantes del medio natural. En el caso de la contaminación biótica atmosférica (pólenes, esporas, ácaros, etc.) las consecuencias de alteración nde la fenología de los vegetales con polen alergógeno conllevarían importantes consecuencias en la salud pública de los habitantes de las grandes ciudades, proceso agravado por las frecuentes sinergias con los contaminantes gaseosos o micropartículas procedentes de los combustibles fósiles de demostrada capacidad carcinogéna.

Frente al mundo desarrollado, los países en desarrollo o en niveles inferiores son más vulnerables y, pese a que tienen mucha menos responsabilidad en la emisión de gases de efecto invernadero, presentan mayores dificultades para adaptarse a sus consecuencias por falta de tecnología o financiación, entre otros factores.

Si bien la ciencia señala la incidencia que el cambio climático tiene sobre la salud humana, también enfatiza los instrumentos para afrontar ese desafío. Lejos de adoptar una actitud derrotista, los investigadores señalan con acierto que cualquier incremento de temperatura evitado equivale a salvar en el futuro millones de vidas. Tanto los resultados esperados de la conferencia mundial sobre el clima recién celebrada en Glasgow como los planes de recuperación tras la pandemia COVID-19 que se están poniendo en marcha en todo el mundo habrán de prestar atención a estas evidencias.

La medición de los efectos sanitarios del cambio climático sólo puede hacerse de forma aproximada. No obstante, en una evaluación llevada a cabo por la OMS que tiene en cuenta sólo algunas de las posibles repercusiones sanitarias, y que asume un crecimiento económico y progresos sanitarios continuados, se obtuvieron unas cifras escalofriantes.

El cambio climático influye en los determinantes sociales y medioambientales de la salud, a saber, un aire limpio, agua potable, alimentos suficientes y una vivienda segura. Las temperaturas extremas del aire contribuyen directamente a las defunciones por enfermedades cardiovasculares y respiratorias, sobre todo entre las personas de edad avanzada. Todas las poblaciones se verán afectadas por el cambio climático, pero algunas son más vulnerables que otras. Los habitantes de los pequeños estados insulares en desarrollo y de otras regiones costeras, megalópolis y regiones montañosas y polares son especialmente vulnerables. La población infantil, especialmente en las áreas más desfavorecidas, son una de las poblaciones más vulnerables a los riesgos sanitarios resultantes y se verán expuestos por más tiempo a las consecuencias sanitarias. Se prevé asimismo que los efectos en la salud serán más graves en las personas mayores y las personas con diversas dolencias preexistentes.

Frente a este panorama, la sempiterna esperanza del raciocinio humano con la confianza en que nuestra sociedad y sus dirigentes sabrán encontrar la senda del

consenso para actuar sin demora y mitigar el calentamiento global del planeta con las determinaciones más justas y adecuadas. El camino es largo y complejo, pero es necesario comenzar su andadura a paso ligero, de ello depende nuestra continuidad en el planeta.

III.d. Cambio climático, Geobotánica y salud

La evidencia del cambio global al que estamos asistiendo queda reflejada en los actuales estudios corológicos, biogeográficos y geobotánicos. La migración de especies es un hecho desde hace algunas décadas y las amenazas hacia las especies de areales reducidos (endemismos) se incrementan drásticamente; asimismo las comunidades vegetales son capaces de migrar en función de sus requerimientos y la composición florística de muchas de ellas se ve modificada o alterada.

Por otro lado, la expansión de ciertas formaciones vegetales, sobre todo en referencia a un gradiente altitudinal, está modificando muchos paradigmas de los que la Geobotánica responde con dinamismo. Los cambios en la temperatura media y/o la precipitación de un territorio pueden modificar la potencialidad del mismo variando los gradientes conocidos de ciertas especies y la optimización de ciertos cultivos de interés económico. En este sentido los modelos establecidos en Geobotánica para las diferentes series de vegetación, el conocimiento del dinamismo de las comunidades seriales y su composición florística son la gran herramienta de esta ciencia del paisaje. Su capacidad predictiva es infalible ya que aúna un conocimiento exhaustivo del medio físico y del continente biótico en clave de vegetación natural.

Mención aparte merece el ámbito de la rehabilitación y restauración de hábitats. Solamente los conocimientos geobotánicos están en disposición de culminar con éxito los proyectos de esta naturaleza al integrar los conocimientos del dinamismo de la vegetación con los propios de la composición florística de las diferentes comunidades.

De esta forma, numerosos aspectos relacionados con la salud pública también pueden verse involucrados con aspectos geobotánicos como la alergenecidad de una formación vegetal (sea natural o cultivada en parques o jardines) en función de su composición florística, la evaluación de la degradación de un paisaje y su capacidad para ser rehabilitado o restaurado, la estimación de los impactos ambientales de cualquier actuación de origen antrópico, el conocimiento de bioindicadores, la autoecología de especies de diferente interés sanitario o económico, etc., etc.

En definitiva, la Geobotánica es la ciencia del medio natural y su irradiación alcanza a posibilitar la solución o la mitigación de los problemas medioambientales suscitados en el ámbito de la preservación y conservación los espacios y hábitats naturales y semi-naturales, básicos para la existencia nuestras sociedades, y amenazados seriamente por el cambio global que nos envuelve.

La sostenibilidad ambiental no es un asunto de paisajes idílicos ni de parques nacionales ni reservas naturales. Se trata, simplemente, de que siga siendo posible la vida tal como la conocemos y de nuestra propia supervivencia. La salud del planeta es la nuestra.

He dicho.

IV. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AEMET y OECC. 2018. *Cambio Climático: Calentamiento Global de 1,5°C.* Agencia Estatal de Meteorología y Oficina Española de Cambio Climático. Ministerio para la Transición Ecológica. 42 p. Madrid.

Bertrand, G. 1968 Paysage et géographie physique globale. Esquise méthodologique. *Revue Géographique des Pyrenées et du Sud-Ouest* 39(3): 249-271.

Corominas, J. & Pascual, J.A. 1980. *Diccionario crítico etimológico castellano e hispánico*. Vol. 1, A-CA. Ed. Gredos, 938 p. Madrid.

Cristea, V., Gafta, D. & Pedrotti, F. 2015. Fitosociología. Tipografia Editrice Temi. 405 pp. Trento.

DOCE. 1979. Directiva 79/409/CEE del Consejo, de 2 de abril de 1979, relativa a la conservación de las aves silvestres DOCE 103: 1-17)

DOCE. 1992. Directiva 92/43/CEE del Consejo, de 21 de mayo de 1992, relativa a la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres. DOCE: 7-50.

Flahault, C. & Schröter, C. 1910. Rapport sur la nomenclatura phytogéographique. In: E. de Wildeman. Actes iiime Congrès International Botanique. Bruxelles, 1910, I, Albert de Boeck: 131-162 pp. Bruxelles.

Géhu, J.M. 1974. Recherches phytosociologiques sur le littoral des Flandres françaises. *Doc. Phyto-soc.* 6: 17-26.

Géhu, J.M. 1976. Approche phytosociologique synthétique de la végétation des vases salées du littoral atlantique français (synsystématique et synchorologie). *Coll. Phytosociol.* 4: 395-462.

Géhu, J.M. & J. Géhu-Franck. 1921: *Schéma des végétations herbacées riveraines du nord de la France*. Publ. Universidad La Laguna. Ser. Informes 22: 313-320.

Géhu, J.M., Rivas-Martínez, S. 1981. *Notions fondamentales de phytosociologie*. In: Dierschke, H. (ed.). Syntaxonomie. J. Cramer, pp 5–33. 614 p. Vaduz.

Loidi, J. (ed.). 1996. *Avances en Fitosociología*. Asociación española de Fitosociología (AEFA). Servicio Editorial, Universidad del País Vasco. 191 p. Bilbao.

Passarge, S. 1913. *Physiogeographie und vergleichende Landschaftsgeographie*. Mitteilungen des Hamburger Geographischen Gesellschafts .

Passarge S. 1921. *Vergleichende Landschaftskunde. 1. Aufgaben und Methoden der vergleichenden Landschaftskunde*. Berlin.

