



RASC

Real Academia
Sevillana de Ciencias

Homogenización biótica de la Tierra por invasiones biológica

discurso pronunciado por la

Ilma. Sra. D.^a

Montserrat Vilà Planella

en el acto de recepción como académica numeraria
el día 21 de abril de 2022

y

contestación del académico numerario

Ilmo. Sr. D.

Juan Cornejo Suero

HOMOGENIZACIÓN BIÓTICA DE LA TIERRA POR INVASIONES BIOLÓGICAS

*Discurso de recepción
como Académica Numerario de la
Real Academia Sevillana de Ciencias por el
Ilma. Sra. Dña. Montserrat Vilà Planella,
celebrado el día 21 de abril de 2022*

AGRADECIMIENTOS Y RECUERDOS

Es para mí un gran honor haber sido elegida para formar parte de esta prestigiosa institución, tener la oportunidad de colaborar con sus miembros y aprender de ellos en múltiples campos de la ciencia. Agradezco a los académicos que me propusieron y a los que han apoyado este nombramiento. En especial al Dr. Cornejo por hacerme el honor en responder a este discurso.

Es el momento de agradecer a muchos profesores de universidad que fueron claves en mi formación como científica. Al Dr. Jaume Terradas del CREAM por dirigirme la tesis y darme absoluta libertad, al Dr. Jacob Weiner de la Universidad de Copenhague por ser el mentor de mi tesis y mostrarme a finales de los años 80 el mundo científico más allá del ámbito nacional, al Dr. Josep Canadell investigador en CSIRO Climate Science Centre de Australia por encaminarme hacia la investigación, al Dr. Francisco Lloret también del CREAM por compartir constantemente sus conocimientos, a la Dra. Carla d'Antonio de la University of California en Santa Bárbara por ser el modelo a seguir como investigadora. Y muchos más, quienes no solo me guiaron en los inicios de mi carrera científica, sino que ofrecieron una amistad que ha perdurado hasta hoy.

También debo reconocer el papel fundamental de los compañeros de la licenciatura en la que fuera Escuela Universitaria de Girona, el doctorado en la Universitat Autònoma de Barcelona y el postdoctorado en la University of California en Berkeley. Más, en estos momentos que a causa de la pandemia, muchos alumnos universitarios, no han podido disfrutar de lleno no solo de clases presenciales, sino de las discusiones cara a cara con sus compañeros de clase, ni que decir de la propia vida universitaria que considero esencial para formarse en ciencia y como personas críticas.

A lo largo de mi carrera científica he sido una afortunada por estar rodeada presencial o virtualmente de una constelación de investigadores e investigadoras excelentes. No me refiero únicamente a su profesionalidad sino también por ser personas honradas, comprometidas, colaborativas y de espíritu abierto. Muchas son mujeres. Soy la tercera mujer que se incorpora como miembro numerario de la Real Academia Sevillana de Ciencias y me siento privilegiada. Hay muchas más que merecen formar parte de la

Academia. A lo largo de mi carrera profesional no me he sentido discriminada, aunque no puedo valorar de forma objetiva si me he tenido que esforzar más que si hubiera sido de otro género.

Es un hecho que muchas mujeres pasan desapercibidas en relación a sus méritos científicos. Por tanto, debemos ser proactivos para visibilizarlas. No me refiero únicamente a que tengan posibilidades de “romper el techo de cristal” sino a simplemente “emerger del lodazal”; que puedan abrirse paso en una profesión tan competitiva como la carrera investigadora. Como sociedad, difícilmente, conseguiremos el reconocimiento de méritos con independencia del género en etapas de madurez profesional si no lo hacemos en las etapas tempranas de su formación como científicas. Aún persisten diferencias, si bien inconscientes, en el trato, en el nivel de exigencia, en la imagen proyectada, en la autoestima entre chicas y chicos que a la larga se traducen en diferencias de oportunidades. Espero participar en iniciativas de la Real Academia Sevillana de las Ciencias que ayuden a diluir estas divergencias. Por ejemplo, mediante la invitación de un mayor número de mujeres conferenciantes, la colaboración estrecha con instituciones universitarias y de investigación donde las mujeres estén más representadas o mediante la convocatoria de premios siguiendo el modelo iniciado por la Fundación Real Academia de Ciencias de España al Joven Talento Científico Femenino.

Debo lo que soy a la generosidad de mis padres, que no escatimaron en mis estudios, de mi padre he heredado la curiosidad, de mi madre el tesón. No concibo la ciencia como un trabajo sino como un *modus vivendi* e incluso un *modus operandi*. En varias ocasiones me han comentado que siempre tuve espíritu academicista. Investigo porque tengo una obsesión por conocer, indagar, aprender; por observar y cuantificar; por relacionar unas cosas con otras, por preguntar constantemente, por contar lo que he aprendido una y otra vez, sin freno. Creo que la perseverancia es una cualidad fundamental en el quehacer de un investigador. Aunque fuera del entorno científico y en altas dosis, pueden ser defectos, que hagan perder la paciencia a amigos y a familiares.

Agradezco inmensamente a mi marido y a mi hijo que compartan su vida conmigo a pesar de estas peculiaridades de mi carácter y mis constantes ausencias, no solo por largas jornadas y viajes de trabajo, sino por estar muchas veces absorta en temas de índole científico y dedicarles menos tiempo del que me gustaría. Su aguante no tiene precio.

1. PRÓLOGO

Llevo más de 15 años viviendo en Sevilla. Esta ciudad significa mucho para mí. En Sevilla he formado una familia, he hecho excelentes amistades y me he desarrollado como investigadora de la Estación Biológica de Doñana del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (EBD-CSIC). Agradezco al que fuera director del centro en aquella época, al Dr. Fernando Hiraldo y a los miembros del Claustro que confiaran en mí.

Quizás no es casualidad que el tema de investigación al que le he dedicado tantos años, las invasiones por especies exóticas, tenga Sevilla como protagonista histórica por el papel político que jugó en el comercio entre el Viejo y el Nuevo Mundo.

El descubrimiento de América constituyó una gran revolución al intercambio de productos y especies entre continentes y con ello al establecimiento de especies en regiones donde jamás hubieran podido llegar por dispersión natural. Se inicia así el intercambio colombino, la globalización por vía marítima y con ella la intensificación de la dispersión de especies mediada por el hombre. Cristóbal Colón (Colón 1986) en su segundo viaje (1493-1496) relata:

“Pues la tierra es tal, que deve procurar que se siembre lo más que ser pudiese de todas cosas... De carneros vivos, e aun antes de corderos e corderitas, más fembras que machos, e algunos veseros y bezerras pequeños son menester que cada vez vengan en cualquier caravela que acá se enbiare, e algunas asnas e asnos e yeguas para trabajo e simiente, que acá ninguna d'estas animalias ay que ombre se pueda ayudar ni valer.”

El descubrimiento de América supuso un punto de inflexión en la entrada en especies exóticas en España, y por ende en Europa. A estas especies se las conoce como “neófitas” para distinguirlas de las “arqueófitas”, especies introducidas en la antigüedad por fenicios, griegos, romanos, árabes, etc. de las que muchas veces nos faltan registros históricos para inferir con certeza su origen. En esta conferencia me centraré en la investigación que estamos llevando a cabo sobre especies “neófitas”.

3. INTRODUCCIÓN: DOS EJEMPLOS CERCANOS

En conmemoración del V centenario de la primera vuelta al mundo invito a que lean algunos de los relatos sobre el interés de los exploradores por la flora y la fauna de territorios lejanos. Pigafetta (Pigafett 2019) relata que muchas especies silvestres eran utilizadas en la vida cotidiana por los indígenas americanos como alimento, como medicinas y con fines recreativos o sagrados. Muchas de estas plantas de origen americano se introdujeron en España como fuente de alimento. Hoy en día no es posible pensar en la dieta típica mediterránea sin tomates o sin patatas.

Otras plantas fueron introducidas por motivos mucho más sofisticados. Por ejemplo, las chumberas (*Opuntia ficus-indica*) llamaron la atención de los exploradores españoles, no por su naturaleza vegetal, sino por los insectos parásitos que albergaban. Estos insectos son cochinillas (*Dactylopius coccus*) que se alimentan de la savia de la planta. El cuerpo de las hembras tiene ácido carmínico, una sustancia de la que se puede extraer un tinte rojo. Este tinte natural fue tan apreciado que los pueblos aztecas en México utilizaron las cochinillas en peso como moneda para rendir sus tributos a su emperador Moctezuma.

Los españoles vieron un gran valor económico en este tinte obtenido de la cochinilla para la industria textil y adquirieron el monopolio de su cría en grandes plantaciones de chumberas principalmente en Oaxaca. Económicamente, el comercio de la cochinilla fue la segunda materia prima más importante después del oro y la plata (DeFelice

2004). Estos insectos eran tan valiosos que los comerciantes de toda Europa venían a Sevilla, la única ciudad española con el privilegio de comerciar con América, para hacer transacciones con este producto. El tinte rojo carmín pronto se convirtió en un artículo de lujo en la industria textil y para el uso de pintores. Para entender su importancia en el status social de la gente, solo hace falta fijarse en el color de la vestimenta de los cuadros de los pintores sevillanos del barroco como Murillo o Velázquez. Marrones y ocre para “el pueblo” y rojos para la nobleza, el ejército, el clero y algunos santos, claro.

En respuesta a las demandas de la industria textil, alrededor de 1820, se decidió introducir chumberas en España para criar los insectos cochinilla. Inicialmente sólo se introdujeron 8 plantas. En el mismo año, los insectos se reprodujeron. En pocos años los cultivos se extendieron a otras regiones de España que tuvieran veranos calurosos e inviernos templados. La producción en Canarias tuvo tanto éxito que a finales del siglo XVIII era el principal productor mundial (Cervera 2021). Se exportaron miles de toneladas de insectos. Sin embargo, la demanda de la producción de cochinilla disminuyó cuando aparecieron los primeros tintes sintéticos basados en anilinas. La agricultura canaria muy dependiente del monocultivo del nopal se desplomó. Muchos terrenos se transformaron en otros tipos de grandes extensiones fueron abandonadas a su suerte favoreciendo la expansión de la planta a otros hábitats (Vilà 2011).

La presencia de chumberas en nuestro paisaje se ha mantenido hasta nuestros días. La percibimos como una planta típica de nuestro entorno que a lo largo de tres siglos ha sido fotografiada y pintada por los más alustres artistas como por ejemplo Sorolla (Fig. 1). Este cactus se ha introducido en muchas otras regiones mediterráneas y semiáridas del mundo para otros fines además de la producción de cochinilla: como planta ornamental o para la construcción de setos defensivos, para el consumo de sus frutos o forraje para el ganado (Fig. 1). Estos cactus tienen una reproducción vegetativa muy exitosa. Cualquier fragmento tiene la capacidad de enraizar.

Sus beneficios para el ganado han sido sobreestimados. La planta tiene un bajo valor nutricional y las espinas y los pelos pueden lesionar la piel, los músculos y la boca del ganado. Los pastos invadidos son evitados por los pastores no sólo para impedir daños a sus rebaños, sino a sí mismos. A finales del siglo XIX, en Australia y Sudáfrica, los agricultores se vieron obligados a abandonar grandes extensiones de pastos invadidos y la especie fue declarada plaga. En España, está listada como planta invasora y por tanto está prohibido que se plante o se comercialice. La extracción mecánica y química no funcionó a pesar de la gran inversión en el manejo. La única solución para reducir el grado de infestación y su propagación se encontró en el control biológico mediante dos insectos parásitos que minan los tallos de la planta. En pocos años muchas plantas murieron y las tierras restauradas de nuevo a pastos y cultivos.

Historias parecidas se ha repetido con muchísimas otras especies exóticas, y en muchísimos otros rincones del planeta. Introducimos especies exóticas con nuestra mejor intención, como fuente de alimento, como especies de compañía, por razones estéticas y de recreo, pero muchas se expanden y escapan más allá de donde fueron plantadas, criadas o confinadas pudiendo causar impactos tanto ambientales como socioeconómicos imprevisibles de los que hablaré más adelante.

