

Educación para prevenir: los visitantes no deseados y ¿qué son las especies invasoras?

Educate to prevent: unwanted visitors and what are alien invasive species?

Cristina Ramírez-Gutiérrez¹, Julieta Salomé-Díaz, María C. Mandujano, Sandino Guerrero-Eloisa, Armando J. Martínez, Jordan Golubov

Resumen

Las invasiones de especies no nativas han sido por mucho tiempo un tema silencioso, pero con un impacto difícilmente calculable en diferentes niveles ecológicos, económicos y de salud. Muchas especies exóticas ocasionan más daños de los documentados. El tema nos ha rebasado por no saber a quiénes nos enfrentamos y cómo podríamos detenerlas. Por ello, se requiere incidir en los distintos niveles educativos para contextualizar a docentes y estudiantes sobre esta problemática ambiental; seguramente desde dicho sector puede contribuirse a la erradicación y el control de las especies invasoras. *La Estrategia nacional sobre especies invasoras en México* (Comité Asesor Nacional sobre Especies Invasoras, 2010) se creó para hacerle frente a este problema. Para realizar cualquier acción en contra de especies exóticas es necesario conocer cuáles son y dónde se distribuyen, para lo cual se pueden utilizar los datos que con ayuda de la Ciencia Ciudadana son colocados en plataformas como Naturalista. Estos datos aumentan la información y permiten dar un seguimiento a las especies problema que a futuro se podrían controlar y erradicar. [Resumen en lengua de señas mexicana.](#)

Palabras clave: educación ambiental, especies exóticas invasoras, estrategia nacional, GECEI, ciencia ciudadana.

Abstract

Invasions of non-native species have long been a silent issue, but with an impact difficult to calculate at different ecological, economic and health levels. Many exotic species cause more damage than documented. The issue has overwhelmed us by not knowing who we are facing and how we could stop them. Therefore, it is necessary to influence the different educational levels to contextualize teachers and students about this environmental problem; surely from this sector can contribute to the eradication and control of invasive species. The National Strategy on Invasive Species in Mexico (National Advisory Committee on Invasive Species, 2010) was created to address this problem. In order to carry out any action against exotic species, it is necessary to know what they are and where they are distributed, for which data can be used that with the help of Citizen Science are placed on platforms such as Naturalist. These data increase the information and allow us to monitor the problem species that could be controlled and eradicated in the future.

Keywords: environmental education, invasive exotic species, national strategy, GECEI, citizen science.

¹Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco, calzada del Hueso #1100, Col. Villa Quietud, Delegación Coyoacán C.P. 04960, Ciudad de México. Teléfono (+55) 54 83 70 00. C. e.: cristina_azulive@ciencias.unam.mx

Introducción

Uno de los componentes más graves en la crisis ambiental mundial, y que requiere de rápida atención, es el efecto negativo provocado por las especies invasoras. Para lidiar con esta amenaza se han implementado diversos programas en los ámbitos económico, biológico y de salud; sin embargo, un elemento clave es la educación ambiental impartida por los docentes, porque la prevención es la forma más económica y viable para el control y el manejo de estas especies (García, Fonolleda y Junyent, 2017; Sureda-Negre, Oliver-Trobat, Catalan-Fernández y Comas-Forgas, 2014). La cultura de la prevención se debe incorporar en todos los ámbitos académicos para informar y difundir los procesos de mitigación y reducir el impacto de diversas especies invasoras. Como política nacional, la prevención informada por medio de la educación debe ser un objetivo prioritario, ya que la magnitud de los efectos dañinos y los efectos sobre la vida cotidiana de la ciudadanía requieren conformar una sociedad con bases sólidas en lo referente al conocimiento básico del ambiente. Esto inicia a partir de la contribución del profesorado en los distintos niveles educativos para establecer una sociedad ambientalmente educada (Cebrián y Junyent, 2014). Además, es esencial que las sociedades contemporáneas tengan la capacidad para resolver de forma activa problemas ambientales con los nuevos saberes y habilidades que se deben incorporar desde las instituciones educativas (Southwell, 2013).

Por lo tanto, a partir de los distintos planes de estudios correspondientes a cada nivel educativo se espera que, durante la etapa de formación, el individuo obtenga las competencias ambientales básicas. Por ejemplo, en el *Modelo educativo para la educación obligatoria* (Secretaría de Educación Pública [SEP], 2017) –en el cual se indican determinados atributos del perfil de egreso para educación básica– respecto al cuidado del medio ambiente se muestra lo siguiente: a) en nivel preescolar los alumnos deben conceptualizar hábitos como separar y recoger la basura; b) en primaria tienen que identificar problemas locales y a nivel global, aunado a prácticas de no desperdiciar agua, por ejemplo; c) en secundaria los alumnos deben trabajar el cuidado del ambiente e identificar problemas en los ecosistemas relacionados con los recursos naturales, su racionalidad y acciones sustentables; d) en preparatoria los estudiantes deben tener actitud proactiva para encontrar soluciones, pensar globalmente y, en este sentido, actuar a nivel local.

Si comparamos la información anterior con lo que el *Plan de estudios 2011* (SEP, 2011), aún en vigencia, integra sobre el cuidado del medio ambiente podemos notar los siguientes puntos: a) el estudiante debe interpretar y explicar procesos sociales, económicos, financieros, culturales y naturales para tomar decisiones individuales o colectivas que favorezcan a todos, por lo tanto, promover y asumir el cuidado de la salud y del ambiente como condiciones que favore-

cen un estilo de vida activo y saludable (pp. 39-40); b) en el campo formativo el individuo debe explorar y comprender el mundo natural y social, para ello se plantean diversos enfoques disciplinares con varios aspectos, entre ellos el biológico; c) en preescolar se promueve la comprensión del mundo natural con el propósito de sensibilizar y fomentar una actitud crítica y reflexiva respecto a su participación en el cuidado del ambiente y la importancia del adecuado aprovechamiento de la riqueza natural; d) en primaria y secundaria el campo de exploración de la naturaleza y la sociedad tiene como propósito “observar con atención objetos, animales y plantas; reconocer características que distinguen a un ser vivo de otro; formular preguntas sobre lo que quieren saber; experimentar para poner a prueba una idea o indagar para encontrar explicaciones acerca de lo que ocurre en el mundo natural y en su entorno familiar y social” (p. 50).