Pignatti, S. 2010. Cento Anni di Fitosociologia. *Braun-Blanquetia* 46:9-26.

Ramos, A. 1987. *Diccionario de la naturaleza: hombre, ecología y paisaje*. Ed. Espasa-Calpe. 1016 p. Madrid.

Ramos, A. 1993. *¿Por qué la conservación de la Naturaleza?* Discurso de recepción. Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Ed. Fundación Conde del Valle de Salazar. 196 p. Madrid.

Rew, L.J., McDougall, K.L., Alexander, J.M., Daehler, C.C., Essl, F. & Haider, S. 2020. Moving up and over: redistribution of plants in alpine, Arctic and Antarctic ecosystems under global change. *Arctic, Antarctic and Alpine Research* 52(1): 651-665.

Rivas-Martínez, S. 1976. Rivas-Martínez, S. Mapa de la vegetación de la provincia de Ávila. *Anales Inst. Bot. Cavani lles* 32: 1493-1556.

Rivas-Martínez, S. 1978. Sur la syntaxonomie des pelouses thérophytiques de l'Europe occidentale. *Colloques Phytosociologiques* 6: 55-71.

Rivas-Martínez, S. 1981. Sobre la vegetación de la Serra da Estrela (Portugal). Anales Real Acad. Farm. 47: 435-480.

Rivas-Martínez, S. 1982a. *Mapa de las series de vegetación de la provincia de Madrid*. Publ. Servicio Forestal del Medio Ambiente y Contra Incendios, Diputación Provincial. Madrid.

Rivas-Martínez, S. 1982b. Les étages bioclimatiques, secteurs chorologiques et series de végétationde l'Espagne méditerranéenne. *Ecol. Medit.* 8(1-2): 275-288.

Rivas-Martínez, S. & col. 1987. *Mapa de series de vegetación de España*. ICONA, Serie Técnica. 268 p. +30 mapas. Madrid.

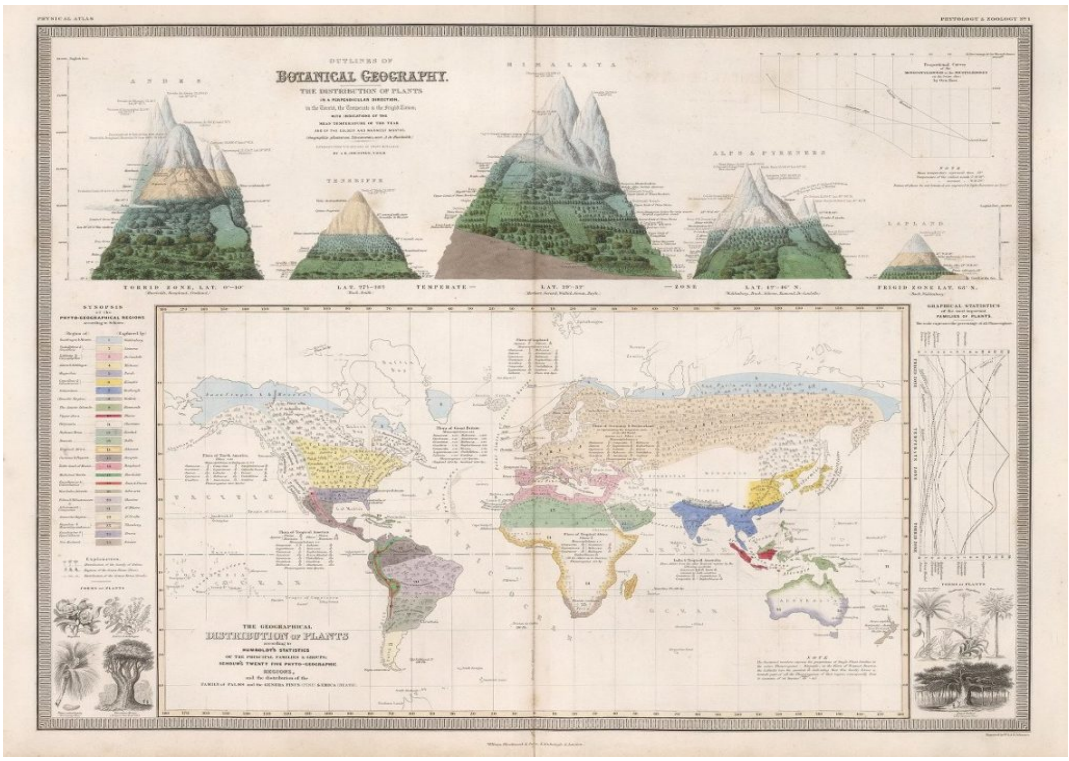
Rivas-Martínez, S. & col. 2011. Worldwide bioclimatic classification system. *Global Geobotany* 1(1): 1-634 + 4 mapas.

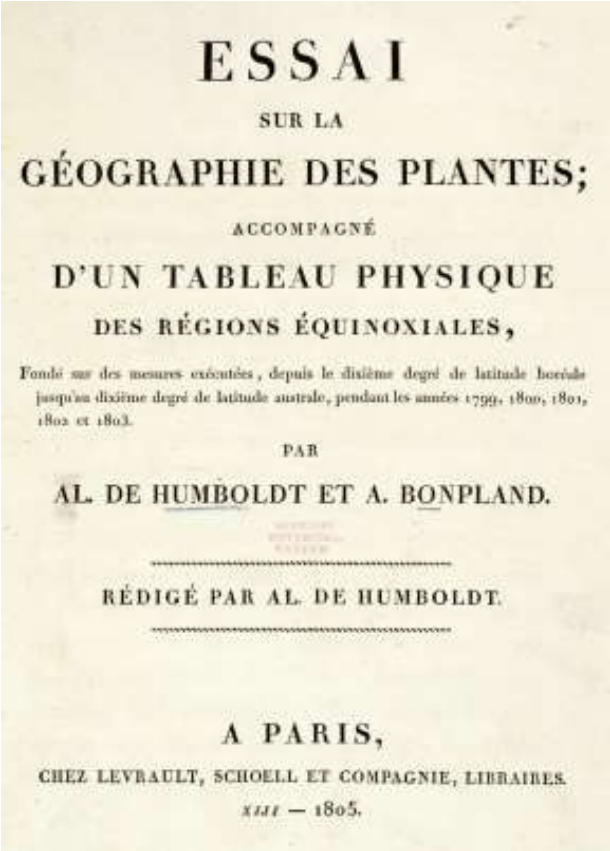
Sánchez-Mata, D. 2016. Jean-Marie Géhu and the development of phytosociology in Spain. *Documents phytosociologiques, série 3,* 8:86-99.

---oooOOOooo---

APÉNDICE GRÁFICO

Fig. 1. Superior izquierda: retrato al óleo de Alexander von Humboldt por F.G. Weitsch, 1805 (National Gallery, Berlín); superior derecha: pasaporte emitido por Carlos IV de España a Humboldt para sus expediciones en América, 1779 (Banco Central de Ecuador). Inferior: lámina fitogeográfica del mundo recogida en la obra *Essai sur la géographie des plantes*, 1805 (París) con esquemas comparativos de las montañas de los Andes, de Tenerife, Himalaya y Laponia.





ESSAI

SUR LA

GÉOGRAPHIE DES PLANTES;

ACCOMPAGNÉ

D'UN TABLEAU PHYSIQUE

DES RÉGIONS ÉQUINOXIALES,

Fondé sur des mesures exécutées, depuis le dixième degré de latitude boréale jusqu'au dixième degré de latitude australe, pendant les années 1799, 1800, 1801, 1802 et 1803.

PAR

AL. DE HUMBOLDT ET A. BONPLAND.