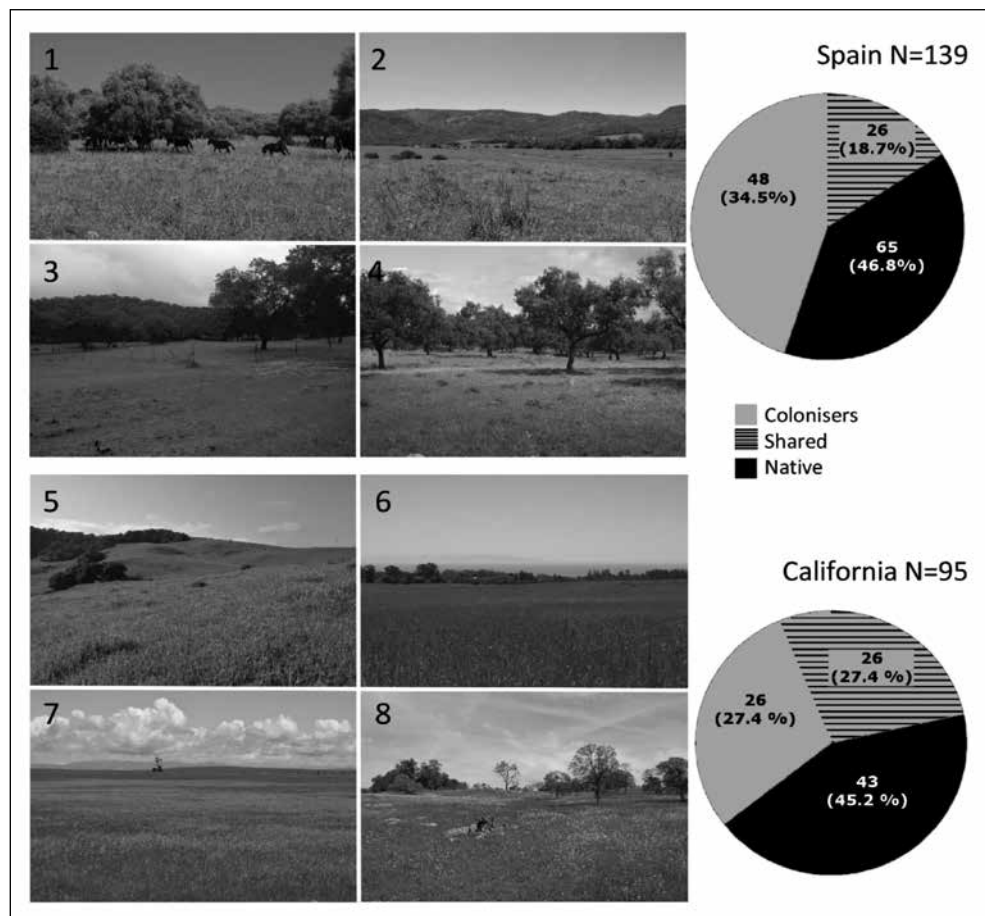
FIGURA 1
LAS PLANTAS DE NOPAL O CHUMBERAS (*OPUNTIA* SPP.) DE ORIGEN CENTRO-AMERICANO SE HAN PLANTADO EN MUCHAS ZONAS ÁRIDAS COMO SETOS, LO CUAL HA FAVORECIDO LA INVASIÓN DE CULTIVOS ABANDONADOS. LAS CHUMBERAS SON OMNIPRESENTES EN MUCHAS PINTURAS QUE REPRESENTAN PAISAJES MEDITERRÁNEOS. (ABAJO: EL ENCIERRO, SOROLLA (2014) DE LA COLECCIÓN DE LA HISPANIC SOCIETY OF AMERICA)



La situación inversa, la de especies europeas introducidas en América y en Australasia ha sido mucho más intensa. Crosby (1988) en su libro *Imperialismo Ecológico*, nos describe en qué medida los colonos europeos transformaron el paisaje para que se asemejara al de su tierra natal. Los cambios de uso del suelo en pastos para ganado y la agricultura extensiva cuyo manejo favoreció a las especies exóticas construyeron lo que el historiador acuñó como las *Nuevas Europas*: regiones alejadas del continente europeo con una biota mixta nativa y exótica con una abrumadora dominancia de flora, fauna y población humana de origen europeo.

El Prof. Casado y colaboradores de la Universidad Complutense de Madrid (Casado *et al.* 2018) han verificado que los flujos de introducción de plantas herbáceas entre regiones mediterráneas han sido asimétricas y que la península ibérica ha sido la región donadora por excelencia. Si echamos un vistazo a imágenes de pastizales y sabanas californianas no sabremos distinguirlas de los pastizales y dehesas de Sierra Morena, no

FIGURA 2
IMÁGENES DE PASTIZALES ANDALUCES (1-4) Y CALIFORNIANOS (5-8). LOS GRÁFICOS CIRCULARES INDICAN EL NÚMERO Y EL PORCENTAJE DE ESPECIES HERBÁCEAS SEGÚN SU ORIGEN. LAS COLONIZADORAS SON ESPECIES DE ORIGEN ESPAÑOL ESTABLECIDAS EN CALIFORNIA. LAS ESPECIES COMPARTIDAS SON ESPECIES COLONIZADORAS OBSERVADAS EN PARCELAS DE MUESTREO EN AMBAS REGIONES. TODAS LAS ESPECIES DE LAS PARCELAS ESPAÑOLAS SON NATIVAS MIENTRAS QUE EN CALIFORNIA SOLO UN 45% DE LAS ESPECIES LO SON. (MODIFICADO A PARTIR DE GALÁN DÍAZ *ET AL.* 2020)



solo por su fisionomía paisajística sino también por la composición de especies (Fig. 2). Según muestreos que hemos realizado recientemente, en promedio, más de la mitad de las plantas de los pastizales de California son exóticas (Fig. 2). De estas, la mitad se encuentran en Andalucía donde son nativas (Galán Díaz *et al.* 2020). En California, estas plantas en su mayoría gramíneas anuales han sustituido a gramíneas perennes que en el pasado formaban una vegetación mucho menos densa. Las gramíneas anuales compiten con las plantas nativas, muchas endémicas. Además, aumentan el riesgo de incendios

por la acumulación y continuidad de material inflamable durante el verano (D'Antonio & Vitousek 1992).

4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

Estoy fascinada por la influencia del intercambio de especies entre regiones y cómo ha cambiado a lo largo de los siglos hasta nuestros días. Mientras estamos aquí quietos, se está dando el movimiento intercontinental de miles de toneladas de mercancías de todo tipo susceptibles de dispersar especies que se establezcan lejos de las regiones originarias.

He dedicado más de 25 años en investigar la ecología de especies exóticas invasoras, principalmente de especies vegetales. Hoy quisiera compartir con ustedes algunos de los estudios que hemos realizado de corte más biogeográfico o global para acercarme lo más posible a las Ciencias de la Tierra, la disciplina dentro de la cual me han hecho el honor de formar parte de la Real Academia de las Ciencias de Sevilla. Mi investigación a lo largo de todo este tiempo ha venido guiada por la siguiente pregunta: *¿Qué factores contribuyen a que una especie introducida y por tanto exótica se integre en un nuevo ecosistema, y qué consecuencias tiene?* No es una pregunta nueva, ya Darwin (1859) propuso que las especies introducidas que tienen más éxito son las filogenéticamente más alejadas de las especies nativas, es decir, las evolutivamente más distintas a las nativas. Un siglo más tarde, Elton (1958), considerado el padre de la biología de las invasiones expone varias teorías sobre la invasión por plantas y animales. Muchas de estas teorías han tardado más de medio siglo en confirmarse empíricamente. Con modestia, tengo que decir que nosotros hemos contribuido en ofrecer evidencias que avalan algunas de ellas.

Responder a esta pregunta conlleva realizar observaciones y experimentos de campo a distintas escalas espaciales: comparar la ecología de las especies en la región de origen y de introducción, en distintos tipos de hábitats y, sobre todo, contrastar qué diferencias ecológicas hay entre un ecosistema invadido y otro que no lo está. Esta última aproximación es necesaria para identificar los impactos que las especies invasoras ocasionan en los recursos naturales.

Hoy quisiera ofrecer unas pinceladas a tres objetivos fundamentales sobre la investigación en invasiones biológicas, en los que he contribuido significativamente:

1. La identificación de las principales vías de introducción y las etapas del proceso de invasión.
2. El análisis de los factores ecológicos que facilitan las invasiones.
3. La cuantificación de los impactos que ocasionan en la biodiversidad, en los recursos naturales y en el bienestar humano.

La investigación en estos temas que voy a resumir ha sido desarrollada en gran medida por 12 doctorandos, la mitad mujeres y más de 20 miembros postdoctorales, sin los

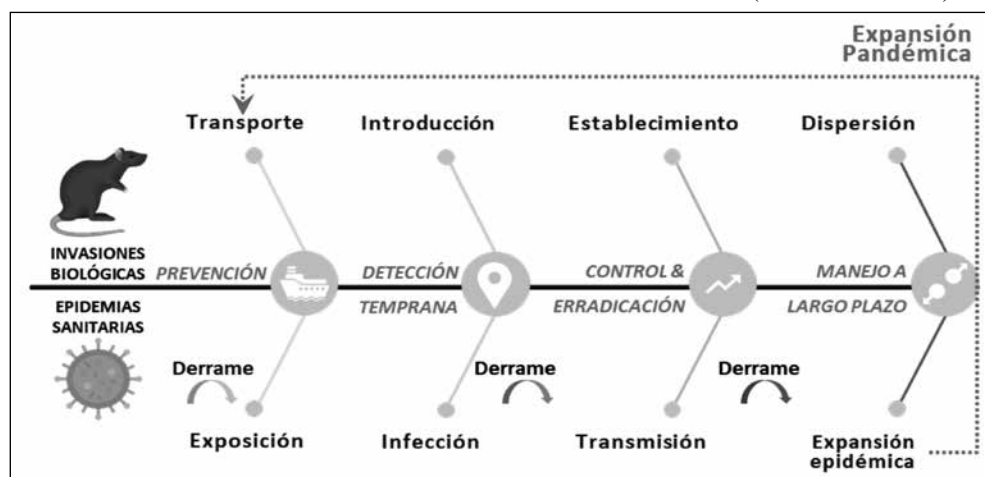
cuales, hoy tendría poco que contarles. También quisiera apuntar que muchos estudios han sido concebidos y ejecutados fuera del marco de trabajo de un proyecto de investigación reglado y por tanto con muy poca financiación. Se han desarrollado gracias a nuestras ansias de conocer, por la ilusión de emprender la aventura de un nuevo viaje o por el interés en establecer nuevas colaboraciones. Me consta que muchos ecólogos en nuestro país nos movemos por estos impulsos.

5. ETAPAS DEL PROCESO DE INVASIÓN BIOLÓGICA Y VÍAS DE INTRODUCCIÓN

Antes de ahondar en este tema son precisas algunas definiciones. No todas las especies que se introducen se establecen ni todas las que se establecen van a ser invasoras. El proceso de invasión sigue unas etapas que se asemejan mucho a un proceso epidemiológico (Fig. 3). Este proceso consta de transporte, introducción, establecimiento y dispersión. Cuando especies exóticas o sus propágulos son transportadas de una región a otra de forma deliberada o accidental, muchas mueren durante el transcurso del viaje, pero otras son introducidas. Si establecen poblaciones pequeñas que requieren de una constante entrada de propágulos las denominamos subespontáneas, mientras que si establecen poblaciones que se reproducen y crecen por sí solas y perduran en el tiempo las llamamos naturalizadas. Si en poco tiempo se expanden lejos de donde se establecieron inicialmente decimos que son invasoras (Pyšek *et al.* 2020).