Bajo dicho contexto, debemos destacar que las premisas consideradas en el perfil de egreso del *Modelo educativo para la educación obligatoria* (SEP, 2017) y las del *Plan de estudios 2011* (SEP, 2011) son buenas en los cuatro niveles básicos, pero insuficientes en lo referente al conocimiento de las especies invasoras, ya que el cuidado del medio ambiente implica especial énfasis en la educación ambiental. Esto debe permear de forma tripartita en la interacción docente-alumno-familia, pues muchos de los problemas requieren de la atención dirigida de estas tres vías y trabajar de forma autónoma y en conjunto, por una parte. Por otra es necesario que el docente de educación básica, además de exponer y retroalimentar temas como el cuidado y racionamiento del agua o el manejo integral de la basura (como se propone en el modelo educativo), incorpore otros temas prioritarios sobre el cuidado del medio ambiente, como la invasión de especies exóticas, la conservación de especies, el cambio de uso de suelo, entre otros. Temas relevantes para combatir el daño de nuestros ecosistemas y que, además, están estrechamente asociados al cuidado de la biodiversidad nativa (Naciones Unidas, 1992), algo someramente incorporado en la nueva propuesta educativa (SEP, 2017). Por lo anterior, resulta relevante que el alumno conceptualice de inicio dicha problemática y pueda identificarla en su vida cotidiana.

Por ello, el objetivo de este trabajo es contextualizar a los docentes de diferentes niveles educativos, de forma muy sencilla, sobre el efecto de la invasión de especies; la estrategia nacional y el aspecto jurídico en México; el papel de las organizaciones no gubernamentales (ONG); lo que implica la batalla constante contra especies invasoras y, en este sentido, sobre la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio), principal institución interesada en mitigar los efectos negativos de aproximadamente 1539 especies exóticas en el territorio nacional.

Consideramos que mientras mayor conocimiento se tenga de la problemática en cada uno de los niveles educativos, se podrán implementar los procesos de litigación y control de las especies exóticas e incidir en los mismos, lo cual, a su vez, repercutirá en un beneficio social muy amplio.

Desarrollo

El transporte de especies no es un fenómeno nuevo, a lo largo de la historia los humanos han trasladado voluntariamente especies de importancia económica para su beneficio, de la misma manera que han transportado accidentalmente especies polizonas. Así es como las especies introducidas voluntaria e involuntariamente pueden llegar a convertirse en invasoras una vez que, sin asistencia humana, se reproducen y dispersan más allá del área donde fueron introducidas, causando daños económicos, ecológicos o sociales a corto y largo plazo (Secretaría de Gobernación, 9 de enero del 2015).

Características, impactos y grupos de las especies exóticas invasoras

En general, las especies altamente invasoras poseen una o más características en común –más allá de la similitud climática, la disponibilidad de recursos y la ausencia de enemigos como depredadores, parásitos y patógenos– que contribuyen a su éxito. Williams y Meffe (1998) generalizaron algunas particularidades de las especies invasoras: alta tasa de reproducción con corto tiempo generacional; especies pioneras; amplia tasa de dispersión; reproducción monoparental (por ejemplo, plantas clonales o que se autofecundan); alta capacidad de modificar sus características físicas por presiones ambientales; posibilidad de instalarse en nuevos sitios extensos y de intervalos amplios, en condiciones climáticas diversas; vida en grupos, no en solitario; y utilización como alimento para los humanos.

Estas características pueden presentarse en conjunto o separadas en los grupos de especies exóticas, pero serán suficientes para asegurar su éxito. Sin duda, esto ha causado uno de los principales impactos de las especies exóticas invasoras (EEI) en el número y composición de especies nativas. Por lo tanto, la problemática de las invasiones biológicas no solo importa a los interesados en la biodiversidad debido a su impacto en aspectos biológicos, económicos y sociales del área geográfica donde han sido introducidas.

En este sentido, los impactos biológicos por las especies invasoras son medibles en los diferentes niveles de organización de los seres vivos. Por ejemplo, ocasionan cambios en el número y la diversidad de especies nativas; alteran los ciclos biogeoquímicos (ciclos del agua y del nitrógeno); aumentan o disminuyen la disponibilidad de recursos importantes para otras especies (como agua, luz, oxígeno y nitrógeno); aumentan la probabilidad de incendios; promueven la erosión o modifican la salinidad del suelo (Richardson et al., 2000). Además, pueden alterar la forma en que las especies nativas interactúan (Doody et al., 2009) y provocar extinciones locales de las mismas (Clavero y García-Berthou, 2005).

Del mismo modo, las EEI impactan en los servicios ecosistémicos. Algunos impactos son fácilmente cuantificables, ya que implican pérdidas en servicios con un precio explícito, como alimento, materias primas, ganadería (Duncan et al., 2004) y disponibilidad de agua. Sumado a ello, hay altos costos económicos asociados al tratamiento y prevención de enfermedades causadas por estas especies, así como disminución del valor económico de bienes raíces, daños a la infraestructura, entre otros (Van Dam, Walden y Begg, 2002).

¿Qué son las especies exóticas invasoras?

La tasa acelerada de pérdida de especies nos ha llevado a intentar determinar sus principales causas. Las invasiones biológicas figuran como uno de los principales agentes de cambio global (Ricciardi, 2007) que forman parte de las causas más importantes de extinción de especies y cuyos efectos aumentan al establecer una interacción con otros agentes de cambio (Vitousek, Mooney, Lubchenco y Melillo, 1997; Didham et al., 2007). Además, las invasiones biológicas ocurren en especies que superan las barreras geográficas de su distribución natural, es decir, áreas que no alcanzarían utilizando sus propios medios de dispersión.