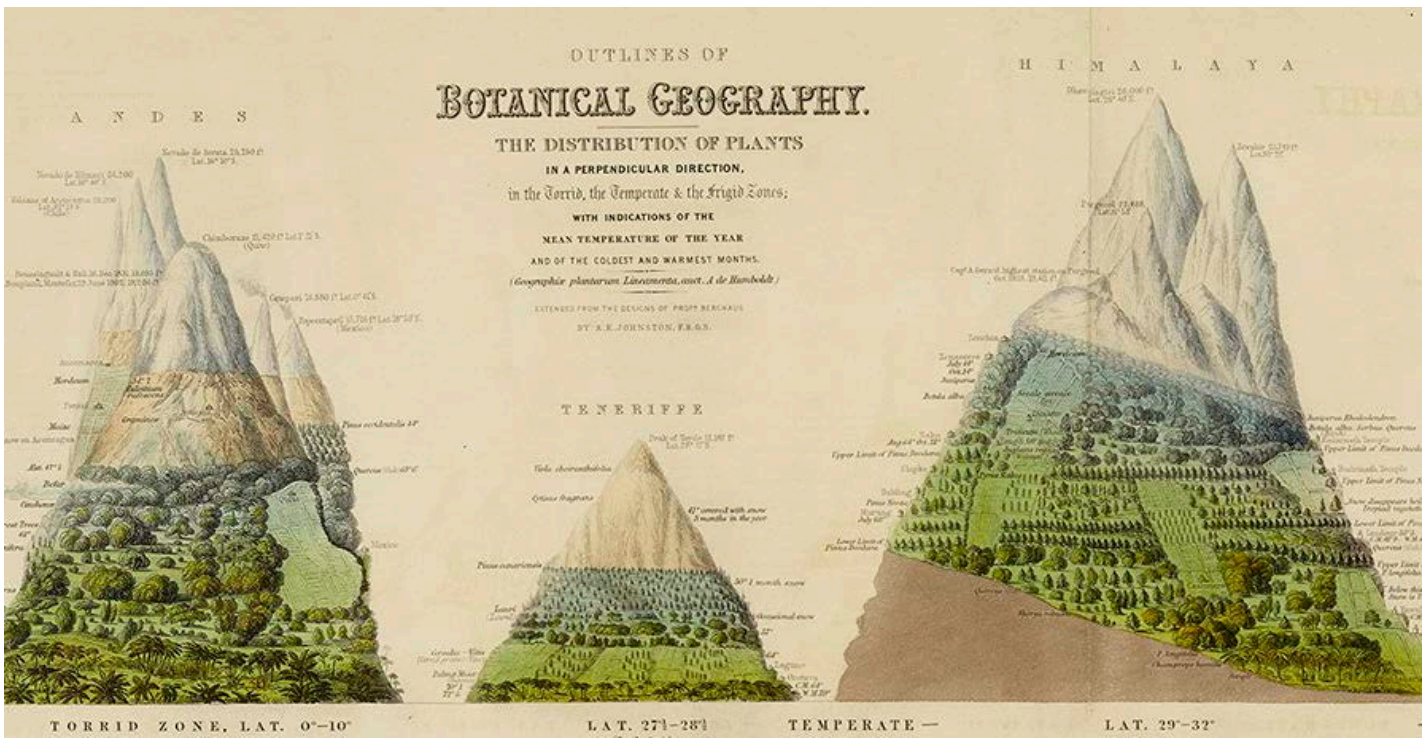
RÉDIGÉ PAR AL. DE HUMBOLDT.

A PARIS,

CHEZ LEVRAULT, SCHOELL ET COMPAGNIE, LIBRAIRES.

XIII — 1805.

Fig. 2. Superior: portada original de la obra *Essai sur la géographie des plantes*, 1805 (París), Alexander von Humboldt & A. Bonpland. Inferior: lámina fitogeográfica con esquemas comparativos de las montañas de los Andes, Tenerife e Himalaya (*Botanical Geography*, 1848), Alexander von Humboldt



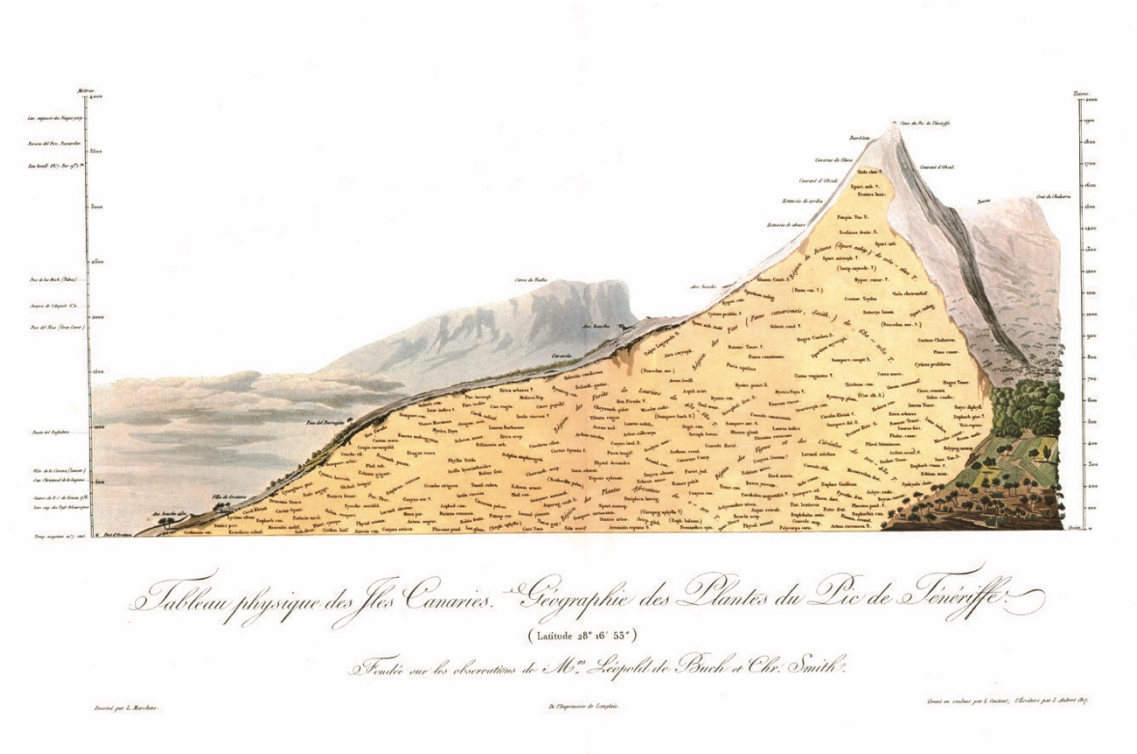
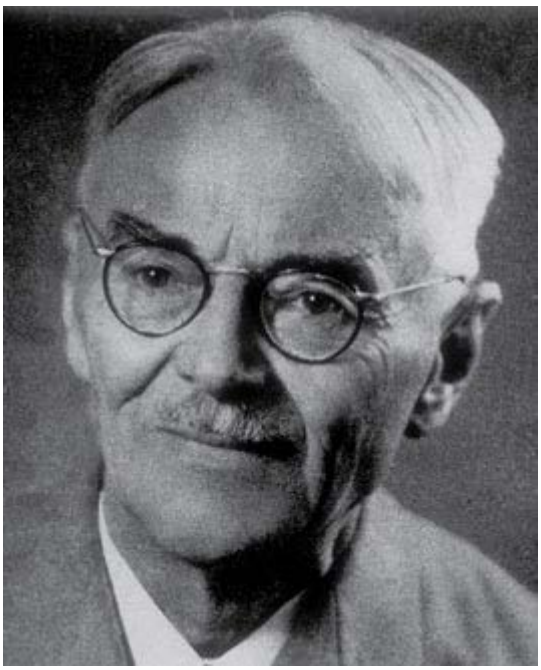
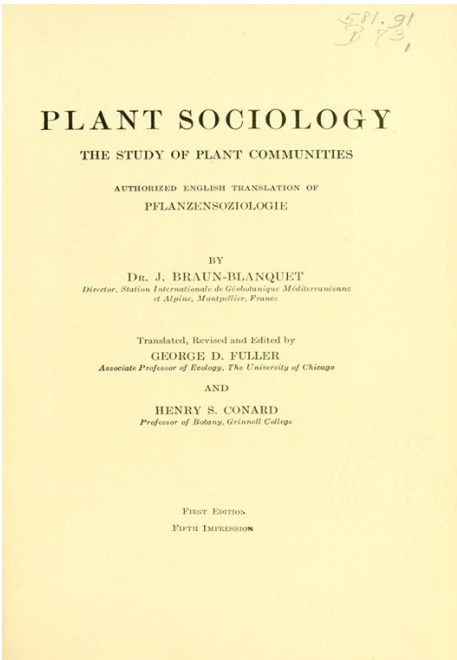


