



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN**

---

---

**Uso de modelos de nicho ecológico en la  
evaluación de riesgo de maleza *Phalaris  
brachystachys* Link en México**

**TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE**

**INGENIERO AGRÍCOLA**

**PRESENTA**

**SAUL ALEJANDRO DIEZ DE SOLLANO HERNÁNDEZ**

**DIRECTOR DE TESIS**

**DRA. GLORIA DE LOS ÁNGELES ZITA PADILLA**

**CUAUTITLÁN IZCALLI, ESTADO DE MÉXICO, 2017**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## **AGRADECIMIENTOS**

Me gustaría que estas líneas sirvieran para expresar mi más profundo y sincero agradecimiento a todas aquellas personas que con su ayuda han colaborado en la realización del presente trabajo, en especial al M.C Enrique Ortiz Bermúdez y al Dr. José Luis Villaseñor del Instituto de Biología de la UNAM, por la orientación, el seguimiento y la supervisión en la realización de los modelos de nicho ecológico, que fueron el eje central de la presente investigación.

Especial reconocimiento merece por la asesoría de mi trabajo y las sugerencias recibidas de la profesora y amiga Dra. Gloria de los Angeles Zita Padilla, con la que me encuentro en deuda por el ánimo infundido y la confianza en mí depositada. También me gustaría agradecer la ayuda recibida por el proyecto PAPIME llamado “Mejoramiento de la enseñanza de las Ciencias Agronómicas mediante materiales editoriales y colecciones biológicas y virtuales”, con clave de proyecto “PE214416”.

Quisiera hacer extensiva mi gratitud a mi familia por el apoyo brindado para la realización de mis estudios, en especial a mi madre Laura Hernández Ayala. También quiero dar las gracias a Paulina Fernández Sánchez por el apoyo, comprensión y amor brindado durante todos estos años.

Un agradecimiento muy especial merece la comprensión, paciencia y el ánimo recibidos de mi familia y amigos.

A todos ellos, muchas gracias.

# CONTENIDO

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1.	Objetivo general .....	4
1.1.1.	Objetivos específicos.....	4
1.2.	Hipótesis.....	4
II.	MARCO TEÓRICO .....	5
2.1.	Definición e importancia de las malezas en la agricultura.....	5
2.1.1.	Métodos de control de las malezas .....	7
2.2.	Malezas reglamentadas .....	8
2.3.	Malezas reglamentadas en México .....	8
2.4.	Importancia económica del género <i>Phalaris</i> en la Agricultura .....	9
2.4.1.	Importancia económica internacional del género <i>Phalaris</i> como cultivo .....	10
2.4.2.	Importancia económica nacional del género <i>Phalaris</i> como cultivo.....	11
2.4.3.	Importancia económica del género <i>Phalaris</i> como maleza .....	12
2.5.	Especies del género <i>Phalaris</i> presentes en México .....	12
2.6.	Descripción botánica de <i>Phalaris brachystachys</i> Link.....	14
2.6.1.	Sinonimia de <i>Phalaris brachystachys</i> .....	14
2.7.	Evaluación de riesgos de la maleza <i>Phalaris brachystachys</i> según FAO.....	15
2.8.	Generalidades de la modelación de nicho ecológico .....	15

2.9.	Importancia de la modelación de nicho ecológico y su uso para especies exóticas	18
III.	METODOLOGÍA.....	19
3.1.	Obtención y homogenización de información .....	19
3.2.	Distribución geográfica conocida y evaluación de riesgos de la maleza exótica <i>P. brachystachys</i> .....	20
3.3.	Generación de los modelos de nicho ecológico .....	21
IV.	RESULTADOS .....	26
4.1.	Registros de presencia de la especie <i>Phalaris brachystachys</i> .....	26
4.2.	Imágenes de ejemplar de herbario de la especie <i>Phalaris brachystachys</i> .....	27
4.3.	Evaluación de riesgo de la especie <i>Phalaris brachystachys</i> .....	29
4.4.	Fiabilidad de los modelos de nicho ecológico y variables con mayor contribución	30
4.5.	Proyección de la distribución de <i>P. brachystachys</i> del Mediterráneo a México....	31
4.6.	Proyección de la distribución de <i>P. brachystachys</i> de California a México.....	35
4.7.	Proyección de la distribución de <i>P. brachystachys</i> del Bajío a México y posible origen del propágulo .....	37
V.	DISCUSIÓN .....	41
5.1.	Importancia de <i>P. brachystachys</i> como maleza en su evaluación de riesgo .....	41
5.2.	Factores ambientales para el establecimiento de <i>P. brachystachys</i> .....	42
5.3.	Establecimiento potencial de la maleza <i>P. brachystachys</i> del Mediterráneo hacia México.....	44

5.4. Establecimiento potencial de la maleza <i>P. brachystachys</i> de California hacia México.....	45
5.5. Establecimiento potencial de la maleza <i>P. brachystachys</i> de Bajío hacia México y probable origen del propágulo .....	47
VI. CONCLUSIONES .....	49
VII. Bibliografía .....	51

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Razones por las cuales llamar “maleza” a una planta.....	6
Tabla 2. Malezas del género <i>Phalaris</i> en México 2012.....	13
Tabla 3. Preguntas para la evaluación de riesgo de la maleza. ....	21
Tabla 4. Variables ambientales de Worldclim.....	22
Tabla 5. Evaluación de riesgo de <i>P. brachystachys</i> .....	29
Tabla 6. Valores de área bajo la curva y umbral de corte de los modelos de distribución de la especie <i>Phalaris brachystachys</i> Link.....	30
Tabla 7. Variables con mayor contribución en los modelos de distribución potencial iniciales para la especie <i>P. brachystachys</i> (%) .....	30

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distribución mundial del genero <i>Phalaris</i> L (GBIF, 2016). .....	10
Figura 2. Promedio de producción de alpiste en Canadá (FAO, 2014). .....	11
Figura 3. Promedio de producción de alpiste en México (SIAP, 2015). .....	11
Figura 4. Modelo “BAM” de distribución de una especie (Peterson <i>et al.</i> , 2011). .....	16
Figura 5. Ecorregiones seleccionadas para el entrenamiento de los modelos y puntos de presencia de <i>P. brachystachys</i> . A. Ecorregion California. B. Ecorregion Bajío. C. Ecorregion Mediterráneo. ....	24
Figura 6. <i>Phalaris brachystachys</i> Link. Ejemplar de herbario (MEXU, 2016).....	27
Figura 7. <i>Phalaris brachystachys</i> . .....	28
Figura 8. <i>Phalaris brachystachys</i> . .....	28
Figura 9. Distribución conocida de <i>P. brachystachys</i> en la cuenca mediterránea.....	32
Figura 10. Modelación de la distribución potencial de <i>P. brachystachys</i> en la cuenca mediterránea.....	33
Figura 11. Proyección de la distribución potencial de <i>P. brachystachys</i> desde la cuenca Mediterránea hacia México .....	34
Figura 12. Modelación de la distribución potencial de <i>P. brachystachys</i> en California y su proyección hacia México .....	36
Figura 13. Proyección de la distribución potencial de <i>P. brachystachys</i> del Bajío hacia México .....	38
Figura 14. Proyección recíproca con los registros del Bajío para determinar las zonas potenciales de origen del propágulo de <i>P. brachystachys</i> .....	39



## RESUMEN

Uno de las mayores limitantes en la producción agrícola lo constituyen las malezas. Evitar el establecimiento y la dispersión de las malas hierbas mediante barreras legales, análisis de riesgo y en general medidas preventivas, son por demás aconsejables. Los modelos de nicho ecológico generados a partir de los sistemas de información geográfica han demostrado ser una herramienta tecnológica útil para analizar los patrones de presencia de especies plaga.

El presente trabajo tiene como objetivo determinar, la distribución geográfica conocida y potencial de la maleza exótica *Phalaris brachystachys* Link, para evaluar el riesgo de su establecimiento en México; teniendo como hipótesis de trabajo que si la maleza exótica *Phalaris brachystachys* es originaria de la cuenca mediterránea, entonces su probabilidad de establecimiento en México será dentro de las zonas que presenten características climáticas de ámbito mediterráneo. La metodología empleada para la realización del presente trabajo consto de tres pasos: 1) Recopilación, depuración y homogenización de información proveniente de bases de datos mundiales en donde ha sido reportada la especie 2) modelos de distribución real de la especie de estudio y 3) modelos de distribución potencial de la especie. En todos los modelos se tienen consideradas inicialmente 19 variables ambientales como predictoras potenciales de la distribución de *P. brachystachys* y como medida de fiabilidad el AUC (área bajo la curva) para calcular el error y la veracidad de los modelos. Los resultados arrojaron una baja probabilidad de establecimiento del Mediterráneo a México, sin embargo, los registros encontrados en California proyectaron un alto y mediano riesgo de establecimiento en los estados de Sonora y Baja California. En cuanto a la evaluación de riesgo realizada siguiendo la metodología de la FAO, ésta arrojó un resultado que rebasa los factores de riesgo de una maleza, lo cual indica que *P. brachystachys* debe ser considerada como una maleza de alto riesgo tanto de establecimiento como de diseminación. En conclusión todos los modelos de *P. brachystachys* son considerados de buena veracidad y los estados con mayor riesgo de establecimientos son aquellos ubicados en el noroeste del país.

## I. INTRODUCCIÓN

La maleza *P. brachystachys* Link objeto de esta investigación, es originaria de la cuenca mediterránea y tiene una distribución muy amplia dentro de dicha área, principalmente en sur de Europa es donde se reporta una maleza de importancia económica. También cuenta con registros en áreas de California, Estados Unidos y Australia, donde fue introducida (Baldini, 1995).

*P. brachystachys* es una de las malezas más importantes y problemáticas dentro de los climas de tipo mediterráneo, como los encontrados en países como India y Estados Unidos (California) (Gonzalez *et al.*, 2005). También es una mala hierba abundante en el sur de España; y representa la mayor problemática para el cultivo de cereales de invierno. Gonzalez y Saavedra (2003) han reportado su presencia en un 17% de los campos de cultivo de cereales de invierno.

Esta maleza genera pérdidas económicas en los campos donde se cultivan principalmente trigo y cebada (Jimenez, 1993). Se ha encontrado que una alta infestación de *P. brachystachys* puede reducir de 40% a 60% el rendimiento de cultivos como cebada y trigo (Cudney y Hill, 1979).

Gonzalez *et al.* (2005) reportan para *P. brachystachys* un promedio de capacidad de emergencia de 16.7 plántulas por metro cuadrado, a partir de 64 semillas sembradas por metro cuadrado en un campo de trigo; un porcentaje de supervivencia del 30 % y un promedio de 6.26 panículas por planta; y un promedio de 190 semillas por panícula (Afentouli y Eleftherohorinos, 1996).

En el Bajío Mexicano y más específicamente en el estado de Guanajuato las malezas causan pérdidas de rendimiento en cultivos como trigo y cebada, que van desde el 30% al 60% y su control que normalmente se realiza de manera química, lo que representa entre 12% y el 15% del costo total del cultivo (Medina y Arevalo, 2000).

Los reportes de *P. brachystachys*, *P. minor* Retz y *P. paradoxa* L. dentro del Bajío Guanajuatense, son considerados biotipos presuntamente resistentes a la aplicación de

herbicidas. Además de considerarlas como las malezas más importantes en el cultivo de trigo. Para su control se recomienda un esquema de manejo integrado (CESAVEG, 2007).

El daño que generan estas especies en la producción de trigo y cebada, es limitación del crecimiento del cultivo, debido a la competencia que se genera por agua, luz, espacio y nutrientes. Igualmente comprometen la calidad del grano disminuyendo su pureza al momento de la cosecha y por ende perjudicando su precio dentro del mercado.

A nivel internacional, la FAO considera que las tres principales vías de entrada de una maleza a un país es la importación de productos comerciales contaminados, tales como semillas para la siembra o para el consumo humano o animal (FAO, 2005). El proceso de evaluación de riesgos de la maleza es un método que sirve para identificar la potencialidad de una especie malezoide para convertirse en una plaga de importancia. Sin embargo para el manejo y prevención de establecimiento una especie invasora se debe considerar el rango o estado de proceso de invasión en el cual se encuentra la especie (Blackburn *et al.*, (s/f)).

Los modelos de nicho ecológico o de distribución potencial, generados a partir de sistemas de información geográfica han demostrado ser una herramienta tecnológica útil para analizar los patrones de presencia de especies plaga. La aplicación de los modelos de nicho ecológico, es muy numerosa. Por ejemplo, han sido aplicados para determinar la distribución potencial de comunidades de especies en riesgo (Mateo *et al.*, 2011). Otra aplicación ha sido el estudio del riesgo asociado a las especies exóticas (Kolar y Lodge, 2002; Peterson y Dawson, 2003). Actualmente se han desarrollado estrategias para trabajar con especies de plantas exóticas, las cuales utilizan como herramienta los modelos de nicho ecológico, que estiman la distribución geográfica potencial de las especies e incluyen aquellas que no son nativas (Suarez *et al.*, 2016).

La distribución potencial de una especie invasora puede ser representada a través de un mapa de riesgo, en el cual se refleja la naturaleza propia de la especie invasora. Por lo tanto en el mapa de riesgo se tiene que mostrar geográficamente la distribución potencial de la especie invasora. Lo anterior requiere una evaluación especial y procedimientos de prueba, los cuales ayudan a definir los diferentes requerimientos en términos de la información de entrada (variables y datos) y la interpretación de los resultados.

La fiabilidad de los modelos de nicho ecológico depende de varios factores, además de tener algunas limitantes. En el caso de trabajar únicamente con presencias se enfrenta el problema de falta de precisión en la georreferenciación o a errores de identificación (Stockwell y Peterson, 2002; Hernandez *et al.*, 2006; Papes y Gaubert, 2007; Pearson *et al.*, 2007).

