

Informe final* del Proyecto RE001

Adaptación y evaluación de riesgo utilizando métodos estandarizados para especies de plantas exóticas invasoras en México*

Responsable: Dra. María del Carmen Mandujano
Institución: Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México
Dirección: Circuito Exterior s/n
Correo electrónico: mcmandu@miranda.ecologia.unam.mx
Teléfono/Fax: 55 5622 9003
Fecha de inicio: 30 de Agosto de 2019
Fecha de término: 1 de julio de 2021
Principales resultados: Base de datos, Informe final.
Forma de citar el informe final y otros resultados:** Mandujano, M. C, F. J. Golubov, S. I. Sifuentes, D. J. Salomé y C. A. Bayona. 2021. Adaptación y evaluación de riesgo utilizando métodos estandarizados para especies de plantas exóticas invasoras en México. Universidad nacional Autónoma de México. Instituto de Ecología. Informe Final. SNIB-CONABIO. Proyecto No. RE001. Ciudad de México

Resumen:

Las especies invasoras han cobrado especial interés a nivel mundial dados los costos estimados de impacto que han tenido. Parte de las estrategias que sigue un país debe de contemplar la prevención, la detección y el control, que pueden llevarse a cabo con herramientas como los análisis de riesgo (AR). Parte de los AR es la evaluación del riesgo (ER) que incluye identificar, caracterizar y cuantificar el riesgo. Debido a la imposibilidad de erradicar una especie exótica que se ha vuelto invasora, los costos de estas especies tienden a acumularse con el tiempo, por lo que las ER de especies exóticas invasoras (EEI) ofrecen beneficios ecológicos y económicos a largo plazo. México ha avanzado sustancialmente en generar una lista de especies exóticas invasoras que ha llevado a priorizar especies y ha permitido legislar en este campo. Sin embargo, se necesitan generar las evaluaciones de riesgo necesarias para priorizar a las EEI que se encuentran en México o que potencialmente puedan llegar al país. El proyecto pretende desarrollar un Protocolo de Análisis de Riesgo basado en el modelo Australiano de Evaluación de riesgo de malezas (Australian Weed Risk Assessment AWRA) adaptado para el caso de México, y evaluar con éste a 40 especies exóticas invasoras vegetales en México. Los resultados de las ER obtenidas se compararán con el desempeño del método de evaluación rápida de invasoras (MERI-CONABIO), así como con una selección de resultados de otros métodos ya publicados (Brasil, Hawaii (HEAR/PIER) y Weeds of the World). Lo anterior servirá para evaluar el valor predictivo y de asignación de riesgo de un sistema más completo (AWRA) contra un método de evaluación rápida. Se desarrollarán mapas digitales (capas de SIG) georreferenciados de la distribución de las especies mencionadas, relacionados con bases de datos de los factores que la definen, en plataformas abiertas, así como aplicaciones para visualizar y analizar dicha información en línea.

-
- * El presente documento no necesariamente contiene los principales resultados del proyecto correspondiente o la descripción de los mismos. Los proyectos apoyados por la CONABIO así como información adicional sobre ellos, pueden consultarse en www.conabio.gob.mx
 - ** El usuario tiene la obligación, de conformidad con el artículo 57 de la LFDA, de citar a los autores de obras individuales, así como a los compiladores. De manera que deberán citarse todos los responsables de los proyectos, que proveyeron datos, así como a la CONABIO como depositaria, compiladora y proveedora de la información. En su caso, el usuario deberá obtener del proveedor la información complementaria sobre la autoría específica de los datos.



Informe final:

Adaptación y evaluación de riesgo utilizando métodos estandarizados para especies de plantas exóticas invasoras en México.

Título: Adaptación y evaluación de riesgo utilizando métodos estandarizados para especies de plantas exóticas invasoras en México.

Autores: Jordan Golubov Figueroa, Sarah Irma Sifuentes de la Torre, Julieta Salomé Díaz, Armando Bayona Celis.

Área objeto del informe:

Fecha de inicio y terminación del proyecto:

Resumen:

Modo de citar

Acrónimos

AWRA. Australian Weed Risk Assessment (Sistema Australiano de Evaluación de Riesgo de Malezas)

CBIF. Canadian Biodiversity Information Facility

CNRF. Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria

CONABIO. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad

DAISIE. Delivering Alien Invasive Species in Europe

EEl. Especies exóticas invasoras

ER. Evaluación de riesgo

GDAL. Geospatial Data Abstraction Library

GIS. Geographic Information System

INEGI. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática

IPANE. Invasive Plant Atlas of New England

MERI. Método de Evaluación Rápida de Invasividad

PFAF. Plants for a Future

SACIM. Sistema Automático de Captura de Información sobre Malezas

SAGARPA. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural

SAPIA. Southern African Plant Invaders Atlas

SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales

SENASICA. Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria

SIEI. Sistema de Información sobre Especies Invasoras

UTM. Universal Transverse Mercator

USDA. United States Department of Agriculture

1. Introducción

La evaluación del riesgo (ER) de una especie exótica invasora (EEI) es un subconjunto del análisis de riesgo, que principalmente identifica, caracteriza y cuantifica el riesgo. La ER de cualquier EEI es en principio un método que pretende anticipar y minimizar los efectos adversos de la liberación (accidental o intencional, Hulme *et al.*, 2008) y puede ser usado como insumo para prevenir y priorizar a las EEI. Medir el riesgo de una EEI es por lo tanto una herramienta para la toma de decisiones y se ha vuelto una herramienta esencial por los costos asociados a las EEI (Westphal *et al.*, 2007). Evaluar el riesgo de una EEI depende de dos componentes: el riesgo de que exista una invasión en un lugar y tiempo específicos, y el impacto que genera dicha invasión. La probabilidad de que ocurra el evento se puede medir de diversas maneras, sin embargo, generalmente incluyen componentes de similitud climática (climate matching, Soberón *et al.*, 2001), componentes propios de las especies invasoras (plasticidad fenotípica, dispersión, tipos de reproducción; Richards *et al.*, 2006), especies asociadas y características de los ecosistemas invadidos (Pysek *et al.*, 2012).