Fig. 3. Superior: esquema fitogeográfico de las plantas del pico Tenerife (cuadro físico de las Islas Canarias), Alexander von Humboldt, 1826; Inferior izquierda: retrato fotográfico de Josias Braun-Blanquet (1884-1980); inferior derecha: portada original de la primera edición de la versión inglesa de su obra *Pflanzensoziologie* (*Plant Sociology*, New York, 1932)





PLANT SOCIOLOGY

THE STUDY OF PLANT COMMUNITIES

AUTHORIZED ENGLISH TRANSLATION OF
PFLANZENSOZIOLOGIE

BY
DR. J. BRAUN-BLANQUET
Director, Station Internationale de Géobotanique Méditerranéenne et Alpine, Montpellier, France

Translated, Revised and Edited by
GEORGE D. FULLER
Associate Professor of Ecology, The University of Chicago

AND

HENRY S. CONARD
Professor of Botany, Grinnell College

FIRST EDITION
FIFTH IMPRESSION

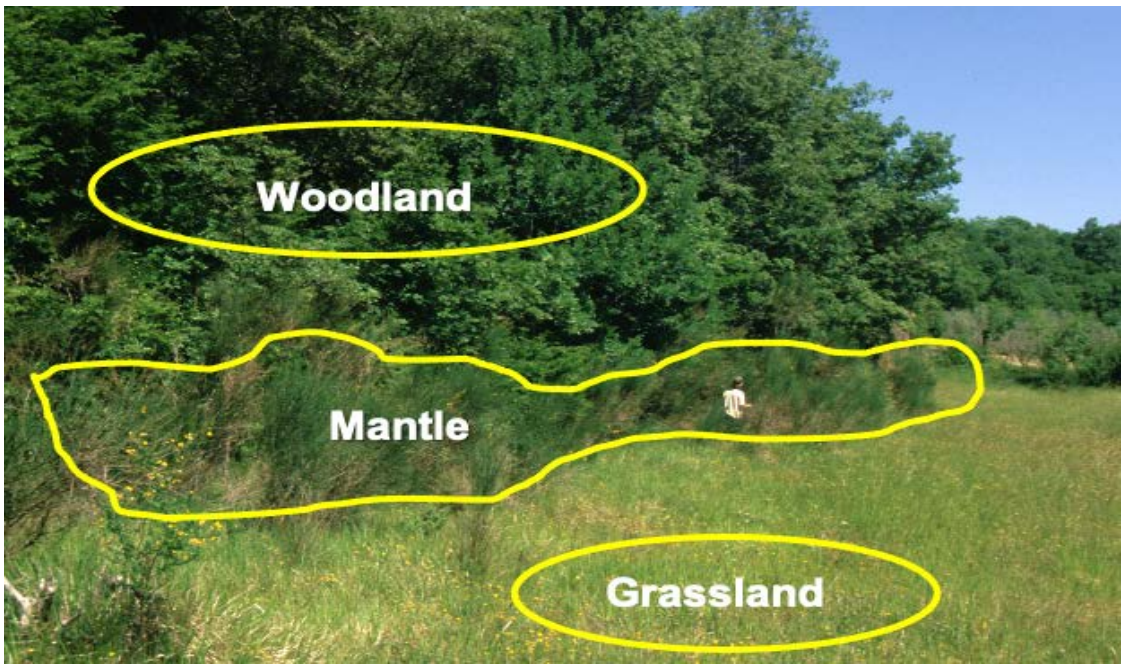


Fig. 4. Superior: esquema catenal de las principales comunidades vegetales reconocidas en un límite forestal en una dinámica regresiva con su indicación fisonómica. Inferior: similar dinamismo en un ejemplo de los melojares guadarrámicos en el Parque Regional de la Cuenca Alta del Río Manzanares (Miraflores de la Sierra, Madrid)

Fig. 5. Superior: Bosques climácicos de melojos (*Quercus pyrenaica*) en áreas de termotipo supramediterráneo en el Parque Regional de la Cuenca Alta del Río Manzanares (Miraflores de la Sierra, Madrid). Inferior: ecotono entre la vegetación climácica forestal (límite del bosque y límite del árbol) y la de alta montaña en el macizo de Peñalara (Parque Nacional de la Sierra de Guadarrama, Madrid)

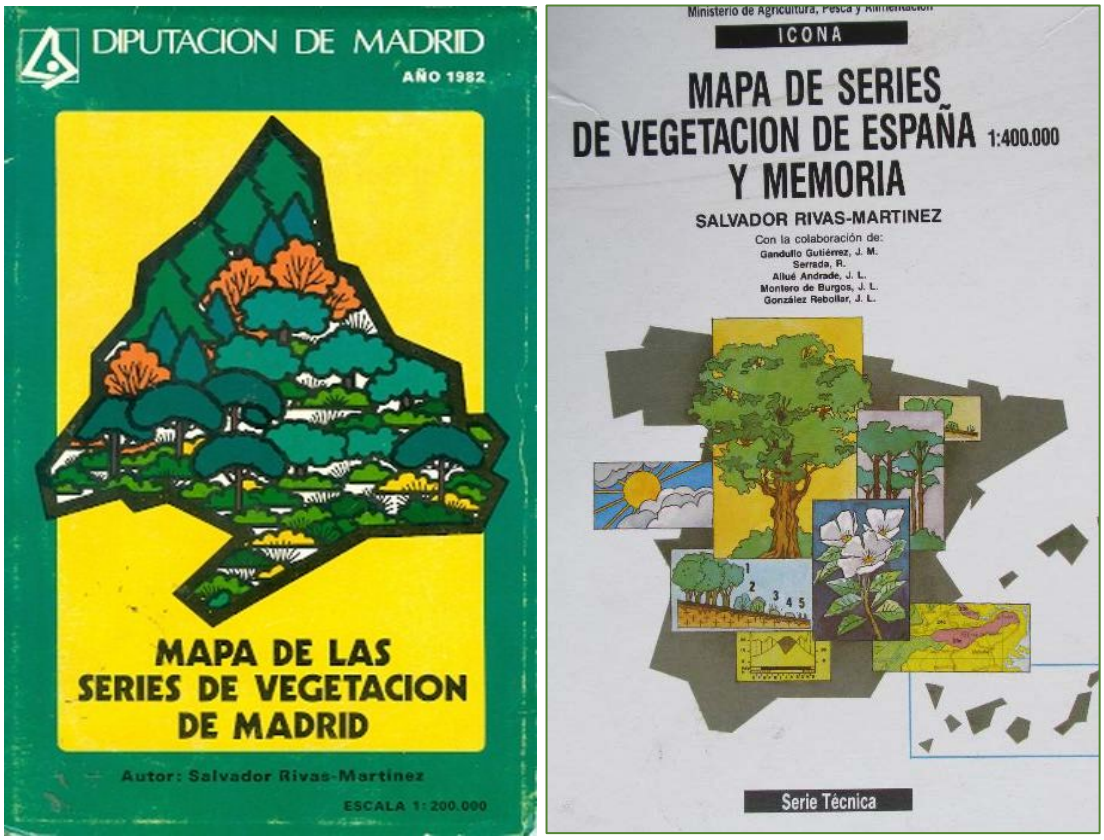


Fig. 6. Izquierda: portada de la edición de campo, con memoria impresa y mapa plegado, del Mapa de series de vegetación de Madrid, 1:200.000 (Rivas-Martínez, 1982). Derecha: portada de la Memoria del mapa de series de vegetación de España 1:400.000 (Rivas-Martínez & col., 1987). Estas cartografías temáticas originales fueron pioneras en nuestro país siendo un referente obligado en todos los estudios medioambientales