El transporte de especies no es un fenómeno nuevo, a lo largo de la historia los humanos han trasladado voluntariamente especies de importancia económica para su beneficio, de la misma manera que han transportado accidentalmente especies polizontas. Así es como las especies introducidas voluntaria e involuntariamente pueden llegar a convertirse en invasoras una vez que, sin asistencia humana, se reproducen y dispersan más allá del área donde fueron introducidas, causando daños económicos, ecológicos o sociales a corto y largo plazo (Secretaría de Gobernación, 9 de enero del 2015).

Asimismo, existen impactos a nivel social. Por ejemplo, en localidades de Australia, el sapo de caña (*Rhinella marina*) disminuye especies nativas de valor cultural, provocando cambios en las celebraciones religiosas de los aborígenes (Van Dam et al., 2002). En el sector salud se reconocen especies de importancia médica cuya presencia representa un gran riesgo para los humanos pues son vectores de patógenos peligrosos. El caso más conocido es el mosquito *Aedes aegypti* (Juliano y Lounibos, 2005), pero también existen agentes altamente alergénicos, como muchas especies de pastos (Cariñanos y Casares-Porcel, 2011), o casos extremos con efectos sobre la salud humana como el virus del oeste del Nilo (Fernández-Salas et al., 2007).

Por lo tanto, el costo de las invasiones biológicas es alto desde las diferentes perspectivas. Un cálculo a nivel global de invasiones solo de insectos estimó un costo mínimo de 70 000 millones de dólares por año y costos anuales asociados solamente a la salud humana que superan los 6 900 millones de dólares (Bradshaw et al., 2016). Además de las dificultades e inconvenientes que conlleva establecer un valor económico a los impactos sociales, recientemente se propuso una forma estandarizada para cuantificar los impactos socioeconómicos (Bacher et al., 2017). Esta propuesta se basa en la magnitud del efecto de las especies invasoras sobre los componentes del bienestar humano (seguridad; bienes materiales y no materiales; salud; relaciones sociales, espirituales y culturales; libertad de acción y elección), permitiendo con ello realizar comparaciones entre especies y regiones geográficas.

En México, al igual que en otros países, las invasiones biológicas representan un problema serio. En el país se tienen reportadas hasta el momento 1539 especies exóticas (Tabla 1).

Tabla 1. Registro de especies exóticas en México, CONABIO 2018.

Grupo	Exóticas
Hongos	9
Virus y Bacterias	5
Algas y Protoctistas	145
Plantas	681
Otros invertebrados	150
Crustáceos	77
Insectos	87
Arácnidos	7
Moluscos	41
Peces	233
Anfibios	3
Reptiles	55
Aves	22
Mamíferos	24
Total	1539

Fuente: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad [Conabio], 2018.

Aunque estas cifras parecen alarmantes, no debemos perder de vista que el número de especies exóticas está subestimado, pues generalmente solo se registran aquellas con tamaños poblacionales grandes.

El caso de México: La estrategia nacional y la legislación

En el país el tema de las EEI es relativamente nuevo, pues hace apenas unos años ha sido reconocido como un problema serio a tratar. Debido a esto, no existe un cálculo exacto de su impacto en la biodiversidad y solo hay acciones mínimas y aisladas para su control, aunque (como se ha destacado) es una problemática que se debe abordar a través de diferentes sectores: agropecuario, forestal, pesquero, de comercio, transporte, turismo, sanitario, aduanal, de conservación de la diversidad biológica y de educación (Comité Asesor Nacional sobre Especies Invasoras, 2010).

La Conabio, con la creación de la *Estrategia Nacional sobre Especies Invasoras en México* (Comité Asesor Nacional sobre Especies Invasoras, 2010), ha propuesto diversas iniciativas para hacerle frente a las EEI, orientadas a su erradicación, control y prevención (Conabio, 2018). Uno de sus objetivos estratégicos se centra en la generación de información y la participación ciudadana. Dentro de las acciones prioritarias destacamos dos que creemos esenciales para el ámbito educativo: 1) información sobre la situación y las actividades que se realizan en el país sobre EEI, y 2) planes y programas de educación que abordan el problema de las EEI. La estrategia tiene lineamientos generales sobre las acciones de difusión de la información acerca de las especies exóticas invasoras y la incorporación de los temas respectivos en un diseño educativo. Aunque estamos lejos de incluir a las EEI en todos los ámbitos educativos, sí hay temas alusivos dentro de las carreras de biología en algunas universidades del país y programas de educación ambiental en sitios lúdicos como los jardines botánicos.

Respecto a la legislación, en el artículo 2° de la Constitución de México se tiene como marco legal el conocimiento tradicional sobre la biodiversidad en nuestro país y como objetivos conservar, mejorar el hábitat y preservar la integridad de sus tierras (Cañas-Moreno, Ortiz-Monasterio, Huerta-Velásquez y Zolúeta-Juan, 2008). Además, México es uno de los países que firmó el Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB) de las Naciones Unidas (1992), el cual promueve la conservación y el uso sostenible de nuestro capital natural a nivel mundial y menciona la responsabilidad de cada nación para impedir su introducción, controlar o erradicar las EEI que amenacen ecosistemas, hábitats o especies (Naciones Unidas, 1992, art. 8, inciso h). Para esto se han generado leyes anexas (Tabla 2) que hablan sobre las EEI, donde se menciona qué acciones deberán llevarse a cabo frente a estas especies.

Tabla 2. Legislación Nacional que enmarca en alguno de sus artículos el tema de especies exóticas.