Existen varios métodos para evaluar los modelos de distribución, en todos ellos se utiliza una medida de bondad o fiabilidad fundamentada en la evaluación del error. Se destaca especialmente el área bajo la curva (AUC) para calcular el error, que es el resultado de sumar el desempeño del modelo a lo largo de todas las regiones de la curva (Mateo *et al.*, 2011).

## 1.1. Objetivo general

Mediante el uso de modelos de nicho ecológico, determinar la distribución geográfica conocida y potencial de la maleza exótica *Phalaris brachystachys* Link, para evaluar el riesgo de establecimiento en México.

### 1.1.1. Objetivos específicos

- Caracterizar ambientalmente las zonas de presencia conocida dentro del Bajío y encontrar zonas potenciales de diseminación y establecimiento en México.
- Determinar la zona probable de origen de los propágulos de *P. brachystachys*.
- Determinar con base en la evaluación de riesgo planteada por la FAO, si la maleza exótica *Phalaris brachystachys* debería ser incluida en la lista de malezas reglamentadas de México (NOM 043).

## 1.2. Hipótesis

Si la maleza exótica *Phalaris brachystachys* es originaria de la cuenca mediterránea, entonces su potencialidad de establecimiento en México estaría dentro de las zonas que presenten características climáticas de ámbito mediterráneo.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Definición e importancia de las malezas en la agricultura

Una maleza se define como cualquier “planta que crece en donde no es deseada o fuera de lugar” (Klingman, 1961; FAO, 1987). Otra definición la considera como “plantas que en un momento o lugar dado resultan molestas, perjudiciales o indeseables” (Rodríguez, 1988). Las malezas pueden ser nativas o no nativas, invasivas o no invasivas, perjudiciales o no perjudiciales (Sheley *et al.*, 1999). Un concepto más inclusivo de maleza se define como plantas que crecen fuera de lugar y son competitivas, persistentes y potencialmente perjudiciales (James *et al.*, 1991).

También existe el término “planta arvense” que se usa para referirse a la vegetación asociada a un agroecosistema y que no es el cultivo de interés (Zita, 2011).

Las malezas o malas hierbas ocasionan pérdidas directas a la producción agrícola con variaciones regionales muy grandes. En México estas pérdidas son difíciles de calcular debido a la falta de estadísticas, pero se acepta que es uno de los cuatro principales factores que limitan la producción de cultivos. La Dirección General de Sanidad Vegetal (DGSV) menciona que se pueden estimar pérdidas de hasta un 50% en algunas zonas de México (Cotero, 1997).

Los daños que pueden causar las malezas en la agricultura son muy variados. A continuación se presenta un cuadro elaborado por Liebman *et al.* (2001). sobre los daños que puede causar una maleza.

**Tabla 1. Razones por las cuales llamar “maleza” a una planta.**

Justificación	Mecanismos	Ejemplos
Reducen el rendimiento de los cultivos	Interfiere con la planta por la obtención de recursos como: agua luz y nutrientes	<i>Avena fatua</i> , <i>Galium aparine</i> en cereales; <i>Poa annua</i> en pastizales
Reducen la calidad de las cosechas	Contaminación de productos para lasiembra y otros productos de cosecha	<i>Sinapsis arvense</i> en canola; bayas de <i>Solanum nigrum</i> en chícharo
Retrasan la cosecha	La conservación de la humedad puede retrasar la maduración e incrementar los niveles de humedad del cultivo cuando este cosechado	<i>Sorghum halapense</i> en trigo
Interfieren con la cosecha	Las plantas trepadoras pueden dificultar las operaciones de cosecha. Malezas tardías de crecimiento vigoroso pueden interferir en la cosecha de papas y camote	<i>Sycios deppei</i> en maíz; <i>Chenopodium album</i>
Interfieren con la alimentación animal	Plantas espinosas inhiben la alimentación del animal	<i>Cirsium arvense</i>
Causan envenenamiento		<i>Senecio jacobea</i> ; <i>Digitalis purpurea</i> ; <i>Rhododendron ponticum</i>
Contaminan los productos animales	Les confieren sabor desagradable	<i>Allium ursinum</i> ; <i>Ranunculus spp.</i>
Pueden comportarse como parásitos		<i>Cuscuta spp.</i>
Reducen la sanidad de los cultivos	Funcionan como hospedantes alternos o reservorio de plagas y enfermedades de cultivo al aumentar la humedad relativa del microambiente pueden elevar la incidencia y severidad de algunas enfermedades	<i>Puccinia sorghi</i> provoca roya en el maíz, su hospedante alterno es <i>Oxalis spp.</i>
Reducen la salud de los animales y humanos	Actúan como hospedantes intermediarios o vehículos para la ingestión de parásitos. Provocan fotosensibilidad. Teratogénicos	Pastos; <i>Hypericum perforatum</i> , <i>Pteridium aquilinum</i>
Son una amenaza para la seguridad	Reducen la visibilidad de los caminos. Son un riesgo de incendio debajo de líneas eléctricas	Plantas altas Cualquier planta, pero especialmente arbustos
Reducen la calidad de la lana	Semillas ganchudas reducen el valor de la lana y el vellón	<i>Bidens spp.</i>
Impiden el adecuado flujo del agua	Masas de plantas que bloquean canales y drenes	<i>Elodea canadensis</i>
Algunas son alelopáticas	Liberan sustancias tóxicas para las plantas de cultivo	Se presentan sobre todo en zonas tropicales
Impacto sobre el establecimiento de un cultivo	La vegetación impide establecimiento de árboles jóvenes	

Fuente: (Liebman *et al.*, 2001; Zita, 2012)

Al observar la amplia gama de daños que pueden causar las malas hierbas, sorprende que solo cerca de 250 especies vegetales son suficientemente problemáticas para considerarlas malezas, lo que representa aproximadamente 0.1% de la flora mundial (Cobb, 1992).

A nivel global uno de los aspectos más relevantes es que solamente doce cultivos aportan 75% del alimento mundial y a las mismas 5 familias pertenecen muchas de las peores malezas. Esto, sugiere que nuestros principales cultivos y las malezas comparten características taxonómicas y probablemente un origen común. Dentro de la flora arvense destacan por su diversidad, las familias Asteraceae (Compuestas), Poaceae (Gramíneas), Amaranthaceae y Fabaceae (Leguminosae) (Cobb, 1992).

En México la mayoría de la flora arvense es nativa del país; del componente florístico 93 especies son consideradas de importancia agronómica (56% de las cuales son nativas), destacando por su diversidad las familias Asteraceae (compuestas), Poaceae (gramíneas), Amaranthaceae y Fabaceae (Leguminosae). Es importante señalar que la flora arvense mexicana también es utilizada como fuente medicinal y alimenticia. (SEMARNAT, 2001).

#### 2.1.1. Métodos de control de las malezas

La clasificación de los métodos de control de malezas puede variar, dependiendo del autor consultado. De manera general se pueden dividir en dos grandes grupos: los métodos no químicos y los métodos químicos (Zita, 2012). Dentro de los primeros se pueden incluir a manera de ejemplo:

- **Físicos:** son todos los métodos que cortan, entierran, cubren y queman la vegetación indeseada.
- **Culturales:** selección del cultivo, densidad óptima de siembra, sistema de riego, entre otros.
- **Preventivos:** utilización de propágulos libres de semillas de malas hierbas, limpieza de utensilios de labranza, rotación de cultivos, entre otros.
- **Biológicos:** uso de enemigos naturales que mantienen la densidad de la población de malezas por debajo del nivel de daño permitido en los cultivos. Este método se puede



implementar mediante el uso de micoherbicidas con conidios de hongos patógenos de malezas.

- **Químico:** se basa en el uso de herbicidas. Es actualmente el más usado en la agricultura intensiva. Tiene una innegable ventaja de su eficacia, rapidez, selectividad y costo. No obstante también presenta desventajas como el desarrollo de biotipos resistentes y el deterioro ambiental (Zita, 2012).

## 2.2. Malezas reglamentadas

A nivel internacional en cada país existe una normatividad que dicta como se deben manejar los organismos vivos que pueden representar un riesgo fitosanitario en dicho país, estas normas establecen las metodologías de evaluación y los procedimientos a seguir para el manejo de dichos organismos (FAO, 2005).

En el caso de las malezas, las especies reglamentadas son aquellas de importancia cuarentenaria; que no están presentes en algún país o que si lo están se encuentran en un área localizada y están reguladas oficialmente (SENASICA, 2016).

La apertura del comercio global trae consigo muchas implicaciones, incluidas por supuesto las de tipo fitosanitario. Ahora es mucho más factible la introducción de especies animales y vegetales a sitios o zonas donde no estaban presentes y que bajo ciertas condiciones favorables para su adaptación y dispersión, pueden ocasionar daños severos a los ecosistemas y particularmente a los agroecosistemas. Una vez que una especie ha sido introducida a algún sitio, se deben implementar medidas para contener su avance y en cierto modo dirigirse hacia su eventual erradicación en el sitio infestado (Delgado, 2011).

## 2.3. Malezas reglamentadas en México

México cuenta con una norma oficial mexicana, (NOM-043-FITO-1999), la cual pretende prevenir la introducción de malezas reglamentadas a México. Actualmente se citan 65 especies de malezas nocivas sujetas a regulación. En México se han detectado infestaciones de 11 malezas reglamentadas las cuales se encuentran distribuidas en 21 estados. A continuación se nombran las malezas reglamentadas presentes en México y los estados donde se ha reportado su presencia: *Cuscuta* L. (Baja California, Chihuahua, Ciudad de

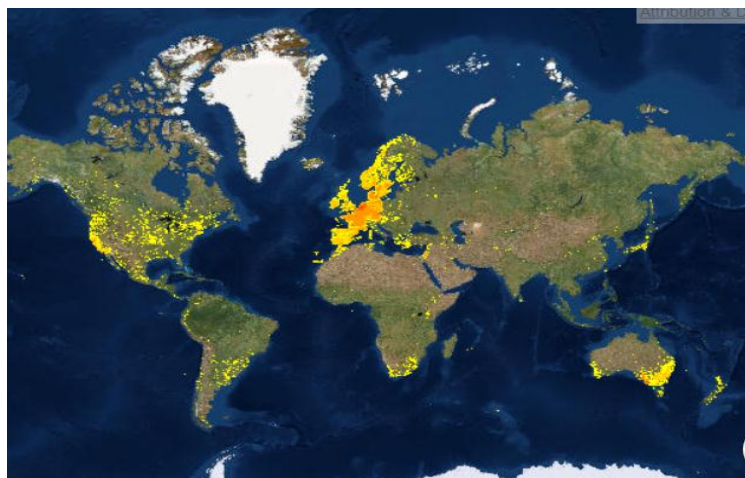
México, Estado de México, Nuevo León, Puebla, Querétaro, Sinaloa, Tlaxcala, Yucatán y Zacatecas); *Polygonum convolvulus* L. (Aguascalientes, Ciudad de México, Estado de México, Guanajuato, Hidalgo, Nuevo León, Puebla, Querétaro, Tlaxcala y Zacatecas) *Rottboellia cochinchinensis* (Lour.) Clayton (Chiapas, Estado de México, Jalisco, Morelos, Nayarit, Puebla, Tabasco, Tlaxcala, Veracruz y Yucatán); *Cuscuta indecora* L. (Aguascalientes, Chihuahua, Hidalgo, Querétaro, Sinaloa, Sonora y Veracruz); *Urochloa panicoides* P. Beauv. (Aguascalientes, Guanajuato, Jalisco, Morelos, Puebla y Yucatán); *Aegilops cilindrica* Host. (Chiapas, Morelos, Tabasco y Zacatecas); *Digitaria velutinia* (Forssk.) Beauv. (Ciudad de México, Puebla y Yucatán); *Cuscuta campestris* L. (Sonora); *Themeda quadrivalvis* (L.) O. Ktze. (Morelos) y *Emex australis* Steinh (Estado de México) (Delgado, 2011; SENASICA, 2016).

#### 2.4. Importancia económica del género *Phalaris* en la Agricultura

La importancia del género *Phalaris* L. se puede subdividir en dos grandes temas, el primero relacionado con su importancia como planta cultivada a nivel internacional y nacional, y el segundo ligado a su importancia como maleza causante de daños económicos en la agricultura.

El género *Phalaris* L. es originario de Eurasia, no obstante cuenta con especies nativas de América (Zita, 2012) (Figura 1). Incluye un total de 15 especies, 10 de las cuales se consideran nativas de la cuenca mediterránea (Baldini, 1995).

Debido a lo complejo de su delimitación taxonómica y su distribución cosmopolita, no hay consenso entre los tratados existentes sobre el género *Phalaris* (Riccardo, 1995).

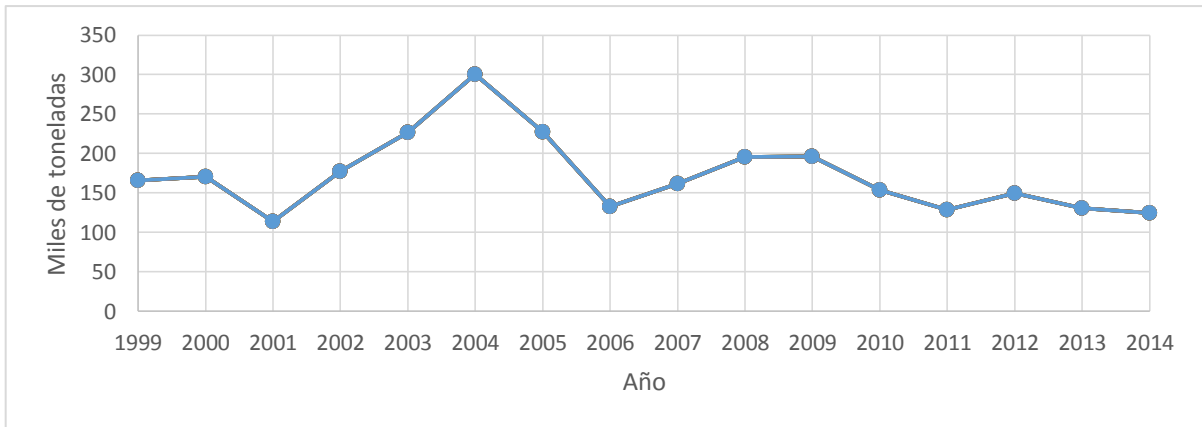


**Figura 1. Distribución mundial del genero *Phalaris* L (GBIF, 2016).**

Algunas especies del género *Phalaris* se introdujeron intencionalmente para su cultivo como forraje, y en algunos casos para prevenir la erosión. Son especies con facilidad de adaptación, rápido crecimiento, resistencia a la sequía y alta productividad de biomasa (Zita, 2012). Su adaptación ha sido exitosa debido a la similitud de condiciones climáticas entre las áreas de introducción y las de su distribución original. Su dispersión en ecosistemas nativos se dio en relativamente pocos años, en los que prácticamente han remplazado la cubierta vegetal nativa (Arriaga *et al.*, 2004; Villaseñor y Magaña, 2006).