Dentro de los diversos sistemas de evaluación de riesgo, el sistema australiano (AWRA) es una de las herramientas de detección más ampliamente utilizadas por su facilidad de implementación y su alto grado de certeza para identificar EEI de alto riesgo. Por estas razones el AWRA se ha implementado en varios países con algunas modificaciones menores (Daehler *et al.*, 2004, Koop *et al.*, 2012). Para México, no tenemos una buena herramienta de evaluación de riesgo para plantas que se haya probado y validado. Lo más reciente en México es el método desarrollado por Golubov *et al.* (2014) quienes usan un modelo multicriterio para asignar un valor de riesgo a partir de la información contenida en las preguntas del método de evaluación rápida de invasoras (MERI, Barrios-Caballero *et al.*, 2014). Sin embargo, es un método general que deja de lado algunas de las características vegetales que pueden incrementar el riesgo, por ejemplo, diferentes tipos de reproducción, la posibilidad de generar bancos de semillas, requerimientos climáticos, plasticidad fenotípica, entre otros. Las evaluaciones de riesgos son de gran importancia debido a que pueden ser utilizadas como insumo para la toma de decisiones, sin embargo, es necesario realizarlas con un método estandarizado y adecuado a las condiciones nacionales. El modelo australiano está en vías de adecuarse a un contexto nacional (Golubov y Sifuentes de la Torre en revisión) pero aún no se ha probado su facilidad ni su estandarización con el modelo general de riesgo (MERI) desarrollado por CONABIO.

Aunado a el propio riesgo inherente, el manejo de las EEI conlleva necesariamente un componente espacial en la planeación. Sin duda, los atlas de EEI han sido un elemento fundamental por ser colecciones de presencia y en ocasiones abundancia de especies (Robertson *et al.*, 2010). Los datos recabados en los atlas ayudan a la planeación del control de especies invasoras, ya que pueden determinar la extensión geográfica y las exigencias ecológicas de estas especies, proyectar su posible dispersión y proporcionar una alerta temprana de nuevos focos de propagación o focos de reincidencia. Por lo anterior, estos trabajos representan una herramienta importante en la planeación de estrategias de control para EEI, así como en el monitoreo de las acciones de control que se estén implementando sobre las EEI (Henderson, 2011). Además, los atlas de EEI pueden ayudar a hacer estimaciones de la abundancia relativa de especies, prominencia de una especie,

alcance geográfico de la invasión; así como comparaciones entre áreas geográficas, grupos taxonómicos, grupos funcionales o con la categorización de interés del estudio (Henderson, 2007) De la misma manera, son una herramienta útil en la priorización de acciones contra las invasiones, ayudan a transmitir información concreta y clara a tomadores de decisiones y público en general y abonan a la identificación de lagunas de conocimiento (Ramsey *et al.*, 2015).

2. Objetivos

1) adaptar herramientas de análisis de riesgo para plantas exóticas invasoras para mejorar las capacidades de México en el tema de invasiones biológicas; 2) contar con un formato Excel sobre el protocolo de análisis de riesgo de malezas para México basado en el método desarrollado por Pheloung *et al.* (1999), para análisis de riesgo de plantas en Australia; 3) desarrollo de fichas de evaluación de riesgo para 15 especies de plantas utilizando el AWRA adecuado para México. Además, se entregará la base de datos correspondiente en formato Excel con los resultados y documentación asociada a cada especie. La hoja de Excel tendrá los resultados numéricos para cada pregunta del sistema de evaluación. La base de datos tendrá asociada la información en formato pdf (portable document format) cuando sea posible; 4) generar la base de datos de atributos geográficos y no geográficos con la cual se realizará el atlas de especies invasoras para Querétaro.

3. Evaluación de riesgo para 40 especies de plantas utilizando el AWRA adecuado para México

Se evaluaron 40 especies empleando el AWRA (Pheloung *et al.*, 1999) modificado para México. El 100 % obtuvo un valor >6, calificación que resulta en una decisión de rechazo debido a sus características y posibles impactos documentados (Tabla 1). Las puntuaciones variaron entre 9 y 33, siendo las más altas *Commelina benghalensis* (33), *Eleusine indica* (31) y *Asphodelus fistulosus* (30). De estas, 33 especies afectan al sector ambiental, 5 especies el sector agrícola y 2 especies ambos sectores. Se contó con la suficiente información disponible para responder el número mínimo de preguntas por sección. Se respondieron entre 21 y 45 preguntas en cada evaluación de riesgo.

Tabla 1. Resultado de las evaluaciones de riesgo para 40 especies de plantas exóticas.

Familia	Especie	Valor de riesgo	Puntuación total	Preguntas contestadas
Apiaceae	<i>Aethusa cynapium</i>	Rechazar	18	34
Apocynaceae	<i>Asclepias syriaca</i>	Rechazar	20	43
Asphodelaceae	<i>Asphodelus fistulosus</i>	Rechazar	30	39
Asteraceae	<i>Tripleurospermum inodorum</i>	Rechazar	18	40
Asteraceae	<i>Sonchus arvensis</i>	Rechazar	21	43
Asteraceae	<i>Iva xanthiifolia</i>	Rechazar	16	33
Asteraceae	<i>Helianthus tuberosus</i>	Rechazar	14	41
Asteraceae	<i>Cirsium arvense</i>	Rechazar	24	45
Asteraceae	<i>Carduus acanthoides</i>	Rechazar	21	41

Asteraceae	<i>Anthemis arvensis</i>	Rechazar	18	38
Asteraceae	<i>Acanthospermum hispidum</i>	Rechazar	28	43
Boraginaceae	<i>Echium plantagineum</i>	Rechazar	21	41
Caryophyllaceae	<i>Agrostemma githago</i>	Rechazar	11	37
Commelinaceae	<i>Commelina benghalensis</i>	Rechazar	33	43
Crassulaceae	<i>Kalanchoe pinnata</i>	Rechazar	23	29
Crassulaceae	<i>Kalanchoe daigremontiana</i>	Rechazar	20	30
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia helioscopia</i>	Rechazar	16	36
Fabaceae	<i>Alhagi maurorum</i>	Rechazar	29	41
Geraniaceae	<i>Geranium dissectum</i>	Rechazar	18	37
Lamiaceae	<i>Galeopsis tetrahit</i>	Rechazar	18	40
Lamiaceae	<i>Galeopsis speciosa</i>	Rechazar	24	30
Malvaceae	<i>Abutilon theophrasti</i>	Rechazar	16	43
Papaveraceae	<i>Fumaria officinalis</i>	Rechazar	19	36
Plantaginaceae	<i>Veronica hederifolia</i>	Rechazar	13	34
Plantaginaceae	<i>Linaria vulgaris</i>	Rechazar	25	45
Poaceae	<i>Paspalum conjugatum</i>	Rechazar	20	32
Poaceae	<i>Eleusine multiflora</i>	Rechazar	12	21
Poaceae	<i>Eleusine indica</i>	Rechazar	31	38
Poaceae	<i>Echinochloa crus-galli</i>	Rechazar	29	35
Poaceae	<i>Panicum máximum</i>	Rechazar	27	37
Poaceae	<i>Pennisetum purpureum</i>	Rechazar	28	36
Poaceae	<i>Lolium rigidum</i>	Rechazar	21	37
Poaceae	<i>Bromus sterilis</i>	Rechazar	16	37
Poaceae	<i>Avena sterilis</i>	Rechazar	20	38
Poaceae	<i>Apera spica-venti</i>	Rechazar	15	40
Poaceae	<i>Aegilops cylindrica</i>	Rechazar	28	44
Polygonaceae	<i>Fallopia convolvulus</i>	Rechazar	20	39
Polygonaceae	<i>Fagopyrum tataricum</i>	Rechazar	9	36
Rubiaceae	<i>Galium tricornis</i>	Rechazar	24	35
Violaceae	<i>Viola arvensis</i>	Rechazar	15	34