Ley	Descripción
<p>Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA)</p> <ul style="list-style-type: none"> • art. 46 último párrafo • art. 51 último párrafo • art. 80 fracción IV 	<p>Queda prohibida la introducción de especies exóticas invasoras dentro de las áreas naturales protegidas y a los ecosistemas marinos; así mismo buscará proteger a la flora y fauna contra la acción perjudicial de especies exóticas invasoras.</p>
<p>Ley General de la Vida Silvestre (LGVS)</p> <ul style="list-style-type: none"> • art. 27 • art. 27-Bis 	<p>El manejo de ejemplares y poblaciones exóticas sólo se realizará en condiciones de confinamiento acorde a un plan de manejo que deberá ser previamente autorizado por la Secretaría, para evitar efectos negativos de estas especies sobre los individuos y poblaciones nativos y su hábitat; queda prohibida la liberación o introducción de EEI a los ecosistemas naturales; queda negada la autorización de la importación de EEI que sean portadoras de otras especies exóticas que representen una amenaza.</p>
<p>Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS)</p> <ul style="list-style-type: none"> • art. 85, último párrafo • art. 131, tercer párrafo 	<p>Prohíbe el establecimiento de plantaciones forestales comerciales que sustituyan la vegetación nativa y será la responsable de establecer la norma oficial mexicana (NOM) sobre cuáles especies de plantas exóticas ponen en riesgo la biodiversidad.</p>

<p>Ley Federal de Sanidad Animal (LFSA)</p> <ul style="list-style-type: none"> • art. 35, primer párrafo • art. 36 	<p>Integrará, operará y expedirá las normas oficiales que establezcan las medidas de seguridad que deberán aplicarse si se diagnostica una enfermedad o plaga exótica de los animales; podrá acordar y convenir con los gobiernos de los 32 estados de la República la creación de un fondo de contingencia para enfrentar las emergencias zoonositarias ocasionadas por enfermedades y plagas exóticas que pongan en peligro el patrimonio pecuario nacional.</p>
<p>Ley Federal de Sanidad Vegetal (LFSV)</p> <ul style="list-style-type: none"> • art. 47 	<p>La Secretaría podrá acordar y convenir con los gobiernos de los estados la creación de un fondo de contingencia para afrontar las emergencias fitosanitarias que surjan por la presencia de plagas exóticas en el territorio nacional que pongan en peligro el patrimonio agrícola o forestal del país.</p>
<p>Ley General de Pesca y Acuicultura Sustentables (LGPAS)</p> <ul style="list-style-type: none"> • art. 17, inciso VI • art. 84, inciso V 	<p>Buscará nuevas tecnologías para la práctica de la acuicultura, buscando reducir el impacto ambiental, ampliando el número de especies nativas que se cultiven, priorizando a éstas sobre las especies exóticas; para los planes de ordenamiento acuícola con base en su monitoreo ambiental deberán informar sobre los ecosistemas de la pesca selectiva, de la introducción de fauna exótica y de la monoexplotación.</p>

Fuente: Elaboración propia.

EL papel de las ONG en el territorio insular mexicano

Las islas representan un 3 por ciento de la superficie terrestre mundial y se consideran de suma importancia por su biodiversidad, la cual provee de recursos ecosistémicos a cerca de 600 millones de personas. En el mundo existen alrededor de 100 000 islas, muchas de las cuales se encuentran amenazadas por la destrucción del hábitat y por las EEI, siendo esta última la primera causa de la pérdida de biodiversidad en las islas (Aguirre-Muñoz, Golubov y Mandujano, 2015).

El territorio mexicano tiene 2500 elementos insulares; en 144 islas se ubican cerca de 619 000 personas (Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI], 2015). Además, la presencia de seres humanos siempre se acompaña tanto de animales domésticos utilizados para comerciar o para consumo propio (por ejemplo, cabras, borregos y cerdos), como de algunas plagas (ratas, ratones, ardillas, etc.) (Aguirre-Muñoz et al., 2015). En particular, el caso de los gatos es grave, pues son responsables de la depredación de aves insulares terrestres y marinas, lo que ocasiona la muerte de varias colonias de aves marinas (Conservación de Islas, 2018).

Bajo dicho contexto se explica que, al poco tiempo del establecimiento de personas en las islas, las poblaciones de EEI aumentan, mientras que las de especies nativas disminuyen. Ejemplo de ello es la disminución de la vegetación de matorral, bosque de ciprés, chaparrales, pinos y encinos en diversas islas mermadas por la misma EEI: las cabras, que consumen todo tipo de material vegetativo. En México, la pérdida de la biodiversidad a nivel insular se ha cuantificado también en otros grupos biológicos: el 71 por ciento de extinciones de invertebrados y el 12 por ciento de aves endémicas (Aguirre-Muñoz et al., 2015).

Para enfrentar este problema, el Grupo de Ecología y Conservación de Islas (GECI) erradicó las EEI de estos ecosistemas insulares. El objetivo se ha conseguido con ayuda de las comunidades de las islas, dependencias de gobierno federal, organismos gubernamentales y proveedores de servicios especializados. El resultado de este trabajo colectivo para la erradicación de especies exóticas es favorable, ya que se han podido liberar 30 islas (hasta el 2012) de EEI (Figura 1) (Aguirre-Muñoz et al., 2015).