FIGURA 3

COMPARACIÓN DE LAS ETAPAS DE UNA INVASIÓN BIOLÓGICA Y DE UNA EPIDEMIA HUMANA Y LAS POSIBLES ACCIONES DE MANEJO EN ESTAS. LOS PATÓGENOS QUE EMERGEN Y CAUSAN UNA EPIDEMIA EN CUALQUIER PARTE DEL MUNDO PUEDEN SER TRANSPORTADAS Y PROPAGARSE A NIVEL MUNDIAL, LO QUE EN EL PEOR DE LOS CASOS LLEVA A UNA PANDEMIA (FLECHA PUNTEADA EN ROJO). LAS FLECHAS DOBLADAS INDICAN MOMENTOS OPORTUNOS DEL DERRAME DE UN PATÓGENO DE ORIGEN ZOONÓTICO DESDE UN ANIMAL HACIA UN HUMANO (VILÀ *ET AL.* 2021)

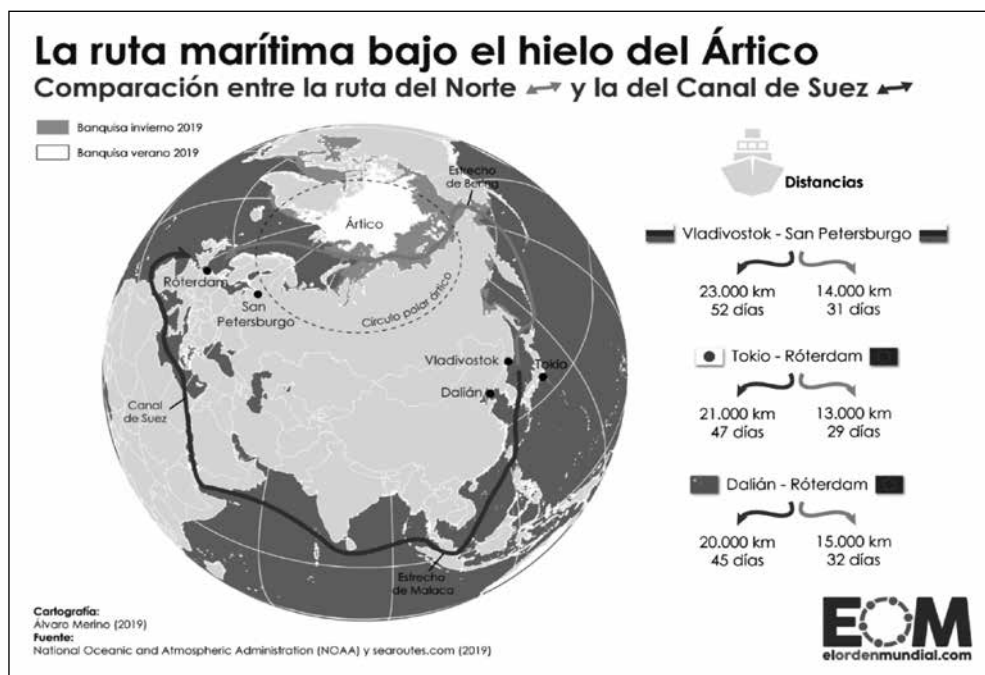


La vía de introducción de especies exóticas puede ser tanto intencionada como accidental (Hulme *et al.* 2008). Actualmente, la principal vía de introducción intencionada de plantas exóticas es por motivos ornamentales, ya sea para ser cultivadas en parques y jardines o en la restauración de obras públicas. La mayoría (> 82 %) de las especies de los parques urbanos de España son exóticas. De estas, un 12 % son invasoras. Incluso algunas están reguladas tanto por la legislación española como por la de Unión Europea y por tanto, deberían eliminarse (Bayón *et al.* 2021). En cuanto a vertebrados e invertebrados acuáticos, la principal vía de introducción intencionada es el mascotismo, la caza y la pesca recreativa. Pensemos en las cotorras del Parque de María Luisa, por ejemplo. No obstante, muchos organismos son introducidos de forma accidental como contaminantes de otros productos o como polizones en los embalajes donde se transportan. Este sería el caso del mosquito tigre (*Aedes albopictus*) que inicialmente se expandió por Europa a través del transporte de neumáticos y recipientes con agua.

FIGURA 4

EL CALENTAMIENTO GLOBAL ESTÁ FACILITANDO NUEVAS RUTAS MARÍTIMAS. EN AGOSTO DE 2017, EL BUQUE METANERO RUSSO CRISTOPHE DE MARGERIE NAVEGÓ DESDE NORUEGA HASTA COREA DEL SUR A TRAVÉS DEL ÁRTICO EN TAN SOLO 19 DÍAS, UN 30% MÁS RÁPIDO QUE LA RUTA QUE CRUZA EL CANAL DE SUEZ. FUE EL PRIMERO EN LOGRARLO SIN AYUDA DE UN BARCO ROMPEHIELOS. A LA LARGA, ESTA RUTA MARÍTIMA ÁRTICA SUPONDRÁ UNA ACELERACIÓN EN EL TRANSVASE DE ESPECIES ENTRE EL OCÉANO PACÍFICO NORTE Y EL OCÉANO ATLÁNTICO NORTE DE DIMENSIONES MUY SUPERIORES DE LAS QUE ACTUALMENTE TIENEN LUGAR A TRAVÉS DEL CANAL DE PANAMÁ

(<https://elordenmundial.com/mapas/hacia-la-ruta-del-artico/>)



Durante las últimas décadas, el establecimiento de especies no nativas de todos los grupos taxonómicos se ha acelerado especialmente debido a la ampliación de las vías de comunicación y al comercio global (Seebens *et al.* 2017). Muchas especies exóticas son introducidas accidentalmente a través de corredores artificiales levantados por grandes infraestructuras. Muchos ríos europeos están conectados. Por ejemplo, desde hace décadas es posible navegar desde el Mar Negro o el Mar Caspio al Mar del Norte o Mar Báltico. Muchos invertebrados acuáticos como por ejemplo el mejillón cebra (*Dreissena polymorpha*) han sido introducidas pegados en los cascos y en las aguas de lastre de los barcos que circulan por esta ruta.

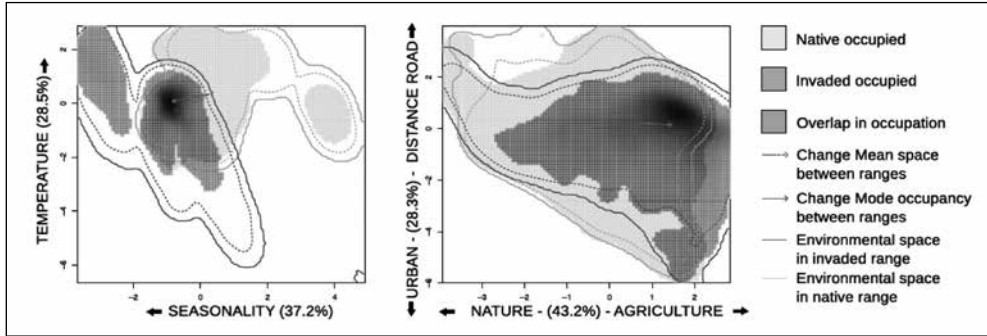
Otro ejemplo de corredor artificial es el Canal de Suez por el cual muchas especies han migrado del Mar Rojo a la costa Levantina del Mediterráneo oriental, fenómeno que junto con el calentamiento global está contribuyendo a la tropicalización del Mar Mediterráneo. El cambio climático y la puesta en marcha de rompehielos nucleares está posibilitando la ruta marítima ártica que acorta la navegación en 10 días respecto a la ruta del canal de Suez. Es más, en agosto de 2017, el buque metanero ruso Cristophe de Margerie navegó desde Noruega hasta Corea del Sur a través del Ártico en tan solo 19 días, un 30% más rápido que la ruta que cruza el canal de Suez (Fig. 4). En los últimos 5 años, el número de cargueros que la atraviesan se ha multiplicado por 5. A la larga, esta ruta marítima ártica supondrá una aceleración en el transporte de especies entre el océano Pacífico Norte y el océano Atlántico Norte de dimensiones muy superiores a las que actualmente tienen lugar a través del Canal de Panamá.

6. FACTORES ECOLÓGICOS QUE FACILITAN LAS INVASIONES BIOLÓGICAS

Parece contra intuitivo que una especie que no ha evolucionado en un ecosistema pueda prosperar, invadir y excluir a las especies nativas. Para plantas, el éxito de invasión depende de tres factores ecológicos principales que son complementarios: la preadaptación o plasticidad a las condiciones ambientales, la pérdida de enemigos naturales y el establecimiento de relaciones mutualistas con las especies nativas de la comunidad receptora.

Hemos realizado muchos estudios tanto a partir de bases de datos de distribución de especies como por ejemplo GBIF como muestreos extensivos de campo para determinar el nicho climático de las poblaciones en ambas regiones. En casi todos los casos hemos encontrado que en la región de introducción muchas plantas invasoras aún no ocupan toda el área de distribución potencial según las condiciones climáticas. Muestreos muy detallados que hemos realizado para la vinagrera, *Oxalis pes-caprae*, en la cuenca mediterránea y en la región nativa de Sudáfrica muestran que en la región de introducción, esta planta se establece en áreas de mayor estacionalidad y temperaturas más bajas que en Sudáfrica (González-Moreno *et al.* 2015). Es decir, que el nicho climático en el que la especie se distribuye en la región de origen y de introducción no se solapa completamente.

FIGURA 5
REPRESENTACIÓN DEL NICHU CLIMÁTICO (IZQUIERDA) Y DE PERTURBACIÓN (DERECHA) DEL AGRIO (*OXALIS PES-CAPRAE*) EN LA REGIÓN NATIVA DE SUDÁFRICA Y DE INTRODUCCIÓN EN LA CUENCA MEDITERRÁNEA. LA FLECHA ROJA INDICA LA DIRECCIÓN DEL CAMBIO DE NICHU. ESTA PLANTA TIENE AÚN EL POTENCIAL DE INVADIR ZONAS MÁS CÁLIDAS, DE MAYOR ESTACIONALIDAD Y MENOS ALTERADAS (GONZÁLEZ-MORENO *ET AL.* 2015)

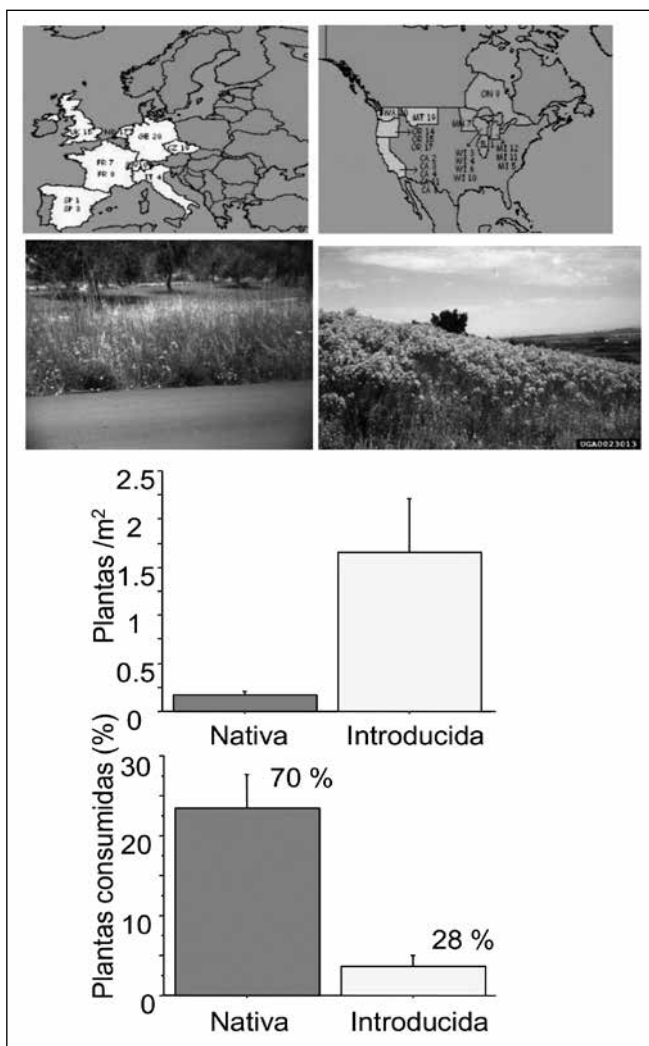


Pero vayamos más allá de los envoltorios climáticos. Si además del clima tenemos en cuenta otros componentes relacionados con el grado de perturbación del paisaje, observamos que en su región de origen ocupa hábitats menos perturbados (González-Moreno *et al.* 2015). En definitiva, esta planta tiene la capacidad de invadir no solo áreas bastante más extensas sino también ambientes más naturales que en la región de origen (Fig. 5). Estos modelos de distribución de especies son de gran utilidad para identificar la vulnerabilidad de un territorio a la invasión en escenarios de cambio climático. Un aspecto en el que estamos investigando y les podría contar en otra ocasión.

En cuanto a los factores bióticos que influyen en la invasión, el que clásicamente ha despertado más interés es la falta de enemigos naturales en la región de introducción. Muchas especies exóticas han dejado atrás los patógenos y parásitos que controlan el tamaño de sus poblaciones. Hace 20 años colaboré con John Maron, profesor de la Universidad de Montana, en un muestreo de poblaciones de la hierba de San Juan o hipérico (*Hypericum perforatum*) en Europa donde es originaria y en Norteamérica donde se introdujo de forma accidental como contaminante en las semillas de plantas forrajeras (Fig. 6). Es una planta que cerca de Sevilla aparece esporádicamente en campos abandonados, en los márgenes de caminos y en zonas ruderales. En cambio, en Estados Unidos y Canadá puede ocupar grandes extensiones de praderas seminaturales donde no hay presión por fitófagos (Fig. 6). En Europa, muchas plantas están parcialmente defoliadas por el coleóptero *Crysolina quadrigemina* mientras que en Norteamérica las plantas están prácticamente intactas (Vilà *et al.* 2005). En Europa también nos encontramos con muchas plantas con tallos secos antes de la época estival debido a la infección por hongos (*Colletotrichum* sp., *Alternaria* sp., *Fusarium* sp.) que atacan el cuello de raíz, mientras que en Norteamérica este fenómeno no ocurre (Fig. 6).

Hemos sido pioneros en realizar los primeros estudios de trasplante intercontinental para determinar si estas diferencias eran adaptativas (Maron *et al.* 2004). Encontramos que efectivamente las poblaciones de Norteamérica poseen concentraciones menores de hipericina, un compuesto secundario fototóxico que puede ser letal para los insectos que consumen la planta. No obstante, esta pérdida de resistencia a los herbívoros no se traduce necesariamente en un aumento del tamaño o fecundidad de la planta.