#### 2.4.1. Importancia económica internacional del género *Phalaris* como cultivo

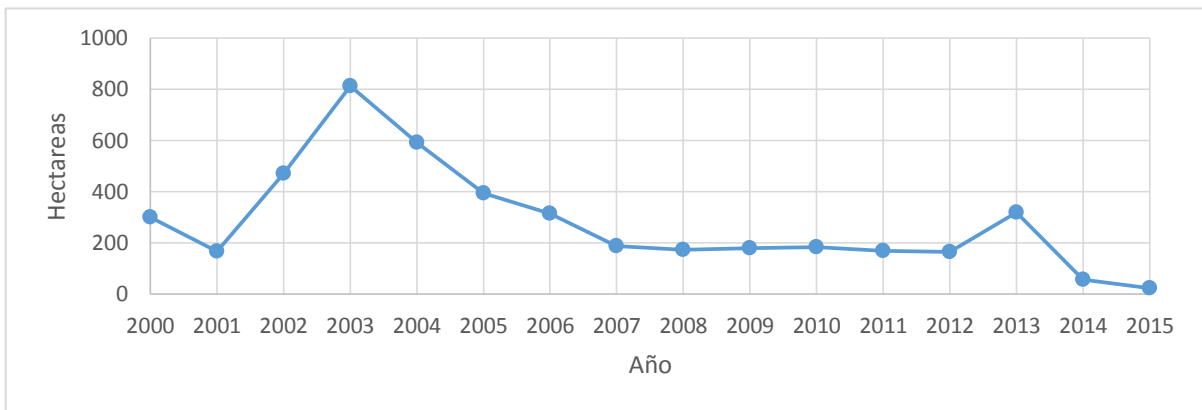
El alpiste (*Phalaris canariensis* L.) es la única especie del género *Phalaris* que se cultiva comercialmente para alimento de aves domésticas. Es una planta nativa de Europa, que fue introducida a Estados Unidos de América en los años cincuenta y posteriormente a Canadá en los setenta del siglo pasado. Actualmente Canadá cultiva más de 80% del alpiste que se produce a nivel internacional (FAO, 2014) (Figura 2).



**Figura 2. Promedio de producción de alpiste en Canadá (FAO, 2014).**

#### 2.4.2. Importancia económica nacional del género *Phalaris* como cultivo

En México existe muy poca superficie de alpiste cultivada y cada año concurre en un descenso importante; en el ciclo agrícola 2015 se sembraron un total de 23.7 (ha) (Figura 3), de las cuales 17.5 (ha) se sembraron en Coahuila y 6.2 (ha) en Oaxaca (SIAP, 2015).



**Figura 3. Promedio de producción de alpiste en México (SIAP, 2015).**

#### 2.4.3. Importancia económica del género *Phalaris* como maleza

Más de la mitad de las especies del género *Phalaris* L. son originarios de la cuenca del Mediterráneo. Por consiguiente, no es de sorprender que los principales reportes de este género como una maleza problemática en la agricultura sean de países pertenecientes o aledaños a esta región.

Los registros de herbario de especies del género *Phalaris* muestran una distribución cosmopolita; sin embargo, las principales especies representantes de género como malezas son: *Phalaris minor* Retz, *P. brachystachys* Link y *P. paradoxa* L., ordenadas respectivamente por capacidad de infestación en campos de la parte alta mediterránea donde se cultivan cereales de invierno (Gonzalez y Saavedra, 2003).

*P. paradoxa* cuenta con registros en Estados Unidos, Sudamérica y el Viejo Mundo, además existen reportes de biotipos resistentes a herbicidas en Australia, Irán, Israel e Italia (HRAC, 2012).

Por su parte, *P. minor* está categorizada como una maleza asociada al cultivo de otros pastos (Baldini, 1995). También fue un pasto usado como forraje para la alimentación de pájaros; tiene una distribución alrededor de la cuenca mediterránea, así como el sur de África. Actualmente se reporta como una planta introducida al norte, centro y sur de América, así como en Australia (Anderson, 1961).

#### 2.5. Especies del género *Phalaris* presentes en México

En México se encuentran registradas dentro del Catálogo de Gramíneas Malezas Introducidas y Nativas en México (2012) 7 especies del género *Phalaris*, la mayoría de ellas con la categoría de introducidas (Tabla 2).

**Tabla 2. Malezas del género *Phalaris* en México 2012**

Nombre	Categorización	Usos o Condición	Distribución
<i>Phalaris angusta</i> Nees ex Trin.	Nativa	Ruderal	E.U, México (B.C)
<i>Phalaris aquatica</i> L.	Introducida	Forraje, Maleza potencial	Canadá, E.U, México (Chih), Viejo mundo
<i>Phalaris arundinacea</i> L.	Introducida	Maleza nociva, control de erosión, ornamental, forraje	Canadá, E.U, México (B.C, Chih), Viejo mundo
<i>Phalaris brachystachys</i> Link	Introducida	Ruderal	México (Gto), Viejo mundo
<i>Phalaris canariensis</i> L.	Introducida	Forraje, Potencial como cereal	Canadá, E.U, México (Camp, Chih, D.F, Dgo, Jal, Mex, Mich, Mor, N.L, Oax, Pue, Sin), Viejo mundo
<i>Phalaris minor</i> Retz.	Introducida	Forraje, Maleza	Canadá, E.U, México (B.C, Chis, Hgo, Mex, Mich, Pue, Son), C. América, S. América, Viejo Mundo
<i>Phalaris paradoxa</i> L.	Introducida	Ruderal, Maleza potencial	E.U, México (Chih, Jal), S. América, Viejo mundo

Fuente: (Sanchez-Ken *et al.*, 2012)

*P. paradoxa* en México se reporta con biotipos resistentes a herbicidas de la familia del 2-4D, particularmente en los estados de Chihuahua, Michoacán y Jalisco (HRAC, 2012).

La maleza *P. minor* dentro del país se reporta como una maleza asociada al cultivo de trigo, aunque también se le puede encontrar en otros cultivos, como maíz, alfalfa y cebada (Zita, 2012).

Como se observa en los párrafos anteriores del mismo modo que *P. brachystachys* las malezas *Phalaris minor* y *P. paradoxa* se reportan como malezas importantes en cultivos como trigo, cebada, avena y centeno (Villaseñor y Espinosa, 2004; Vibrans, 2011).

## 2.6. Descripción botánica de *Phalaris brachystachys* Link

Pasto anual, tallo con un crecimiento mayor a 60 cm (Stace, 2010); hojas con un largo entre 4-25 cm por un ancho 3-8 (-10) mm; lígula cilíndrica, laciniada, 4-6 (-7) mm de largo, glabro; panícula semiovoide, en forma de flecha truncada en la parte alta, de 5 cm de longitud; glumas entre 6-8 mm de longitud, quilla alada desde el tercio inferior de la gluma; lemas estériles 2, 1 mm de largo o 1/5 parte de su correspondiente flor fértil; lemas fértiles 4, 5 mm de longitud, pubescentes, brillantes en la madurez; anteras de 3-4 mm de largo. Periodo de floración de Abril a Junio. Número cromosómico  $2n=12$  (Baldini, 1995).

### 2.6.1. Sinonimia de *Phalaris brachystachys*

Las sinonimias manejadas a continuación se cotejaron con base en las siguientes fuentes: Anderson (1961), Baldini (1995), ITIS (2016), GBIF (2016), TROPICOS (2016). Todas ellas concuerdan en que el nombre científico aceptado es *Phalaris brachystachys* Link, conocido por su nombre común en inglés como “shortspike canarygrass”.

- *Phalaris canariensis* L. var. *brachystachys* (Link) Posp. Fl. Oest. Kust 1:59. 1897  
FUENTES: (Anderson, 1961), (Baldini, 1995), (TROPICOS, 2016), (ITIS, 2016), (GBIF, 2016).
- *Phalaris brachystachys* Link var. *typica* Paunero, Anales Jard. Bot. de Madrid 8:492 1948 FUENTES: (Baldini, 1995), (TROPICOS, 2016), (ITIS, 2016), (GBIF, 2016).
- *Phalaris quadrivalvis* Lag. Gen. Sp. Nov. 3. 1816, Lag s.n designated by Baldini (1993) FUENTES: (Baldini, 1995), (TROPICOS, 2016), (ITIS, 2016), (GBIF, 2016).
- *Phalaris nitida* C. Presl, Cyp, Gram. Sic. 26. 1820, s.n designated by Baldini (1993) FUENTES: (Baldini, 1995), (TROPICOS, 2016), (ITIS, 2016), (GBIF, 2016).
- *Phalaris brachystachys* Link var. *robusta* Thell. Mem. Soc. Nat. Sc. Nat. Cherbourg, 38:88. 1912 FUENTES: (Baldini, 1995), (TROPICOS, 2016), (ITIS, 2016), (GBIF, 2016).

- *Phalaris canariensis* var. *brachystachys* (Link) B. Fedtschenko. FUENTES: (TROPICOS, 2016), (ITIS, 2016), (GBIF, 2016).
- *Phalaris vivipara* Paolucci FUENTES: (TROPICOS, 2016), (ITIS, 2016), (GBIF, 2016).

## 2.7. Evaluación de riesgos de la maleza *Phalaris brachystachys* según FAO

A nivel internacional se han generado estrategias que tienen como finalidad evitar el establecimiento y la distribución de las plantas nocivas. La FAO en este contexto, generó un procedimiento para la evaluación de riesgos de malezas, el cual pretende identificar las plantas exóticas que pueden afectar la salud humana, la agricultura o la biodiversidad de una región.

Algunos autores mencionan que todas especies de plantas exóticas de un país deben de ser consideradas para ser potencialmente prohibidas hasta que sean sometidas a la evaluación (Williams, 2002). Después de realizada la evaluación los países deben desarrollar listas de especies prohibidas. En el caso de México se cuenta con la “Lista de malezas reglamentadas”, que se menciona dentro de la NOM-043-FITO-1999.

## 2.8. Generalidades de la modelación de nicho ecológico

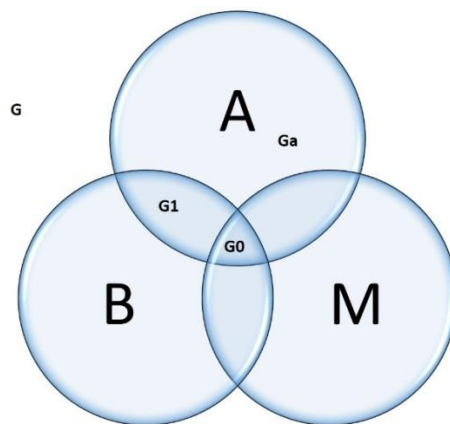
En la bibliografía científica los modelos han recibido diferentes denominaciones en función de su interpretación. Por ejemplo, modelos de nicho, modelos de idoneidad o modelos predictivos de hábitat (Mateo *et al.*, 2011)

Peterson *et al.* (2011) explican lo complejo que fue definir el término “nicho” para los investigadores a través del tiempo. El término en general se refiere a las condiciones ecológicas que las especies requieren para mantener su población en una región dada, al mismo tiempo que se analiza el impacto que tienen esas mismas especies sobre los recursos, el hábitat o el medio ambiente de la región.



El modelo BAM propuesto por los mismos autores y presentado a continuación, esquematiza las interacciones y factores que intervienen en la distribución de una especie en particular. En el modelo (Figura 4) **A** representa los factores abióticos que hacen posible la distribución de una especie en un área determinada, **B** representa los factores bióticos que hacen posible la distribución de la especie en la misma área determinada y **M** que representa los factores de movimiento o físicos que delimitan la distribución de la especie (Peterson *et al.*, 2011).

Por su parte las otras cuatro áreas representan: **G** área donde se desarrolla el análisis de la especie, **G<sub>a</sub>** el área abiótica adecuada para el desarrollo de una especie, **G<sub>0</sub>** el área de distribución ocupada por la especie de estudio, y **G<sub>1</sub>** representa el área invasible de la especie.



**Figura 4. Modelo “BAM” de distribución de una especie (Peterson *et al.*, 2011).**

Algunos autores consideran los modelos de nicho ecológico como la representación de la distribución potencial de una especie, en función de las condiciones ecológicas que la especie pueda tolerar (Pulliam, 2000; Vetass, 2002; Araujo y Guisan, 2006).

Más acertadamente, los modelos de nicho se definen como representaciones cartográficas de la idoneidad de un espacio para la presencia de una especie en función de las variables empleadas para generar dicha representación. Estas variables están relacionadas con modelos matemáticos o estadísticos y suelen ser geológicas, topográficas o como el caso

del presente trabajo climáticas, y se espera que con ellas se puedan definir los factores ambientales que delimiten las condiciones favorables para la presencia de una especie (Guisan y Zimmermann, 2000).