3.1 Mapas de distribución potencial

Para la elaboración de los mapas de distribución potencial (criterios 2.01 y 2.02) se empleó el programa WALLACE (v1.0.6) en R (Kass *et al.*, 2017), el cual implementa análisis para el nicho de especies/modelado de distribución mediante la estimación de la respuesta de una especie al medio, además puede usarse para inferir (o hipotizar) intervalos geográficos, idoneidad ambiental en un paisaje o requisitos de nicho (Franklin, 2010; Peterson *et al.*, 2011).

Los datos de presencia de las especies de interés se obtuvieron de las bases de datos mundiales de las 40 especies del portal Global Biodiversity Information Facility (GBIF, 2018). La descarga de los datos mundiales se realizó mediante los paquetes rgbif y gbif_issues en ambiente R (Chamberlain *et al.*, 2019). Para la limpieza de datos se emplearon los parámetros bri, ccm, cdc, conti, cddiv, cdout, cdrep, cdrepf, cdreps, cdround, cuadmis, cudc, cuiv, cum, depmms, depnn, depnmet, depunl,

elmms, elnn, elnmet, elunl, gass84, gdativ, iddativ, iddatunl, mdativ, mdatunl, muldativ, muluriiv, preneglat, preneglon, preswcd, rdativ, rdatm, rdatunl, refuriiv, txmatfuz, txmathi, txmatnon, typstativ, zerocd (Tabla 2), y el parámetro unique (Becker *et al.*, 1988) para eliminar duplicados.

Para generar los modelos se emplearon las 19 variables ambientales de WorldClim (WorldClim, 2016) con una resolución espacial de 10 arcos de minuto (aproximadamente 20 km) (Tabla 3). Debido a que la mayoría de las especies no se encuentran reportadas en México, se tuvieron que usar coberturas mundiales.

Para generar los mapas se utilizó el modelado de la distribución geográfica de las especies con base a la máxima entropía MaxEnt (Phillips *et al.*, 2006) dentro de WALLACE, con una partición de datos del 50 % (entrenamiento y validación), usando k-means en dos grupos con clamping y valores default para el modelado. Se usaron modelos lineales y cuadráticos, y las predicciones de idoneidad del mejor modelo se extrapolaron al polígono del territorio nacional para generar los mapas finales, los cuales fueron analizados y editados con el programa QGIS (QGis, 2016).

El índice de similitud en este trabajo se simboliza de la siguiente manera: valor = 0 “similitud nula”, de 0.01 a 0.199 como “similitud baja”, de 0.2 a 0.4 como “similitud intermedia” y de 0.5 a 1 como “similitud alta”.

Tabla 2. Problemas asociados a la base de datos

Código	Parámetro	Código	Parámetro
bri	Basis of record invalid	elunl	Elevation unlikely
ccm	Continent country	gass 84	Geodetic datum assumed WGS 84
cdc	Continent derived from coordinates	gdativ	Geodetic datum invalid
conti	Continent invalid	iddativ	Identified date invalid
cdiv	Coordinate invalid	iddatunl	Identified date unlikely
cdout	Coordinate out of range	mdativ	Modified date invalid
cdrep	Coordinate reprojected	mdatunl	Modified date unlikely
cdrepf	Coordinate reprojection failed	muldativ	Multimedia date invalid
cdreps	Coordinate reprojection suspicious	muluriiv	Multimedia uri invalid
round	Coordinate rounded	preneglat	Presumed negated latitude
cucdmis	Country coordinate mismatch	preneglon	Presumed negated longitude
cudc	Country derived from coordinates	preswcd	Presumed swapped coordinate
cuiv	Country invalid	rdativ	Recorded date invalid
cum	Country mismatch	rdatm	Recorded date mismatch
depmmms	Depth min max swapped	rdatunl	Recorded date unlikely
depnn	Depth nonnumeric	refuriiv	Reference uri invalid
depnmet	Depth not metric	txmatfuz	Taxon match fuzzy
depunl	Depth unlikely	txmathi	Taxon match higherrank
elmms	Elevation min max swapped	txmatnon	Taxon match none
elnn	Elevation nonnumeric	typstativ	Type status invalid

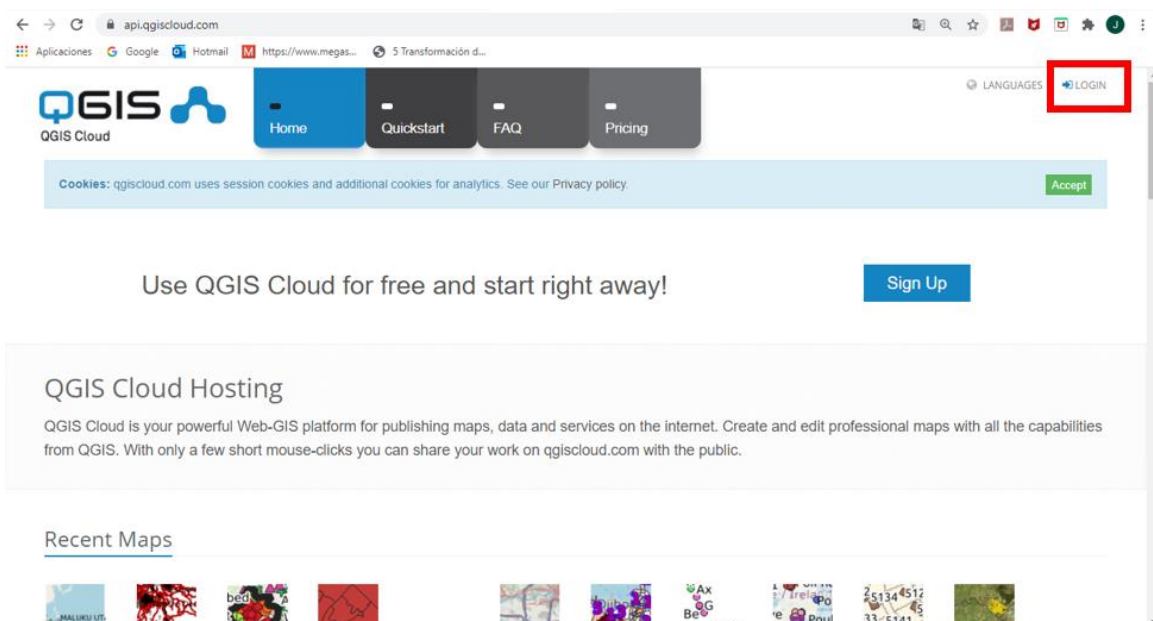
elnmet	Elevation nonmetric	zerocd	Zero coordinate
--------	---------------------	--------	-----------------