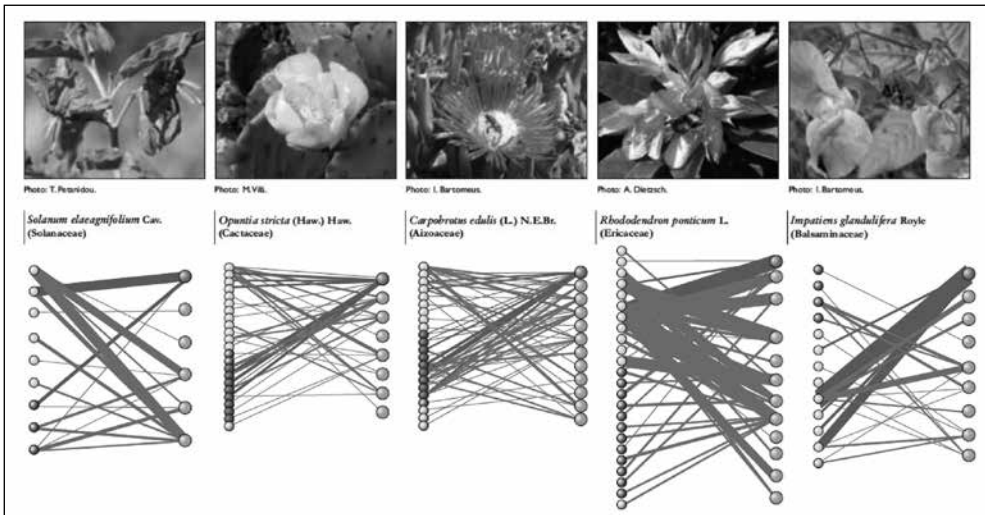
FIGURA 6
COMPARACIÓN DE LA DENSIDAD DE PLANTAS DE LA HIERBA DE SAN JUAN
(*HYPERICUM PERFORATUM*) Y DAÑO CAUSADO POR HERBÍVOROS EN POBLACIONES
DE LA REGIÓN DE ORIGEN EN EUROPA Y EN LA REGIÓN DE INTRODUCCIÓN EN
NORTEAMÉRICA (VILÀ ET AL. 2005)



Además de la falta de herbívoros especialistas y parásitos, el establecimiento de nuevos mutualismos puede favorecer que una planta pueda reproducirse y establecerse. A excepción de especies entomófilas con tipos de polinización muy especializada que es la minoría, una gran diversidad de polinizadores se sienten sumamente atraídos por las plantas exóticas, en especial si sus flores son grandes y abiertas (Fig. 7).

Hemos pasado muchas horas observando e identificando los insectos que visitan las flores de plantas invasoras en comparación con las plantas nativas con las que coexisten (Vilà *et al.* 2011). Algunas plantas exóticas como la uña de gato (*Carpobrotus* sp.) pueden tener un efecto magnético y atraer polinizadores también hacia las flores nativas. En cambio, otras plantas exóticas como las chumberas anteriormente mencionadas pueden tener un efecto opuesto: acaparar gran parte de los polinizadores que en consecuencia dejan de visitar a las flores de las plantas nativas poniendo en riesgo su reproducción.

FIGURA 7
REDES DE POLINIZACIÓN ENTRE INSECTOS (CÍRCULOS DE LA IZQUIERDA) Y PLANTAS (CÍRCULOS DE LA DERECHA). EN ROJO SE MUESTRA LA INTEGRACIÓN DE LA ESPECIE VEGETAL INVASORA DE LA FOTO SUPERIOR (VILÀ ET AL. 2009)

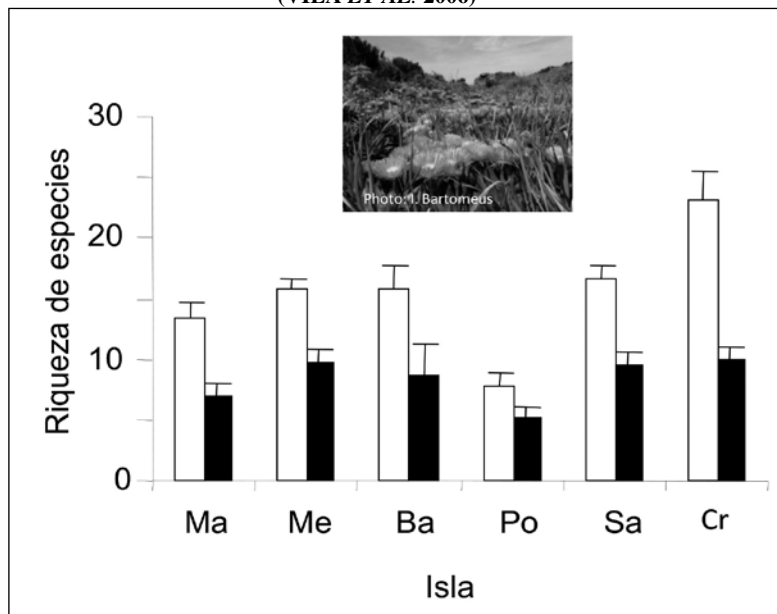


Termino esta parte sobre mutualismos también con las chumberas para resaltar que otra interacción biológica positiva muy importante que contribuye a la expansión es la dispersión de sus frutos y semillas por parte de la fauna nativa. Los higos chumbos son consumidos por un gran conjunto de vertebrados como jabalíes, martas, tortugas, estorninos, zorrales y gaviotas que defecan o regurgitan semillas lejos de donde las consumieron, lo cual facilita su invasión en muchísimos hábitats naturales (Padrón *et al.* 2011).

7. IMPACTOS ECOLÓGICOS DE LAS INVASIONES BIOLÓGICAS

Las invasiones biológicas constituyen, junto con otros factores ambientales como la pérdida y fragmentación del hábitat, la eutrofización de los ecosistemas o el cambio climático, uno de los componentes más importantes del cambio global. Hace 10 años realizamos unas encuestas a técnicos en medio ambiente del país para preguntarles cuáles eran según su opinión los principales problemas de los ecosistemas que gestionaban. Los impactos por especies exóticas en sus áreas de trabajo eran considerados un problema mucho más acusado que el cambio climático (Andreu *et al.* 2009). Nos llamó la atención que muchas especies exóticas que consideraban problemáticas no eran necesariamente invasoras. Algunas especies se consideraban una amenaza para la conservación de la biodiversidad, aunque fueran relativamente raras en el territorio, es decir, antes de que se expandieran y fueran invasoras.

FIGURA 8
EFEECTO DE LA UÑA DE GATO (*CARPOBROTUS* SPP.) EN LA RIQUEZA DE ESPECIES VEGETALES NATIVAS EN LAS ISLAS DE MALLORCA (MA), MENORCA (ME), BAGAUD (BA), PORQUEROLLES (PO), CERDEÑA (SA) Y CRETA (CR). EN TODAS LAS ISLAS LA PÉRDIDA DE ESPECIES EN LAS PARCELAS INVADIDAS ES ALTAMENTE SIGNIFICATIVA (VILÀ *ET AL.* 2006)



El impacto ecológico de las plantas invasoras más estudiado es la pérdida de diversidad de especies nativas. El primer estudio que realizamos al respecto fue la comparación de comunidades costeras invadidas y no invadidas por la uña de gato (*Carpobrotus* spp.), una especie de origen sudafricano que, por su tolerancia a la sequía, sus vistosas

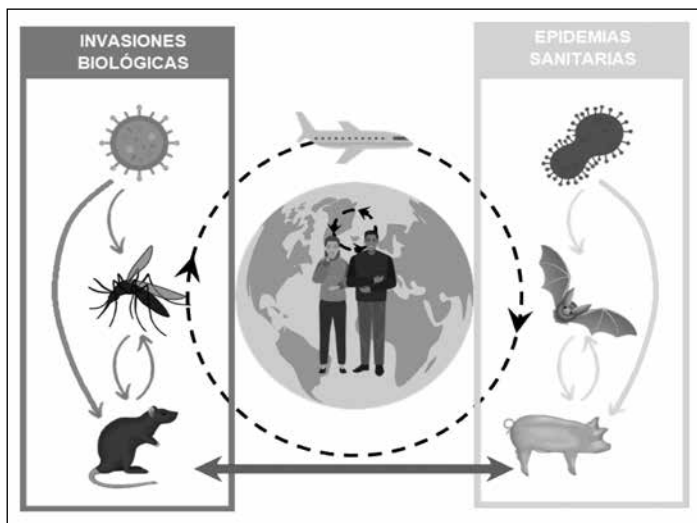
flores y su crecimiento tapizante se ha plantado como ornamental en muchas zonas costeras (Fig. 8). El estudio enmarcado en un proyecto del V Programa Marco de la UE nos permitió replicar el mismo tipo de muestreo en varias islas del mediterráneo. En todos los lugares prospectados, las parcelas invadidas habían perdido casi la mitad de las especies nativas (Vilà *et al.* 2006). Muchos otros estudios ponen de manifiesto que las plantas invasoras disminuyen el éxito reproductivo y el crecimiento tanto de plantas como de animales nativos, producen cambios en la composición de las comunidades y alteran las redes tróficas de las comunidades invadidas (Vilà *et al.* 2011).

Mucho más heterogéneos y dependientes del contexto son los impactos en procesos de los ecosistemas tales como los ciclos de nutrientes, la disponibilidad del agua o la productividad puesto que dependen del tipo de ecosistema invadido, la región biogeográfica y las características de las especies nativas (Castro-Díez *et al.* 2019). El primer estudio al respecto lo realizaron los Profs. Vitousek y Walker (1989) en Hawaïi. *Morella faya* es un árbol endémico de origen macaronésico típico de la laurisilva de las islas Canarias. Esta especie se ha introducido como ornamental en muchas islas del Pacífico, su capacidad de fijar N ha contribuido a la invasión de bancos de la lava y a una aceleración de la sucesión primaria por el aumento de la disponibilidad de N del suelo. Este fenómeno ocurre con la invasión de muchas otras especies fijadoras de N tales como las acacias y las mimosas (*Acacia* spp.) que ocupan extensas áreas de la costa Vicentina de Portugal. Muchos de ustedes quizás piensen, qué hay de malo en que haya más N en el suelo ¿No es eso bueno para las plantas? En ecología, más no es mejor. Muchas especies adaptadas a suelos pobres no sobreviven en suelos muy fértiles y son desplazadas por competencia por especies de crecimiento rápido que son más eficientes en el uso de nutrientes.

8. IMPACTOS SOCIOECONÓMICOS DE LAS INVASIONES BIOLÓGICAS

Las especies invasoras ocasionan impactos de envergadura en todos los servicios ambientales, y por tanto en muchos sectores socioeconómicos primarios tales como la agricultura, la producción forestal, la pesca y la ganadería (Vilà *et al.* 2010). Muchas especies invasoras también pueden afectar la calidad y regulación del agua, los regímenes de perturbación naturales o la conservación de infraestructuras tanto naturales como artificiales. Asimismo, pueden alterar la salud pública, el bienestar humano y la percepción que tenemos de la naturaleza en sí (Vilà & Hulme 2017). En lo que sigue me referiré con más detalle a los impactos en la salud pública y en la percepción de la naturaleza puesto que son los impactos a los que más atención le hemos dedicado últimamente.

FIGURA 9
INTERACCIÓN ENTRE LAS INVASIONES BIOLÓGICAS Y LAS EPIDEMIAS SANITARIAS.
LA TRANSMISIÓN DE PATÓGENOS PUEDE SER DENTRO DE ESPECIES INVASORAS
(IZQUIERDA), DENTRO DE ESPECIES NATIVAS O GANADERAS (DERECHA) Y A TRAVÉS
DE ESPECIES INVASORAS Y NATIVAS (LA FLECHA INFERIOR). LAS FLECHAS
DISCONTINUAS INDICAN LA TRANSMISIÓN DE PATÓGENOS A LOS HUMANOS
DENTRO DE UNA POBLACIÓN (EL CÍRCULO PEQUEÑO) O
GLOBALMENTE (EL CÍRCULO GRANDE) (VILÀ ET AL. 2021)



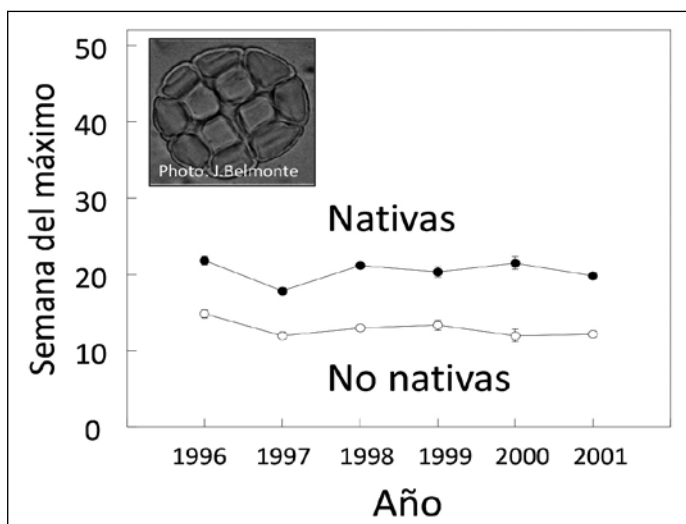
Los impactos en la salud pública son mayoritariamente los riesgos por la transmisión de patógenos o parásitos a través de invertebrados o vertebrados que actúan como vectores o reservorios (Vilà *et al.* 2021). En España, el mosquito tigre, *Aedes albopictus*, puede ser transmisor de enfermedades víricas como la chikungunya o el dengue. En Europa, en zonas donde el mosquito tigre está establecido, ha habido varios brotes de estas enfermedades que han ocasionado centenares de casos de transmisión a partir de viajeros procedentes de áreas donde estas enfermedades son endémicas.

