



¿Cómo distinguimos a las especies exóticas peligrosas de las inocuas?

Retos para el análisis de riesgo para plantas exóticas en México.



Francisco Javier Espinosa García y Judith Sánchez-Blanco
espinosa@cieco.unam.mx; judithsb@cieco.unam.mx

Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad
Universidad Nacional Autónoma de México



Simposio "Especies exóticas invasoras: los retos que nos esperan"
VII Congreso Mexicano de Ecología



Las especies invasoras son la quinta causa de pérdida de biodiversidad en el Mundo.

Además, causan grandes pérdidas económicas y **afectaciones** a la salud humana.

En México se estima que hay entre **700 y 750** especies de malezas introducidas; un **80% de ellas naturalizadas**.

Entre **58 y 180** de las malezas introducidas se comportan como **invasoras**.

Se estima que en los últimos años han ingresado, o han sido apenas detectadas, a México **13 especies por año en promedio**.

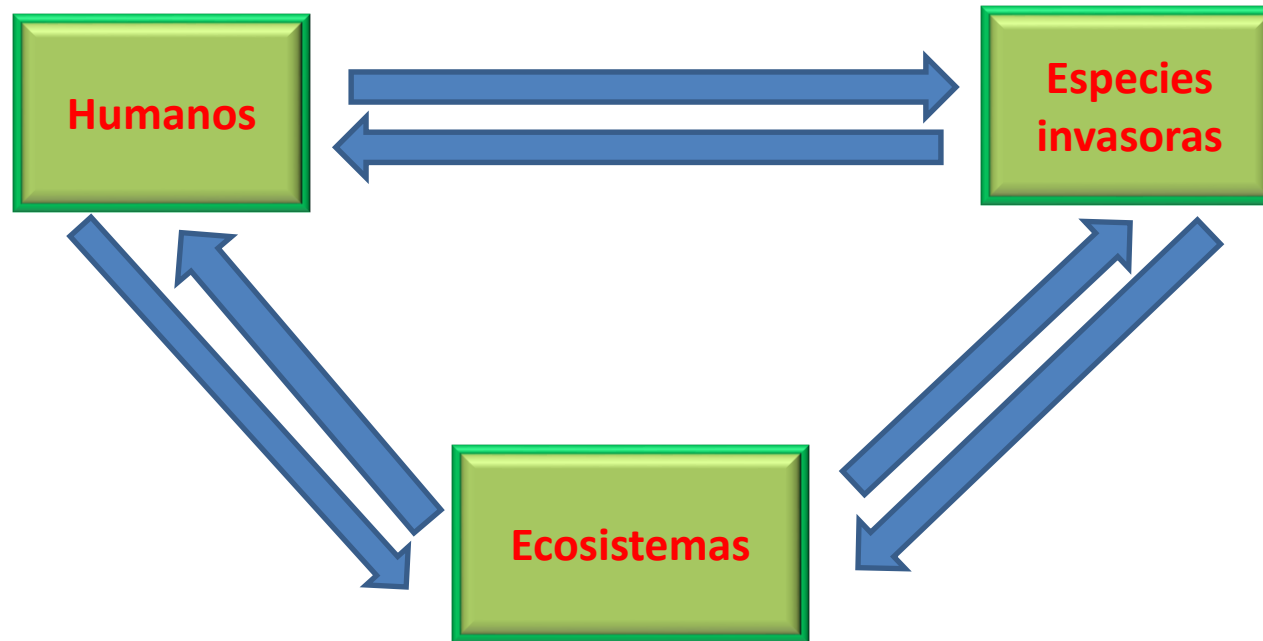
Una proporción muy baja de las especies que se introducen se vuelven invasoras.

Como es difícil predecir cuáles especies se convertirán en problema, se usa el Análisis de Riesgo para hacer predicciones aproximadas.

En el caso de las malezas, los pioneros en el análisis de riesgo fueron especialistas de dos islas fuertemente castigadas por las invasiones biológicas.

A pesar de que los AR se formalizaron hace más de 50 años, aún no hay certeza en las predicciones y algunos investigadores han cuestionado la utilidad de esta herramienta. Pero es lo único con lo que contamos.

El entendimiento y manejo de las invasiones biológicas requiere del entendimiento de tres grandes temas y las interacciones que tienen entre sí:



Sistema dinámico con historia y trayectoria ecológica y evolutiva

Una invasión biológica y sus efectos son resultados de estas interacciones

Los modelos de análisis de riesgo incluyen criterios relativos a las especies y sus características, las características climáticas los ambientes amenazados, y las consecuencias de las interacciones entre invasores y el ambiente biofísico invadido.

El enfoque es principalmente inductivo, por lo que debería ser expresado como probabilidades o con grado de incertidumbre.

En varios modelos de AR las características **se califican y se suman** **asumiendo que** las características **son independientes entre sí**, cuando esto no necesariamente es cierto.

Los humanos estamos incluidos, o deberíamos de estarlo, como afectados, dispersores, facilitadores o como beneficiarios. Por ejemplo, las vías de introducción y de diseminación.

El carácter dinámico de las invasiones (especies invasoras-ambientes invadidos e interacciones cambiantes) debería de ser tomado en cuenta en los análisis de riesgo.

En México se han aplicado varios tipos de análisis de riesgo para plantas, todos ellos basados en gran parte en el modelo australiano/neozelandés y en las adaptaciones de éstos para Sudáfrica y los Estados Unidos.

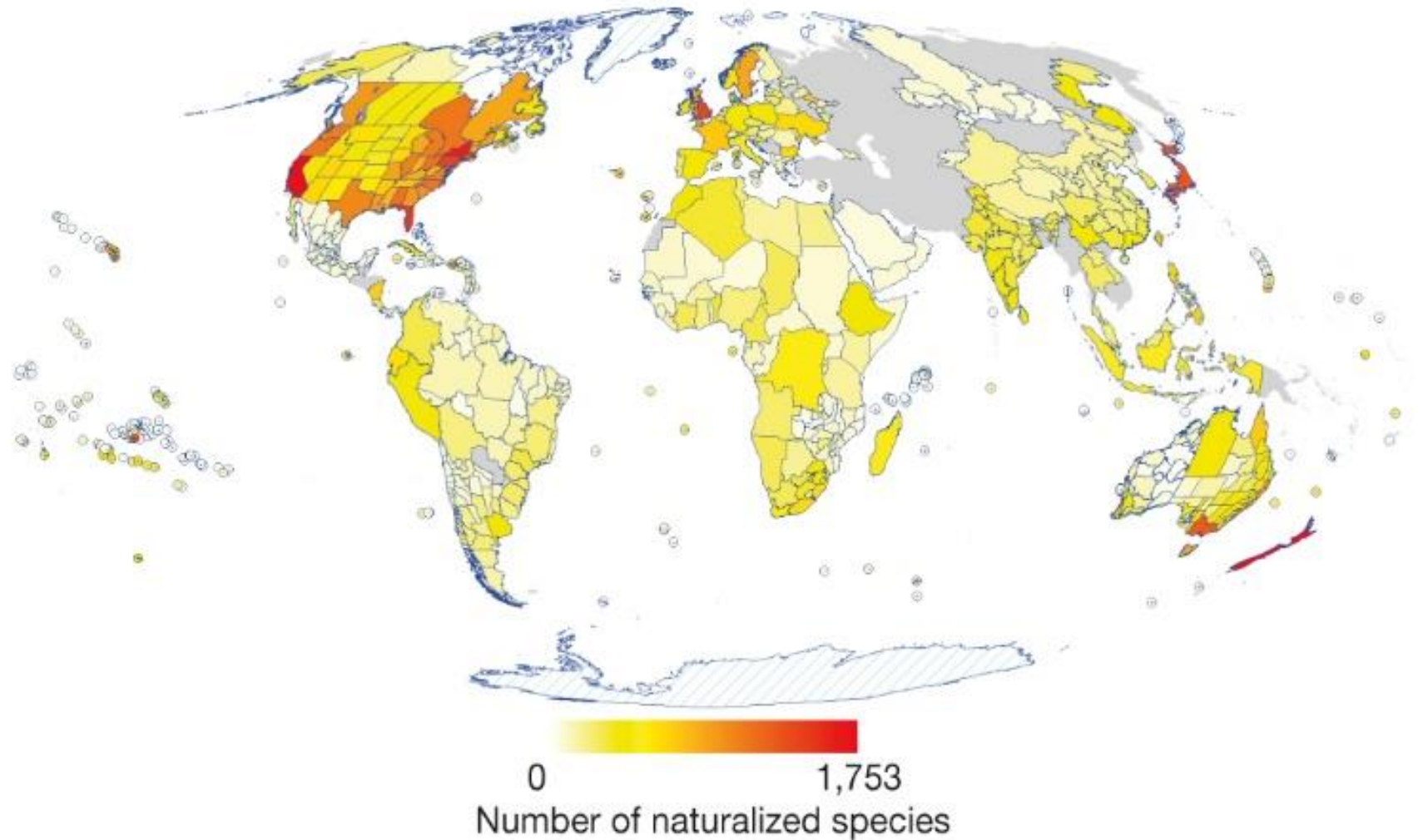
Análisis de riesgo rápidos (Golubov et al. 2014)

Análisis completos (SAGARPA usando el esquema FAO; Rodríguez-Estrella et al. 2014).