Tabla 3. Capas bioclimáticas de WordClim

Código	Variable
1 Bio01	Annual mean temperature
2 Bio02	Mean diurnal range
3 Bio03	Isothermality
4 Bio04	Temperature seasonality
5 Bio05	Max temperature of warmest month
6 Bio06	Min temperature of coldest month
7 Bio07	Temperature annual range
8 Bio08	Mean temperature of wettest quarter
9 Bio09	Mean temperature of driest quarter
10 Bio10	Mean temperature of warmest quarter
11 Bio11	Mean temperature of coldest quarter
12 Bio12	Annual precipitation
13 Bio13	Precipitation of wettest month
14 Bio14	Precipitation of driest month
15 Bio15	Precipitation seasonality
16 Bio16	Precipitation of wettest quarter
17 Bio17	Precipitation of driest quarter
18 Bio18	Precipitation of warmest quarter
19 Bio19	Precipitation of coldest quarter

4. Método y herramientas GIS para la generación del ATLAS de las especies invasoras para Querétaro

Para ingresar al recurso electrónico sobre el Atlas de especies invasoras para Querétaro se debe de ingresar a la página de internet <https://api.qgiscloud.com/> y dar clic en la opción LOGIN (iniciar sesión).

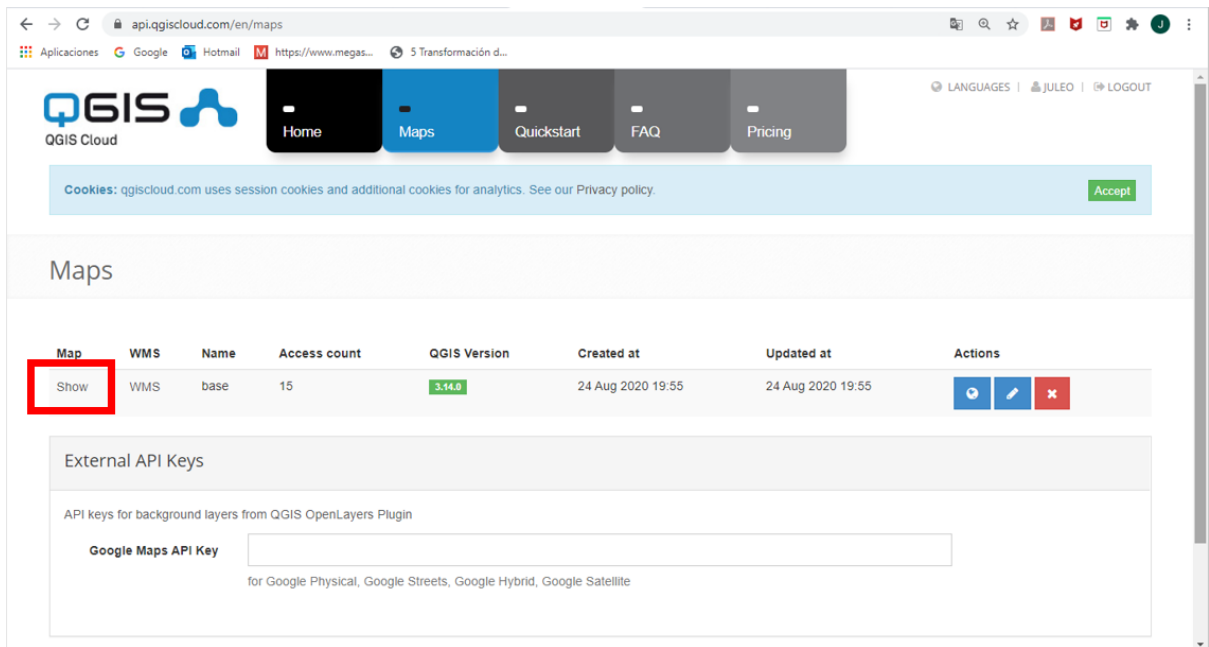


Use la siguiente información para iniciar sesión:

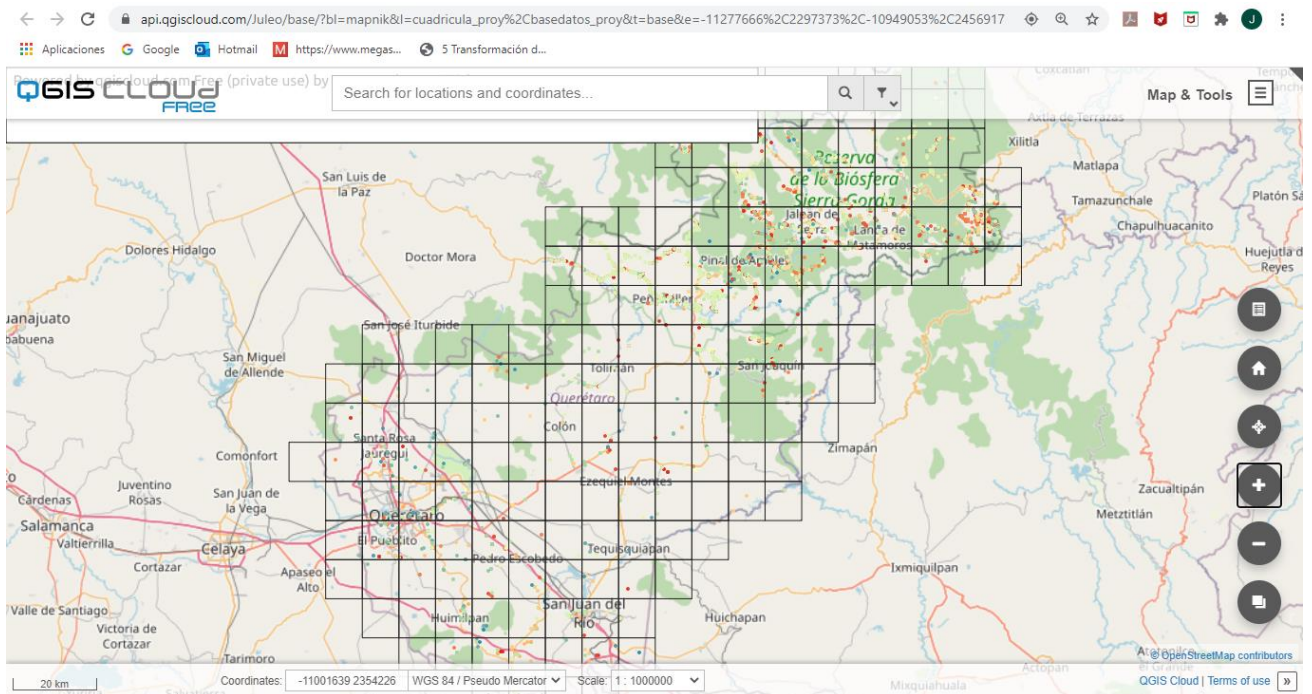
Usuario: Juleo

Contraseña: juleo_28052008

Una vez iniciada la sesión, acceda a la pestaña Maps, la cual le mostrará la siguiente página, de click en Show (mostrar):