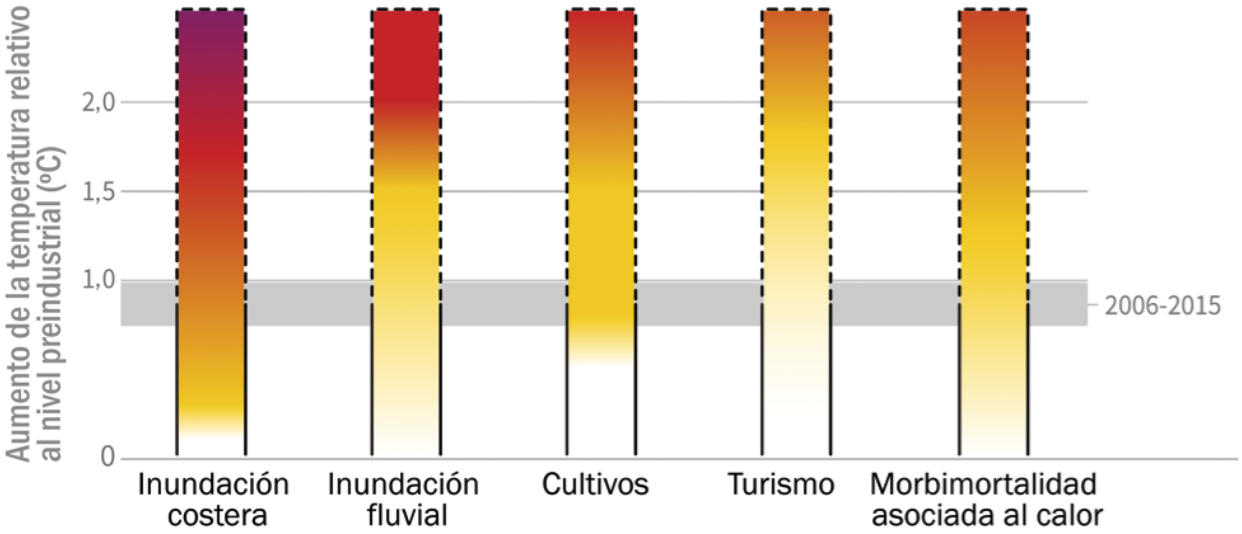


Fig 7. Dependencia del riesgo del nivel de calentamiento para una colección de elementos clave del sistema Tierra (AEMET & OECC, 2018)

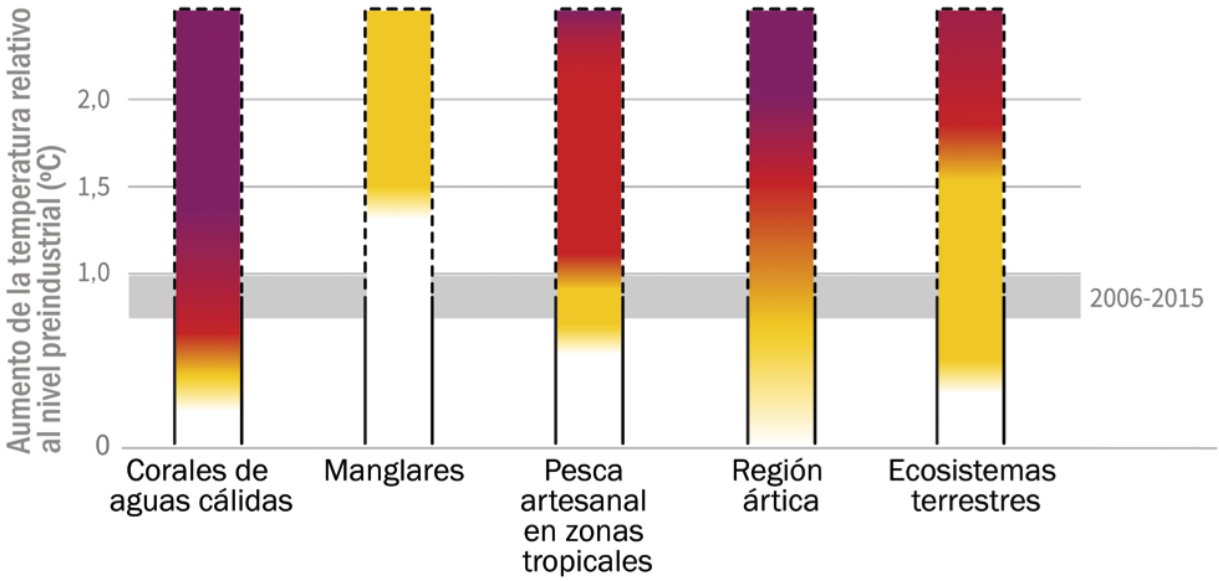


Fig. 8. Dependencia del riesgo del nivel de calentamiento para una colección de elementos clave del sistema Tierra (AEMET & OECC, 2018)

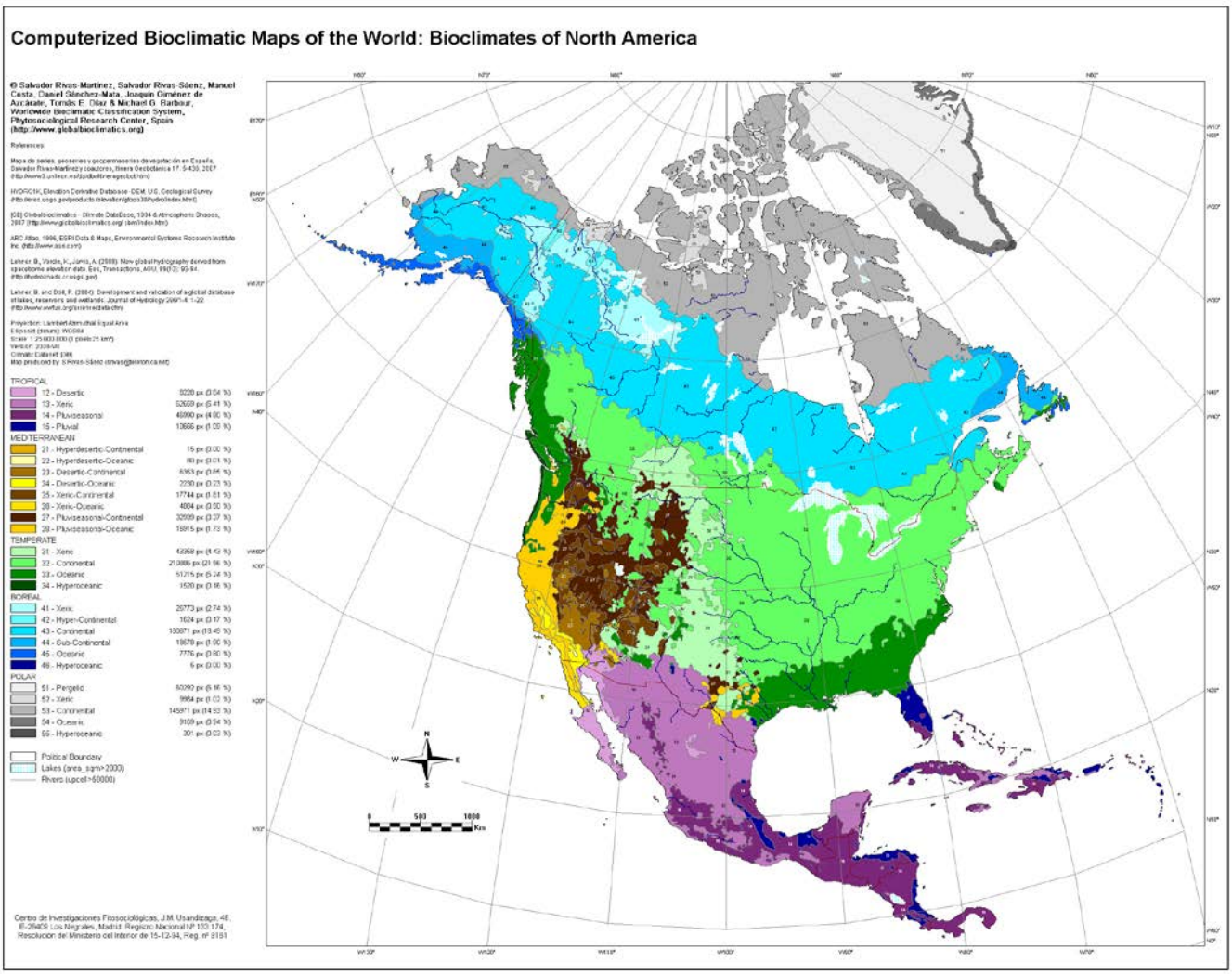


Fig. 9. Mapa de los bioclimas en Norteamérica (Rivas-Martínez, Rivas-Sáenz, Costa, Sánchez-Mata, Jiménez de Azcárate & Barbour 2008, Centro de Investigaciones Fitosociológicas (CIF), Los Negrales (Madrid)