Análisis basados en modelado de nicho y cambio climático (Martínez–Meyer et al. 2017)

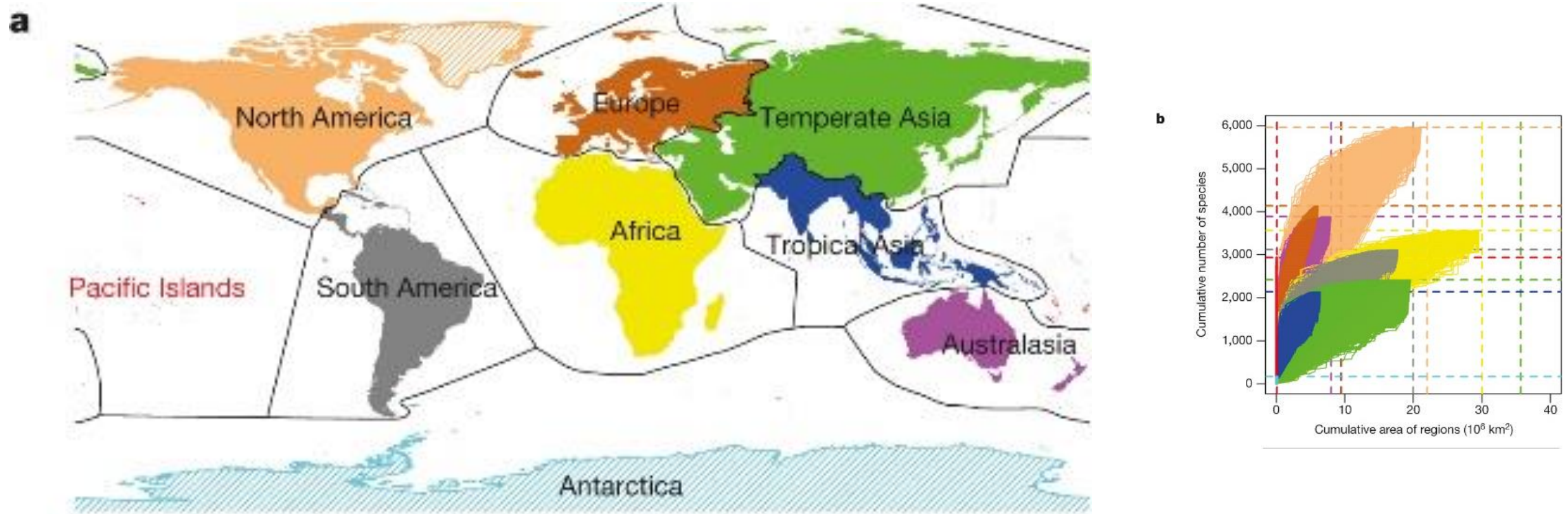
Análisis para proponer la inclusión de criterios al AR (Sánchez-Blanco et al. 2012).

¿Los análisis de riesgo desarrollados para países o regiones altamente susceptibles a invasiones son adecuados para México?



Naturalized vascular plant species in the 843 regions covered by the GloNAF database.

Naturalized species-accumulation curves for the major biogeographical areas.



Números totales y número de especies alóctonas de plantas con flores de los países de Norteamérica.

| País o región | Número total de especies | Número de especies exóticas | Porcentaje | Referencia |
|--|--------------------------|-----------------------------|------------|---|
| Canadá | 4,153 | 884 | 21.3 | Scoggan 1978-1979 |
| E.U.A. Continental | 18,510 | 3,103 | 16.8 | Rejmánek 2000 |
| Canadá y E.U.A. completo (+ Puerto Rico) | 22,006 | 3,748 | 17.0 | Rejmánek 2000 |
| México | 22,523 | ca. 700 | 3.0 | Villaseñor y Espinosa-García 2004; Villaseñor, 2013; Espinosa-García y Villaseñor, 2017 |

Se necesita un **Análisis de Riesgo especializado para plantas invasoras naturalizadas:**

Los efectos dañinos de las plantas invasoras toman mucho más tiempo para ser evidentes que los producidos por otros organismos invasores como insectos, patógenos o peces.

La fase lag o de retardo dura de 24 a 54 años para hierbas y pastos, 131 años para arbustos, 30–50 años para árboles en los trópicos, y 80–350 años para árboles en otros climas.

El problema se ignora fácilmente y cuando la respuesta reactiva ocurre, generalmente es tardía e ineficiente.

PERO este retardo en la detección de efectos dañinos también es **una oportunidad** de tomar medidas proactivas a través de un **análisis de riesgo especializado en plantas invasoras** establecidas en México.

Los modelos de análisis de riesgo usados en México necesitan complementarse.

Proponemos la inclusión de varios criterios en el Análisis de Riesgo para Plantas Exóticas en México:

1. Reducir la incertidumbre en el comportamiento potencialmente invasivo de la especie en cuestión en México incluyendo la constancia del comportamiento invasivo de la especie fuera de su ámbito nativo.
2. Dedicar análisis de riesgo especial para ambientes insulares (islas oceánicas, cuerpos de agua, “islas” en las áreas más elevadas de las montañas, penínsulas). El análisis para áreas no-insulares debe hacerse por separado.
3. Incluir la incidencia de la especie relativa a lo esperado de acuerdo a la curva promedio de la relación entre el tiempo de residencia y la incidencia de las especies.

Proponemos la inclusión de varios criterios en el Análisis de Riesgo de Plantas Exóticas:

4. Modelación de nicho climático de acuerdo con la etapa de invasión. Modelación recíproca en caso de que la especie esté establecida.
5. Modelación de distribución potencial de los parientes nativos de la especie introducida ya establecida en el nuevo territorio.
6. Modelación de nicho incluyendo una capa de grado de perturbación o de integridad ecosistémica.

| Características de la especie | Estatus en Análisis de Riesgo |
|--|---|
| Morfológicas | No se han encontrado características exclusivas de las PEI |
| Fisiológicas | No se han encontrado características exclusivas |
| Historia de vida y forma de vida | Características útiles: edad en la primera fructificación en árboles; hábito trepador, reproducción vegetativa. |
| Uso (forrajeras, ornamentales, medicinales...) | El uso conlleva presión de propágulos alta y diseminación incrementada. Útil al menos en AR de especies que no han entrado al nuevo territorio. |
| Comportamiento de la especie fuera de su ámbito original | Una de las características más útiles en AR. El comportamiento de la especie no necesariamente es invasivo en todos los sitios colonizados. |
| Parentela invasiva | Característica útil |

| Características del ambiente receptor | Estatus en Análisis de Riesgo |
|---|---|
| Homoclimas (mediante modelación de nicho climático) | Muy útil para AR de especies ausentes y presentes en el nuevo territorio. La selección de el origen de los datos de incidencia varía según el estado de la invasión y los propósitos de manejo. La modelación recíproca origen-destino puede ser necesaria. |
| Grado y régimen de perturbación (debería estar considerado) | La perturbación facilita y favorece el establecimiento y diseminación de las especies invasoras. La modelación de la distribución potencial de una especie introducida puede mejorarse incluyendo mapas de grado de perturbación de los ecosistemas. |

| Consecuencias de la interacción especie invasora-ambiente receptor | Estatus en Análisis de Riesgo |
|---|--|
| Número y ubicación de registros de la especie. | Útil para determinar si el grado de diseminación es mayor o menor de lo esperado por la diseminación promedio de las especies naturalizadas de acuerdo a su tiempo de residencia. |
| Afectaciones socioeconómicas | Muy útil para estimar daño actual o potencial causado por especies fuera o dentro del nuevo ambiente. Al igual que las características obtenidas inductivamente, la afectación debe expresarse en probabilidades y con grado de incertidumbre. |
| <p>Grado de resistencia biótica (debería ser considerado):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Biodiversidad - Parientes nativos | <p>La biodiversidad regional se correlaciona positivamente con la biodiversidad de especies introducidas; a escala local, la correlación es negativa. Funcional para determinar invasibilidad de un sitio.</p> <p>Modelación de nicho de invasoras y de sus parientes nativos cercanos lo que podría implicar exclusión competitiva o hibridación.</p> |

1. Reducir la incertidumbre en el comportamiento potencialmente invasivo de la especie en cuestión en México incluyendo la constancia del comportamiento invasivo de la especie fuera de su ámbito nativo.