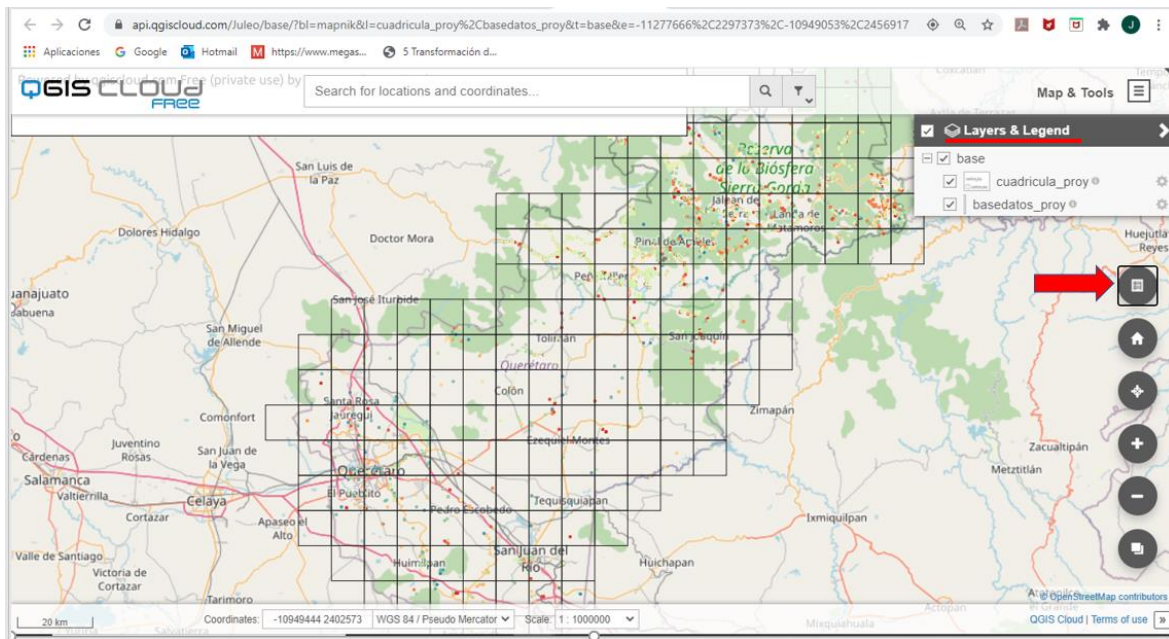


El paso anterior le abrirá la siguiente página:

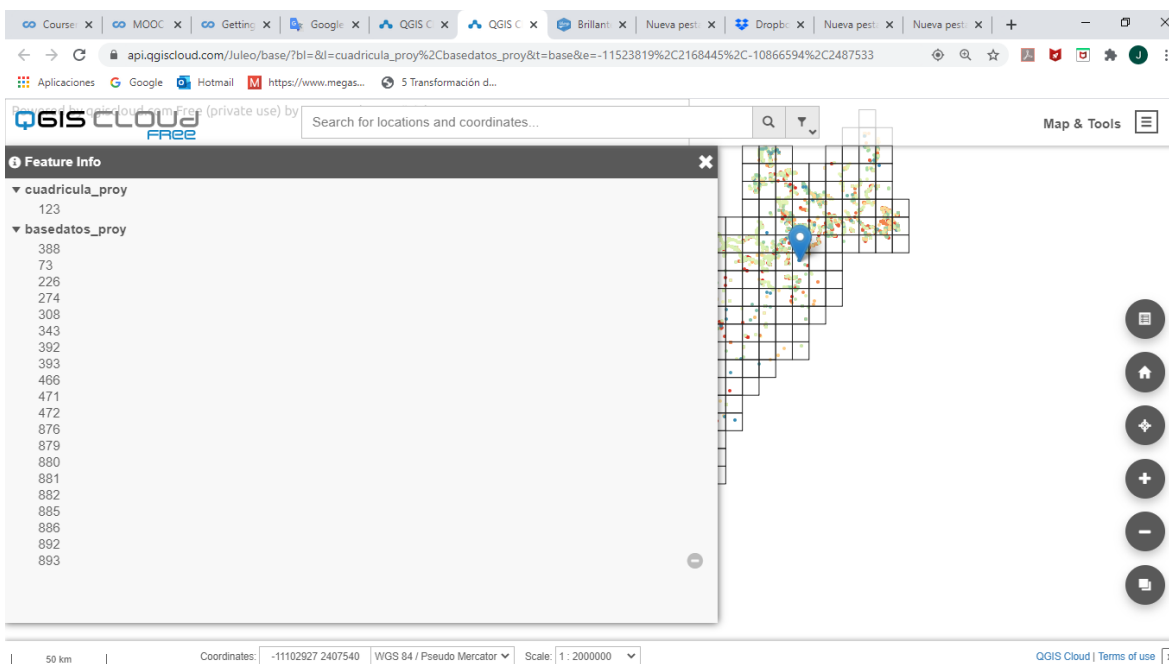


Este mapa consta de dos capas vectoriales, una rejilla con cuartos de 5 × 5 minutos (cuadrícula_proxy) y una capa de puntos, en la que cada punto corresponde a un registro georreferenciado de una especie exótica. Estas capas se pueden desactivar o volver a activar