Algunas mascotas pueden ser reservorio de patógenos que ocasionan rabia, salmonelosis, meningoencefalitis, herpes o psitacosis. La transmisión de patógenos puede darse tanto entre especies invasoras, entre especies nativas o ganaderas como entre especies invasoras y nativas (Fig. 9). Las plantas invasoras también pueden facilitar el hábitat de algunos de estos vectores exóticos, tal es el caso del jacinto del agua que proporciona hábitat para la reproducción de mosquitos, además de interferir con la navegación, la pesca e impedir la entrada de luz a la columna de agua.

Otro impacto de plantas exóticas en la salud pública que merece consideración es que muchas producen polen que es alergógeno y sus efectos se hacen notar sin que sean invasoras. Me refiero por ejemplo al ciprés (*Cupressus sempervirens*), la casuarina (*Casuarina equisetifolia*) o los plátanos (*Platanus* spp.) que no se establecen más allá de donde fueron plantados, pero producen una gran cantidad de polen anemófilo. Estas

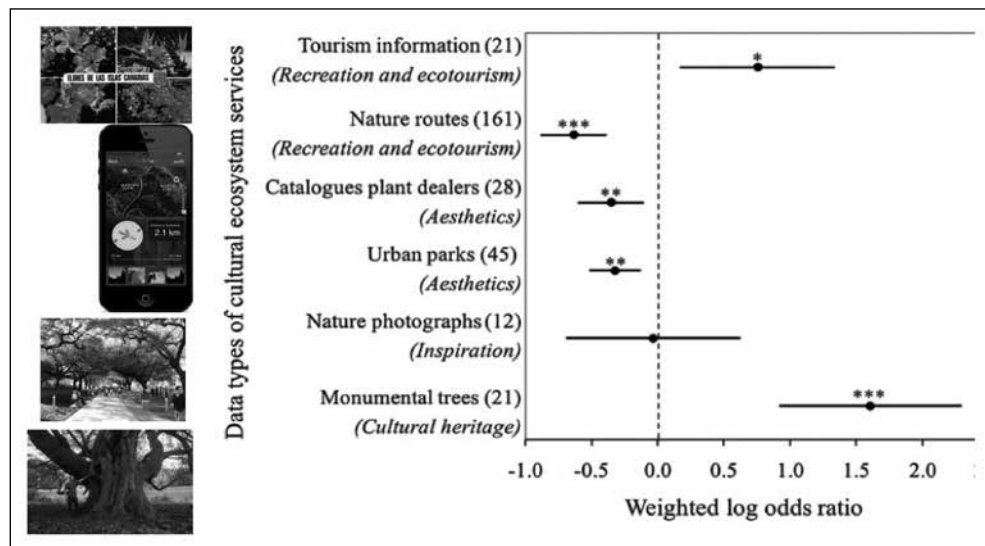
plantas tienen una floración más temprana que el de otras plantas nativas, con lo cual, la ventana temporal de los niveles máximos de polen en la atmósfera son más amplios. Por tanto, el periodo de riesgo alto de alergia por polen se alarga (Belmonte & Vilà 2004; Fig. 10).

FIGURA 10
MÁXIMOS POLÍNICOS EN EL AIRE PROCEDENTE DE PLANTAS ALERGÓGENAS NATIVAS Y EXÓTICAS. LA PRODUCCIÓN DE POLEN DE LAS PLANTAS DE ORIGEN EXÓTICO ES MÁS TEMPRANA (BELMONTE & VILÀ 2004)



En las últimas 5 décadas, los costes monetarios ocasionados por los daños causados por las especies invasoras han aumentado en 4 órdenes de magnitud, con un promedio de US\$26.8 billones al año (precio del \$ en 2017). Estos valores son un orden de magnitud mayor que los invertidos en su prevención, control o erradicación (Diagne *et al.* 2021). Para hacernos una idea de la cifra, este valor es mayor que el producto interior bruto de 50 de los 54 países africanos, o 20 veces mayor que el presupuesto anual de la Organización Mundial de la Salud y las Naciones Unidas juntas (Diagne *et al.* 2021). El coste monetario global está subestimado puesto que se basa en datos de los países más desarrollados, con registros en acceso abierto en las lenguas más habladas. Tampoco incluye los costes médicos de muchos patógenos ni los costes indirectos por bajas laborales o desempleo. Sin ir más lejos, si se añade el coste que supondrá la COVID-19 para esta década, sin contar con lo que ha significado la pérdida de vidas humanas, la gráfica se dispara tanto en la cuantificación de los daños como en la gestión de la pandemia. En España, el coste de la gestión de las invasiones biológicas se estima en unos 4-13 millones de € por año (Angulo *et al.* 2021).

FIGURA 11
PERCEPCIÓN CULTURAL DE LOS ÁRBOLES EXÓTICOS EN ESPAÑA Y EN PORTUGAL.
LOS VALORES POSITIVOS INDICAN UNA MAYOR PREFERENCIA POR LOS ÁRBOLES
EXÓTICOS QUE POR LOS NATIVOS. LOS NÚMEROS ENTRE PARÉNTESIS INDICAN EL
TAMAÑO DE LAS MUESTRAS UTILIZADAS COMO VALORES DE RECREO Y
ECOTURISMO, ESTÉTICA, INSPIRACIÓN Y DE PATRIMONIO CULTURAL.
LOS ASTERISCOS INDICAN EL GRADO DE SIGNIFICANCIA
(*P ≤ 0.5, **P ≤ 0.01, *P ≤ 0.001) (VAZ ET AL. 2018)**



Muchos impactos en el bienestar humano son intangibles, su valoración es subjetiva, dependiente de valores estéticos, de modas. En definitiva de nuestra percepción (Vilà & Hulme 2017). Hace tres años nos aventuramos a cuantificar el impacto de los árboles exóticos en los servicios culturales en comparación con los árboles nativos (Vaz *et al.* 2018). Buscamos indicadores que fueran *proxis* de los servicios de recreo y ecoturismo, estéticos, de inspiración y símbolos del patrimonio natural (Fig. 11). En Portugal y España, las agencias de turismo prefieren utilizar árboles exóticos en lugar de árboles nativos en sus folletos informativos, mientras que los turistas que hacen senderismo o cicloturismo prefieren tomar fotografías de árboles nativos, lo que sugiere que los proveedores y consumidores del ecoturismo perciben la importancia del origen de los árboles para fines recreativos de manera diferente. Los árboles monumentales también se perciben de manera distinta según sean exóticos o nativos. Preferimos los exóticos. Incluso en algunas regiones, los árboles exóticos se plantan más en los parques urbanos y se ofertan más en catálogos de viveros y floristerías que los nativos. La preferencia cultural por los árboles exóticos frente a los nativos es mayor en regiones con niveles más bajos de desarrollo, con más desempleo y bajo nivel en educación.

Por último, como siempre ocurre con cualquier tema relacionado con la conservación del Medio Ambiente hay muchos conflictos sociales, económicos y culturales en

la valoración de los impactos de las especies invasoras (Vilà & Hulme 2017). Estos son evidentes en el sector forestal. El caso del eucalipto (*Eucalyptus globulus*) es quizás el más paradigmático en nuestro país (Cordero Rivera 2011). La producción del eucalipto sin duda supone una fuente de ingresos debido a su rápido crecimiento. No obstante, es invasor en la región Noroeste de la península ibérica donde ocasiona múltiples impactos en la biodiversidad, en la calidad del suelo y en los regímenes de incendios (Graça *et al.* 2002; Proença *et al.* 2010; Calviño-Cancela *et al.* 2016).

Otro ejemplo nos es muy cercano. La pesca del cangrejo americano (*Procambarus clarkii*) introducido intencionalmente en las marismas del Guadalquivir en el año 1973 para su posterior procesado y exportación como alimento ofrece empleo a buena parte de los habitantes de Isla Mayor. No obstante, los costes del cangrejo en la obstrucción de canales de riego y otras infraestructuras agrícolas a lo largo y ancho del país no se ha evaluado adecuadamente, ni por supuesto, el impacto ecológico que ocasiona en especies acuáticas principalmente en los anfibios, organismos que se encuentran en claro declive (Souty-Grosset *et al.* 2016).

9. CONCLUSIONES

La introducción intencional o accidental de especies exóticas promovida por el hombre es un fenómeno que empezó a ganar magnitud con el descubrimiento de América y se ha acelerado a medida que el comercio, el movimiento de gente y el desarrollo de grandes infraestructuras se han incrementado. Muchas especies exóticas son capaces de establecerse, expandirse e invadir el medio natural de la nueva área de introducción.

Además de la necesidad de unas condiciones ambientales acorde para cada especie, la invasión por especies exóticas viene favorecida por la falta de enemigos naturales que las mantenían controladas en las regiones de origen y por el establecimiento de relaciones mutualistas con la biota nativa.

Muchas especies invasoras alteran la biodiversidad y las propiedades de los ecosistemas receptores y por tanto los servicios ambientales que nos prestan. Pueden afectar a todos los sectores socioeconómicos desde la agricultura hasta el turismo pasando por la salud pública.

Al igual que ocurre con las epidemias, es importante ser consciente de que la problemática de las invasiones biológicas requiere de políticas y manejos tanto a escalas globales como nacionales y por supuesto locales.

10. EPÍLOGO

He pensado muchas veces porque me dedico a la investigación de este tema ambiental. Hay dos motivos principales. Las invasiones biológicas son un fenómeno fascinante que admite desarrollar investigación tanto básica como aplicada. Son un gran experimento natural que nos permite comprender en tiempo real el efecto de una especie par-

ticular en el funcionamiento de los ecosistemas, en los factores ecológicos y evolutivos que contribuyen al ensamblaje de las especies formando comunidades. Desde el punto de vista aplicado, es una investigación de utilidad para la conservación del patrimonio natural y cultural. Nuestras investigaciones han proporcionado información científica y herramientas útiles como por ejemplo análisis de riesgo para prevenir la entrada de nuevas especies, mejorar su control y paliar sus impactos. Aspectos que puedo exponer con detalle en otra ocasión.

El otro motivo es por ser un tema transversal que no se puede abordar desde un único prisma. Así lo expuse en un encuentro científico organizado por la UNESCO/MAB-SCOPE en El Carmen de la Victoria (Granada) hace 20 años, donde se fraguó el término “nuevos ecosistemas”. Comprender el fenómeno de las invasiones biológicas requiere de investigación interdisciplinar y colaborar con profesionales que tengan una visión amplia tanto de su biología como de su problemática. Precisa integrar aspectos de ecología de poblaciones, de ecología de comunidades y de ecología de ecosistemas y más allá; de otros campos de la biología, de la sociología y de la economía. Soy demasiado inquieta para profundizar en un único nivel de resolución. Me gusta saber un poco de todo y esto me lo ha permitido este tema de investigación. Y reitero, he tenido la suerte de compartir mis inquietudes con estudiantes, colegas y amigos increíbles a quienes agradezco su generosidad.

Muchas gracias.