Una de las características más útiles en AR, pero el comportamiento de la especie no necesariamente es invasivo en todos los sitios colonizados.

Revisión de literatura como el *Global Compendium of Weeds* para examinar la consistencia en el comportamiento de la especie fuera de su ámbito nativo.

Esta característica obtenida inductivamente debe calificarse en términos de probabilidad o de incertidumbre.

2. Dedicar análisis de riesgo especial para ambientes insulares (islas oceánicas, cuerpos de agua, “islas” en las áreas más elevadas de las montañas, penínsulas). El análisis para áreas no-insulares debe hacerse por separado.

Los ambientes insulares son altamente susceptibles a las invasiones; las vías de introducción y diseminación difieren de las de las áreas no insulares.

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/a/af/Islas_Marias_MODIS.jpg/275px-Islas_Marias_MODIS.jpg

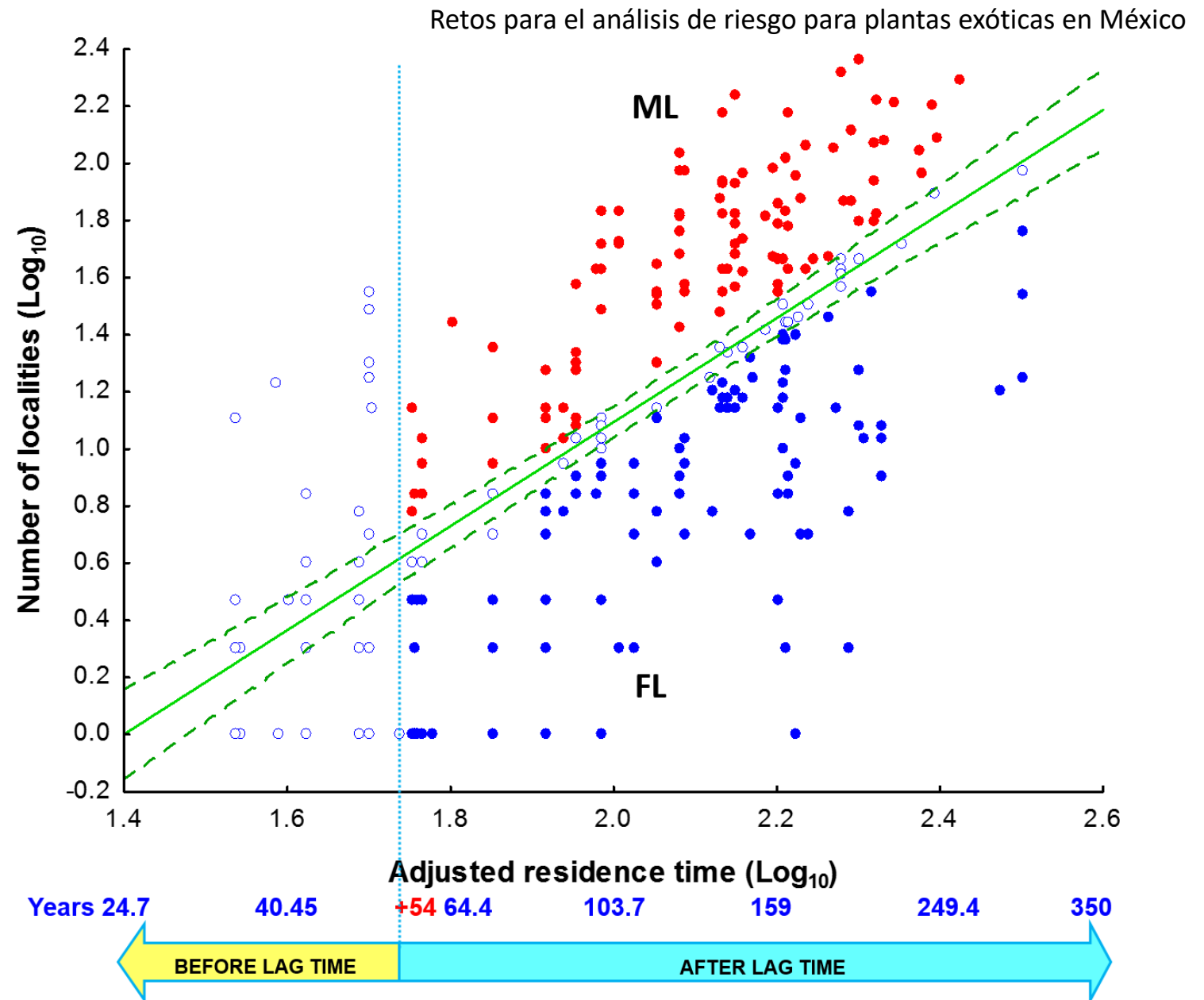


https://www.elfinanciero.com.mx/uploads/2018/06/04/c56030557e1528156189_original_std.jpeg



3. Incluir la incidencia de la especie relativa a lo esperado de acuerdo a la curva promedio de la relación entre el tiempo de residencia y la incidencia de las especies.

Útil para seleccionar especies a las que se les debe dar prioridad en manejo.



Sánchez-Blanco J, Vega-Peña EV, Espinosa-García FJ. 2018. Darwin's naturalization hypothesis does not explain the spread of nonnative weed species naturalized in México. PeerJ 6:e5444
<https://doi.org/10.7717/peerj.5444>

4. Modelación de nicho climático de acuerdo con la etapa de invasión.

Para especies que aún no entran al país:

Datos de la distribución mundial para modelar nicho y proyectarlo a México.

Distribución potencial sobreestimada; se aplica el principio precautorio.