Existen dos tipos de variables dentro de estos modelos, las dependientes que están relacionadas con la presencia de una especie y las independientes cuantitativas que están relacionadas con datos que reflejan la idoneidad de presencia de la especie.

Las variables dependientes o de respuesta, son en su mayoría datos de presencia de la especie investigada (Zaniewski *et al.*, 2002; Oliver y Wotherspoon, 2006; Tsoar *et al.*, 2007). La mayor parte de la información sobre la distribución de la especie está recopilada en museos y herbarios, cada día más accesibles gracias al internet (Bysbi, 2000; Soberon y Peterson, 2004; Guralnick *et al.*, 2007). Estos datos pueden mostrar algunos inconvenientes como presentar errores de georreferenciación e identificación taxonómica (Margules y Pressley, 2000; Soberon y Peterson, 2004; Rowe, 2005).

Por su parte las variables independientes o de indicadores medioambientales tienen efecto sobre la distribución de las especies (Guisan y Zimmermann, 2000). Estas relaciones entre las especies y su medio abiótico son una de las causas de los patrones espaciales de distribución.

Las variables abióticas usadas pueden ser de varios tipos, como climáticas, edáficas, topográficas, demográficas, entre otras. (Hijmans *et al.*, 2005).

Los modelos de nicho ecológico pueden generarse con cualquier clasificador estadístico apropiado para el tipo de variable modelada. La revisión propuesta por Elith *et al.* (2006) menciona los métodos de modelación disponibles y las diferentes técnicas, que se pueden clasificar en tres grupos:

- **Técnicas discriminantes:** son aquellas que necesitan datos de presencia y ausencia, sin embargo, existen programas como Maxent que genera sus propias ausencias y las denomina “Background”, por los que no es necesario introducir datos de ausencias al programa (Phillips y Dudik, 2008).

- **Técnicas descriptivas:** son aquellas que solo requieren datos de presencia. Por ejemplo: BIOCLIM, BIOMAP, entre otros.
- **Técnicas mixtas:** son aquellas que utilizan tanto técnicas descriptivas como técnicas discriminantes.

## 2.9. Importancia de la modelación de nicho ecológico y su uso para especies exóticas

La importancia de los modelos de nicho ecológico radica en sintetizar información y representar la relación entre especies y variables ambientales que serían difíciles de interpretar por otros medios (Mateo *et al.*, 2011).

La utilidad de los modelos radica en que tienen la capacidad de predecir la presencia de especies aún no reportadas en un área (Raxworthy *et al.*, 2003).

Los modelos de nicho ecológico son una representación que resume el paisaje idóneo de las nuevas áreas para especies exóticas y es una herramienta muy útil para prevenir el establecimiento y la dispersión de este tipo de especies (Jimenez *et al.*, 2011).

Las especies exóticas son aquellas que han establecido poblaciones fuera de su área de distribución nativa y tienen el potencial para dispersarse y afectar otros ecosistemas naturales o ecosistemas antropogénicos (Lockwood *et al.*, 2007). Bajo esta perspectiva las especies exóticas pueden ser conceptualizadas como el resultado del aumento de la capacidad de dispersión de la especie, generalmente como resultado de la actividad humana (Groves y Di Castri, 1996).

Cuando se realiza una modelación de nicho ecológico de especies exóticas, es preferible usar los datos del área nativa de la especie; esto debido a que tales datos muestran a la especie en equilibrio y disminuyen el error de modelación.

Por otra parte los modelos generados en regiones invadidas pueden ser utilizados para predecir el origen geográfico de introducción (Steiner *et al.*, 2008).

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Obtención y homogenización de información

Con el propósito de reunir información sobre la distribución conocida de la especie *Phalaris brachystachys*, se realizó una búsqueda de todos los ejemplares en los herbarios registrados en el Servicio Mundial sobre Biodiversidad (GBIF, 2016), así como en el herbario de la Universidad Nacional Autónoma de México (MEXU, 2016). Además, en cooperación con el proyecto PAPIME llamado “Mejoramiento de la enseñanza de las Ciencias Agronómicas mediante materiales editoriales y colecciones biológicas y virtuales”, con clave de proyecto “PE214416”, se realizaron salidas de campo en las cuales se muestrearon campos agrícolas con cultivo de cereales de invierno en las zonas del Bajío Guanajuatense donde existía el precedente de reportes de presencia de la especie *P. brachystachys*.

Los ejemplares compilados mediante los muestreos en campo dentro del Bajío Guanajuatense fueron identificados por un experto agróstologo, asegurándonos así que fuera la especie correspondiente al objeto de estudio. También se tomaron fotografías del ejemplar encontrado en el herbario MEXU, que muestran mejor las características botánicas de la especie *P. brachystachys*.

Con los registros compilados en una base de datos, se realizó una depuración de los mismos, debido a que existían errores que hacen que algunos registros pierdan congruencia o confiabilidad y, por lo tanto, posteriormente no puedan ser procesados para la generación de los modelos. Por último, con la información depurada se procedió a la homogenización de los registros y se elaboró una base de datos con los siguientes campos: nombre común, nombre científico, localidad, latitud, longitud, nombre del recolector, número de recolecta, fecha y herbario.

### 3.2. Distribución geográfica conocida y evaluación de riesgos de la maleza exótica *P. brachystachys*

A partir de la información de la base de datos depurada y homogenizada, los registros de la especie *P. brachystachys* fueron georreferenciados en el software ArcGIS 10.2. Posteriormente se generaron los mapas de presencia conocida de la especie a nivel mundial y en México.

Al mismo tiempo se realizó la evaluación de riesgo de la especie *P. brachystachys* de acuerdo a la metodología planteada por FAO, (2005). La evaluación de riesgo consta de una serie de 13 preguntas que deben de ser respondidas con bases bibliográficas (Tabla 3). Subsiguientemente, si las preguntas tienen una respuesta afirmativa se genera un puntaje; al final se realizó la sumatoria del puntaje total de todas las preguntas y de tener un puntaje mayor o igual a 6 se consideró que la maleza es de alto riesgo de establecimiento y diseminación, por lo que puede ser propuesta para su inclusión en la lista de malezas reglamentadas de México.

**Tabla 3. Preguntas para la evaluación de riesgo de la maleza.**

<b>PREGUNTAS</b>	<b>RESPUESTA</b>
¿Planta acuática?	Si = 3
¿Otros miembros del género son malezas?	Si = 2
¿Es probable que los propágulos puedan ser dispersados voluntaria o involuntariamente por actividades humanas?	Si = 2
¿Produce espinas, púas o adherencias?	Si = 1
¿Es parásita?	Si = 1
¿No es aceptada o es tóxica para los animales que la pastorean?	Si = 1
¿Hospeda plagas o patógenos reconocidos?	Si = 1
¿Causa alergias u otros efectos tóxicos al hombre?	Si = 1
¿Es una especie rastrera o trepadora?	Si = 1
¿Produce semillas viables?	Si = 1
¿Las semillas persisten más de un año?	Si = 1
¿Se reproduce vegetativamente?	Si = 1
¿Tolera o se beneficia de la mutilación, el cultivo o el fuego?	Si = 1

Puntuación para factores de riesgo de la maleza (puntaje crítico  $\geq 6$ )

Nota: Cuando el estado de factor de riesgo es desconocido debería ser apuntado como SI

Fuente: (Panetta *et al.*, 2001; FAO, 2005)

### 3.3. Generación de los modelos de nicho ecológico

Cuando se contó con los registros suficientes, se elaboró el modelo de distribución potencial o modelo de nicho ecológico. Para elaborar el modelo de nicho ecológico de la especie *Phalaris brachystachys*, inicialmente se consideraron 19 variables como predictoras potenciales de la distribución de la especie (Tabla 4), que fueron obtenidas de la base de datos de un portal de capas de clima a nivel global llamado WorldClim (Hijmans *et al.*, 2005); la resolución espacial de todas las variables es de 1 km<sup>2</sup>.

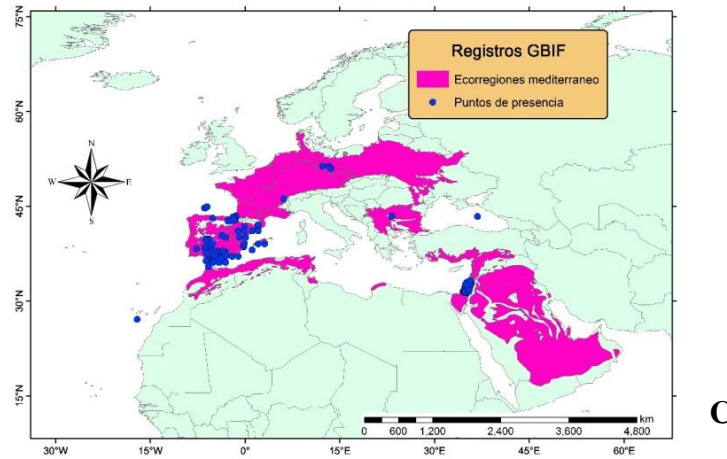
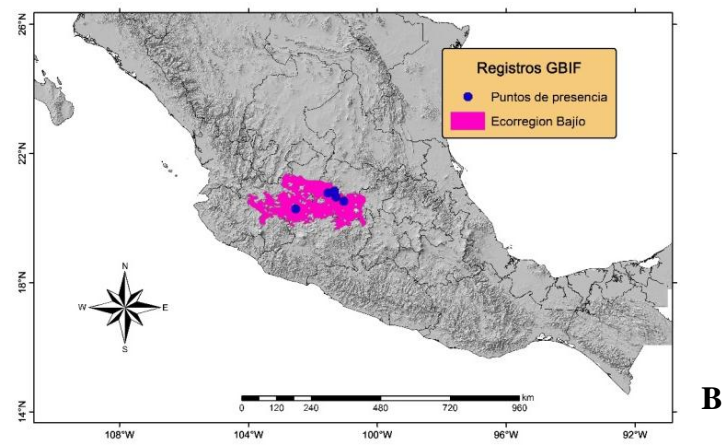
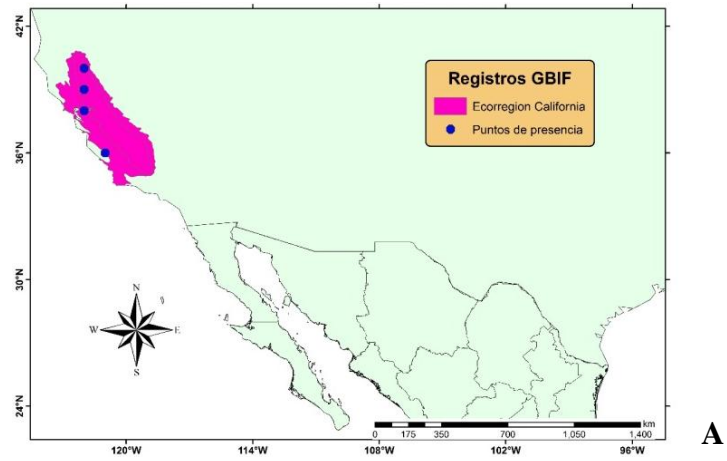
**Tabla 4. Variables ambientales de Worldclim**

<b>Variables ambientales</b>	
<b>Bio 1</b>	Temperatura media anual
<b>Bio 2</b>	Variación media diaria (max_temp – min_temp)
<b>Bio 3</b>	Isotermalidad (Bio2/Bio7) * (100)
<b>Bio 4</b>	Estacionalidad de la temperatura (SD * 100)
<b>Bio 5</b>	Máxima temperatura del mes más cálido
<b>Bio 6</b>	Mínima temperatura del mes más frío
<b>Bio 7</b>	Variación anual de temperatura (Bio5 – Bio6)
<b>Bio 8</b>	Media de la temperatura del trimestre más húmedo
<b>Bio 9</b>	Media de la temperatura del trimestre más seco
<b>Bio 10</b>	Media de la temperatura del trimestre más cálido
<b>Bio 11</b>	Media de la temperatura del trimestre más frío
<b>Bio 12</b>	Precipitación anual
<b>Bio 13</b>	Precipitación del mes más húmedo
<b>Bio 14</b>	Precipitación del mes más seco
<b>Bio 15</b>	Estacionalidad de la precipitación (coeficiente de variación)
<b>Bio 16</b>	Precipitación del trimestre más húmedo
<b>Bio 17</b>	Precipitación del trimestre más seco
<b>Bio 18</b>	Precipitación del trimestre más cálido
<b>Bio 19</b>	Precipitación del trimestre más frío

Fuente: WorldClim (2016).

Una vez que se tuvieron georreferenciados los puntos reales dentro de un mapamundi en el software, se procedió a cargar dentro del mismo una máscara de ecorregiones generada por el Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF). Esta máscara separa al mundo entero en áreas de acuerdo con sus características medio ambientales (WWF, 2016). Posteriormente mediante el sistema de información geográfica ArcGIS, se seleccionaron las ecorregiones con al menos un punto de presencia de *P. brachystachys*. Estas ecorregiones se emplearon como máscara (o “M” del modelo BAM) para el entrenamiento de los modelos. De las ecorregiones seleccionadas se tomarían primeramente las 19 variables predictoras para la modelación en otras zonas (Figura 5).