11. BIBLIOGRAFÍA

- ANDREU, J., VILÀ, M. & HULME, P.E. (2009). An assessment of stakeholder perceptions and management of noxious alien plants in Spain. *Environ. Manage.*, 43, 1244-1255.
- ANGULO, E., BALLESTEROS-MEJIA, L., NOVOA, A., DUBOSCQ-CARRA, V.G., DIAGNE, C. & COURCHAMP, F. (2021). Economic costs of invasive alien species in Spain. *NeoBiota*, 67, 267-297.
- BAYÓN, Á., GODOY, O., MAUREL, N., VAN KLEUNEN, M. & VILÀ, M. (2021). Proportion of non-native plants in urban parks correlates with climate, socioeconomic factors and plant traits. *Urban For. Urban Green.*, 63, 127215.
- BELMONTE, J. & VILÀ, M. (2004). Atmospheric invasion of non-native pollen in the Mediterranean region. *Am. J. Bot.*, 91, 1243-1250.
- CALVIÑO-CANCELA, M., CHAS-AMIL, M.L., GARCÍA-MARTÍNEZ, E.D. & TOUZA, J. (2016). Wildfire risk associated with different vegetation types within and outside wildland-urban interfaces. *For. Ecol. Manage.*, 372, 1-9.
- CASADO, M.A., MARTÍN-FORÉS, I., CASTRO, I., DE MIGUEL, J.M. & ACOSTA-GALLO, B. (2018). Asymmetric flows and drivers of herbaceous plant invasion success among Mediterranean-climate regions. *Sci. Rep.*, 8, 1-10.
- CASTRO-DÍEZ, P., VAZ, A.S., SILVA, J.S., VAN LOO, M., ALONSO, Á., APONTE, C., ET AL. (2019). Global effects of non-native tree species on multiple ecosystem services. *Biol. Rev.*, 94, 1477-1501.
- CERVERA, C. (2021). El insecto que España vendía al mundo y que valía más que el oro y la plata americanos. *ABC*.
- COLÓN, C. (1986). *Testamento y Codicilo. Los cuatro viajes. Testamento. Edición de Consuelo Varela*. Alianza, Madrid.

- CORDERO RIVERA, A. (2011). When you cannot see the forest for the trees: effect of forest monocultures on biodiversity conservation. *Acta Biológica Colomb.*, 16, 247-268.
- CROSBY, A.W. (1988). *Imperialismo ecológico. La expansión biológica de Europa 900-1900*. Crítica, Barcelona.
- D'ANTONIO, C.M. & VITOUSEK, P.M. (1992). Biological invasions by exotic grasses, the grass/fire cycle, and global change. *Annu. Rev. Ecol. Syst.*, 23, 63-87.
- DARWIN, C. (1859). *On the origin of species by means of natural selection, or The preservation of favoured races in the struggle for life*. J. Murray, London, UK.
- DEFELICE, M.S. (2004). Prickly pear cactus, *Opuntia* spp.-a spine-tingling tale. *Weed Technol.*, 18, 869-877.
- DIAGNE, C., LEROY, B., VAISSIÈRE, A.C., GOZLAN, R.E., ROIZ, D., JARIĆ, I., *et al.* (2021). High and rising economic costs of biological invasions worldwide. *Nature*, 592, 571-576.
- ELTON, C.S. (1958). *The ecology of invasions by animals and plants*. Methuen, London.
- GALÁN DÍAZ, J., DE LA RIVA, E.G., PARKER, I.M., LEIVA, M.J., BERNARDO-MADRID, R. & VILÀ, M. (2020). Plant community assembly in invaded recipient californian grasslands and putative donor grasslands in Spain. *Diversity*, 12, 193.
- GONZÁLEZ-MORENO, P., DIEZ, J.M., RICHARDSON, D.M. & VILÀ, M. (2015). Beyond climate: disturbance niche shifts in invasive species. *Glob. Ecol. Biogeogr.*, 24, 360-370.
- GRAÇA, M.A.S., POZO, J., CANHOTO, C. & ELOSEGI, A. (2002). Effects of *Eucalyptus* plantations on detritus, decomposers, and detritivores in streams. *Sci. World J.*, 2, 1173-1185.
- HULME, P.E., BACHER, S., KENIS, M., KLOTZ, S., KÜHN, I., MINCHIN, D., *et al.* (2008). Grasping at the routes of biological invasions: a framework for integrating pathways into policy. *J. Appl. Ecol.*, 45, 403-414.
- MARON, J.L., VILÀ, M. & ARNASON, J. (2004). Loss of enemy resistance among introduced populations of St. John's Wort (*Hypericum perforatum*). *Ecology*, 85, 3243-3253.
- PADRÓN, B., NOGALES, M., TRAVESET, A., VILÀ, M., MARTÍNEZ-ABRAÍN, A., PADILLA, D.P., *et al.* (2011). Integration of invasive *Opuntia* spp. by native and alien seed dispersers in the Mediterranean area and the Canary Islands. *Biol. Invasions*, 13, 831-844.
- PIGAFETTA, A. (2019). *La primera vuelta al mundo: relación de la expedición de Magallanes y Elcano*. Alianza.
- PROENÇA, V.M., PEREIRA, H.M., GUILHERME, J. & VICENTE, L. (2010). Plant and bird diversity in natural forests and in native and exotic plantations in NW Portugal. *Acta Oecologica*, 36, 219-226.
- PYŠEK, P., HULME, P.E., SIMBERLOFF, D., BACHER, S., BLACKBURN, T.M., CARLTON, J.T., *et al.* (2020). Scientists' warning on invasive alien species. *Biol. Rev.*, 95, 1511-1534.
- SEEBENS, H., BLACKBURN, T.M., DYER, E.E., GENOVESI, P., HULME, P.E., JESCHKE, J.M., *et al.* (2017). No saturation in the accumulation of alien species worldwide. *Nat. Commun.*, 8, 1-9.
- SOUTY-GROSSET, C., ANASTÁCIO, P.M., AQUILONI, L., BANHA, F., CHOQUER, J., CHUCHOLL, C., *et al.* (2016). The red swamp crayfish *Procambarus clarkii* in Europe: impacts on aquatic ecosystems and human well-being. *Limnologia*, 58, 78-93.
- VAZ, A.S., CASTRO-DÍEZ, P., GODOY, O., ALONSO, Á., VILÀ, M., SALDAÑA, A., *Et al.* (2018). An indicator-based approach to analyse the effects of non-native tree species on multiple cultural ecosystem services. *Ecol. Indic.*, 85, 48-56.
- VILÀ, M. (2011). Prickly pear cacti, a spiny issue. In: *Weird conquerors - invasive plants and animals in Europe* (ed. Nentwig, W.). Haupt-Natur, Bern.
- VILÀ, M., BARTOMEUS, I., DIETZSCH, A.C., PETANIDOU, T., STEFFAN-DEWENTER, I., STOUT, J.C., *et al.* (2009). Invasive plant integration into native plant-pollinator networks across Europe. *Proc. R. Soc. B Biol. Sci.*, 276, 3887-3893.
- VILÀ, M., BASNOU, C., PYŠEK, P., JOSEFSSON, M., GENOVESI, P., GOLLASCH, S., *et al.* (2010). How well do we understand the impacts of alien species on ecosystem services? A pan-European, cross-taxa assessment. *Front. Ecol. Environ.*, 8, 135-144.

- VILÀ, M., DUNN, A.M., ESSL, F., GÓMEZ-DÍAZ, E., HULME, P.E., JESCHKE, J.M., *et al.* (2021). Viewing emerging human infectious epidemics through the lens of invasion biology. *Bioscience*, 71, 722-740.
- VILÀ, M., ESPINAR, J.L., HEJDA, M., HULME, P.E., JAROŠÍK, V., MARON, J.L., *et al.* (2011). Ecological impacts of invasive alien plants: a meta-analysis of their effects on species, communities and ecosystems. *Ecol. Lett.*, 14, 702-708.
- VILÀ, M. & HULME, P.E. (2017). *Impact of biological invasions on ecosystem services*. Springer International Publishing, Cham.
- VILÀ, M., MARON, J.L. & MARCO, L. (2005). Evidence for the enemy release hypothesis in *Hyparrhenia perfoliata*. *Oecologia*, 142, 474-479.
- VILÀ, M., TESSIER, M., SUEHS, C.M., BRUNDU, G., CARTA, L., GALANIDIS, A., *et al.* (2006). Local and regional assessments of the impacts of plant invaders on vegetation structure and soil properties of Mediterranean islands. *J. Biogeogr.*, 33, 853-861.
- VITOUSEK, P.M. & WALKER, L.R. (1989). Biological invasion by *Myrica faya* in Hawai'i: plant demography, nitrogen fixation, ecosystem effects. *Ecol. Monogr.*, 59, 247-265.

DISCURSO PRONUNCIADO POR EL ILMO. SR. D. JUAN CORNEJO SUERO

*Académico Numerario,
en contestación al leído por
la Ilma. Sra. D^a. Montserrat Vilà Planella,
en el acto de su recepción como académica numeraria,
celebrado el día 21 de abril de 2022*

Excmo. Sr. Presidente de la RASC, Excmos. e Ilmos. Sres. académicos y autoridades, compañeros y amigos, señoras y señores,

Aunque se ha comentado con cierta frecuencia en reuniones de nuestra institución e incluso públicamente, creo conveniente volver a recordar que estamos reunidos para celebrar, al menos yo así lo considero, el acto más solemne de los que organiza nuestra Academia. Y lo es porque al igual que en una familia se celebra con gran alegría y gozo el crecimiento de la mima, por la llegada de un nuevo miembro, hoy en nuestra gran familia académica nos congratulamos de acoger a una de las científicas más relevantes en la actualidad, del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, reconocida a escala nacional e internacional, como nos ha mostrado en su brillante exposición la profesora Montserrat Vilà, con su discurso titulado *Homogenización biótica de la Tierra por invasiones biológicas*.

Lo mismo que este acto de la Academia lo es de alegría, también hay que decir que el más triste es el de la pérdida de un miembro de esta institución. En la Sección de Ciencias de la Tierra, creada junto a la de Tecnología en 1993, a la que se incorpora la nueva académica, hemos sufrido la pérdida en muy poco tiempo de los pioneros de nuestra sección, los profesores Emilio Galán Huertos, Guillermo Paneque Guerrero y Francisco Ruiz Berraquero, quienes desde la Geología, Edafología y Microbiología, respectivamente, comenzaron a colocar los cimientos de la Sección de Ciencias de la Tierra de esta Academia, a partir de su toma de posesión como numerarios en 1995. Hasta 2007 no se incorpora un nuevo miembro a esta sección, en este caso, el que les habla. Aumenta la nómina con la incorporación del Prof. Diego de la Rosa Acosta en 2013 y de la primera mujer de la sección y segunda de la RASC, la Prof. María del Carmen Hermosín Gaviño en 2018 y, posteriormente, la del Prof. Joaquín Rodríguez Vidal, en 2019. Sin la pérdida de nuestros pioneros, y con la entrada de la Prof. Vilà, hoy se completaría la nómina de miembros de nuestra sección. Esta sección está constituida, por ahora, por científicos de diversa formación (Química, Edafología, Geología y Biología) desde cuyas respectivas perspectivas proyectan una visión conjunta de distintos aspectos que caracterizan a nuestro planeta y de esta forma pueda cumplir los objeti-

vos para los que fue creada, llenando espacios propios de las diversas materias que se agrupan y generando un cuerpo de conocimientos que la Real Academia Sevillana de Ciencias necesita.

Es para mí un honor el haber sido designado por la Academia para contestar en nombre de la institución al discurso de recepción de la nueva numeraria. A este honor ha de sumarse la satisfacción de que la Sección de Ciencias de la Tierra incorpore a la tercera mujer numeraria de la Academia y segunda en la sección. Además, he de reseñar que la propuesta de los miembros de nuestra sección tiene de particular que se hizo sin conocer personalmente a la Dra. Vilà. Cuando pensamos que había que aumentar el número de miembros de la sección, tras la desaparición en muy poco tiempo de nuestros tres compañeros citados, se buscaron los mejores CV, idóneos para cubrir una plaza de numerario de nuestra sección, y entre los seleccionados hubo uno que coincidió con otro de los CV sugeridos por colegas de la Sección de Biología, a los que se les pidió opinión. Era el perfil de la Prof. Montserrat Vilà. Tras su presentación a la Junta General de la Academia y previo examen de su CV por los miembros de la misma y posterior votación, fue proclamada académica electa por unanimidad.

Montserrat Vilà es natural de La Selva de Mar un pueblecito de Gerona, siendo probablemente este hecho la causa por la que estudió Biología, al estar desde pequeña y a diario, en contacto con la naturaleza. Profesora de Investigación del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, en la Estación Biológica de Doñana, (EBD-CSIC) en Sevilla, es doctora en Ciencias Biológicas por la Universidad Autónoma de Barcelona (UAB). Después de un postdoctorado de dos años en la Universidad de California en Berkeley, se reincorporó al Centro de Investigación Ecológica y Aplicaciones Forestales (CREAF), de la UAB, como Secretaria Científica y ejerció como profesora titular de Ecología en esa Universidad. En la Estación Biológica de Doñana se incorpora hace 16 años como investigadora científica y ha ejercido como jefa del Departamento de Ecología Integrativa y Vicedirectora de Investigación. Sigue estando vinculada a la docencia universitaria como profesora asociada de la Universidad de Sevilla y profesora del Programa de Doctorado de la Universidad Pablo de Olavide. Ha sido profesora visitante de la *University of Montana* (Missoula), *University of Michigan* (Ann Arbor), *Trinity College* (Dublin), *Institute of Technology* (Sligo, Irlanda), CABI (Egham, Inglaterra) y CSIRO (Canberra).