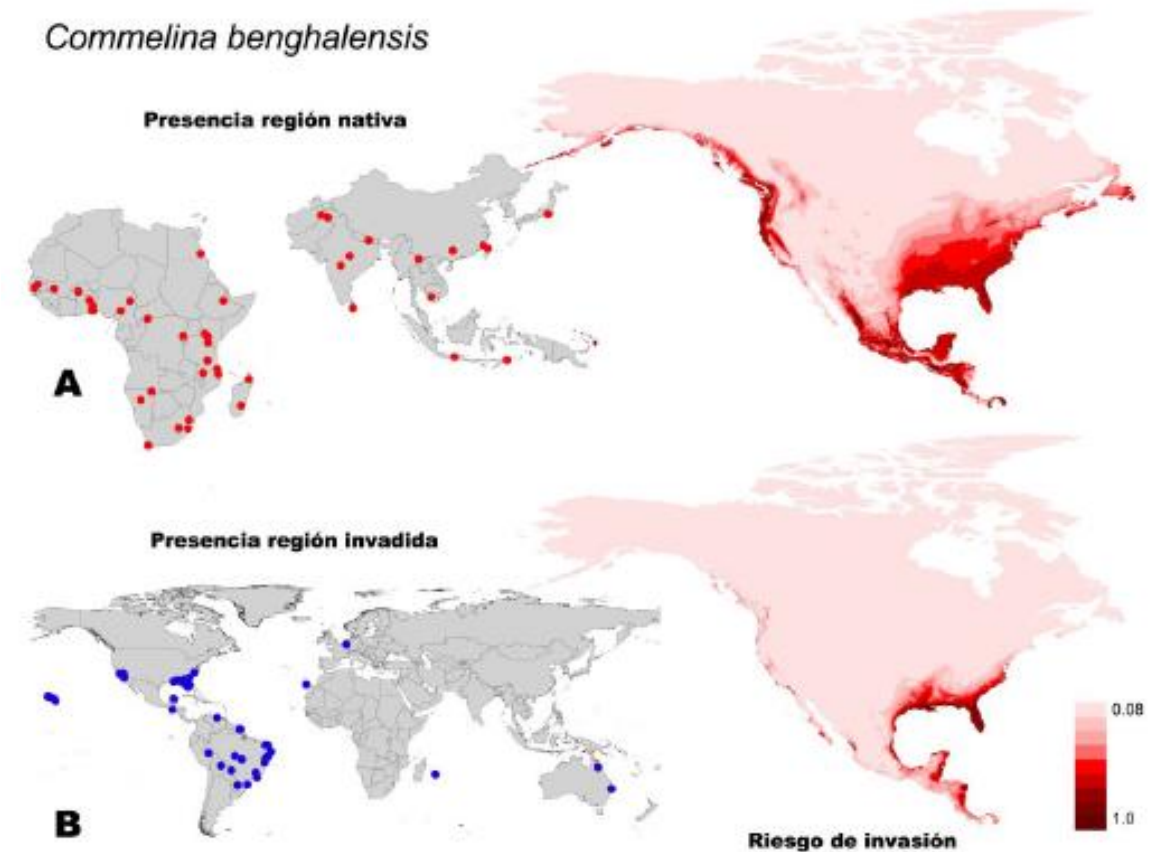


Figura 2. Modelos de Maxent para *Commelina benghalensis* calibrados en su región nativa (A) y de invasión (B) y proyectados a Norte y Centroamérica; notar el riesgo para México dentro de esta región. Los mapas de distribución geográfica potencial de la derecha indican las áreas con condiciones climáticas y topográficas adecuadas para el establecimiento de *Commelina benghalensis*. Los puntos rojos y azules representan la presencia de la especie en la región nativa e invadida respectivamente.

Rodríguez-Estrella, R., J.J. Pérez Navarro, A. Sánchez Velasco, Y. Sánchez Ferrer, C.J. Pérez Estrada, T. López Avendaño y A. Martínez Sarmiento. (2016). Análisis de riesgo de plantas exóticas con potencial invasor en México. Informe final entregado a la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad y al PNUD en el marco del proyecto GEF 0089333 "Aumentar las Capacidades Nacionales para el Manejo de las Especies Exóticas Invasoras (EEI) a través de la Implementación de la Estrategia Nacional de EEI". Grupo laboratorio Análisis Espacial, Ecología y Conservación, CIBNOR, La Paz, Baja California Sur, México. 375 pp. + 3 Anexos + 2 Apéndices.

4. Modelación de nicho climático de acuerdo con la etapa de invasión. Modelación recíproca en caso de que la especie esté establecida.

Las especies con áreas de distribución nativas muy posiblemente tienen nichos ecológicos diferenciados.

Si la especie invasora ya está establecida en la nueva región, modelar el nicho y proyectarlo a la región nativa para identificar la posible área de origen de los invasores.

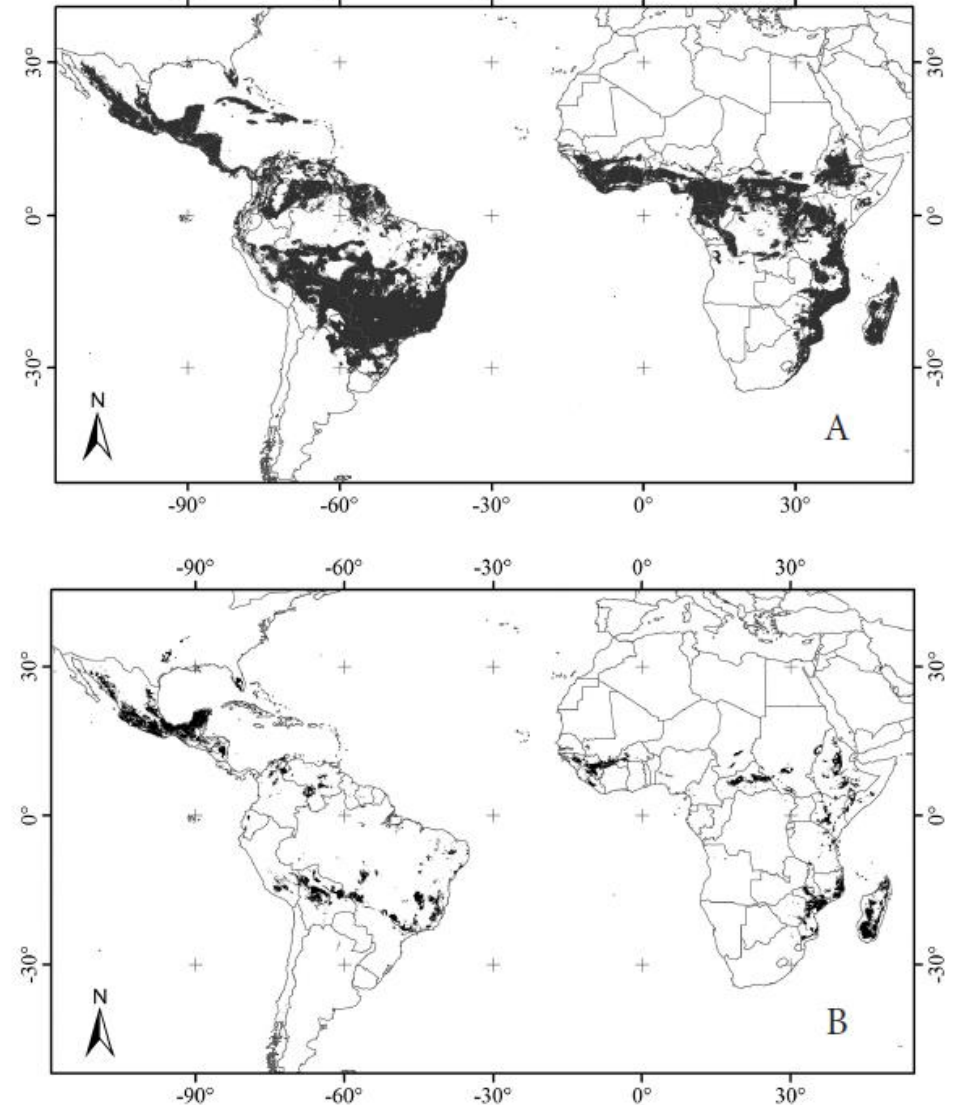


Fig 2. A) Ecological niche models of *Chromolaena odorata* performed with records from the Americas; B) with records only from Mexico.

4. Modelación de nicho climático de acuerdo con la etapa de invasión. Modelación recíproca en caso de que la especie esté establecida.

Las especies con áreas de distribución nativas muy posiblemente tienen nichos ecológicos diferenciados.

Si la especie invasora ya está establecida en la nueva región, modelar el nicho y proyectarlo a la región nativa para identificar la posible área de origen de los invasores.

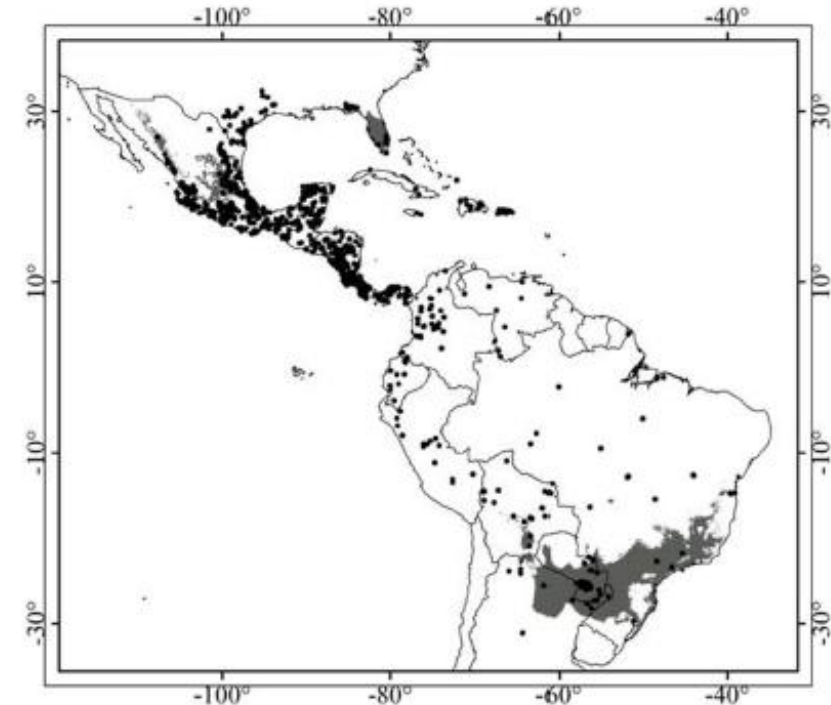


Fig. 4. Projection of suitable areas (shaded area) of *Chromolaena odorata* in America from the ENM obtained with South African data. Points indicate collecting localities.