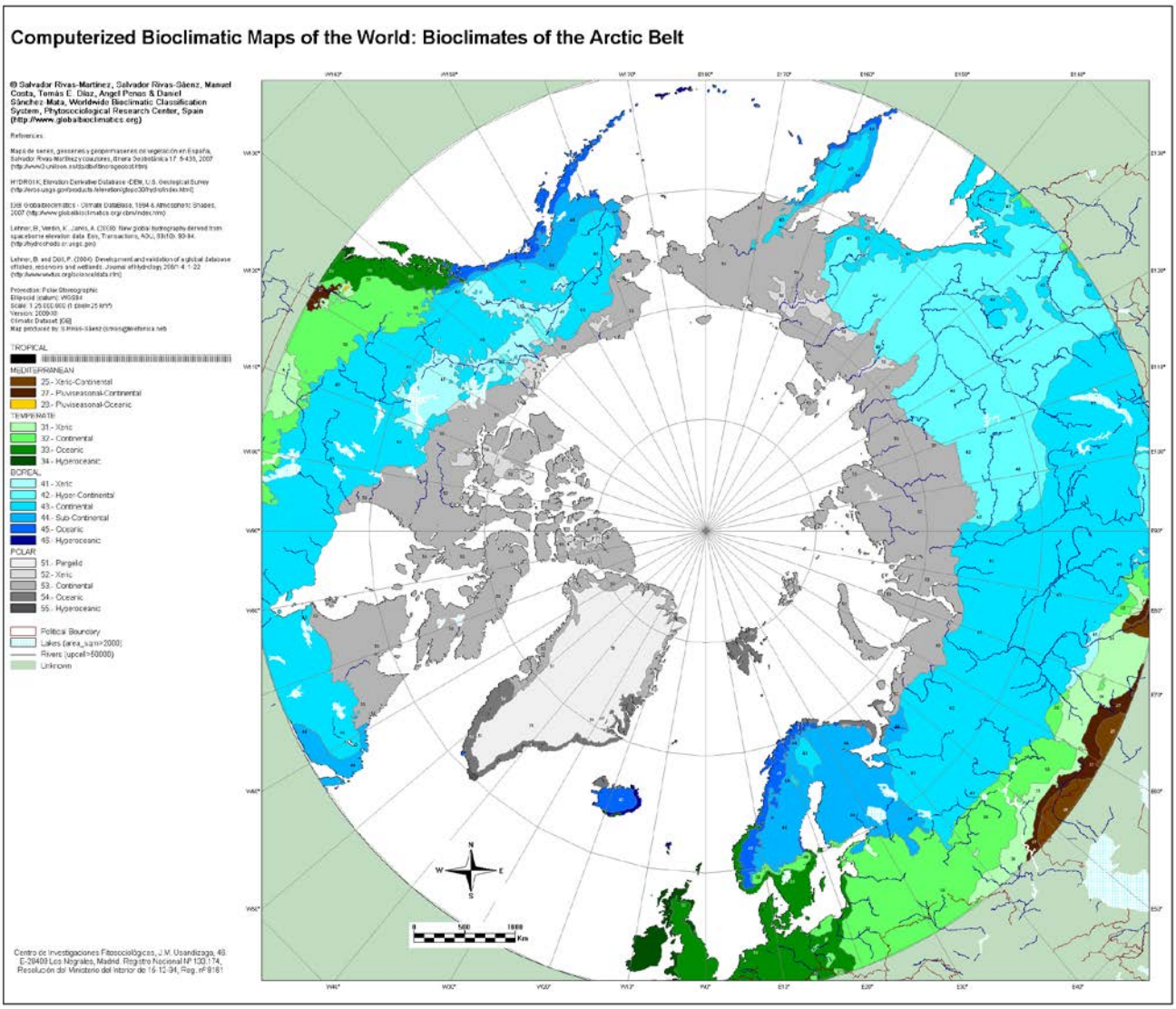


Fig. 10. Mapa de los bioclimas en en los territorios arcto-boreales de la Tierra (Rivas-Martínez, Rivas-Sáenz, Costa, Díaz, Penas & Sánchez-Mata 2009, Centro de Investigaciones Fitosociológicas (CIF), Los Negrales (Madrid)

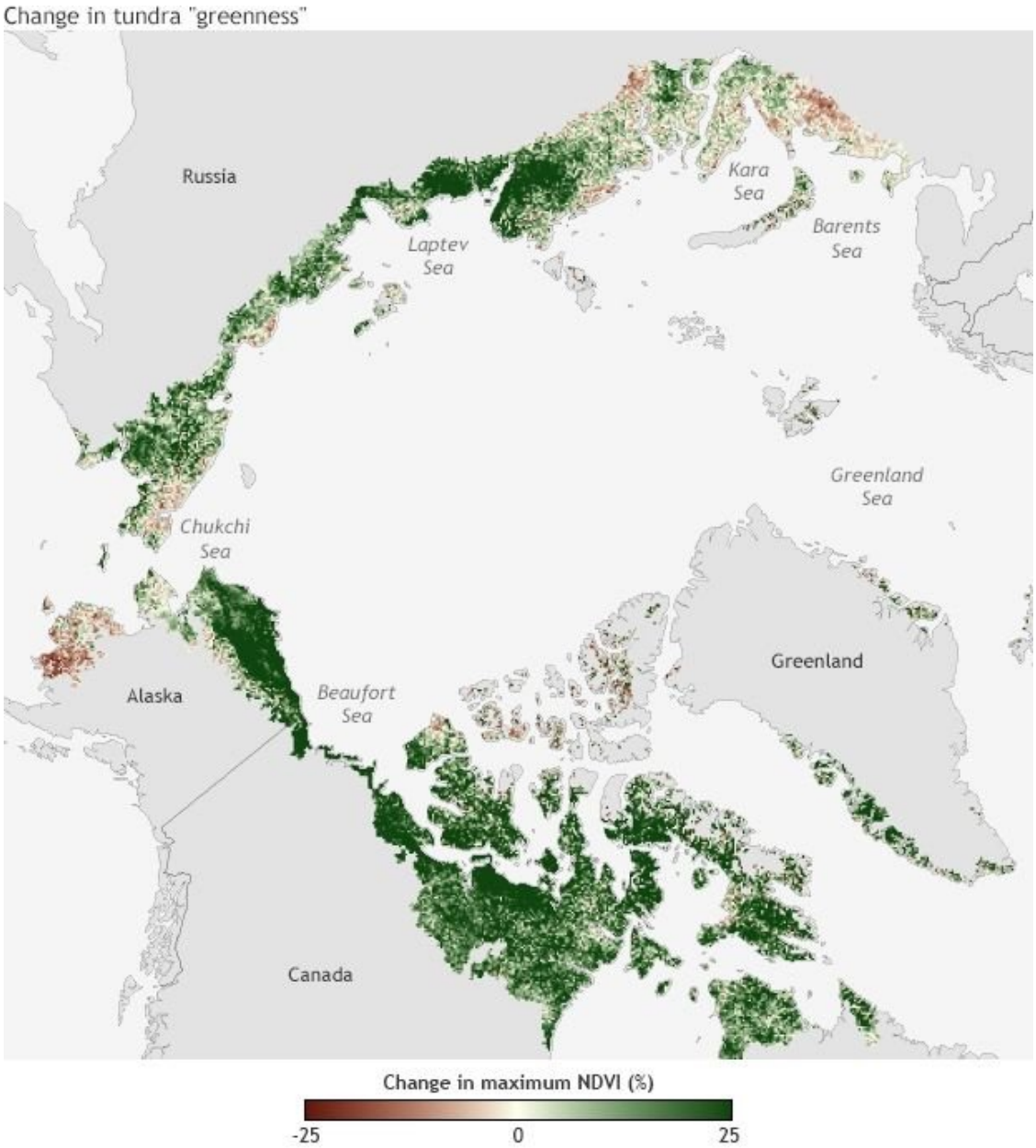


Fig. 11. Reverdecimiento porcentual de la tundra polar ártica, por incremento de la temperatura media anual, según las conclusiones de los grupos de trabajo de la *National Oceanographic and Atmospheric Administration* (NOAA), agencia federal norteamericana para la monitorización oceanográfica y atmosférica, publicados en 2013