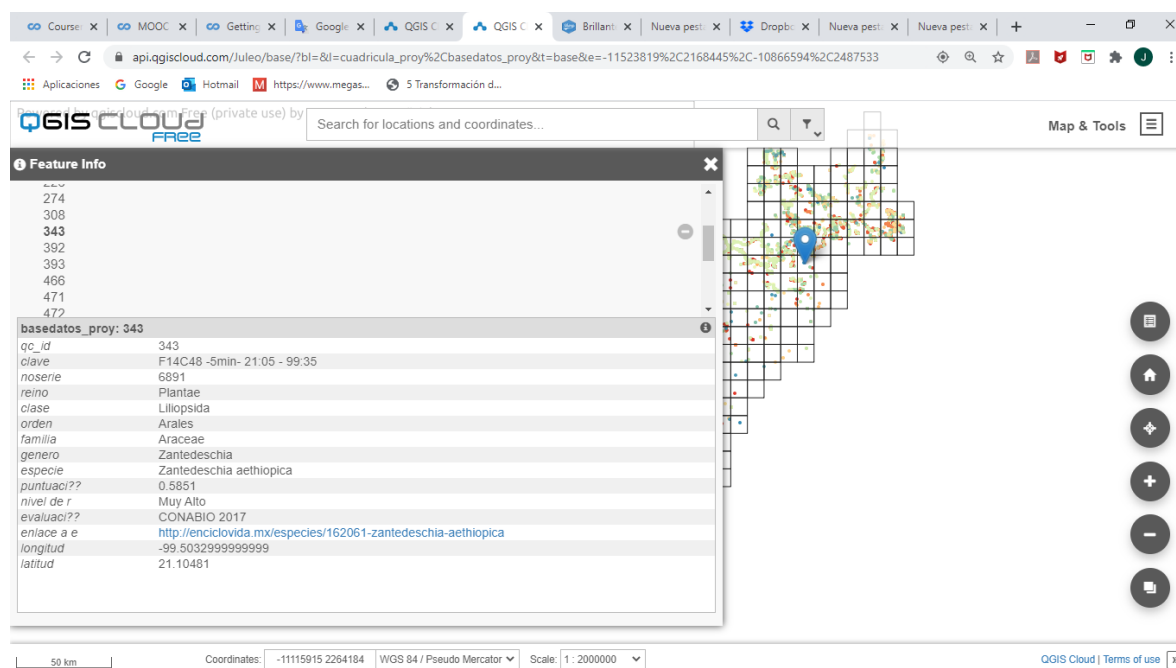
marcando la casilla correspondiente a cada una en el menú “Layers & Legends” que se despliega haciendo click en la primera opción del menú de la derecha:



El mapa que se muestra se puede explorar a mayor detalle al modificar el zoom. Al dar click sobre uno de los cuadros del mapa, cuando la imagen es pequeña, se despliega una ventana con la información sobre todos los puntos contenido en el cuadro:



Y cada punto preovee información sobre el registro específico:



Al darle mayor zoom, y hacer click sobre un punto, se mostrará sólo la información para el punto en esepecífico.

5. Análisis de acuerdos para comprar los métodos de evaluación.

La kappa de Cohen (1960) es usado para medir el grado de acuerdo entre dos evaluaciones o métodos que se comparan en una escala categórica. El proceso de medir que tanto asignan el mismo valor dos evaluaciones se denomina la confianza inter-evaluación (o evaluador). Se utiliza la kappa de Cohen porque elimina la posibilidad de acuerdo entre dos evaluadores que sucede por azar. Los valores de kappa varían entre -1 (no hay acuerdo) hasta +1 (acuerdo perfecto) y cuando los valores son negativos son grado de cuardo es menor al esperado por azar y si es positivo es un acuerdo que excede la posibilidad de acuerdo por azar.

Utilizamos los siguientes criterios para poder comparar entre evaluaciones (Tabla 4).

Tabla 4. Comparación del resultado del Método de Evaluación Rápida de Invasividad (MERI) con los resultados del sistema de evaluación de riesgo de malezas propuesto

Método de Evaluación Rápida de Invasividad (MERI) propuesto por CONABIO (Barrios-Caballero <i>et al.</i> , 2014)	Sistema Automático de Captura de Información sobre Malezas (SACIM) propuesto por Golubov y Sifuentes de la Torre (en revisión)
--	--

Muy alto	Rechazar
Muy alto	
Medio	Evaluar
Bajo	Aceptar

Dado que hay pocas evaluaciones MERI de las especies comprendidas en este proyecto, es imposible hacer una comparación con el SACIM por ahora. Sin embargo, en cuanto se tengan más evaluaciones tipo MERI el análisis (no comprometidos en el proyecto) se pueden susutituir lo valores y se obtendría el nivel de acuerdo entre las evaluaciones y su intervalo de confianza (95%).

Utilizando R (R development Core Team) y el paquete “vcd” y valores de calificación como ejemplo y tendríamos:

		Evaluación MERI	
		Muy Alto y Alto	Medio
SACIM	Rechaza	25	10
	Requiere Evaluación	15	20

Los comandos en R (**en negrita**) serían los siguientes:

tabla <- as.table(rbind(c(25, 10), c(15,20))) ##Se declara ta tabla de valores

re.kappa <-Kappa(tabla,weights = "Equal-Spacing") ## El análisis. Es necesario usar el peso porque son variables ordinales

re.kappa

	Valor de Kappa	ASE	z	Pr(> z)
Unweighted	0.2857	0.1134	2.52	0.01173
Weighted	0.2857	0.1134	2.52	0.01173

confint(re.kappa)

Kappa	IC	upr

Unweighted	0.06352154	0.507907
Weighted	0.06352154	0.507907

Esto indica que habría acuerdo entre las dos evaluaciones. Ahora. La interpretación del estadístico es como sigue:

Valores de kappa mayores a 0.75 representan muy buen acuerdo entre las evaluaciones, valores entre 0.4 y 0.75 hay acuerdos moderados y valores por debajo de 0.4 hay poco acuerdo marginalmente diferente del azar. Esto quiere decir que con los datos que tenemos habría poco acuerdo entre los dos sistemas de evaluación.

6. Documentación de productos cartográficos entregados

Se entregaron 40 datos geospaciales que corresponden a los 40 mapas de distribución potencial, y 2 shapefile que corresponden al límite estatal de Querétaro y una rejilla con cuadros 5 x 5 minutos que regionaliza al estado ya mencionado (Tabla 5).