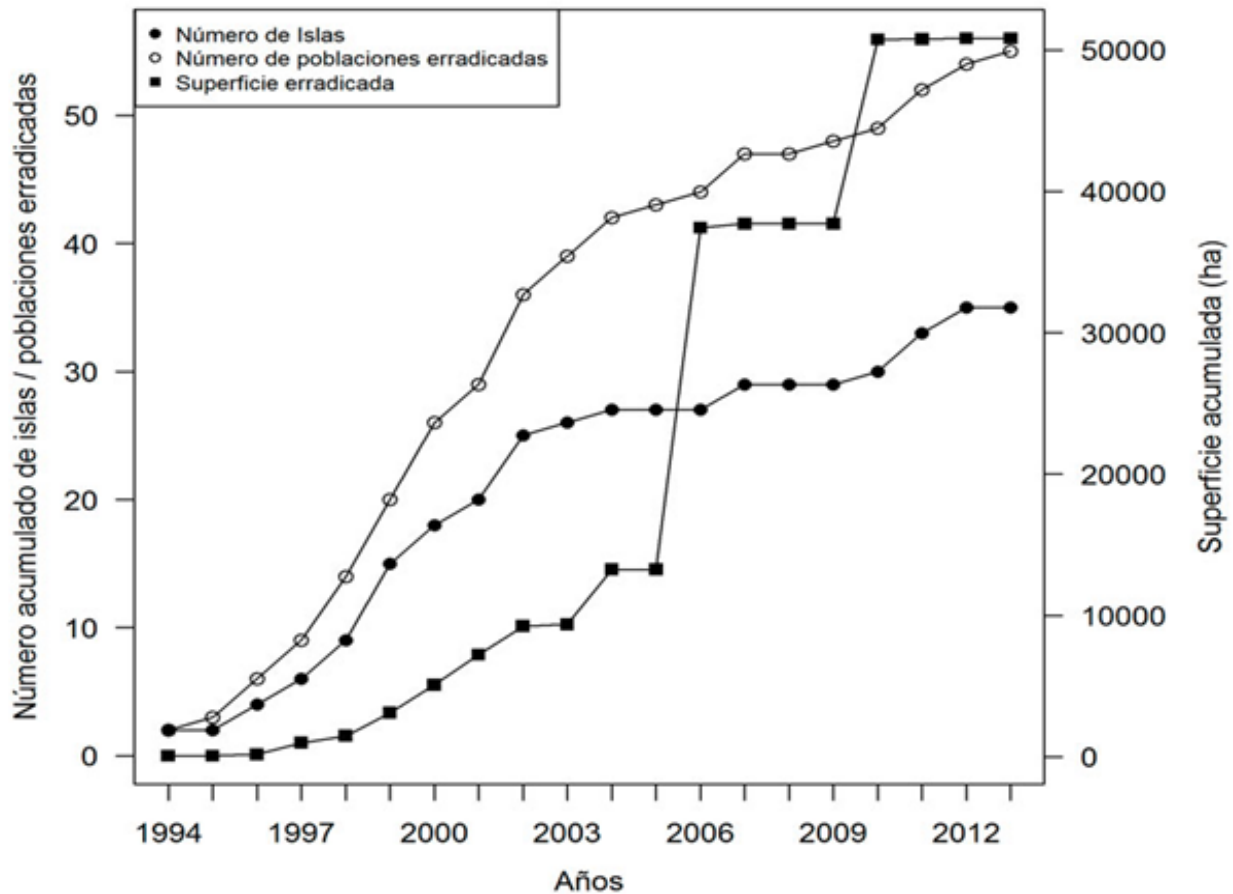


Figura 1. Desde 1994 el grupo GECI combate especies exóticas invasoras en las islas de México, y hasta el año 2012 ha conseguido erradicar EEI en 30 islas. Fuente: Aguirre-Muñoz et al., 2015.

Se erradicaron diez mamíferos invasores: gato (*Felis catus*), perro (*Canis lupus*), cabra (*Capra hircus*), burro (*Equus asinus*), ratón doméstico (*Mus musculus*), borrego (*Ovis aries*), cerdo (*Sus scrofa*), conejo (*Sylvilagus sp.*), ratón de cactus de Isla de Cedros (*Peromyscus eremicus cedro-sensis*) y rata negra (*Rattus rattus*), en 16 islas del Pacífico y 15 del golfo de California. Se plantea que para el año 2025 México será el primer país a nivel internacional que habrá erradicado todas las especies exóticas de vertebrados en su territorio insular (Conservación de Islas, 2018).

Ciencia Ciudadana: la contribución social al conocimiento científico

En la actualidad, la Ciencia Ciudadana es una nueva forma de producir ciencia mediante la participación voluntaria de personas que no están ligadas de forma directa al ámbito de la investigación, empleando sus propios recursos tecnológicos y generando datos científicos. Para contribuir, los ciudadanos participantes no necesitan ser expertos en el tema (Finquelievich y Fischnaller, 2014).

En México, la Conabio impulsa la Ciencia Ciudadana e implementa diversas formas para incidir en la mitigación, por ejemplo, las plataformas que pueden utilizarse mediante teléfonos móviles o computadoras:

- **aVerAves:** Este sitio tiene una herramienta útil para llevar un seguimiento de las aves que una persona observe en México, Estados Unidos y Canadá. Es posible capturar la información en la ciudad o en áreas no urbanas. Los datos generados pueden provenir de una red de grupos de observadores con una capacitación previa sobre aves o de personas que trabajen de forma individual.
- **Naturalista:** Funciona como una red social que se utiliza mediante computadora o teléfono móvil, y permite a los participantes compartir fotos de animales, plantas y hongos. Al ser una red en línea se pueden subir registros y compartir las observaciones con otras personas dentro de la aplicación, quienes ayudan a identificar las especies de las fotografías incorporadas a la base de datos; de esta manera, se genera un cúmulo de observaciones para cada especie. Estos datos son colocados en un mapa de Google Maps; así, es más sencillo ubicar en dónde se encuentran las especies. Los datos registrados en las observaciones se agrupan en sitios web de manejo de información geográfica como gbif.com, con el propósito de que la comunidad científica pueda usarlos.

En el caso específico de la plataforma Naturalista (<http://www.naturalista.mx>), desde su inicio en el 2013 hasta marzo del 2018 había tenido el apoyo de más de 15 000 personas, quienes han realizado cerca de 700 000 observaciones de 22 000 especies, con el grupo de las aves encabezando la cantidad de registros. Además, dentro de esta plataforma existen proyectos o grupos que categorizan por sitio geográfico de interés o por grupo taxonómico; estas observaciones permiten orientar su situación actual. El proyecto Especies Exóticas de México (Naturalista, 2018) agrupa a las especies denominadas como exóticas e indica la situación actual de este grupo en el país; entre las más registradas en México, cinco son catalogadas como EEI y corresponden a tres aves (*Passer domesticus*, *Streptopelia decaocto* y *Columba livia*), un insecto (*Apis mellifera*) (Figura 2) y una planta (*Ricinus communis*) (Figura 3). De estas observaciones, el gorrión casero (*Passer domesticus*) es la quinta especie a nivel nacional con el mayor número de registros, cerca de 3000 (Figura 4).