**Figura 5. Ecorregiones seleccionadas para el entrenamiento de los modelos y puntos de presencia de *P. brachystachys*. A. Ecorregion California. B. Ecorregion Bajío. C. Ecorregion Mediterráneo.**

Se utilizó el algoritmo de máxima entropía implementando el programa Maxent, el cual ha mostrado el mejor desempeño entre diferentes métodos de modelación (Phillips *et al.*, 2006). Maxent estimó la probabilidad de ocurrencia de la especie buscando la distribución de máxima entropía (lo más uniforme posible), sujeta a la condición de que el valor esperado de cada variable ambiental coincida con su mediana empírica. Para el análisis solo se requiere de datos de presencia (no ausencias) y capas de variables ambientales para el área de estudio (Dudik *et al.*, 2004). Se empleó la versión gratuita de Maxent 3.3.3 (Princeton University, 2016), que generó un estimado de probabilidad de la presencia de la especie que varía de 0 a 1, donde cero es la más baja probabilidad y 1 la más alta. El 75% de datos de presencia de la especie se utilizó para el entrenamiento de los modelos y el 25% restante para su validación. En todas las proyecciones se emplearon primeramente 19 variables climáticas como predictoras y posteriormente se evaluó su contribución al modelo con una prueba de Jackknife incorporada al programa. Tras esta evaluación se volvieron a generar los modelos solo con aquellas variables consideradas como relevantes o de mayor contribución (Cruz *et al.*, 2014).

Los modelos de salida continuos generados por Maxent registran una probabilidad logística de 0 a 1, que pueden ser transformados en mapas Booleanos de áreas de presencia-ausencia por medio de la aplicación de umbrales de corte. De esta manera todos los píxeles con valores abajo del umbral seleccionado son reclasificados como cero. Determinar el umbral óptimo de corte es un tópico todavía muy explorado en Maxent (Phillips *et al.*, 2006); sin embargo, aquí empleamos como umbral el valor logístico correspondiente al valor de omisión del 10%, el cual mantiene una alta proporción de presencias correctamente predichas, y que de manera comparativa también ha sido aplicado por otros autores por ejemplo Pearson *et al.* (2007). Tras realizar el corte en ArcGIS 10.2, el área de presencia de la especie fue reclasificada en tres categorías iguales de probabilidad de presencia: baja, media y alta.

## IV. RESULTADOS

### 4.1. Registros de presencia de la especie *Phalaris brachystachys*

La cantidad inicial de registros de presencia obtenidos mediante la búsqueda en los herbarios y colecciones registradas en la Red Mundial de Biodiversidad (GBIF) tuvo un total inicial de 927 registros brutos de *Phalaris brachystachys* en todo el mundo. Por otra parte, solamente se tuvo un registro a nivel nacional, alojado en el herbario nacional (MEXU) del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México. Además, como resultado del apoyo del proyecto PAPIME con clave de proyecto “PE214416”, en el Bajío Guanajuatense a través de los muestreos en campo se obtuvieron 5 nuevos puntos de presencia. Estas muestras biológicas fueron recolectadas y posteriormente identificadas por el doctor Jorge Gabriel Sánchez Ken, quien dio certeza de que se trataba de la especie *Phalaris brachystachys*.

Una vez obtenidos los registros brutos se realizó su depuración usando como criterio la remoción de aquellos que tuvieran errores de georreferenciación o identificación. Finalmente se trabajó con un total de 351 registros confiables de los países aledaños a la cuenca mediterránea, 4 registros confiables pertenecientes al estado de California en Estados Unidos y 6 registros confiables en México (Figura 5).

4.2. Imágenes de ejemplar de herbario de la especie *Phalaris brachystachys*

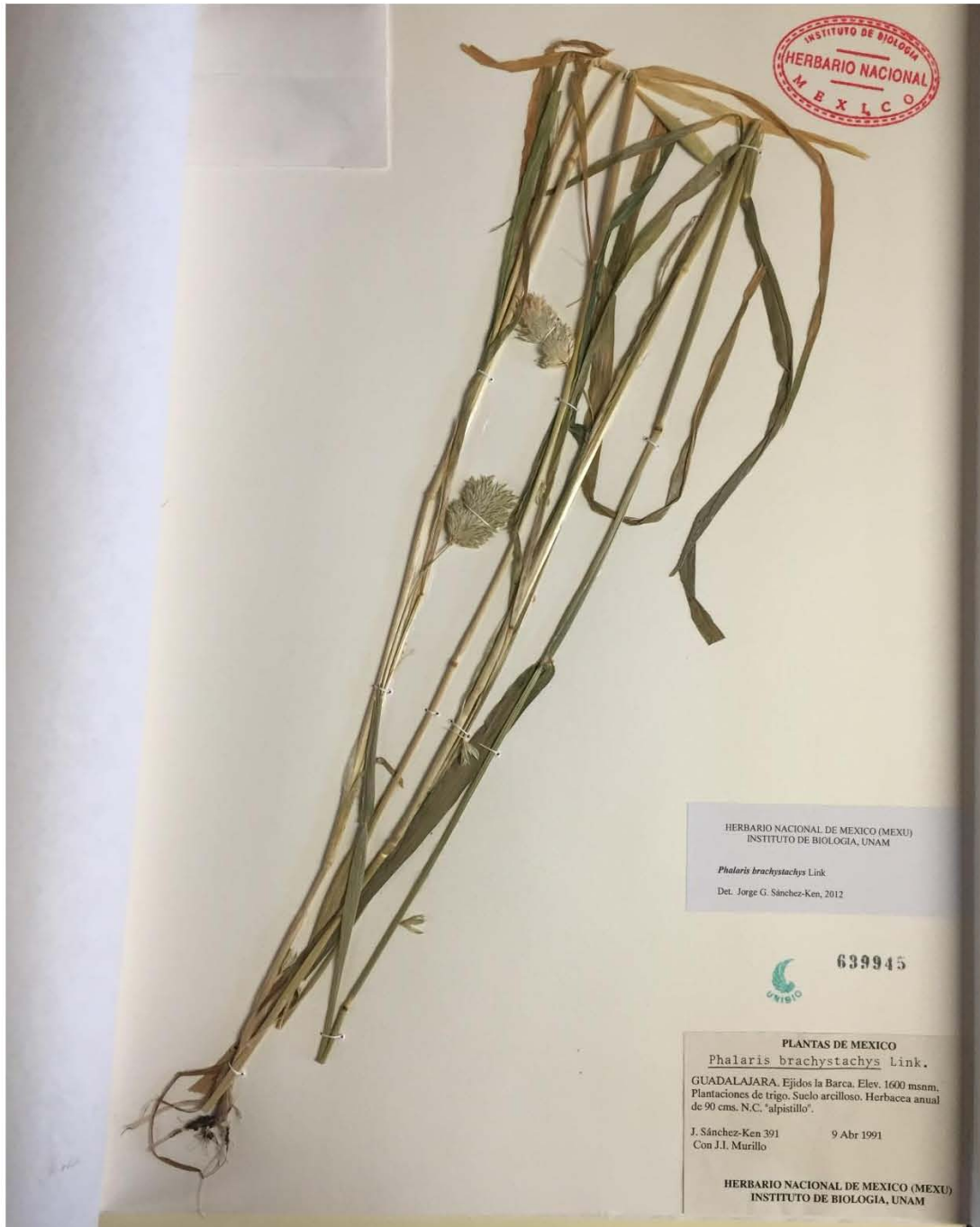
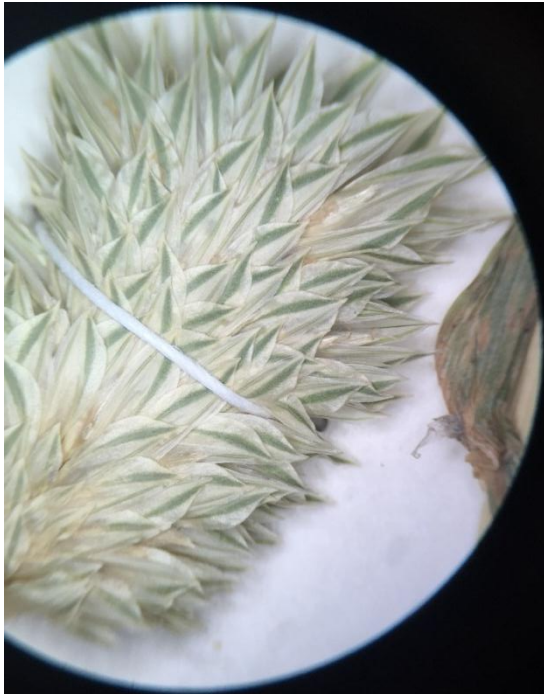


Figura 6. *Phalaris brachystachys* Link. Ejemplar de herbario (MEXU, 2016)



**Figura 7. *Phalaris brachystachys*.**

**Detalle de inflorescencia**



**Figura 8. *Phalaris brachystachys* .**

**Detalle de la diáspora.**

#### 4.3. Evaluación de riesgo de la especie *Phalaris brachystachys*

Siguiendo la metodología planteada por la FAO en 2005, se obtuvieron los siguientes resultados:

**Tabla 5. Evaluación de riesgo de *P. brachystachys*.**

<b>Preguntas</b>	<b>Respuesta</b>	<b>Fuente</b>
¿Planta acuática?	No = 0	(NGRP, 2016)
¿Otros miembros del género son malezas?	Si = 2	(Baldini, 1995; Randall, 2012)
¿Es probable que los propágulos puedan ser dispersados voluntaria o involuntariamente por	Si = 2	(Nelson, 1917)
¿Produce espinas, púas o adherencias?	No = 0	(Baldini, 1995; Ryves, 1996)
¿Es parásita?	No = 0	(Nickrent, 2016)
¿No es aceptada o es tóxica para los animales que la pastorean?	Si = 1	(De Luco <i>et al.</i> , 1991)
¿Hospeda plagas o patógenos reconocidos?	Si = 1	(Espadas, Medina, y Zita, 2016)
¿Causa alergias u otros efectos tóxicos al hombre?	No = 0	(Baldini, 1995; USDA, 2016)
¿Es una especie rastrera o trepadora?	No = 0	(Baldini, 1995; Stace, 2010)
¿Produce semillas viables?	Si = 1	(Gonzalez <i>et al.</i> , 2005)
¿Las semillas persisten más de un año?	Si = 1	(Jimenez <i>et al.</i> , 1993)
¿Se reproduce vegetativamente?	No = 0	(Voshell, 2014)
¿Tolera o se beneficia de la mutilación, el cultivo o el fuego?	No = 0	(USDA, 2016)
<b>Sumatoria (<math>\Sigma</math>)</b>	<b>8</b>	

Puntuación para factores de riesgo de la maleza (puntaje crítico  $\geq 6$ )

Nota: Cuando el estado de factor de riesgo es desconocido debería ser apuntado como SI

Como se observa en la Tabla 5, la sumatoria total de la evaluación de riesgo mostró una puntuación igual a 8. Por lo tanto, se rebasa el valor crítico de riesgo de la maleza evaluada *Phalaris brachystachys* Link y se considera como de alto riesgo de establecimiento y diseminación.

#### 4.4. Fiabilidad de los modelos de nicho ecológico y variables con mayor contribución

La Tabla 6 reporta los valores de AUC (área bajo la curva) de los modelos de nicho de la especie *P. brachystachys*. En general todos los valores del área en todos los escenarios son mayores a 0.80. Los modelos que tienen un valor de área bajo la curva menor a 0.7 se consideran modelos predictivos malos, valores de 0.7 a 0.9 son modelos buenos y valores mayores a 0.9 son modelos muy buenos (Baldwin, 2009). Por lo tanto, todos los modelos se consideran como buenos a muy buenos.

**Tabla 6. Valores de área bajo la curva y umbral de corte de los modelos de distribución de la especie *Phalaris brachystachys* Link.**

Región	AUC	Umbral de corte
Bajío	0.976	0.511
Mediterráneo	0.961	0.136
California	0.808	0.527

Como se expuso anteriormente, se evaluaron inicialmente las 19 variables climáticas y su contribución a los modelos con una prueba de Jackknife incorporada al programa Maxent. Tras esta evaluación se volvieron a generar los modelos sólo con aquellas variables consideradas como relevantes o con mayor contribución. La Tabla 7 muestra las variables elegidas mediante la prueba de Jackknife y su porcentaje de contribución en cada modelo de distribución de especies.

**Tabla 7. Variables con mayor contribución en los modelos de distribución potencial iniciales para la especie *P. brachystachys* (%)**

Región	Bio2	Bio4	Bio6	Bio8	Bio12	Bio13	Bio14	Bio15	Bio16	Bio17	Bio18	Bio19
Bajío	9.8	20.5		7.5				39	10.8			12.3
Mediterráneo					6.8	2		31.6	0.1	14.7		44.8
California			56.1				9.7	18.2			16	

Las variables ambientales con mayor peso para la región Mediterráneo son la precipitación del trimestre más frío (Bio19) y la estacionalidad de la precipitación (Bio15), para la región California es la temperatura mínima del mes más frío (Bio6) y la estacionalidad de la precipitación (Bio15); por último, para la región Bajío es la estacionalidad de la precipitación (Bio15) y la estacionalidad de la temperatura (Bio4).