Es presidenta de la *European Working Group on Biological Invasions* (NEOBIOTA) como referente de la investigación sobre la ecología de las especies exóticas. Con 12 tesis doctorales dirigidas, más de 200 artículos ISI, más de 40 capítulos de libro y 7 libros editados, tiene un $h = 67$ en SCOPUS y en $h = 84$ en Google Académico. En los 8 últimos años se encuentra entre el 1% de los investigadores mundiales más influyentes en el área de Ecología/Medio Ambiente (*Clarivate Analytics*).

Comprometida con la transferencia del conocimiento para la gestión y las políticas ambientales, en especial sobre las implicaciones de la introducción de especies exóticas, ha divulgado muchos trabajos en medios de comunicación para un público general, para distintos colectivos profesionales y también en revistas multidisciplinarias internacionales de gran prestigio como *Science* o *Trends in Ecology and Evolution*. Es miembro de

paneles científicos nacionales e internacionales tales como el Comité Científico sobre Flora y Fauna del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, el grupo de Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN) especialista sobre especies invasoras y el Foro Científico para la Regulación EU sobre Especies Exóticas Invasoras.

Sus investigaciones han tenido aplicaciones directas sobre la conservación de los recursos naturales. En el ámbito europeo, coordinó el primer sistema de información sobre las especies consideradas más invasoras (DAISIE) y el primer listado de plantas exóticas con potencial invasor encomendado por la Dirección General de Medio Ambiente de la EU. Destaca además, el desarrollo y puesta a punto de protocolos de análisis de riesgo que prioricen a las especies invasoras en función de los impactos que puedan ocasionar. El protocolo EICAT se ha erigido como el estándar de la IUCN para clasificar estas especies siguiendo una metodología homóloga a la Lista Roja de especies amenazadas. Actualmente como miembro científico de la Plataforma Intergubernamental sobre Biodiversidad y Servicios de los Ecosistemas (IPBES) participa en la realización de un diagnóstico sobre los impactos de las invasiones biológicas a nivel mundial. Este diagnóstico tendrá sin duda una gran transcendencia en las políticas no solo ambientales sino en muchos otros sectores de la sociedad.

La Prof. Vilà ha estado sumamente implicada en tareas de gestión científica, organizando multitud de congresos y talleres tanto nacionales como internacionales. En España, ha sido miembro de la Comisión de Área de Recursos Naturales del CSIC y ha sido coordinadora del área de Biología Animal, Biología Vegetal y Ecología de la Agencia Nacional de Evaluación y Prospectiva/Agencia Estatal de Investigación (ANEP/AEI). A nivel internacional, ha formado parte del panel de evaluación ERC *Consolidator Grants* en Ecología, Evolución y Biología Ambiental, así como de proyectos ERANET-Biodiversa, la Academia Finlandesa de Ciencias, de instituciones alemanas (ej. DFG, *Sino-German Center for Research Promotion*), etc. También ha sido miembro del jurado del Premio Margalef en Ecología y de los Premios a la Conservación de la Biodiversidad de la Fundación BBVA. Es editora asociada de las revistas científicas *Ecology Letters*, *Biological Invasions*, *NEOBIOTA* y *Bioscience*.

Ha recibido numerosos premios, acreditaciones y honores, entre los que se incluye en 2006 el Zayed Prize for Scientific and Technological Achievements in Environment de los Emiratos Arabes, en 2020 el North-South Prize from the Council of Europe to the Mediterranean Experts on Climate and Environmental Change (MedECC), así como la Distinción Ecosistemas Luís Balaguer 2020 otorgado por la Asociación Española de Ecología Terrestre (AEET), en reconocimiento a su excelente trayectoria y dedicación a la investigación, la transferencia de conocimiento y la gestión científica en el ámbito de la ecología terrestre. Además de todos los datos expuestos que acompañaban a su candidatura a la Academia, el año pasado recibió el *Mercer Award* de la *Ecological Society of America* por la coautoría al mejor artículo de investigación ecológica liderado por una investigadora joven, la profesora Bethany Bradley de la Universidad de Massachusetts. y como colofón hace unos meses recibió el Premio Nacional de Investigación “Alejandro Malaspina” en el área de Ciencias y Tecnologías Ambientales.

En la brillante exposición de la Prof. Vilà ha quedado claro el origen antropogénico de los problemas derivados de la proliferación de las especies exóticas invasoras en todos los ecosistemas que nos rodean, tanto terrestres como acuáticos. Ha investigado la ecología de invasiones biológicas por organismos exóticos, lo que la ha llevado a desarrollar diferentes áreas de investigación como:

Descripción de la macroecología de las invasiones por plantas exóticas, en la que ha identificado cuales son los hábitats más invadidos a escala de paisaje, a escala nacional, europea y de cuenca Mediterránea, concluyendo que los hábitats más invadidos son zonas con influencia urbana y terrenos agrícolas, zonas costeras y bosques de ribera donde el hombre ha intervenido. Este comportamiento se repite en todas las regiones mediterráneas del mundo. En Europa, los países más invadidos son los económicamente más desarrollados con condiciones climáticas templadas. Asimismo, ha descrito cómo actividades humanas del pasado explican mejor las invasiones contemporánea que las actividades humanas actuales, por lo que parece que habría que indagar más en la historia para entender qué especies invaden hoy y cuales lo harán en el futuro.

Otro aspecto que ha llamado la atención en las investigaciones de la Dra. Vilà es el efecto del cambio global en las invasiones, habiendo identificado los efectos tanto del cambio climático como del cambio de uso de los suelos en el establecimiento de estas especies. Recientemente, ha modelizado la distribución presente y futura de 100 de las especies más invasivas en hábitats europeos terrestres, de aguas continentales y marinas. Por ahora, muchas áreas protegidas están libres de las especies más importantes que invaden el continente. Sin embargo, los escenarios de cambio climático previstos indican que las especies exóticas se expandirán rápidamente al Norte y Este de Europa. Además, también ha mapeado los aumentos y disminuciones de las invasiones dependiendo de cambios socioeconómicos futuros para identificar las áreas más vulnerables a la invasión.

Una tercera área de investigación de la nueva Académica es el análisis de los impactos ecológicos y socioeconómicos de las invasiones, habiendo demostrado que las especies de plantas invasivas reducen la diversidad de la flora y fauna nativa, alterando el flujo de la energía y cambiando el ciclo de nutrientes. Usualmente, una vez que la sociedad o la Administración se da cuenta de las consecuencias económicas de las invasiones, es demasiado tarde para reducir sus impactos medioambientales. Recientemente, ha coeditado un libro sobre los impactos de especies invasivas en los servicios ecológicos, incluyendo los culturales, ilustrando la importancia de identificar los conflictos entre sectores socioeconómicos que perciben y valoran de forma diferente los efectos de las invasiones biológicas.

Hay un aspecto en el discurso de la nueva académica que me ha interesado especialmente, por estar su contenido relacionado con la Ciencia del Suelo, a cuyo estudio me he dedicado y me gustaría profundizar. Es el relativo a los impactos ecológicos de las invasiones biológicas de ciertas especies vegetales en los ecosistemas terrestres, siendo estos impactos, como ella ha dicho, mucho más heterogéneos y contexto dependientes en procesos tales como la disponibilidad hídrica, los ciclos de nutrientes y en la productividad y biota de los suelos invadidos. Estos procesos podrían considerarse impactos

físicos, químicos y biológicos, respectivamente, de las invasiones por plantas exóticas en los suelos afectados³

Si meditamos un poco sobre el proceso de invasión de ecosistemas por organismos exóticos que nos ha expuesto la Prof. Vilà, y en un contexto de deterioro del Medio Ambiente, podríamos pensar en algo similar a lo que ocurre con el proceso de la contaminación. ¿Se puede considerar la invasión por distintas especies de los diversos ecosistemas como contaminación? Si admitimos como contaminación la presencia en el ambiente de sustancias o elementos dañinos para los seres humanos y los ecosistemas terrestres, aéreos y acuáticos, creo que podría considerarse como un caso de contaminación biológica de los diferentes compartimentos. Pienso que podría establecerse un paralelismo entre ambos procesos, sobre todo entre el de la contaminación difusa, ya sea por introducción accidental o intencionada, y el de las especies invasoras. Pensemos en el caso del DDT. Esta molécula se introduce en Italia para combatir el tifus y la malaria, así como en Argelia y en islas del Pacífico, y aparece al cabo de años en diferentes sitios del planeta, incluso en zonas aisladas del polo norte, donde nunca se aplicó. Por otro lado, observamos cómo tras introducir esta molécula con unos fines, se comprobó posteriormente que se habían originado unos efectos indeseados. Así pues, si consideramos la invasión biológica de ecosistemas terrestres como contaminación del suelo, hay que tener presente que el suelo tiene un papel esencial en la regulación de procesos ecosistémicos, pero también como determinante de la composición de las comunidades vegetales. Las invasiones por plantas exóticas pueden alterar profundamente el contenido y el ciclo de determinados nutrientes del suelo, así como modificar las comunidades de microorganismos edáficos. Estos cambios pueden contribuir al proceso de invasión a través del establecimiento de ciclos de retroalimentación positivos entre la especie exótica y el suelo, o de efectos negativos directos en las plantas nativas por el aumento de patógenos generalistas, el empobrecimiento de poblaciones de mutualistas nativos y la transformación de las comunidades encargadas de la descomposición y reciclado de nutrientes. Estos datos contribuyen al creciente número de estudios que demuestran el importante papel desempeñado por las comunidades microbianas edáficas en la estructura y dinámica de las comunidades vegetales. Por ejemplo, el género *Acacia* en general, incluye especies originarias de Australia, África y América. Su introducción masiva en los dos últimos siglos con fines forestales, industriales y ornamentales en distintos lugares del mundo y la posterior naturalización de muchas de ellas, han hecho que las acacias australianas sean en la actualidad uno de los grupos con más especies invasoras. Existen en todos los continentes, excepto en la Antártida, estableciendo extensas formaciones monoespecíficas que excluyen a otras especies nativas y producen impactos tanto en la estructura y función de los ecosistemas como en los servicios derivados.

Como ha indicado la Prof. Vilà en su discurso, y hemos apuntado anteriormente, las invasiones biológicas de ciertas especies vegetales ejercen un gran impacto en procesos tales como la disponibilidad hídrica, los ciclos de nutrientes y en la productividad y biota del suelo, que comentaremos brevemente, en base a los numerosos trabajos que la nueva académica y sus colegas ha publicado.

IMPACTOS EN ASPECTOS FÍSICOS: DISPONIBILIDAD DEL AGUA

Es bien conocido que las plantas invasivas modifican el hábitat físico de ecosistemas, especialmente del suelo, mediante cambios de regímenes tales como inundaciones, erosión y fuegos forestales. Los cambios en la estructura de las comunidades vegetales alteran propiedades del suelo como el potencial de almacenamiento de agua y la porosidad del suelo, lo que influye en la conductividad hidráulica del mismo. Por tanto, se alteran los ciclos hidráulicos mediante cambios en la velocidad y tiempos de la evapotranspiración, escorrentías y niveles de capas freáticas, pudiendo afectar al consumo humano. La humedad del suelo está influenciada por la profundidad de las raíces, originando cambios en la flora microbiana de la rizosfera, lo que puede beneficiar invasiones posteriores. Además del efecto de la profundidad de las raíces en la mayor velocidad de evapotranspiración, hay que tener en cuenta el mayor tamaño de las plantas y del área de sus hojas, que el de las especies nativas. Un buen ejemplo es el de la invasión del taraje, *Tamarix*, nativa en Europa e introducida en América, conocida por su capacidad de alterar la cantidad de agua y su dinámica en el ecosistema debido al gran tamaño de sus hojas.

El mismo efecto se ha observado en los ecosistemas invadidos por acacias australianas. Este impacto se ha observado principalmente en Sudáfrica, afectando tanto al uso del agua por la vegetación como a la cantidad y calidad de agua disponible. En general, las acacias forman doseles vegetales densos que aumentan la pérdida del agua en el suelo debido a las altas tasas de transpiración. Estudios en distintos ecosistemas invadidos en Sudáfrica y también en Portugal, han detectado que las acacias presentan una mayor evapotranspiración que la vegetación nativa. Al mismo tiempo, la invasión reduce la calidad del agua de ríos y riachuelos por la eutrofización derivada de una entrada muy elevada de nutrientes y materia orgánica provenientes de la gran cantidad de hojarasca producida por estas plantas. Por otra parte, la invasión por acacias puede aumentar el riesgo de inundaciones incluso a niveles moderados de precipitación. Esto se debe a que la gran cantidad de hojarasca acumulada en las zonas invadidas aumenta la intensidad de los incendios, lo que está directamente relacionado con la repelencia al agua del suelo. Por tanto, incendios más intensos provocan que exista una menor infiltración aumentando la escorrentía, la erosión y las inundaciones. Así pues, aunque las especies nativas se supone serían mejores en la competencia por el agua, debido a su teórica mejor adaptación, las especies invasivas han demostrado ser mejores competidoras en ambientes deficitarios de agua. Un caso similar es el que se observa en Galicia con la producción de eucaliptos, como ha indicado la Dra. Vilà en su discurso.