El proyecto en mención ha tenido la participación de aproximadamente 4000 personas, aportando más de 24 000 observaciones agrupadas en 603 especies (Figura 5), es decir, el 3.5 por ciento de los registros totales de la plataforma corresponden a especies exóticas, con las aves como el grupo principal. Además, si realizamos una revisión por grupo taxonómico dentro del proyecto Especies Exóticas de México, el gorrión casero (*Passer domesticus*), la abeja europea (*Apis mellifera*), la chinche besucona (*Hemidactylus frenatus*), el perro doméstico (*Canis familiaris*), la planta higuera (*Ricinus communis*) y el pez carpa común (*Cyprinus carpio*) son las especies más observadas y, en conjunto, las seis representan poco más del 20 por ciento del total de observaciones (Naturalista, 2018).



Figura 2. La abeja exótica invasora *Apis mellifera* visitando la flor de una cactácea nativa *Opuntia tomentosa*. Foto: Esteban Munguía.



Figura 3. La planta exótica invasora *Ricinus communis* en floración, encontrada sobre la carretera.
Foto: Cristina Ramírez.



Figura 4. Observaciones de *Passer domesticus* en el proyecto Especies Exóticas de México (Naturalista, 2018).

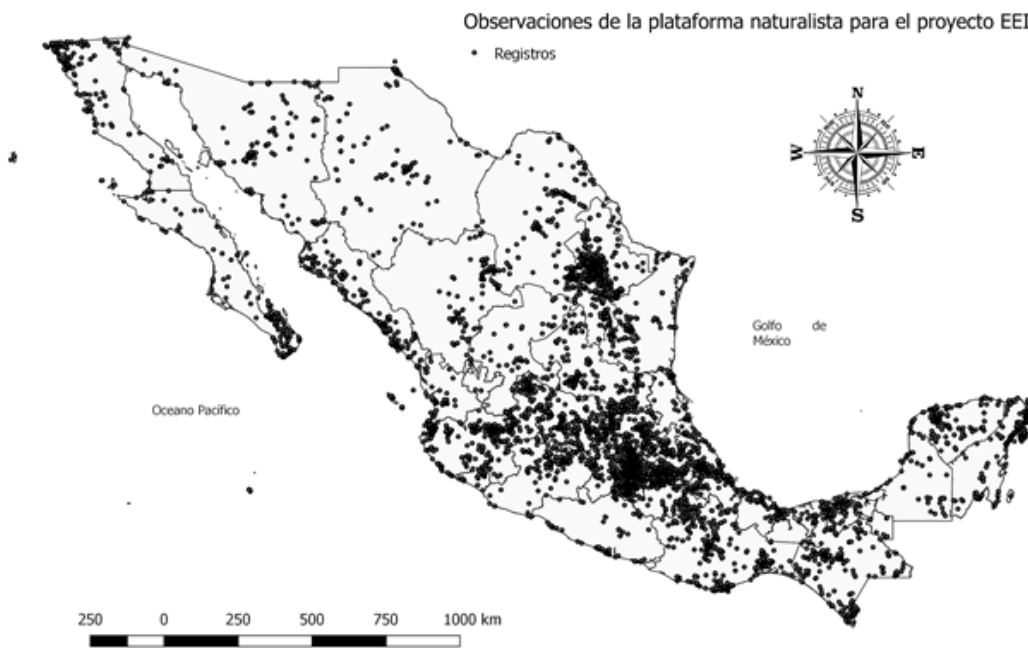


Figura 5. Observaciones realizadas a través de la plataforma Naturalista para el proyecto Especies Exóticas de México (2018).

Actualmente, la plataforma Naturalista es un referente en cuanto a divulgación, aprecio por la fotografía y conocimiento de flora y fauna nacional que genera una gran cantidad de registros por personas no relacionadas con la biología. Prueba de esto es que, de los cinco mayores observadores a nivel nacional, tres son ajenos al ámbito biológico con respecto a su formación. Asimismo, en el caso del proyecto Especies Exóticas de México los datos son similares: de las cinco personas que más datos han aportado, dos son ajenas al ámbito científico.

A continuación presentamos casos de éxito generados por la plataforma Naturalista:

- Científico: Se han identificado sitios de descanso de la mariposa monarca (*Danaus plexippus*) o la migración de malaquitas (*Siproeta stelenes*).
- Educativos: Alumnos de la Preparatoria Regional de Lagos de Moreno de la Universidad de Guadalajara crearon el proyecto EPR de Lagos Biodiversa, que actualmente reúne cerca de 3000 observaciones.
- Creación de un área natural protegida (ANP) voluntaria: Mediante el proyecto Paco's Reserva de Flora y Fauna Silvestre, creado por Francisco Farriols Sarabia en Mazatlán, Sinaloa, se han documentado más de 30 000 observaciones de 2000 especies diferentes. Por ello, recibió el certificado de Áreas Destinadas Voluntariamente a la Conservación por parte del Consejo Nacional de Áreas Nacionales Protegidas (Conanp).

Conclusiones: La batalla constante contra los visitantes no deseados

Las invasiones de especies no nativas es un problema real, pero subestimado. Tenemos apenas el conocimiento primario sobre cómo se comportan las especies exóticas, cómo son introducidas y logran permanecer de forma exitosa en lugares fuera de su distribución natural, pero aún no logramos contenerlas y erradicarlas en su totalidad, pues es un trabajo que amerita el esfuerzo conjunto de una sociedad educada y comprometida.

El problema de las especies exóticas no se soluciona solo desde el ámbito gubernamental o académico, necesita el involucramiento de la sociedad, el cual comienza con un componente educativo que permita revalorar la diversidad biológica nacional y reducir la posibilidad de tener EEI. Si logramos invertir más recursos e involucrar a más gente en este tema seguramente podremos hacerle frente al problema, reduciendo el número de invasiones biológicas y, con ello, disminuyendo los recursos usados en los daños ocasionados; es más barato prevenir que controlar o erradicar. Sin duda, el trabajo del gobierno, el sector educativo en sus distintos niveles académicos y la población en general fortalece estrategias como la propuesta por la *Estrategia Nacional sobre Especies Invasoras en México* (Comité Asesor Nacional sobre Especies Invasoras, 2010) que, por tratarse de un trabajo todavía en sus primeras etapas, es una iniciativa que promete generar grandes avances contra *los visitantes no deseados*.