4. Modelación de nicho climático de acuerdo con la etapa de invasión. Modelación recíproca en caso de que la especie esté establecida.

Las especies con áreas de distribución nativas muy posiblemente tienen nichos ecológicos diferenciados.

Si la especie invasora ya está establecida en la nueva región, modelar el nicho y proyectarlo a la región nativa para identificar la posible área de origen de los invasores.

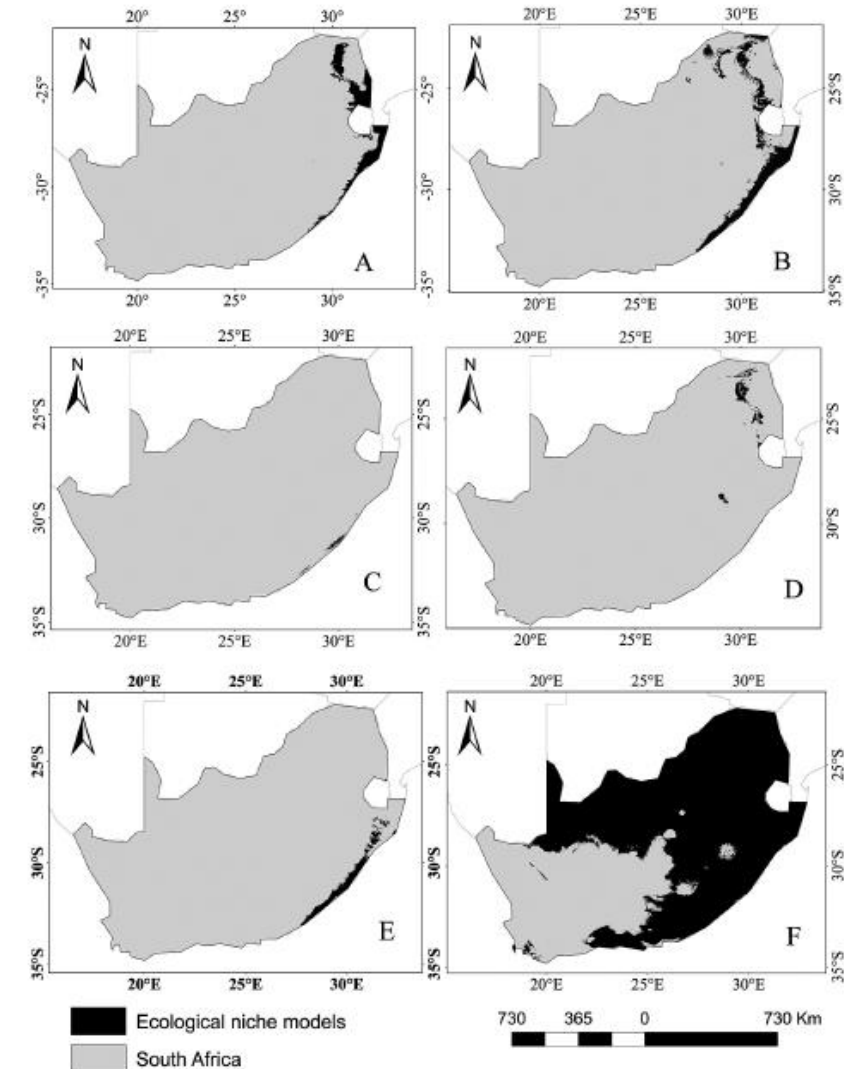


Fig. 3. A) Ecological niche models of *Chromolaena odorata* obtained with records from South Africa (see Fig. 1) B-F) Projections into South Africa of ENMs obtained with data of the Americas: B) Americas, C) Caribbean, D) Mexico, E) Central America, F) South America.

4. Modelación de nicho climático de acuerdo con la etapa de invasión. Modelación recíproca en caso de que la especie esté establecida.

Las especies con áreas de distribución nativas muy posiblemente tienen nichos ecológicos diferenciados.

Si la especie invasora ya está establecida en la nueva región, modelar el nicho y proyectarlo a la región nativa para identificar la posible área de origen de los invasores.

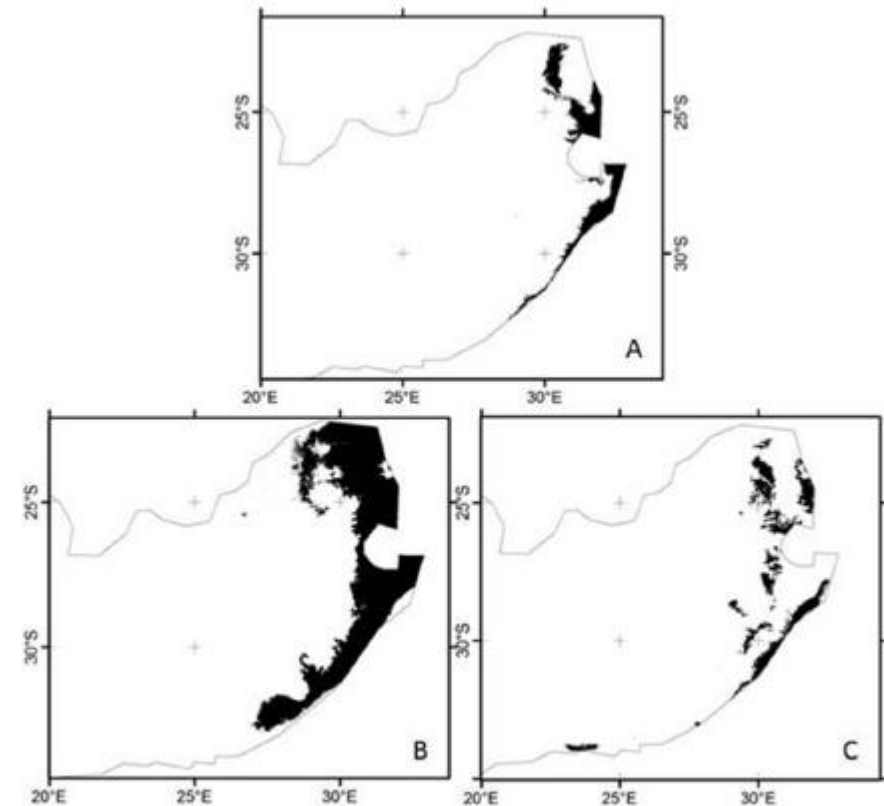
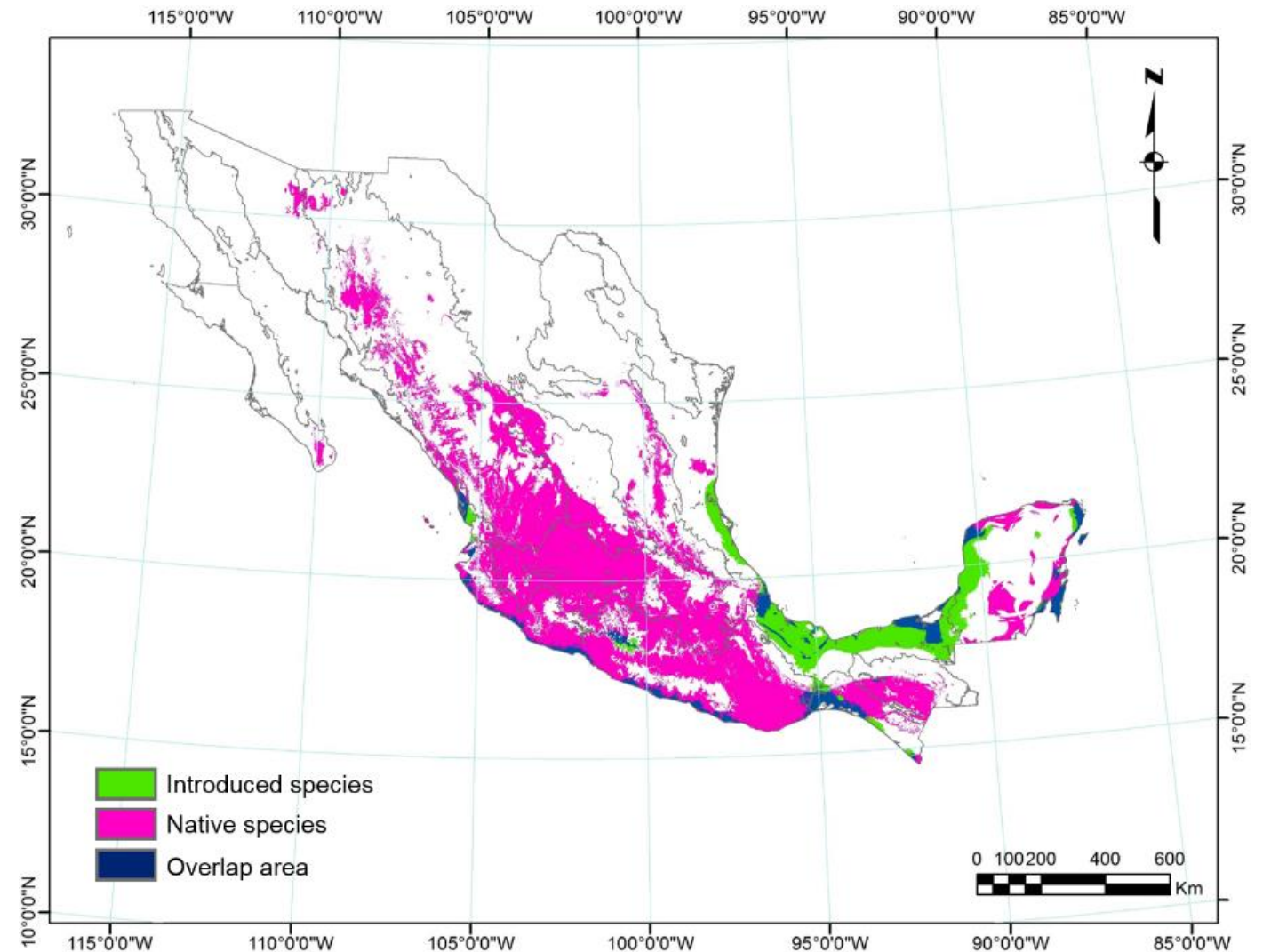