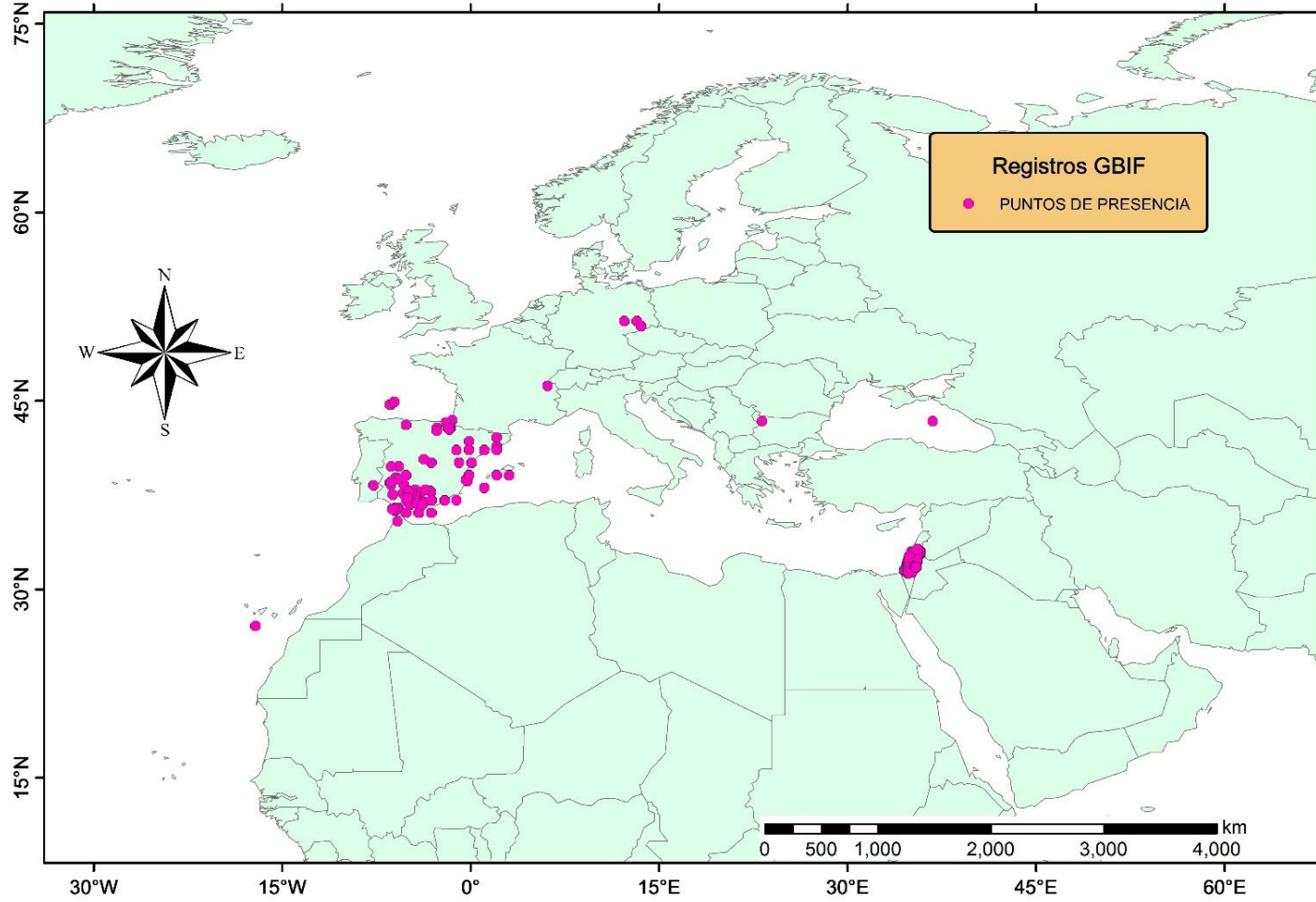
#### 4.5. Proyección de la distribución de *P. brachystachys* del Mediterráneo a México

La Figura 9 muestra los 351 puntos de registro de presencia de la especie *Phalaris brachystachys* Link en la cuenca del Mediterráneo. Como se puede observar, los principales países con registros de esta maleza son el sur de España y Líbano.

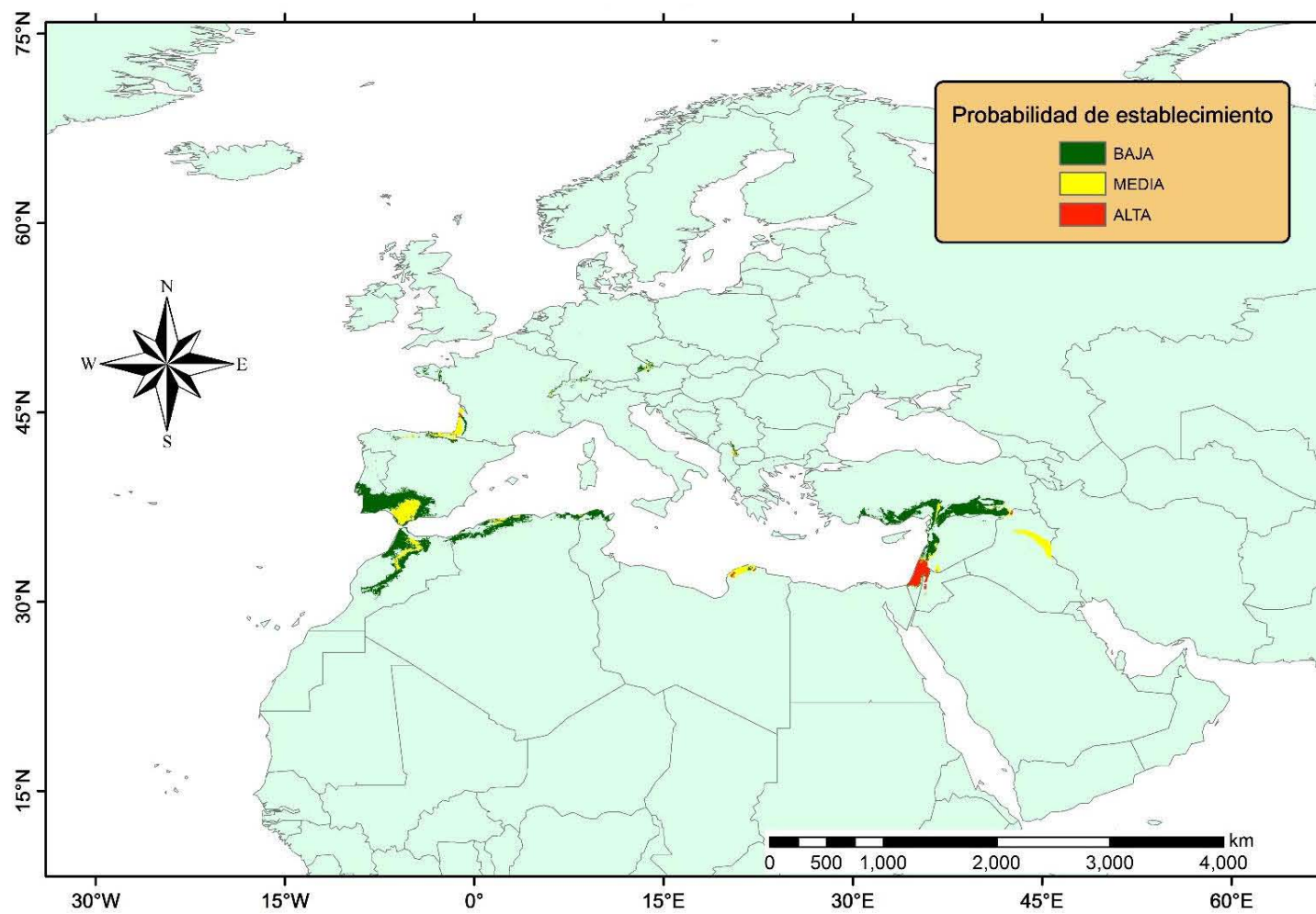
En la Figura 10 se muestra la capacidad de infestación de la maleza *P. brachystachys* en la misma cuenca mediterránea, con base en las variables previamente señaladas en la Tabla 7 y tomadas de las ecorregiones ilustradas en la Figura 5C. Como se puede apreciar, existe una alta probabilidad de establecimiento en Israel y Jordania (oeste); una media probabilidad de establecimiento en países como Francia (sureste), Libia (noroeste), Marruecos (norte), Argelia (norte), España (sur) e Irak (noroeste); y una baja probabilidad de establecimiento en España (sur), Portugal (sur), Marruecos (centro y norte), Argelia (norte), Túnez (norte) y Turquía (sur).

En la Figura 11 se proyectó la probabilidad de establecimiento de la maleza exótica *P. brachystachys* en México a partir de las variables climáticas establecidas para la región Mediterráneo (Tabla 7). En la proyección se observa la baja cantidad de superficie en México con características climáticas similares a las variables encontradas en las ecorregiones de la cuenca del Mediterráneo (Tabla 7, Figura 5C). Sin embargo, se encontró que los estados de la República con mayor semejanza climática considerando las variables establecidas previamente en la Tabla 7 y de las ecorregiones ilustradas en la Figura 5C, presentan una media probabilidad de establecimiento y son Baja California (Tijuana, Rosarito y Tecate) y Sinaloa (Escuinapa y Rosario); los estados con una baja probabilidad de establecimiento son Sonora (Álamos, La Colorada, Guaymas y Hermosillo) y Sinaloa (Choix y El Fuerte).





**Figura 9. Distribución conocida de *P. brachystachys* en la cuenca mediterránea**



**Figura 10. Modelación de la distribución potencial de *P. brachystachys* en la cuenca mediterránea**

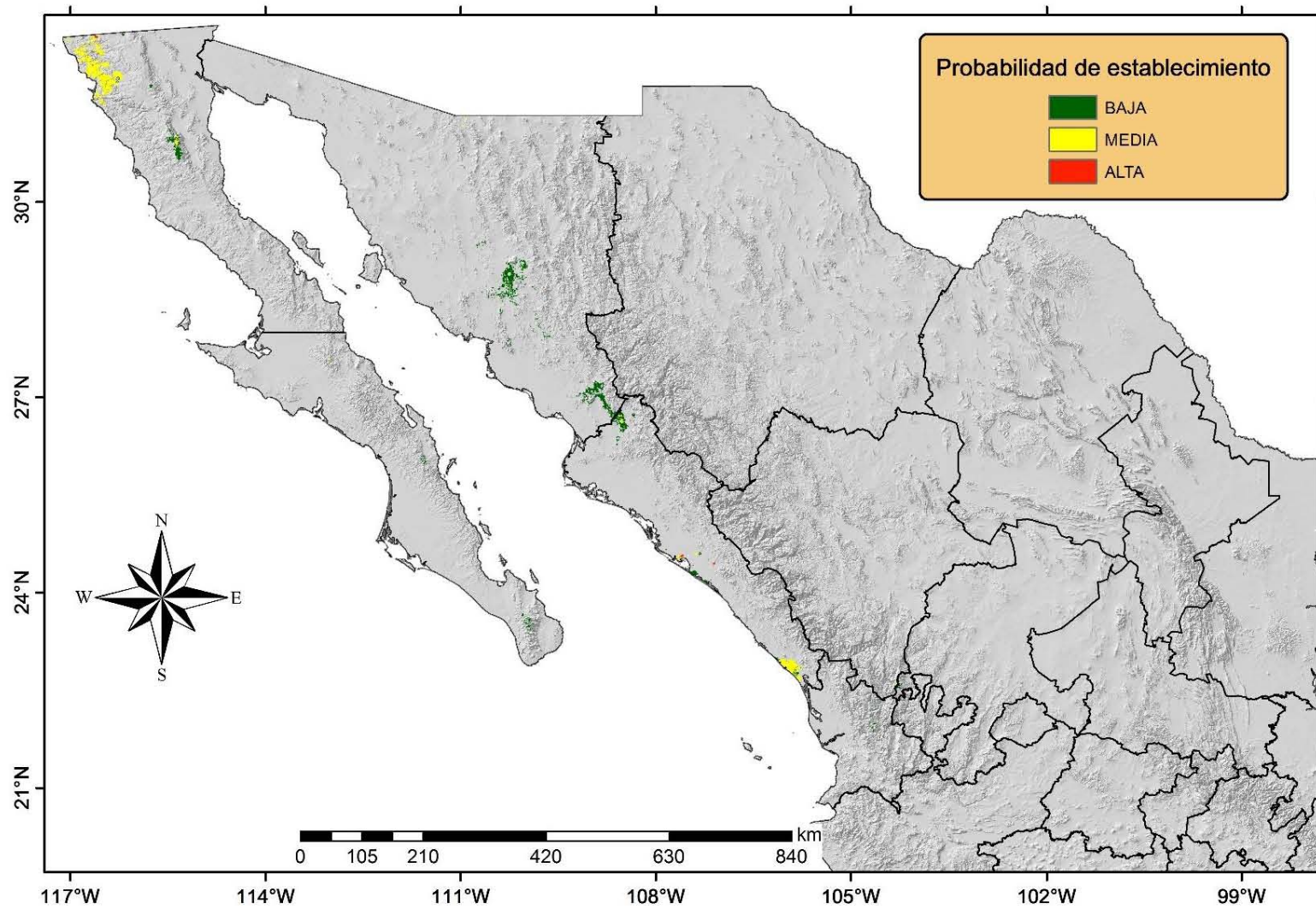


Figura 11. Proyección de la distribución potencial de *P. brachystachys* desde la cuenca Mediterránea hacia México

#### 4.6. Proyección de la distribución de *P. brachystachys* de California a México

La Figura 12 muestra los cuatro puntos de registro de presencia de la especie *Phalaris brachystachys* Link en California Estados Unidos. Como se puede observar, California es el único estado de este país con registros de la especie. Sin embargo, este país cuenta con una amplia distribución de malezas del mismo género (Baldini, 1995; GBIF, 2016). También se puede observar la capacidad de infestación de la maleza *P. brachystachys* en el mismo estado de California, con las variables anteriormente establecidas en la Tabla 7 y tomadas de la ecorregion ilustrada en la Figura 5A. Como se puede apreciar, existe una alta y media probabilidad de establecimiento a lo largo de todo el estado de California y es muy probable que esta maleza se disemine a lo largo de esta región.

En la proyección se observó la probabilidad de establecimiento de la maleza exótica *P. brachystachys* en México. Los resultados sugieren que los estados de la República con mayor probabilidad de establecimiento son, con la categorización de probabilidad alta y media, Baja California Sur (Comondú, Loreto y Mulegé) y Sonora (Guaymas, Hermosillo, Pitiquito y Huatabampo) (Figura 12). Cabe señalar que tanto la proyección de la Figura 11 como la proyección de la Figura 12 muestran al estado de Sonora como una región con probabilidad para el establecimiento de *P. brachystachys*.