Agradecimientos

Al proyecto GEF-PNUD-CONABIO #00089333 “Fortalecer las capacidades de México para manejar especies invasoras a través de la implementación de la Estrategia Nacional Sobre Especies Invasoras”, del cual forma parte el manuscrito. Al M. en B. Esteban Omar Munguía Soto por las fotografías proporcionadas para este artículo.

Referencias

- Aguirre-Muñoz A., Golubov, J., y Mandujano, M. C. (2015). Batallas biológicas en las islas de México ¿estamos ganando la guerra? *Oikos*. Recuperado de <http://web.ecologia.unam.mx/oikos3.0/index.php/todos-los-numeros/articulos-anteriores/124-batallas-biologicas-en-las-islas-de-mexico-estamos-ganando-la-guerra>
- Bacher, S., Blackburn, T. M., Essl, F., Genovesi, P., Heikkilä, J., Jeschke, J. M., ... y Martinou, A. F. (2018). Socio-economic impact classification of alien taxa (SEICAT). *Methods in Ecology and Evolution*, 9(1), 159-168.
- Bradshaw, C. J., Leroy, B., Bellard, C., Roiz, D., Albert, C., Fournier, A., ... y Courchamp, F. (2016). Massive yet grossly underestimated global costs of invasive insects. *Nature communications*, 7(12986). Recuperado de <https://www.nature.com/articles/ncomms12986>

- Cañas-Moreno, R., Ortiz-Monasterio, A., Huerta-Velásquez, E., y Zolueta-Juan, X. (2008). Marco legal para el conocimiento tradicional sobre la biodiversidad, en Conabio (Ed.), *Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad* (pp. 557-564). Recuperado de https://www.biodiversidad.gob.mx/pais/pdf/CapNatMex/Vol%20I/I17_Marcolegal.pdf
- Cariñanos, P., y Casares-Porcel, M. (2011). Urban green zones and related pollen allergy: review. Some guidelines for designing spaces with low allergy impact. *Landscape and Urban Planning, 101*(3), 205-214.
- Cebrián, G., y Junyent, M. (2014). Competencias profesionales en Educación para la Sostenibilidad: un estudio exploratorio de la visión de futuros maestros. *Enseñanza de las Ciencias, 32*(1), 29-49.
- Clavero, M., y García-Berthou, E. (2005). Invasive species are a leading cause of animal extinctions. *Trends in Ecology & Evolution, 20* (3), 110.
- Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca [Conapesca]. (24 de julio del 2007). Ley General de Pesca y Acuacultura Sustentables. En *Diario Oficial de la Federación*. (Última reforma publicada el 4 de junio del 2015).
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad [Conabio]. (2018). *Especies exóticas invasoras*. Recuperado de <http://www.biodiversidad.gob.mx/especies/Invasoras/especies.html>
- Comité Asesor Nacional sobre Especies Invasoras. (2010). *Estrategia nacional sobre especies invasoras en México. Prevención control y erradicación*. Recuperado de https://www.biodiversidad.gob.mx/pais/pdf/Estrategia_Invasoras_Mex.pdf
- Conservación de Islas. (2018). Recuperado de <http://www.islas.org.mx/index.php>
- Convenio sobre la Diversidad Biológica. (2012). *Especies exóticas invasoras*. Recuperado de <https://www.cbd.int/invasive/>
- Didham, R. K., Tylianakis, J. M., Gemmell, N. J., Rand, T. A., y Ewers, R. M. (2007). Interactive effects of habitat modification and species invasion on native species decline. *Trends in ecology & evolution, 22*(9), 489-496.
- Doody, J. S., Green, B., Rhind, D., Castellano, C. M., Sims, R., y Robinson, T. (2009). Population-level declines in Australian predators caused by an invasive species. *Animal Conservation, 12*(1), 46-53.

- Duncan, C. A., Jachetta, J. J., Brown, M. L., Carrithers, V. F., Clark, J. K., DiTomaso, J. M., ... y Rice, P. M. (2004). Assessing the economic, environmental, and societal losses from invasive plants on rangeland and wildlands. *Weed Technology*, 18(1), 1411-1416.
- Fernández-Salas, I., Garza-Rodríguez, M. L., Beaty, B. J., Jiménez, J., y Rivas-Estilla, A. M. (2007). Presencia del virus del oeste del Nilo en el noreste de México. *Salud Pública de México*, 49(3), 210-217.
- Finquelievich, S., y Fischnaller, C. (2014). Ciencia Ciudadana en la sociedad de la información: nuevas tendencias a nivel mundial. *Revista iberoamericana de ciencia tecnología y sociedad*, 9(27), 11-31. Recuperado de http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1850-00132014000300002
- García, R., Fonolleda, M., y Junyent, M. (2017). How to assess professional competencies in Education for Sustainability? An approach from a perspective of complexity. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 18(5), 772-797.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI]. (2015). *Islas de México*. Recuperado de <http://cuentame.inegi.org.mx/territorio/islas/default.aspx?tema=T>
- Juliano, S. A., y Lounibos, L. P. (2005). Ecology of invasive mosquitoes: effects on resident species and on human health. *Ecology letters*, 8(5), 558-574.
- Naciones Unidas. (1992). *Convenio sobre la Diversidad Biológica*. Recuperado de <https://www.cbd.int/doc/legal/cbd-es.pdf>
- Naturalista. (2018). *Especies Exóticas de México*. Recuperado de <https://www.naturalista.mx/projects/especies-exoticas-de-mexico>
- Ricciardi, A. (2007). Are modern biological invasions an unprecedented form of global change? *Conservation Biology*, 21(2), 329-336.
- Richardson, D. M., Pyšek, P., Rejmánek, M., Barbour, M. G., Panetta, F. D., y West, C. J. (2000). Naturalization and invasion of alien plants: concepts and definitions. *Diversity and Distributions*, 6(2), 93-107.
- Secretaría de Desarrollo Humano y Ecología [Sedue]. (8 de enero de 1998). Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. En *Diario Oficial de la Federación*. (Última reforma publicada el 19 de enero del 2018).
- Secretaría de Educación Pública. (2011). *Plan de estudios 2011. Educación Básica*. México: Autor.
- Secretaría de Educación Pública. (2017). *Modelo educativo para la educación obligatoria*. México: Autor.