Tabla 5. Relación de los productos entregados

Nombre del producto comprometido en los Términos de referencia	Nombre del dato geoespacial Shapefile o Grid	Nombre del dato geoespacial en los metadatos	Especie (si son modelos de distribución potencial)
Distribución potencial Abutilon theophrasti	ATH001DPMGW	Abutilon theophrasti. Distribución potencial	Abutilon theophrasti
Distribución potencial Acanthospermum hispidum	AHI001DPMGW	Acanthospermum hispidum. Distribución potencial	Acanthospermum hispidum
Distribución potencial Aegilops cylindrica	ACY001DPMGW	Aegilops cylindrica. Distribución potencial	Aegilops cylindrica
Distribución potencial Aethusa cynapium	ACYN001DPMGW	Aethusa cynapium. Distribución potencial	Aethusa cynapium
Distribución potencial Agrostemma githago	AGI001DPMGW	Agrostemma githago. Distribución potencial	Agrostemma githago
Distribución potencial Alhagi maurorum	AMA001DPMGW	Alhagi maurorum. Distribución potencial	Alhagi maurorum
Distribución potencial Anthemis arvensis	AAR001DPMGW	Anthemis arvensis. Distribución potencial	Anthemis arvensis
Distribución potencial Apera spica-venti	ASP001DPMGW	Apera spica-venti. Distribución potencial	Apera spica-venti

Distribución potencial <i>Asclepias syriaca</i>	ASY001DPMGW	<i>Asclepias syriaca</i> . Distribución potencial	<i>Asclepias syriaca</i>
Distribución potencial <i>Asphodelus fistulosus</i>	AFI001DPMGW	<i>Asphodelus fistulosus</i> . Distribución potencial	<i>Asphodelus fistulosus</i>
Distribución potencial <i>Avena sterilis</i>	AST001DPMGW	<i>Avena sterilis</i> . Distribución potencial	<i>Avena sterilis</i>
Distribución potencial <i>Bromus sterilis</i>	BST001DPMGW	<i>Bromus sterilis</i> . Distribución potencial	<i>Bromus sterilis</i>
Distribución potencial <i>Carduus acanthoides</i>	CAC001DPMGW	<i>Carduus acanthoides</i> . Distribución potencial	<i>Carduus acanthoides</i>
Distribución potencial <i>Cirsium arvense</i>	CAR001DPMGW	<i>Cirsium arvense</i> . Distribución potencial	<i>Cirsium arvense</i>
Distribución potencial <i>Commelina benghalensis</i>	CBE001DPMGW	<i>Commelina benghalensis</i> . Distribución potencial	<i>Commelina benghalensis</i>
Distribución potencial <i>Echinochloa crus-galli</i>	ECR001DPMGW	<i>Echinochloa crus-galli</i> . Distribución potencial	<i>Echinochloa crus-galli</i>
Distribución potencial <i>Echium plantagineum</i>	EPL001DPMGW	<i>Echium plantagineum</i> . Distribución potencial	<i>Echium plantagineum</i>
Distribución potencial <i>Eleusine indica</i>	EIN001DPMGW	<i>Eleusine indica</i> . Distribución potencial	<i>Eleusine indica</i>
Distribución potencial <i>Eleusine multiflora</i>	EMU001DPMGW	<i>Eleusine multiflora</i> . Distribución potencial	<i>Eleusine multiflora</i>
Distribución potencial <i>Euphorbia helioscopia</i>	EHE001DPMGW	<i>Euphorbia helioscopia</i> . Distribución potencial	<i>Euphorbia helioscopia</i>
Distribución potencial <i>Fagopyrum tataricum</i>	FTA001DPMGW	<i>Fagopyrum tataricum</i> . Distribución potencial	<i>Fagopyrum tataricum</i>
Distribución potencial <i>Fallopia convolvulus</i>	FCO001DPMGW	<i>Fallopia convolvulus</i> . Distribución potencial	<i>Fallopia convolvulus</i>
Distribución potencial <i>Fumaria officinalis</i>	FOF001DPMGW	<i>Fumaria officinalis</i> . Distribución potencial	<i>Fumaria officinalis</i>
Distribución potencial <i>Galeopsis speciosa</i>	GSP001DPMGW	<i>Galeopsis speciosa</i> . Distribución potencial	<i>Galeopsis speciosa</i>
Distribución potencial <i>Galeopsis tetrahit</i>	GTE001DPMGW	<i>Galeopsis tetrahit</i> . Distribución potencial	<i>Galeopsis tetrahit</i>
Distribución potencial <i>Galium tricarne</i>	GTR001DPMGW	<i>Galium tricarne</i> . Distribución potencial	<i>Galium tricarne</i>
Distribución potencial <i>Geranium dissectum</i>	GDI001DPMGW	<i>Geranium dissectum</i> . Distribución potencial	<i>Geranium dissectum</i>
Distribución potencial <i>Helianthus tuberosus</i>	HTU001DPMGW	<i>Helianthus tuberosus</i> . Distribución potencial	<i>Helianthus tuberosus</i>

Distribución potencial Iva xanthifolia	IXA001DPMGW	Iva xanthifolia. Distribución potencial	Iva xanthifolia
Distribución potencial Kalanchoe daigremontiana	KDA001DPMGW	Kalanchoe daigremontiana. Distribución potencial	Kalanchoe daigremontiana
Distribución potencial Kalanchoe pinnata	KPI001DPMGW	Kalanchoe pinnata. Distribución potencial	Kalanchoe pinnata
Distribución potencial Linaria vulgaris	LVU001DPMGW	Linaria vulgaris. Distribución potencial	Linaria vulgaris
Distribución potencial Lolium rigidum	LRI001DPMGW	Lolium rigidum. Distribución potencial	Lolium rigidum
Distribución potencial Panicum maximum	PMA001DPMGW	Panicum maximum. Distribución potencial	Panicum maximum
Distribución potencial Paspalum conjugatum	PCO001DPMGW	Paspalum conjugatum. Distribución potencial	Paspalum conjugatum
Distribución potencial Pennisetum purpureum	PPU001DPMGW	Pennisetum purpureum. Distribución potencial	Pennisetum purpureum
Distribución potencial Sonchus arvensis	SAR001DPMGW	Sonchus arvensis. Distribución potencial	Sonchus arvensis
Distribución potencial Tripleurospermum inodorum	TIN001DPMGW	Tripleurospermum inodorum. Distribución potencial	Tripleurospermum inodorum
Distribución potencial Veronica hederifolia	VHE001DPMGW	Veronica hederifolia. Distribución potencial	Veronica hederifolia
Distribución potencial Viola arvensis	VAR001DPMGW	Viola arvensis. Distribución potencial	Viola arvensis
Queretaro. Límite estatal	001LEGW.shp	Queretaro. Límite estatal	No aplica
Rejilla 5x5	001REGW.shp	Rejilla con cuadros 5 × 5 minutos. Regionalización de Querétaro	No aplica

7. Indicadores de éxito

Se cumplió con el 100% de los productos comprometidos para el primer informe. A continuación, se muestran los archivos que se comprometieron en la firma del proyecto, y el avance que se entrega en este informe final.

Indicadores de progreso de éxito en el primer informe del proyecto.