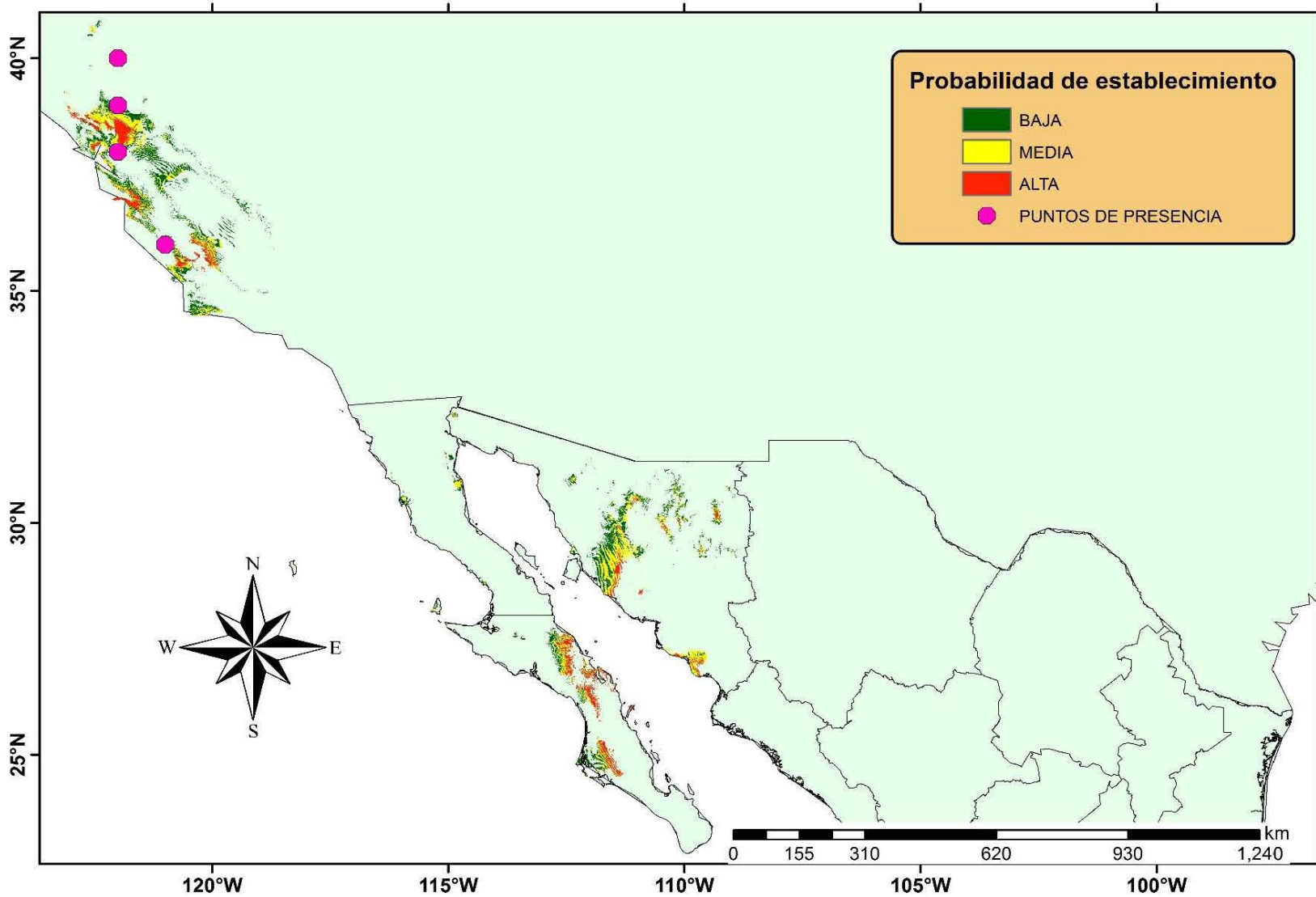


Figura 12. Modelación de la distribución potencial de *P. brachystachys* en California y su proyección hacia México

#### 4.7. Proyección de la distribución de *P. brachystachys* del Bajío a México y posible origen del propágulo

La Figura 13 muestra los seis puntos de registro de presencia de la especie *Phalaris brachystachys* Link en México. Como se puede observar, Guanajuato es el estado con la mayor cantidad de registros, ya que Jalisco solamente cuenta con uno. Así mismo, la Figura 13 muestra la capacidad de infestación de la maleza *P. brachystachys* en todo México, con las variables previamente establecidas en la Tabla 7 y tomadas de la ecorregion ilustrada en la Figura 5B. Por lo tanto existe una alta y media probabilidad de establecimiento a lo largo de la República.

En la proyección se obtuvo que el estado con mayor probabilidad de establecimiento (con una categoría de probabilidad alta) es Jalisco (Cañadas de Obregón); los estados con la categorización de probabilidad media son Jalisco (Teocaltiche, Mexxicacán, Jalostotitlán, Valle de Guadalupe y Yahualica de González Gallo), Zacatecas (General Francisco R. Murguía, Nochistlán de Mejía, Moyahua de Estrada, Jalpa y Juchipila), Puebla (Totoltepec de Guerrero, Atexcal, Zapotitlán y Caltepec), Morelos (Totolapan y Atlatlahucan) y Oaxaca (Huajuapam, Silacayoapam, Tehuantepec y Yautepec) (Figura 13).



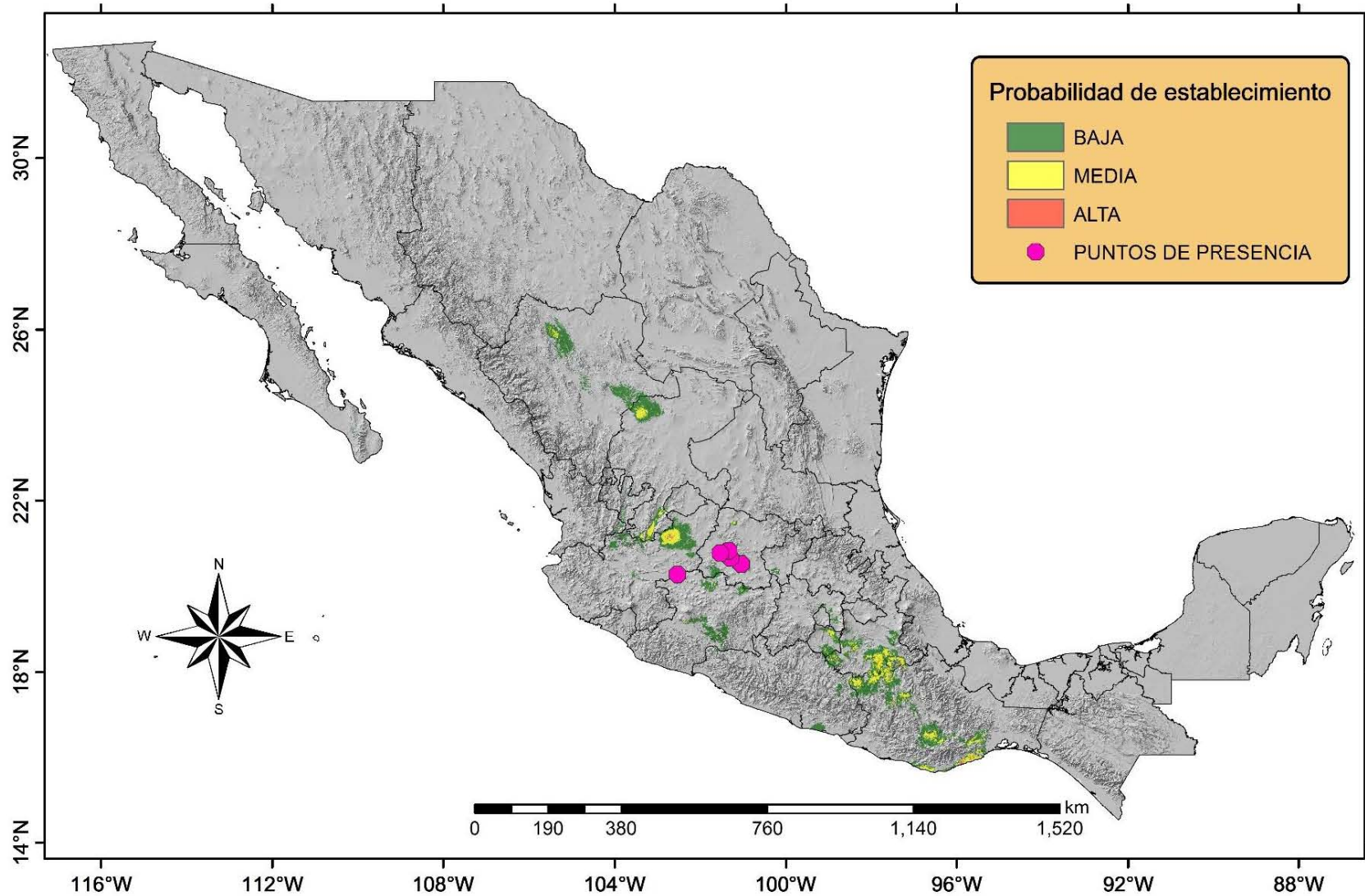


Figura 13. Proyección de la distribución potencial de *P. brachystachys* del Bajío hacia México

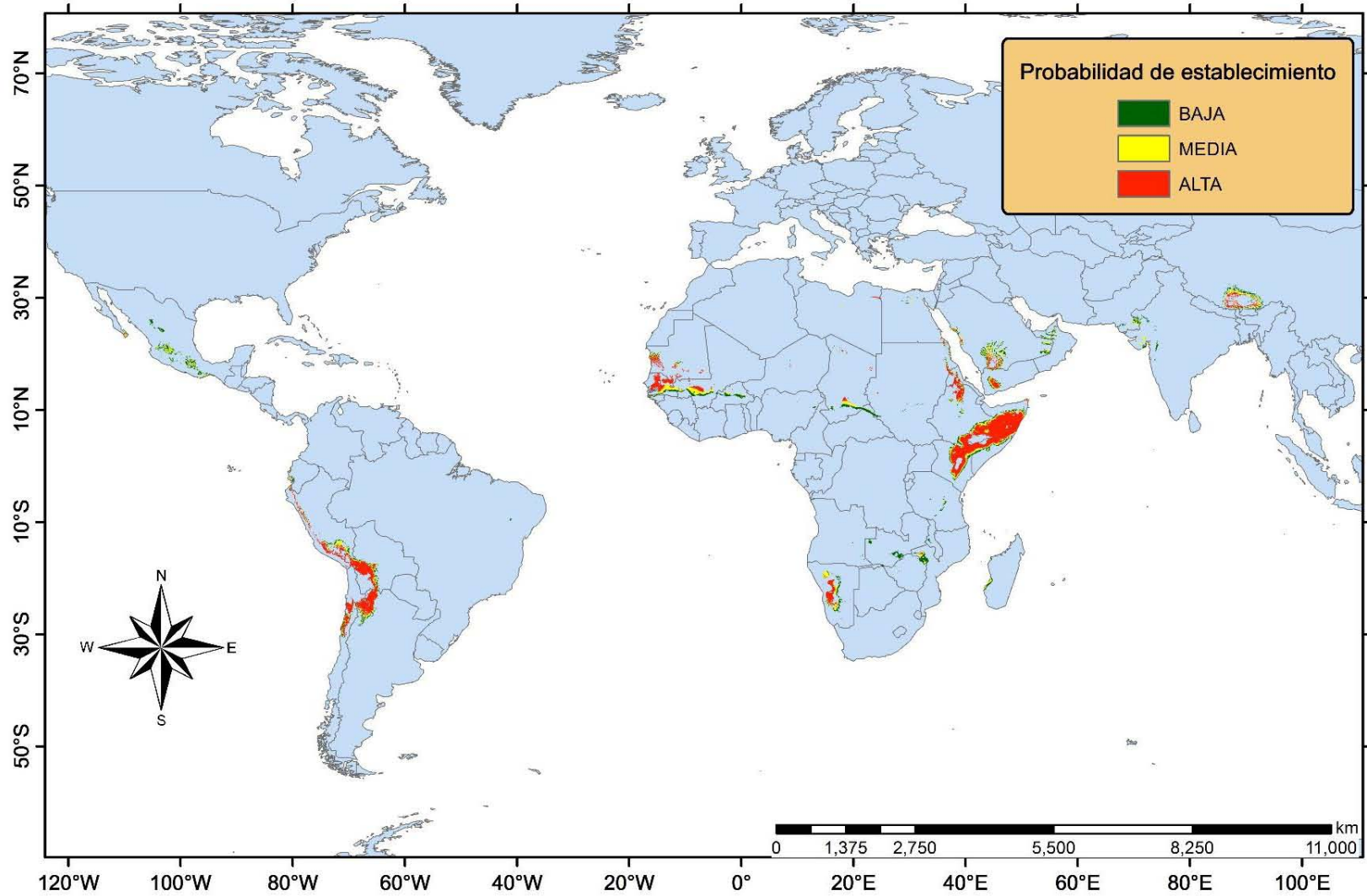


Figura 14. Proyección recíproca con los registros del Bajío para determinar las zonas potenciales de origen del propágulo de *P. brachystachys*



La Figura 14 muestra los posibles países o regiones de donde pudo haber proveniendo el propágulo de la maleza *P. brachystachys* que permitió su establecimiento en la zona del Bajío mexicano. Los países con una categorización de alta probabilidad son: de América del Sur Perú (región de la costa del Pacífico), Chile (centro), Bolivia (centro-oeste) y Argentina (noroeste); del continente Africano, Senegal (a lo largo de casi todo el país), Namibia (centro), Kenia (centro y noreste), Somalia (centro y norte) y Etiopía (sur y sureste). La posibilidad de que estos países sean el origen del propágulo de *P. brachystachys* se determinó con base a su similitud climática, utilizando las variables previamente establecidas en la Tabla 7 para la región del Bajío y tomadas de la ecorregión ilustrada en la Figura 5B.