- Secretaría de Gobernación. (9 de enero del 2015). Decreto por el que se reforman y adicionan diversas disposiciones de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, y de la Ley General de Vida Silvestre. EN *Diario Oficial de la Federación*. Recuperado de http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5378251&fecha=09/01/2015
- Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales [Semarnat]. (25 de febrero del 2003). Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable. En *Diario Oficial de la Federación*. (Última reforma publicada el 2 de marzo del 2015).
- Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca [Semarnap.]. (3 de julio del 2000). Ley General de Vida Silvestre. En *Diario Oficial de la Federación*. (Última reforma publicada el 6 de junio del 2012).
- Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria [Senasica]. (5 de enero de 1994). Ley Federal de Sanidad Vegetal. En *Diario Oficial de la Federación*. (Última reforma publicada el 16 de noviembre del 2011).
- Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria [Senasica]. (25 de julio del 2007). Ley Federal de Sanidad Animal. En *Diario Oficial de la Federación*. (Última reforma publicada el 7 de junio del 2012).
- Southwell, M. (2013). *La escuela ante nuevos desafíos: participación, ciudadanía y nuevas alfabetizaciones*. Buenos Aires, Argentina: Santillana.
- Sureda-Negre, J., Oliver-Trobat, M., Catalan-Fernández, A., y Comas-Forgas, R. (2014). Environmental education for sustainability in the curriculum of primary teacher training in Spain. *International Research in Geographical and Environmental Education*, 23(4), 281-293.
- Van Dam, R. A., Walden, D. J., y Begg, G. W. (2002). *A preliminary risk assessment of cane toads in Kakadu National Park*. Australia: Supervising Scientist, Environment Australia.
- Vitousek, P. M., Mooney, H. A., Lubchenco, J., y Melillo, J. M. (1997). Human domination of Earth's ecosystems. *Science*, 277(5325), 494-499.
- Williams, J., y Meffe, G. (1998). Nonindigenous species. En M. J. Mac, P. A. Opler, C. P. Haecker y P. D. Doran (Eds.), *Status and trends of the nation's biological resources* (pp. 117-129). Recuperado de <https://www.nwrc.usgs.gov/sandt/Nonindig.pdf>

Autores

La **Biól. María Cristina Ramírez Gutiérrez** es egresada de la Facultad de Ciencias en la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), actualmente es estudiante de la maestría del Posgrado en Ciencias Biológicas de la misma institución. Forma parte del Laboratorio de Plantas Vasculares, en la Facultad de Ciencias, UNAM, colabora en el Laboratorio de Ecología y Sistemática Vegetal de la Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco (UAM-X) en la elaboración del Atlas de plantas exóticas de la Reserva de la Biosfera Sierra Gorda. Sus principales líneas de investigación son la taxonomía y ecología de plantas exóticas invasoras y malezas en México. C.e.: cristina_azulive@ciencias.unam.mx

La **M. en C. Julieta Salomé Díaz** es egresada del posgrado en Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Pertenece al Laboratorio de Ecología y Taxonomía Vegetal en la Universidad Autónoma de México Xochimilco (UAM-X). Sus investigaciones giran en torno a la ecología de especies invasoras, la invasibilidad de los ecosistemas terrestres y la evaluación de riesgo de especies exóticas en México. C. e.: biojulieta@gmail.com

La **Dra. María C. Mandujano** es investigadora del Instituto de Ecología de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y pertenece al SNI (nivel 2). Profesora en la licenciatura de Biología y del posgrado en ciencias Biológicas y Biomédicas. Biología de poblaciones de especies clonales, de especies de zonas áridas, invasoras y/o con poblaciones pequeñas o en peligro de extinción. Le interesa entender la regulación poblacional (demografía) en especies que presentan diferentes tipos de reproducción integrando aspectos de historia de vida, estructura poblacional y de diversidad genética para entender su relación con la densidad poblacional, la evolución y los riesgos de extinción. C. e. mmandu@ecologia.unam.mx

La **M. en E. A. Oscar Sandino Guerrero Eloisa** es biólogo de formación por la Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco y maestro por la misma casa de estudios. Pertenece al Laboratorio de Ecología y Taxonomía Vegetal en la Universidad Autónoma de México Xochimilco (UAM-X) y colaborador en el Laboratorio de Ecología de Poblaciones del Instituto de Ecología (UNAM). Forma parte de la plataforma Naturalista de la Conabio como curador y tutor para el estado de Guerrero. Sus líneas de investigación son la ecología, la distribución y control de especies exóticas invasoras vegetales, su evaluación y control poblacional.

C.e. osge44@gmail.com

El **Dr. Jordan Golubove** es miembro del SNI (nivel 2). Es profesor de la licenciatura en Biología de la Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco (UAM-X) en donde imparte la materia de plagas y Enfermedades de Recursos Naturales desde el 2002. Trabajó como asesor para la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad de 2000 al 2002. Sus principales líneas de investigación son la ecología y manejo de especies en peligro y de especies exóticas invasoras, en especial plantas. Su investigación se centra en modelos poblacionales y estrategia experimentales para el diagnóstico y regulación de las poblaciones naturales. Ha colaborado en la elaboración de diversas estrategia nacionales y en evaluaciones de riesgo de diversas especies.

C. e. gfordan@correo.xoc.uam.mx

El **Dr. Armando Jesús Martínez** es miembro del SNI (nivel I) e investigador del Instituto de Neuroetología y Centro de Investigaciones Biomédicas, de la Universidad Veracruzana. Sus líneas de investigación versan sobre aplicaciones bioestadísticas en distintos entornos biológicos, ecología funcional en plantas y animales, interacciones intra e interespecíficas, ecología del comportamiento en insectos y neuropsicología asociada a entornos escolares como parte de una línea multidisciplinaria entre ecología-bioestadística-ambiente. C. e.: armartinez@uv.mx

Recibido: 13 de junio de 2018

Revisado: 10 de julio de 2018

Aceptado: 23 de julio de 2018