Fig 5. Potential distribution area of *Chromolaena odorata* in South Africa (see fig. 1) A) With data from South Africa, B) Projected from Mexican data C) Projected from South American data.

5. Modelación de distribución de los parientes nativos de la especie introducida ya establecida en el nuevo territorio.

La exclusión mutua en distribución potencial se cumplió en el 78% de los 26 pares de especies nativas y exóticas emparentadas a escala de género.

Judith Sánchez-Blanco J., Villaseñor Ríos J.L., Morales-Manilla L.M., Vega-Peña E.V., Espinosa-García, F.J. A macro-scale test of the Darwin Naturalization Hypothesis using climatic niche and potential distribution models of native and non-native congeneric pairs of plant species. En preparación.



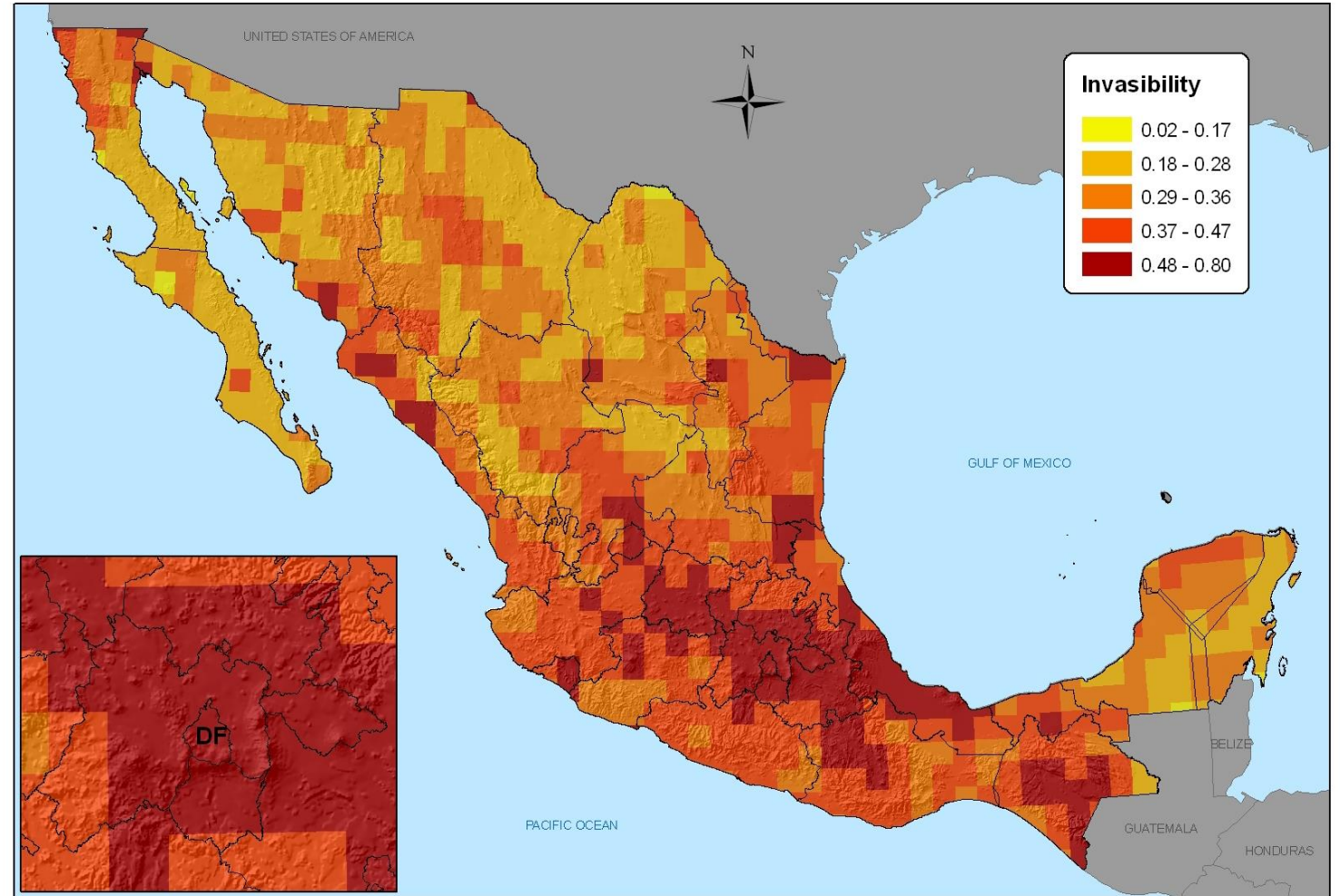
Distribución geográfica potencial con superposición geográfica de nicho climático entre ENMs de pares de especies no nativas y nativas. A) *Crotalaria retusa* (no nativa) y *C. pumila* (nativa), con muy baja similitud.

6. Modelación de nicho incluyendo una capa de grado de perturbación o de integridad ecosistémica.

La perturbación favorece el establecimiento y la diseminación de las especies exóticas.

Útil para identificar áreas a vigilar para una especie exótica

También podría usarse para recortar modelos de distribución potencial de especies exóticas.