IMPACTOS EN ASPECTOS QUÍMICOS: CICLO DE NUTRIENTES

Un estudio de gran repercusión científica en la investigación sobre plantas invasoras fué un meta-análisis global realizado por la Dra. Vilà en 2011 sobre 199 artículos y 1041 estudios de campo, en el que concluyeron que las plantas invasoras tenían un efecto

significativo en 11 de los 24 tipos diferentes de efectos estudiados. De media, la abundancia y diversidad de las especies residentes disminuían en los sitios invadidos, mientras la producción primaria y diversos procesos ecosistémicos aumentaban. En cuanto a nutrientes, encontraron que mientras que las especies invasoras fijadoras de N tenían un impacto mayor en las variables de los ciclos del N, no afectaban de forma importante a otros tipos de impactos.

Las plantas invasivas afectan la química del suelo de los ecosistemas tanto por vía directa como indirecta. Los exudados de raíces y hojas de las plantas invasoras afectan tanto a la estructura del suelo, que pueden movilizar y quelar nutrientes, como a la actividad microbiana. Los impactos de la invasión por plantas en la química del suelo son debidos a la modificación en los ciclos del carbono, nitrógeno y otros elementos, materia orgánica del suelo, agregación del suelo, pH y liberación de sustancias alelopáticas. Uno de los impactos más ostensibles de la invasión de plantas en las propiedades químicas del suelo es la alteración de los restos vegetales y de la dinámica de nutrientes en el ecosistema. Un caso muy estudiado es el de la alteración de los niveles de nutrientes del suelo por invasiones de acacias, como ha mencionado la Dra. Vilà en su discurso. Este proceso, que ocurre también con otras especies invasoras, se ve agravado por el hecho de ser especies que establecen simbiosis con bacterias fijadoras de nitrógeno. La fijación de nitrógeno es generalmente mucho más eficiente en las acacias australianas que en las leguminosas leñosas nativas de los sitios invadidos que las contienen, lo que hace que el contenido foliar en nitrógeno sea también más elevado. Esto unido a la gran cantidad de hojarasca de descomposición lenta producida por estas especies, explica el gran aumento de los niveles de materia orgánica y nutrientes detectados en las zonas invadidas por acacias. El efecto de la invasión en el contenido de nutrientes en suelo se ha documentado fundamentalmente para especies que invaden dunas costeras y zonas de bosque o matorral. Todas estas especies, aunque invaden suelos muy diferentes, conducen a un aumento en los niveles edáficos de materia orgánica, nitrógeno y carbono totales, nitrato, amonio, calcio, sodio, fósforo intercambiable y potasio disponible. En cambio, el efecto de la invasión sobre el pH edáfico no es tan uniforme, dependiendo en algunos casos del tipo de suelo invadido.

La mayor disponibilidad de nitrógeno en zonas invadidas por acacias conduce a una disminución de la diversidad de plantas. Sin embargo, la invasión también puede provocar un aumento del contenido foliar en nitrógeno de especies nativas, cuyo origen es el nitrógeno fijado en los nódulos radiculares de las acacias invasoras. El efecto observado sobre los contenidos de nutrientes depende del tiempo de invasión. En los estadios muy iniciales de invasión no hay cambios en el nivel de nitrógeno inorgánico en suelo, como demuestran estudios de descomposición de hojarasca en suelos no invadidos. Esto se debe a que la hojarasca de acacia contiene metabolitos secundarios que ralentizan su descomposición. Esto también implica que la eliminación de la hojarasca sea importante para la restauración de zonas invadidas, ya que así se evita una entrada continua de nutrientes en el suelo.

La invasión por estas plantas no sólo modifica la concentración de nutrientes sino también los ciclos biogeoquímicos. Los flujos de carbono y nitrógeno son los más afec-

tados debido a la gran cantidad de hojarasca rica en nitrógeno que se acumula bajo el dosel de las acacias. El aumento en carbono orgánico proveniente de la hojarasca incrementa la actividad microbiana en el suelo y por tanto modifica el proceso de reciclaje de nutrientes. Altos niveles de nitrógeno conducen a un aumento en la biomasa de las plantas invasivas y un decrecimiento en la de las plantas nativas. Ello es debido a que las invasoras son más eficientes en utilización de recursos y tienen menos requerimientos de nutrientes que las especies nativas.

Los impactos de las plantas invasoras sobre los ciclos del N y del C están bastante estudiados, al contrario de los estudios sobre el ciclo del fósforo y de cationes. En general se suele encontrar una correlación entre grado de invasión y el aumento del fósforo en el suelo. En cuanto a los cationes parece que su evolución depende de las condiciones del suelo invadido.

Una causa del éxito de las plantas invasoras por modificaciones químicas del ecosistema es la alelopatía. Ello es debido a que los compuestos aleloquímicos son liberados normalmente por raíces, tallos, hojas o flores que afectan negativamente a las plantas nativas próximas. Es más, cuando las moléculas exudadas por las plantas son lixiviadas por la lluvia o por erosión, las propiedades químicas de suelos distantes del lugar de introducción se ven afectadas.

Las plantas invasivas también pueden ejercer un profundo impacto indirectamente en la comunidad vegetal debido a los efectos que los herbicidas usados para combatirlas pueden ejercer sobre éstas. Ciertos herbicidas pueden producir o reducir nodulación de *Rizobium* y formación de micorrizas.

IMPACTOS EN ASPECTOS BIOLÓGICOS

La invasión de plantas no sólo afecta a los componentes abióticos del ecosistema sino también a los componentes bióticos. Las especies vegetales invasivas afectan la abundancia y variedad de las plantas nativas reduciendo su diversidad y cambiando drásticamente las características propias de la comunidad biológica original presente en ese hábitat. Las plantas invasivas tienen la habilidad de causar variaciones incluso a nivel de los genes de la población de las plantas nativas por hibridación. Este fenómeno ya fue estudiado por la Prof. Vilà durante su estancia postdoctoral en la universidad de Berkeley y publicado en el 2000, indicando que el número creciente de especies de plantas exóticas invasivas en muchas regiones y la alteración continua de ecosistemas naturales por humanos promueven hibridación entre *especies alopátricas*. En este estudio se revisaron los mecanismos y factores que promueven los procesos de hibridación y sus consecuencias negativas en la diversidad biológica. La invasión de plantas por hibridación puede ocurrir mediante cuatro formas diferentes: hibridación entre especies nativas que se han puesto en contacto debido a la alteración del hábitat, hibridación entre una especie exótica y un congénere nativo, hibridación entre dos exóticas y por introducción y consiguiente diseminación del híbrido. El principal efecto genético dañino de estos híbridos en especies nativas es la pérdida tanto de la diversidad genética como de

poblaciones locales adaptadas, así como especies raras y amenazadas. La dispersión de híbridos agresivos puede reducir el crecimiento o reemplazar especies nativas. El éxito y dispersión de híbridos se ve incrementado por la alteración y fragmentación de hábitats, superando barreras naturales y expansiones debido a actividad humana. Además, se ha observado que hay diferencias de comportamiento en floración, polinización y dispersión de semillas entre especies originales e híbridos. *Los especialistas consideran necesario más estudios en la ecología de híbridos invasores y su comparación con la ecología de poblaciones parentales.*

El éxito del establecimiento de especies exóticas está mayormente relacionado con su mejor eficiencia en el uso de recursos que es atribuida a su superior capacidad para competir por los mismos. Esta competencia puede desplazar a las especies nativas y por tanto es de gran importancia en el éxito de la invasión al estar relacionada tanto en las fases de naturalización como de invasión.

Además, se han observado cambios en la estructura de las comunidades edáficas bacterianas y fúngicas a nivel tanto genético como funcional debido a invasión por ciertas plantas invasoras como las anteriormente mencionadas acacias. Estos cambios comienzan a ser detectables en etapas de invasión intermedias, observándose un gradiente de transformación desde zonas no invadidas a zonas muy invadidas. El efecto de estas especies en la estructura de las comunidades microbianas, depende de la especie invasora.

Por otro lado, como la calidad de los restos vegetales varía con la prevalencia de las plantas invasivas, la comunidad microbiana que descompone estos restos también se ve alterada. Aún más, como las especies nativas e invasivas conviven en la misma comunidad, los restos correspondientes también se mezclan. Esta mezcla origina cambios en la calidad y estructura de este recurso lo que en consecuencia origina cambios en la composición de la comunidad microbiana. Es conocido que las bacterias dominan en las primeras etapas siendo reemplazadas posteriormente por los hongos, aunque en los casos donde los restos vegetales son de baja calidad dominan los hongos por requerir menos nutrientes que las bacterias. Así pues, las plantas invasivas interfieren en la cooperación existente entre las redes de microbios del suelo y las plantas nativas que podrían facilitar el éxito de la invasión. La introducción de plantas invasivas altera frecuentemente la relación mutualista entre los hongos y las plantas nativas, especialmente asociaciones micorrízicas. Las plantas invasivas usualmente alteran estas relaciones mutualistas bien por modificación de las vías de alimentación o alterando la dinámica de los nutrientes del suelo o incluso activando patógenos. Es aceptable considerar que los microbios del suelo son considerados uno de los factores clave que incrementan o disminuyen la invasión de plantas, como ha indicado en su discurso la Prof. Vilà refiriéndose a los factores bióticos que influyen en la invasión, por ejemplo de *Hypericum perforatum*.

La comunidad microbiana del suelo juega un papel crítico en la descomposición de los residuos y ciclos de nutrientes mediante la acción de las enzimas. En el suelo las enzimas involucradas en los ciclos del carbón, nitrógeno y fósforo son la B-glucosidasas, proteasas, ureasas y fosfatasas, responsables de la fertilidad y mantenimiento del mismo y cuya actividad se ve alterada cuando este medio se ve invadido por plantas exóticas.

Además, las plantas invasivas no sólo afectan a las plantas nativas y la comunidad microbiana del suelo, sino también a la microfauna e invertebrados del medio invadido, como ha indicado en su discurso la nueva académica.

Hay otros factores que pueden afectar a las comunidades edáficas independientemente de los cambios en la calidad y cantidad de materia orgánica debidos a la invasión. Se ha postulado que la liberación de compuestos *alelopáticos* por acacias podría contribuir de forma significativa a las modificaciones observadas tanto en la vegetación nativa como en los suelos. Además, se ha demostrado que las comunidades edáficas de bosques mixtos, con una vegetación más diversa que los pinares, son más resistentes a la acción de los compuestos alelopáticos. El impacto de los compuestos alelopáticos es más rápido y mayor en las comunidades bacterianas que en las fúngicas, aunque varía con el tipo de suelo. Actualmente los efectos alelopáticos de las especies invasoras en las plantas nativas están ampliamente reconocidos como uno de los factores responsables del éxito de las invasiones en las comunidades vegetales, de tal manera que los exudados de raíces alelopáticos con actividad antimicrobiana que inhiben el crecimiento de plantas nativas y la actividad microbiana de los suelos, están siendo considerados como “nuevas armas” de las plantas. Es, por consiguiente, un proceso de introducción en el suelo de biocidas naturales selectivos. Estos resultados podrían ser al menos una parte de la respuesta a la pregunta que nos hacíamos al principio, sobre si el proceso de invasión del medio por plantas exóticas podría incluirse entre los procesos de contaminación ambiental.

Como se puede deducir del discurso de la Prof. Vilà, sus investigaciones han tenido y tienen unas repercusiones muy relevantes en aspectos medioambientales y socioeconómicos, que afectan al desarrollo y equilibrio de los ecosistemas que nos rodean y esperamos sirvan para concienciar a la sociedad de la fragilidad de nuestro planeta.

Finalmente, espero que mis palabras hayan llevado a su ánimo el convencimiento del acierto de la elección de la nueva académica. Además de una científica de excelencia, la Prof. Vilà, incorpora a la Real Academia Sevillana de Ciencias un espíritu joven, crítico y colaborador en las tareas propias de la institución, como ya ha demostrado en su etapa como académica electa. Sólo me queda felicitar y dar mi más cálida bienvenida a Montserrat Vilà, en mi nombre y en el de mis compañeros de Academia. Agradezco además a todos los asistentes a este acto la atención prestada a mis palabras. He dicho