	Indicadores de progreso o de éxito			
	Resultado/informe	Avance o producto comprometido para el informe final	Avance o producto entregado en el informe final	Porcentaje de cumplimiento
1	Formato Excel del protocolo de Análisis de Riesgo para especies de plantas invasoras para México basado en el WRA Australiano de Pheloung <i>et al.</i> , 1999			100 %
2	Evaluaciones de riesgo de 40 especies usando el sistema de evaluación de riesgo adaptado para México a partir del sistema australiano de evaluación de riesgo de malezas (AWRA)			100 %
3	Capas y archivos generados de la distribución de 40 especies, más las de factores ambientales y condiciones naturales, así como las que muestren la distribución de los resultados de los análisis de riesgo en el espacio	40 especies	40 fichas	100 %
4	Sitio web en el que residan las capas de la distribución de 40 especies, más las de factores ambientales y condiciones naturales, así como las que muestren la distribución de los resultados de los análisis de riesgo en el espacio			100%
5	Documentación y análisis con la evaluación del valor predictivo y de asignación de riesgo del AWRA contra el Método de Evaluación Rápida de Invasividad (MERI)			

6	Informe con métodos y herramientas GIS para la generación del ATLAS de las spp invasoras para Querétaro	60 % avance	100 % avance	100 %
---	--	-------------	--------------	-------

Referencias bibliográficas

Barrios Caballero, Y., Born-Schmidt, G., González-Martínez, A. I., Koleff Osorio, P. & Mendoza Alfaro, R. 2014. Avances en el desarrollo de criterios para definir y priorizar las especies invasoras, en R. Mendoza y P. Koleff (coords.), *Especies acuáticas invasoras en México*. Comisión Nacional Para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México pp. 113-121.

Becker, R.A., Chambers, J.M. & Wilks, A.R. 1988. The New S Language. Wadsworth & Brooks/Cole. Disponible en: <https://www.rdocumentation.org/packages/base/versions/3.6.1/topics/unique>

Chamberlain, S., Barve, V., Desmet, P., Geffert, L., Mcglinn, D., Oldoni, D. & Ram, K. 2019. Package “rgbif”. Disponible en: <https://cran.r-project.org/web/packages/rgbif/index.html>

Cohen, J. 1960. A Coefficient of Agreement for Nominal Scales. *Educational and Psychological Measurement* 20: 37–46.

Daehler, C. C., Denslow, J. S., Ansari, S. & Huang-Chi, K. 2004. A risk assessment system for screening out invasive pest plants from Hawaii and other pacific islands. *Conservation Biology*, 18: 360-368.

Fleiss, J. L., Cohen, J. 1973. The Equivalence of Weighted Kappa and the Intraclass Correlation Coefficient as Measures of Reliability. *Educational and Psychological Measurement* 33: 613–19.

Franklin, J. 2010. Mapping species distributions: Spatial inference and prediction. New York, NY: Cambridge University Press.

GBIF. 2018. Global Biodiversity Information Facility. Disponible en: <https://www.gbif.org>

Golubov, J., Golubov, J., Mandujano, M. C., Guerrero-Eloisa, S., Mendoza, R., Koleff, P., González, A. I., Barrios, Y. y Born-Schmidt, G. 2014. Análisis multicriterio para ponderar el riesgo de las especies invasoras. En Mendoza, R. y (coords.), P. K., editores, *Especies acuáticas invasoras en México*, pp. 123–133. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.

Henderson, L. 2007. Invasive, naturalized and casual alien plants in southern Africa: a summary based on the Southern African Plant Invaders Atlas (SAPIA). *Bothalia*, 37: 215-248.

Henderson, L. 2011. Mapping of invasive alien plants: the contribution of the Southern African Plant Invaders Atlas (SAPIA) to biological weed control. *African Entomology*, 19: 498-503.

Hulme, P. E., Bacher, S., Klotz, K. S., Minchin, K., Nentwig, W., Olenin, S., Panov, V., Pergl, J., Pysek, P., Roques, A., Sol, D., Solarz, W., & Vilà, M. 2008. Grasping at the routes of biological invasions: a framework for integrating pathways into policy. *Journal of Applied Ecology* 45: 403-414

- Kass, J.M., Vilela, B., Aiello-Lammens, M.E., Muscarella, R., Merow, C. & Anderson, R.P.** 2017. Wallace: a flexible platform for reproducible modeling of species niches and distributions built for community expansion. *Methods in Ecology and Evolution*, 9:1151–1156.
- Koop, A.L., Fowler, A., Newton, L.P. & Caton, B.P.** 2012. Development and validation of a weed screening tool for the United States. *Biological Invasions*, 14:273-294.
- Ramsey, J.M., Peterson, A.T., Carmona-Castro, O., Moo-Llanes, D.A., Nakazawa, Y., Butrick, M. et al.** 2015. Atlas of Mexican Triatominae (Reduviidae: Hemiptera) and vector transmission of Chagas disease. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, 110: 339-352.
- Richards, C.L., Bossdorf, O., Muth, N.Z., Gurevitch, J & Pigliucci, M.** 2006. Jack of all trades, master of some? On the role of phenotypic plasticity in plant invasions. *Ecology Letters* 9, 981-993.
- Robertson, M.P., Cumming, G.S. & Erasmus B.F.N.** 2010. Getting the most out of atlas data. *Diversity and Distributions*, 16: 363-375.
- Peterson, A.T., Soberón, J., Pearson, R.G., Anderson, R.P., Martínez-Meyer, E., Nakamura, M. & Araújo, M.B.** 2011. *Ecological niches and geographic distributions*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Pheloung, P. C., Williams, P. A. & Halloy, S. R.** 1999. A weed risk assessment model for use as biosecurity tool evaluating plant introductions. *Journal of Environmental Management* 57, 239-251
- Phillips, S.J., Anderson, R.P. & Schapire, R.E.** 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*, 190:231–259.
- Pysek, P. Jarosik, V., Hume, P. E., Pergl, J., Hejda, M., Schaffner, V. & Vilà, M.** 2012. A global assessment of alpine invasive plant impacts on resident species, communities and ecosystems: the interaction of impact measures, invading species traits and environment. *Global Change Biology* 18: 1725-1737.
- QGIS.** 2016. Quantum gis geographic information system 2.18.10 Las Palmas. Open source geospatial Foundation project, 45. Disponible en: <http://download.osgeo.org/qgis/win32/QGISOSGeo4W-2.18.10-1-Setup-x86.exe>.
- Soberón, J., Golubov, J., & Sarukhán, J.** 2001. Economic importance of *Opuntia* and the routes of invasion of *Cactoblastis cactorum*. *Florida Entomologist* 84: 486-492.
- Westphal, M. I., Browne, M., McKinnon, K. & Noble, I.** 2007. The link between international trade and the global distribution of invasive alien species. *Biological Invasions* 10: 391-398.
- WorldClim.** 2016. WorldClim-Global Climate Data. Disponible en: <http://worldclim.org/version2>