J. M. Jeschke

29 hipótesis sobre invasiones biológicas

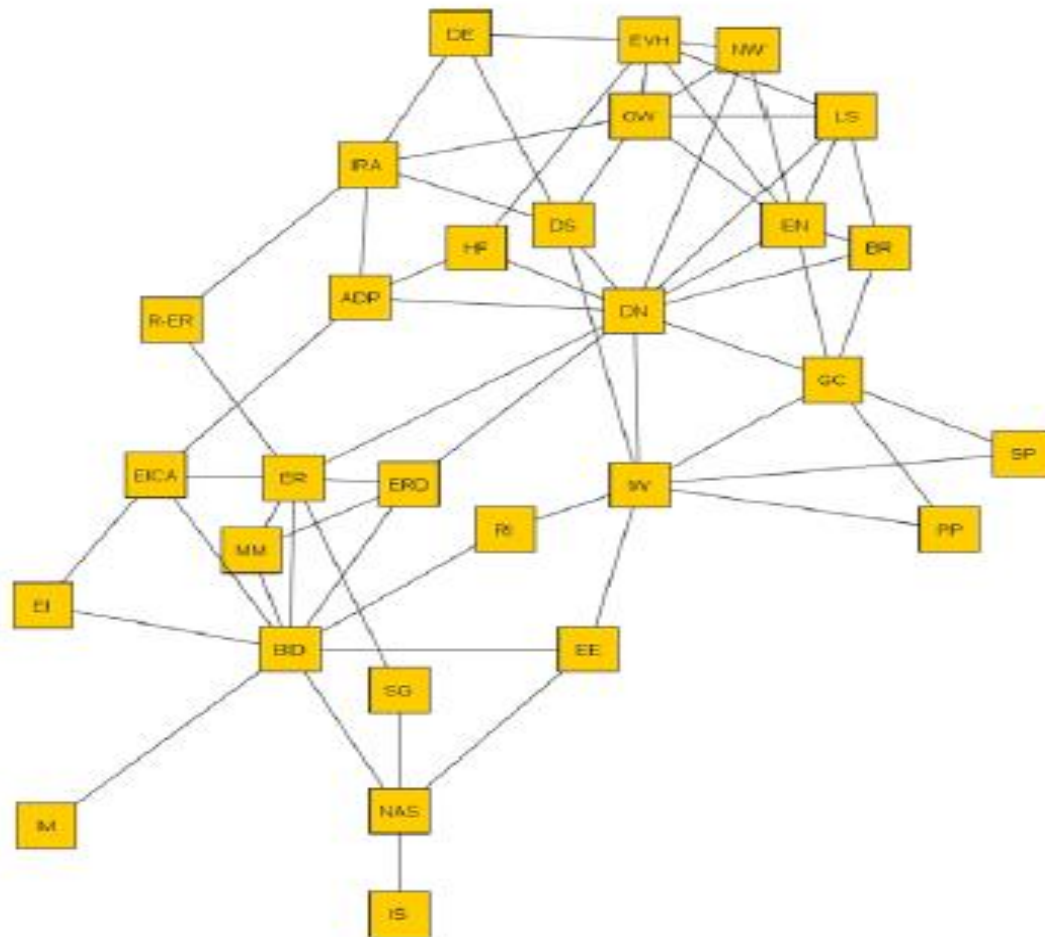
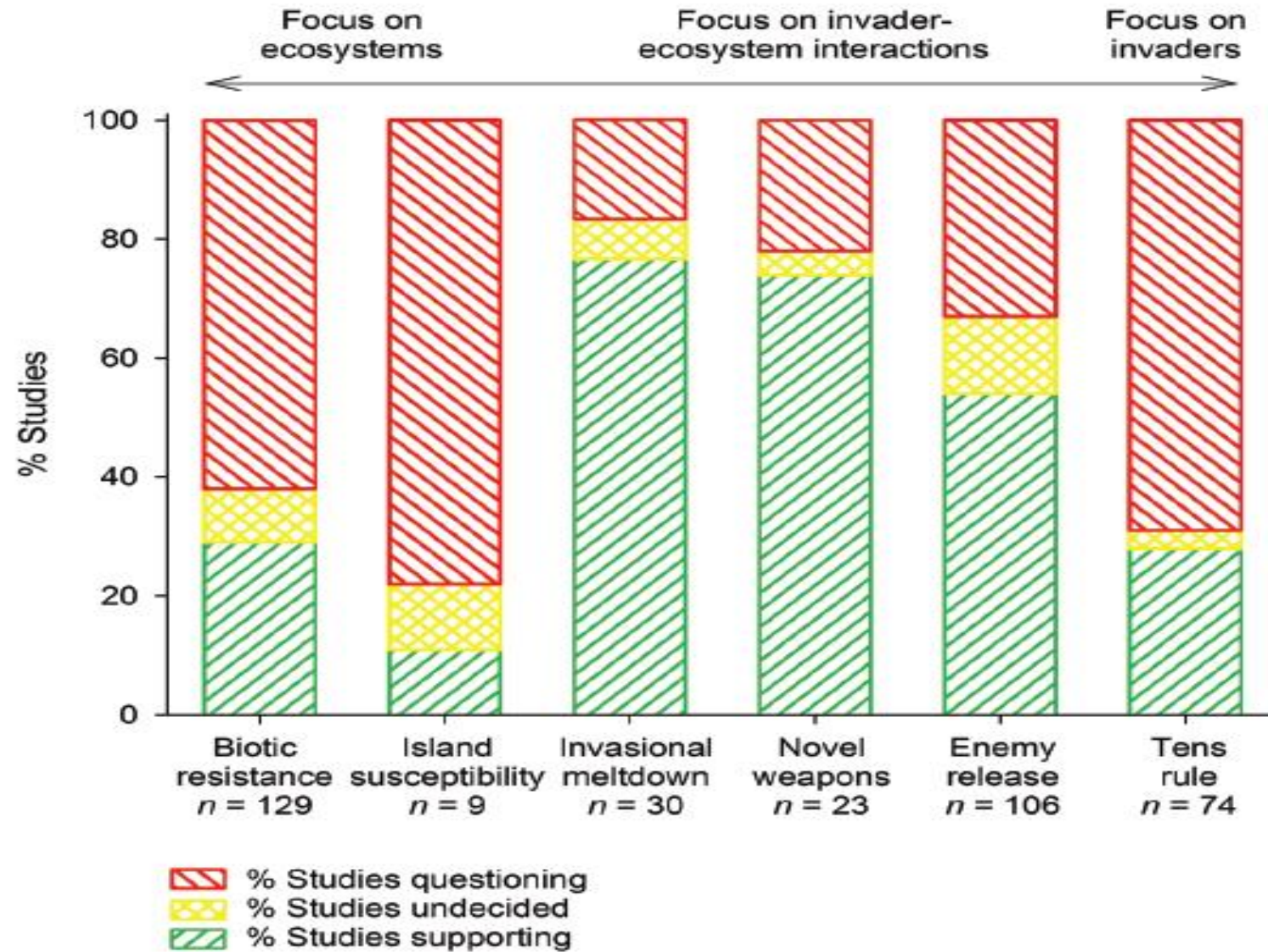


Figure 1 A network of 29 invasion hypotheses, constructed based on Table 2 in Catford *et al.* (2009) where information on similarities between these hypotheses is provided. The hypotheses are abbreviated as follows, using Catford *et al.*'s terminology: ADP: adaptation; BID: biotic indirect effects; BR: biotic resistance; DE: dynamic equilibrium; DN: naturalization; DS: disturbance; EE: enemy of my enemy; EI: enemy inversion; EICA: evolution of increased competitive ability; EN: empty niche; ER: enemy release; ERD: enemy reduction; EVH: environmental heterogeneity; GC: global competition; HF: habitat filtering; IM: invasional meltdown; IRA: increased resource availability; IS: increased susceptibility; IW: ideal weed; LS: limiting similarity; MM: missed mutualisms; NAS: new associations; NW: novel weapons; OW: opportunity windows; PP: propagule pressure; R-ER: resource-enemy release; RI: reckless invader; SG: specialist-generalist; and SP: sampling.



Moles et al., 2012

Figure 2. Overall level of empirical support for six of invasion biology's major hypotheses. Hypotheses focusing on ecosystems where invaders were introduced are on the left (biotic resistance, island susceptibility), the tens rule which focuses on the invaders themselves is on the right, and hypotheses considering invader-ecosystem interactions are in between (invasional meltdown, novel weapons, enemy release).

Los resultados de pruebas de hipótesis son idiosincráticas, esto es los resultados varían dependiendo del grupo taxonómico y/o ecológico al que pertenecen las especies invasoras.

Cuando se trata de la invadibilidad de los ecosistemas o de los impactos ecosistémicos de las especies invasoras, los resultados también son idiosincráticos y cambian con el tiempo.

El conocimiento **incompleto** del fenómeno de las invasiones bióticas y el **comportamiento idiosincrático** de los sistemas invadidos nos deja con estimaciones demasiado generales para el manejo de las malezas invasoras.

Nos fuerza a hacer ajustes de manera empírica.

¿Cómo anticipar la invadibilidad de los ecosistemas?