Fig. 12. Iluminación reivindicativa de la emergencia climática en la Basílica de San Pedro, en Ciudad del Vaticano, en mayo de 2017

DISCURSO DE CONTESTACIÓN DEL EXCMO. SEÑOR DON ANTONIO GONZÁLEZ BUENO

DISCURSO DE CONTESTACIÓN DEL EXCMO. SEÑOR DON ANTONIO GONZÁLEZ BUENO

Excelentísimo Sr. Presidente de la Real Academia Nacional de Farmacia
Excelentísimas señoras y señores académicos
Autoridades, señoras y señores

Mis primeras palabras han de ser de agradecimiento a los miembros de la Junta General de esta Real Academia Nacional de Farmacia por el encargo, que cumplo con sumo gusto, de dar la bienvenida en nombre de la Corporación al Dr. Daniel Pablo de la Cruz Sánchez Mata.

Nacido en Alcaraz, al pie de la sierra homónima; la pasión por el estudio del mundo natural le viene desde sus primeros años; no en vano la comarca en la que se enmarca la localidad es la que cuenta con un mayor número de espacios naturales protegidos de Castilla-La Mancha. Las Lagunas de Ruidera, los Calares del Río Mundo, la Laguna del Arquillo, la micro-reserva de la Piedra de la Molata o la reserva fluvial del río Angorrilla, formaron parte del paisaje de sus primeros años. Los prados y las montañas de Alcaraz hicieron germinar en él su interés por el mundo natural, que fructificó pronto y que sigue produciendo frutos maduros.

Es el segundo de los hijos habidos en el matrimonio de Mariano Sánchez, funcionario del Ministerio de Justicia, y de Esperanza Mata. A los siete años la familia se trasladó a Madrid para que tanto él, como su hermano Mariano, hoy Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, pudieran recibir una formación secundaria adecuada a sus proyectos profesionales; nuestro nuevo académico fue 'trasplantado' del mundo rural que tanto amaba a una ciudad bulliciosa y cosmopolita, alejada de su visión platónica de la Naturaleza; esa Ítaca personal, que es su Alcaraz natal, a los que nuestro recipiendario goza de regresar para disfrutar de su entorno natural.

En Madrid estudió en el colegio 'Abraham Lincoln', un centro laico, privado, de corte progresista, ubicado en las proximidades de la Casa de Campo y hoy lamentablemente desaparecido, donde se formó una excelente saga de profesionales, el Dr. Sánchez Mata y su hermana son buen ejemplo de ello.

No me resisto a relatar una anécdota que, en si misma, describe bien el carácter vital e impulsivo de nuestro nuevo académico: a los pocos días de que el 'Apolo XI' alunizara, escribió a la NASA solicitándole algunas muestras de minerales para su colección; la agencia norteamericana le contestó informándole de que, lamentablemente, no sería posible ya que todo el material se destinaría a la investigación científica. Nuestro académico contaba con tan solo diez años, pero su imagen aparecería ya en la prensa española, en un artículo bajo el rótulo "Daniel quería un trozo de luna".

El curso previo a su entrada en la Universidad lo realizó en el Instituto 'Cardenal Cisneros'. Las aulas de la Facultad de Farmacia de la Ciudad Universitaria conocieron los pasos de nuestro recipiendario en el curso 1975/76. Apenas tres años después su futuro estaba ya decidido; su preferencia por la Botánica no oscureció sus guiños a la Bioquímica, realizando ambas especialidades. En la primavera de 1979 inició sus

estudios sobre la flora y vegetación de la comarca de Manzanares el Real; tuvo la gran suerte de recibir docencia de dos excelentes botánicos: los doctores Miguel Ladero Álvarez y Ginés López González.

Obtuvo el grado de licenciado en Farmacia en junio de 1981, con la máxima calificación y premio extraordinario. Fue entonces, hace ya más de cuarenta años, cuando nuestros caminos se cruzaron gracias a sendas becas concedidas dentro del plan de formación de profesorado universitario (FPU). De entonces datan nuestras salidas al campo: él analizando las más leves variaciones en los hábitats que condicionaban el cambio de vegetación, yo con la vista fija en las cortezas de los árboles, intentando localizar conjuntos liquénicos indicadores de la contaminación ambiental. Y, en el laboratorio, ambos revisando herbarios históricos, para poder aproximarnos al concepto del taxón descrito por uno u otro autor.

En 1986 obtuvo el grado de doctor en Farmacia, también con premio extraordinario, con una memoria sobre la flora y la vegetación del macizo oriental de la Sierra de Gredos; este mismo año ocupó plaza de profesor titular interino, a la que accedió en propiedad pocos meses después, en 1987, tras superar las oposiciones convocadas al efecto. Desde muy joven Daniel tuvo una habilidad innata por adquirir conocimientos y transmitirlos; su pasión por la investigación y su gusto por la farmacia debieron influir en que María de Cortes, su hermana menor, siguiera su mismo camino profesional y hoy dispongamos de una brillante y prometedora profesora de Nutrición y Bromatología.

El texto de su memoria doctoral conoció la imprenta, en su integridad, gracias al mecenazgo de la Institución de Estudios Abulenses 'Gran Duque de Alba' (Ávila, 1989). El director de su tesis fue el Excmo. Sr. Salvador Rivas Martínez (1935-2020), de grato recuerdo; desde los inicios de la carrera investigadora de nuestro recipiendario son muchas las ocasiones en que sus nombres, el suyo y el de su director, figurarán unidos al frente de publicaciones en las más prestigiosas revistas de vegetación; también fueron muchos los kilómetros recorridos para cartografiar e inventariar los hábitats naturales, no solo españoles.

Tras una estancia sabática en la Universidad de California, llevada a cabo en 1996, en la que trabajó con Michael George Barbour (1942-2021), académico correspondiente extranjero de nuestra Corporación, sus intereses profesionales se decantaron hacia los sistemas dinámicos de la vegetación natural de los territorios del Pacífico Noroeste americano, con especial énfasis en la región biogeográfica californiana, y en el estudio de las colecciones botánicas de las expediciones federales conservadas en el *Harvard University Herbaria*.

Para entonces ya había aparecido en su vida Reyes Gavilán García, y sus dos hijas: Irene y Beatriz. Quizás no existan caracteres tan parecidos como el de Reyes y Daniel, ambos tremendamente vitales, hogareños y con gustos similares: amantes de los viajes, disfrutan conociendo nuevos mundos, nuevas culturas y nuevas formas de vida. Reyes ha sido el gran apoyo de Daniel en su carrera investigadora, siempre ha facilitado sus etapas formativas en el extranjero, aun cuando el cuidado de las niñas suponía una carga, familiar y doméstica, dura de sobrellevar. Hoy Irene y Beatriz realizan sus tesis doctorales en sus respectivos ámbitos profesionales: Irene,

farmacéutica, en bioquímica y biología molecular; Beatriz, óptica y optometrista, en clínica optométrica.