Modelar invasión hotspots presentes y bajo escenarios de cambio climático. Dos maneras:

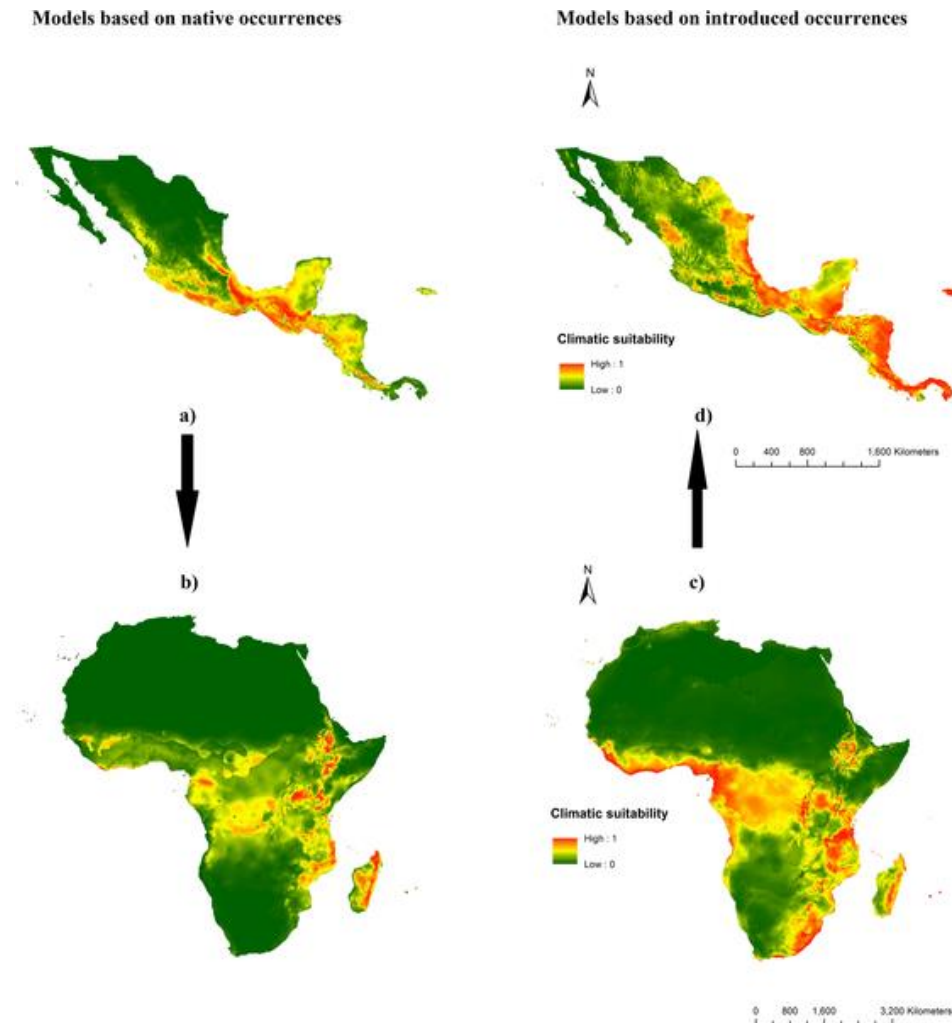
- a) manejar invadibilidad del territorio ayudado por análisis multivariado (del Val et al, 2015);
 - b) por concurrencia de altas probabilidades de incidencia de muchas especies invasoras ([O'Donnell et al. 2012](#), [Adhikari et al. 2015](#))
-

“Current invasions are the result of the interplay of *past* events and processes (Kueffer, [2010b](#); Pyšek *et al.*, [2010](#); Essl *et al.*, [2011](#)), and the justification for simply extrapolating into the future is questionable (Strayer *et al.*, [2006](#); Kueffer, [2010b](#)).

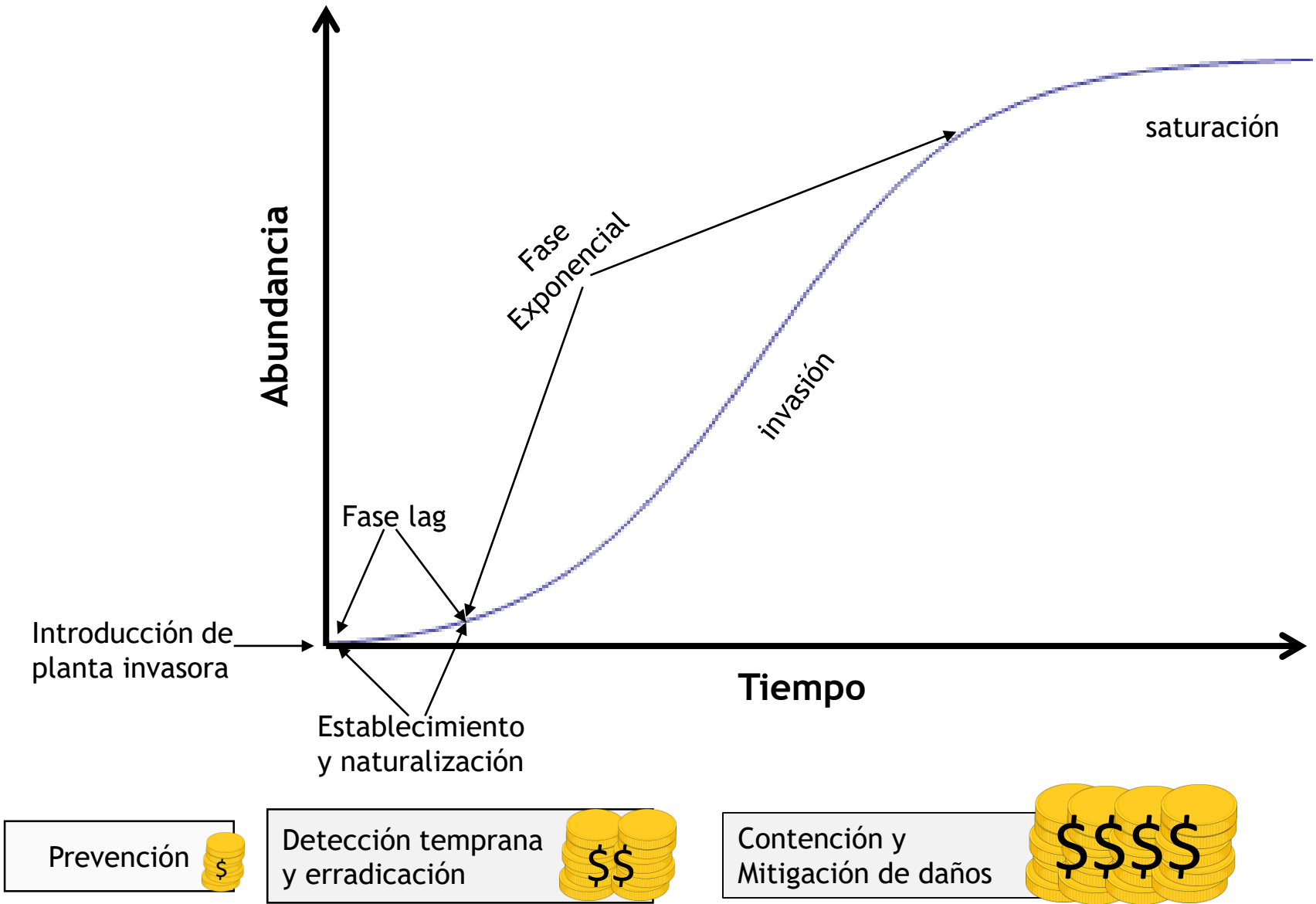
Resolving fundamental questions in invasion ecology relies on the accumulation of detailed information on invasions of particular species over many decades.

Such insights are indispensable for understanding, for example, why time lags are frequent but differ in length for different species/localities, or how invasion patterns change over longer time periods (Blossey, [1999](#); Strayer *et al.*, [2006](#); Lankau *et al.*, [2009](#)).”

Fig 3. Potential distribution of *T. diversifolia* based on current (1960–2000) data.



Obiakara MC, Fourcade Y (2018) Climatic niche and potential distribution of *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray in Africa. PLOS ONE 13(9): e0202421. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0202421>
<https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0202421>



Ejemplos de duración de la fase lag para plantas invasoras.

| | |
|--|--|
| <i>Bromus tectorum</i> en EUA | 20 años + 20 años de expansión logística (pasto) Mack, 1981 |
| <i>Hieracium pilosella</i> en Gran Bretaña | 50 años (hierba) Groves, 2006. |
| <i>Fallopia japonica</i> en Gran Bretaña | 54 años (hierba) Groves, 2006. |
| <i>Phellodendron amurense</i> en EUA | +100 años (árbol) Niémiera and Von Holle, 2007 |
| Árboles (promedio) | 170 años Kowarik, 1995 |
| Arbustos (promedio) | 131 años Kowarik, 1995 |



Figure 1
Increased Production Comes at a Price

Not to be Reproduced (1937) is a central work by the Belgian painter René Magritte (1898–1967). The demand for increased output or production from the scientific community has not only increased the number of publications but also, we suggest, reduced the overall degree of originality. This tension between truly producing a unique contribution and reproducing something allegedly unique is precisely captured in Magritte's painting. Image courtesy of Museum Boijmans Van Beuningen, Rotterdam. Photographer: Studio Tromp, Rotterdam.