Desde aquel año sabático de 1996, la presencia del doctor Sánchez Mata en la Universidad de California ha sido prácticamente constante, bien durante un semestre académico, bien aprovechando el período estival; ya en 1997 Michael Barbour le encargó la redacción del capítulo sobre "California Ultramafic Vegetation" para la tercera edición de su clásico *Terrestrial Vegetation of California*, editado junto a Todd Keeler-Wolf y Allan A. Schoenherr (Berkeley, 1997).

Su actividad docente le ha llevado a dictar cursos monográficos de su especialidad en la Universidades Autónoma de Madrid (1987), Alcalá de Henares (1989), Salamanca (2000, 2003, 2004, 2006), Católica de Ávila (2006) y La Laguna (2010), en el Instituto Universitario de Ciencias Ambientales de la Universidad Complutense de Madrid [IUCA] (1989), el Instituto Tecnológico Geo-Minero de España (1989), el Centro Nacional de Educación Ambiental [CENEAM] del Ministerio de Medio Ambiente (1988, 1999), la Diputación Provincial de Ávila (2005, 2006) y los Colegios Oficiales de Farmacéuticos de Madrid (1989) y Toledo (1999), entre otros.

Por supuesto, el doctor Daniel Sánchez Mata ha formado nuevos profesionales a este y al otro lado del Atlántico, en particular sobre bioclimatología y especies indicadoras; los nombres de María Pilar Rodríguez Rojo (2003), Beatriz Vilches de la Serna (2014), Gabriela Susana Entrocassi (2016) y Eladio Casado Mateos-Aparicio (2018), cuyas tesis dirigió, en ocasiones junto a la Dra. Rosario Gavilán García, confirman este aserto.

Entre sus libros me gustaría destacar *North American Boreal and Western Temperate Forest Vegetation*, realizado junto a Manuel Costa Talens y Salvador Rivas Martínez (León, 1999); *Los pinares de la Sierra de Gredos. Pasado, presente y futuro,* en colaboración con José Antonio López Sáez, Francisca Alba Sánchez y Enrique Luengo Nicolau (Ávila, 2019) y *Subtropical Mountain Forests of Las Yungas: Vegetation and Bioclimate,* publicado junto a Gabriela Entrocassi y Rosario Gavilán García (Berlín, 2020).

Es autor de más de 150 trabajos editados en las páginas de revistas científicas de su especialidad, todas ellas de prestigio consolidado, tales como *Biodiversity & Conservation* -de la que es 'senior editor'-, *Biological Trace Element Research, Botanical of the Journal Linnean Society, Candollea, Cellular and Molecular Biology, Ecological Indicators, Folia Geobotanica Phytotaxonomica, Global and Planetary Change, Israel Journal Plant Science, Itinera Geobotanica, Journal Europäischer Orchideen, Journal of Biogeography, Journal of Plant Ecology, Journal of Vegetation Science, Lazaroa, Mediterranean Bot*any, *Northeastern Naturalist, Organisms Diversity and Evolution, Pastos, Phytocoenologia, Plant Biosystems, Plant Ecology and Diversity, Plant Soil*, *Plants, Quercetea, Sustainability o Taxon.*

Es miembro de los comités asesores de las revistas *Frontiers in Plant Conservation* (Laussane), *Plants* (Bassel), *Biodiversity and Conservation* (Berlín), *Itinera Geobotanica* (León) *Mediterranean Botany* (Madrid), *Plant Biosystems* (Londres) y *Geobotany Studies* (Camerino).

Además, es autor de medio centenar de capítulos de libros aparecidos en editoriales tan prestigiosas como Springer (Berlín, Alemania), Conservation of Arctic Flora and Fauna (Akureyri, Islandia), California University Press, Kluwer Academic (Zúrich, Suiza) o Koeltz (Koenigstein, Alemania).

Ha participado en una treintena de proyectos de investigación subvencionados por agencias estatales de España, Bulgaria y Estados Unidos de Norteamérica y por otros organismos públicos como Parques Nacionales de España, Instituto para la Conservación de la Naturaleza [ICONA], Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias [INIA], Instituto Geológico y Minero de España [IGME], California University, Arctic Council y US National Park Service. Además ha prestado su asistencia, como experto en temas medio-ambientales, a la Comunidad de Madrid, la Junta de Andalucía y el Ministerio de Medio Ambiente de España.

Su activa participación en foros internacionales de su especialidad le ha llegado a viajar por todo el Mundo: desde Gabès, en Túnez, a Villacidro, en la Cerdeña italiana; de Ciudad de México a Bozeman, en Montana; de la población alemana de Rinteln a la polaca de Katowice; de Tórshavn, en las Islas Faroe (Dinamarca) a La Habana, París o Roma… y así hasta superar el medio centenar de ciudades en los más diversos ámbitos territoriales. Tras cuatro años de intenso trabajo ha logrado que, en junio de 2022, la sede del simposio anual de la *International Association for Vegetation Science* [IAVS], en su 64ª edición, sea la Universidad Complutense de Madrid.

Sus méritos le llevaron, en enero de 2006, a tomar posesión de una Cátedra de Botánica en la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, donde ha seguido desempeñando su actividad docente hasta que, en la primavera de este año 2021, fuera nombrado, por decisión rectoral, director del Real Colegio Complutense en la Universidad de Harvard [RCC-Harvard] por espacio de un quinquenio.

Nuestro nuevo académico es codirector del grupo de investigación ‘Bioclimatología y Biogeografía, relaciones entre el medio natural y la vegetación’ (UCM-ENVIROVEG), Presidente de la Sociedad Española de Geobotánica [SEG] (2012), Vice-Presidente de la Sociedad Española de Botánica [SEBOT] (2019), 'Research Associate' en la Universidad de Harvard (Cambridge, MA, USA) (2018) y miembro correspondiente de la Academia de Farmacia de Castilla y León (2015). Entre los años 2012 y 2015 desempeñó la responsabilidad de Delegado del Rector de la Universidad Complutense de Madrid para temas de Medio Ambiente.

Se incorporó a nuestra Academia, como miembro correspondiente, en 2006; desde la tarde de hoy, tras la lectura de este discurso de ingreso, ocupa la medalla 25. En su discurso aborda nuestra relación con el medio natural desde dos frentes: en primer lugar, analiza la diversidad vegetal desde una doble perspectiva: el componente físico que determina la distribución de las formas vivas y el florístico que constituye la vegetación natural y define la arquitectura del paisaje. En la segunda parte examina la intervención humana sobre el medio, prestando especial atención a lo que significa el cambio climático frente a la Naturaleza y, por ende, sobre la salud humana.

La visión que ofrece del medio natural es claramente integradora, agrupando todas las condiciones externas que le afectan: climáticas, edáficas y bióticas, junto a las culturales, económicas, sociales y el resto de las actividades antrópicas; cobran así

sentido los estudios de biogeografía y bioclimatología y el desarrollo de la fitosociología dinámico-catenal y de la sinfitosociología como herramientas para la delimitación de unidades territoriales y, por ello, como instrumentos para desarrollar propuestas de conservación y restauración de hábitats y para la gestión y modelización de cultivos.

La intervención antropológica sobre el medio natural, señalada ya por algunos pensadores de comienzos del siglo XIX, nos ha llevado a una situación crítica sobre la conservación del medio natural que, afortunadamente, ha llamado la atención no sólo a los investigadores sino a la sociedad en general. Es un hecho incontestable que la actividad humana, en particular tras la revolución industrial, ha provocado cambios en el calentamiento de la atmósfera, lo que nos ha conducido a un 'cambio global', en el que se engloba el 'cambio climático'. Como acertadamente señala el doctor Sánchez Mata, una de las mejores formas de ralentizar este indeseado cambio es la educación ambiental, la concienciación social de asumir postulados de sostenibilidad en todas las actividades humanas.

Estimado doctor Sánchez Mata, espero que durante los años que permanezca en esta Casa, que deseo que sean muchos y fructíferos, pueda disfrutar aquí de la paz y tranquilidad necesaria para abordar, con el rigor exigido por la investigación, el trabajo de concienciar a la sociedad de la importancia de conservar, a través de un desarrollo sostenible, el Mundo en el que nos ha tocado vivir.

Sea usted bienvenido.

---oooOOOooo---