## V. DISCUSIÓN

Los modelos de nicho ecológico aplicados por primera vez a la especie *Phalaris brachystachys* Link en México, han mostrado áreas probables de establecimiento donde esta maleza aún no ha sido reportada. Tales sitios cumplen con los requerimientos climáticos de la especie, tomando en cuenta las variables utilizadas en cada uno de los modelos (Tabla7). De este modo, se muestra la amplitud del área potencial de establecimiento y dispersión de la especie, lo cual podría indicar las zonas en donde se podrían esperar repercusiones en las actividades agrícolas.

### 5.1. Importancia de *P. brachystachys* como maleza en su evaluación de riesgo

El resultado de la evaluación de riesgo de la especie *Phalaris brachystachys* Link rebasa el valor crítico permitido por la FAO (Tabla 5). Por lo tanto, se tiene que considerar a esta maleza en la categoría de importante y de alto potencial de dispersión y establecimiento (FAO, 2005).

Es extensa la distribución del género *Phalaris* en el mundo (Baldini, 1995) y tiene múltiples reportes de sus especies como malezas problemáticas para la agricultura (Afentouli y Eleftherohorinos, 1996; Gonzalez y Saavedra, 2003; Gonzalez *et al.*, 2005). Dicha información hace imperiosa su evaluación como maleza, un análisis profundo de su distribución potencial y un estudio taxonómico completo de la especie.

La capacidad de dispersión de *P. brachystachys* fuera de su lugar de origen se le atribuye a las actividades humanas (Voshell, 2014). Por ejemplo, a través de importaciones de grano contaminado, o de siembra de grano o semilla contaminada (FAO, 2005; Verloove, 2006). Otra de las posibles entradas de esta maleza a un país es la vía ilegal. Por ejemplo, actualmente se venden semillas de *Phalaris brachystachys* a cualquier persona a través de portales de mercado electrónico, como eBay (eBay, 2017). Tal actividad se ha intensificado debido a su supuesto uso como droga recreativa (Shoomery, 2017). Lo anterior hace notar que el hombre es el principal responsable de aumentar la capacidad de dispersión de la especie, por lo que la generación de barreras legales es de suma importancia para evitar la

importación, compra y siembra ilegal de este tipo de especies y eventualmente su dispersión y establecimiento en zonas de cultivo antes no infestadas.

Un problema grave que causa la maleza *P. brachystachys* es que una vez establecida, la aceleración de su ciclo de vida se puede llevar a cabo a través de la generación de condiciones óptimas para su desarrollo y la producción de un micro ambiente adecuado. De este modo los agricultores están continuamente reintroduciendo la semilla en los campos de cultivo, se hace difícil su control (Hidalgo *et al.*, 1990). Aunado a lo anterior, se ha reportado a esta maleza como una mala hierba resistente a los herbicidas inhibidores de ACCasa en países como Italia, Irán, Siria y Turquía (Heap, 2017). Asimismo, actualmente se cuenta con reportes que la catalogan como hospedera de patógenos dañinos para cultivos de invierno pertenecientes al género *Cladosporium* y *Alternaria* (Espadas *et al.*, 2016).

## 5.2. Factores ambientales para el establecimiento de *P. brachystachys*

Las variables de clima seleccionadas mediante la prueba de Jackknife, como de mayor contribución, permiten evitar el riesgo de sobre ajuste en los modelos y generar modelos predictivos con mayor precisión (Cruz *et al.*, 2014).

La única variable en común que tienen todos los modelos predictivos de *P. brachystachys* realizados en el presente trabajo es la estacionalidad de la precipitación (Bio 15). Por lo tanto se puede inferir que la relación que existe entre la distribución de las lluvias a lo largo del año y la presencia de *P. brachystachys*, determina si esta maleza se pueda establecer en una u otra región.

De acuerdo con los resultados, los principales factores climáticos que influyen en la distribución de *P. brachystachys* para la región Bajío, es la estacionalidad de la precipitación (Bio15), medida como la desviación estándar de la precipitación mensual y expresada como el porcentaje de la media anual y estacionalidad de la temperatura (Bio4), medida como la desviación estándar de las temperaturas promedio mensuales, expresada como el porcentaje de la media anual.

La región del Bajío mexicano comprende planicies o regiones no montañosas de varios estados de la República, los cuales comparten características climáticas similares:

Aguascalientes, Guanajuato, Jalisco, Michoacán, Querétaro y San Luis Potosí (GADI, 2016). Sin embargo, debido a que los registros de *P. brachystachys* en México están en su mayoría dentro del estado de Guanajuato, solamente se caracterizó climáticamente este estado. El clima en la región del Bajío guanajuatense se caracteriza por tener un ciclo de Primavera-Verano húmedo, con una temperatura media que oscila entre los 19-24 °C y una precipitación media que oscila entre los 99-103 mm. Asimismo, se caracteriza por un ciclo Otoño-Invierno seco, con una temperatura media que oscila entre los 15-18 °C y una precipitación media entre los 11-15 mm (SMN, 2016).

Para la región del Mediterráneo, los principales factores climáticos que influyen en la distribución de *P. brachystachys* son la precipitación del trimestre más frío (Bio19) y la estacionalidad de la precipitación (Bio15), medida como la desviación estándar de la precipitación mensual, expresada como el porcentaje de la media anual.

El clima mediterráneo se caracteriza por tener un ciclo de Primavera-Verano caluroso, con una temperatura media que oscila entre los 20-24 °C y una precipitación media que oscila entre los 8-12 mm. También un ciclo Otoño-Invierno lluvioso, con una temperatura media entre los 13-16 °C y una precipitación media entre los 22-25 mm (MeteorologiaenRed, 2016).

Por último para la región California los principales factores climáticos que influyen en la distribución de *P. brachystachys* son la temperatura mínima del mes más frío (Bio6) y la estacionalidad de la precipitación (Bio15), medida como la desviación estándar de la precipitación mensual, expresada como el porcentaje de la media anual.

El clima del estado de California en Estados Unidos, se caracteriza por tener un ciclo de Primavera-Verano seco, con una temperatura media que oscila entre los 19-23 °C y una precipitación media que oscila entre los 8-12 mm. Asimismo, se caracteriza por un ciclo Otoño-Invierno muy lluvioso y frío, con una temperatura media que oscila entre los 9-13 °C y una precipitación media que oscila entre los 65-69 mm (U.S ClimateData, 2016).

### 5.3. Establecimiento potencial de la maleza *P. brachystachys* del Mediterráneo hacia México

Existen muy pocas regiones en México con ámbito de clima mediterráneo, es decir, que climáticamente y mediante el análisis establecido con las variables consideradas como predictoras en los modelos de la región del Mediterráneo (Tabla 7), no es probable que los registros de *Phalaris brachystachys* en México provengan de su región de origen (la cuenca mediterránea). A pesar de lo anterior, se observa que ya se cuentan con registros de la especie *P. brachystachys* en el Bajío mexicano; la explicación de esto es hipotética y podría sentar las bases para posteriores investigaciones. Hay que recordar que *P. brachystachys* es originaria de toda el área mediterránea y el clima Mediterráneo se caracteriza por tener lluvias en la época de invierno; en el Bajío mexicano los cultivos como trigo, avena y cebada se siembran en el ciclo agrícola Otoño-Invierno y se les aplica, como a todos los cultivos, una serie de riegos y fertilizaciones, a lo largo de todo su ciclo de vida. Si *P. brachystachys* está establecida en esta región, probablemente, es porque a través del manejo de los cultivos se genera el ambiente propicio para su establecimiento; por ejemplo, se sustituyen las lluvias naturales que tiene en su región mediterránea de origen, por riegos dentro de las parcelas, además de obtener los nutrientes necesarios para su desarrollo vegetativo y posterior reproducción a través de las fertilizaciones dadas a los cultivos.

La Figura 11 muestra la distribución potencial de la especie en la región del Mediterráneo y proyectada hacia México. La proyección indica que en los estados de Baja California y Sonora existen áreas (aunque pequeñas) con riesgo. Sin embargo, estos estados son los dos principales productores del cultivo de trigo, así como también del cultivo de avena forrajera y cebada forrajera (SIAP, 2015). Por lo tanto, se deben tomar medidas precautorias para evitar que esta maleza se establezca.

A continuación se ubicarán geográficamente los municipios y estados para los cuales se obtuvo algún tipo de probabilidad de establecimiento de la maleza exótica *P. brachystachys* (Figura 11). Se hace hincapié en zonas de producción de cereales de invierno (trigo avena y cebada) del ciclo Otoño-Invierno, ya que la maleza *P. brachystachys* es una mala hierba de importancia económica en el cultivo de cereales de invierno (Gonzalez *et al.*, 2005).

Baja California cuenta con una superficie total sembrada de 97,528 ha de trigo grano, 10,390 ha de cebada forrajera y 10,430 ha de avena forrajera. Los municipios con media probabilidad de establecimiento en este estado son Tijuana, con una superficie total sembrada de cultivos de invierno (avena y cebada) de 374 ha, el municipio de Rosarito con una superficie total sembrada de cultivos de invierno (avena y cebada) de 684 ha y el municipio de Tecate con una superficie total sembrada de cultivos de invierno (avena y cebada) de 613 ha (Figura 11) (SIAP, 2015).

Por su parte, el estado de Sinaloa cuenta con una superficie total sembrada de 79,383 ha únicamente de trigo grano. El único municipio en el que se cultiva algún cereal de invierno es El Fuerte, el cual cuenta con una superficie total sembrada de 2,670 ha y registra una probabilidad baja de establecimiento de la maleza (SIAP, 2015).

Por último, en el estado de Sonora se cultiva una superficie total de 319,596 ha de trigo grano, 3,848 ha de cebada forrajera y 6,051 ha de avena forrajera. Los municipios que cuentan con una baja probabilidad de establecimiento son Guaymas, con una superficie total sembrada de cultivos de invierno (avena y trigo) de 19,503 ha y el municipio de Hermosillo, con una superficie total sembrada de cultivos de invierno (avena, trigo y cebada) de 9,435 ha (SIAP, 2015).

#### 5.4. Establecimiento potencial de la maleza *P. brachystachys* de California hacia México

En Estados Unidos solamente se cuentan con cuatro registros confiables de *P. brachystachys* con base en datos de la Red Mundial de Biodiversidad (GBIF, 2016). Sin embargo, nuestros resultados sugieren que tiene un potencial de establecimiento muy amplio a lo largo de todo del estado de California (Figura 12). Reportes actuales indican que 76 % de Estados Unidos es candidato potencial para el establecimiento y la dispersión de esta especie (USDA, 2016). Lo anterior hace urgente la generación de barreras legales como cuarentenas en los estados fronterizos como Sonora y Baja California, que presentan algún grado de probabilidad de establecimiento (Figura 12).

En la proyección desde California hacia México (Figura 12) se observa, al igual que en la proyección del Mediterráneo hacia México (Figura 11), al estado de Sonora como un posible candidato para el establecimiento de *P. brachystachys*, con la diferencia de que en la Figura 12 la probabilidad de establecimiento se encuentra más ampliamente distribuida a lo largo del estado. Por lo anterior, cabe pensar que el estado de Sonora es la región con mayor probabilidad de establecimiento de *P. brachystachys*, y donde se debe guardar mayor cautela para evitar el ingreso de esta mala hierba, ya que tiene características climáticas semejantes tanto a la ecorregion mediterránea (Figura 5C), como a la ecorregion de California (Figura 5A). La estacionalidad de la precipitación (Bio15) resultó ser una variable ambiental en común y con buen porcentaje de contribución en ambos modelos. Dicho lo anterior, se recomienda la realización de un muestreo en las regiones con alta y media probabilidad de establecimiento en el estado de Sonora, para elucidar si actualmente se encuentra o no establecida la maleza en dichas áreas.

A continuación se ubicaran geográficamente los municipios y estados para los cuales se obtuvo algún tipo de probabilidad de establecimiento de *P. brachystachys* a partir del modelo Californiano (Figura 12). Se hace igualmente hincapié en la producción de cereales de invierno (trigo avena y cebada) del ciclo Otoño-Invierno que exista en cada uno de ellos, ya que *P. brachystachys* es una mala hierba de importancia económica en el cultivo de cereales de invierno (Gonzalez *et al.*, 2005).

Baja California Sur cuenta con una superficie total sembrada de 5,135 ha únicamente de trigo grano y el único municipio en el que se cultiva este cereal de invierno es Comondú. El municipio cuenta con una superficie total sembrada de 5,135 ha, con una alta y media probabilidad de establecimiento (Figura 12) (SIAP, 2015).

Por su parte, en Sonora se cultiva una superficie total de 319,596 ha de trigo grano, 3,848 ha de cebada forrajera y 6,051 ha de avena forrajera. Los municipios que cuentan con una alta y media probabilidad de establecimiento en el modelo de la Figura 12 son Guaymas, con una superficie total sembrada de cultivos de invierno (trigo y avena) de 19,503 ha; Hermosillo, con una superficie total sembrada de cultivos de invierno (trigo, avena y cebada) de 9,435 ha; Huatabampo con una superficie total sembrada de cultivos de invierno

(trigo) de 34,724 ha y por último el municipio de Pitiquito, que no reporta con el cultivo de cereales de invierno (Figura 12) (SIAP, 2015).

#### 5.5. Establecimiento potencial de la maleza *P. brachystachys* de Bajío hacia México y probable origen del propágulo

Una vez determinado que los registros ubicados en la zona del Bajío guanajuatense no provinieron de la zona de origen de *P. brachystachys*, se da por entendido que la maleza ya se encuentra actualmente adaptada a las condiciones climáticas de la región Bajío y por lo tanto esta área es un foco de dispersión diferente para la misma, pues ya cuenta con reportes previos de esta maleza en el cultivo de trigo dentro del estado de Guanajuato (CESAVEG, 2007). Dicho lo anterior se generó la proyección de *P. brachystachys* con las variables climáticas previamente establecidas en la Tabla 7 y tomadas de la ecorregion ilustrada en la Figura 5B.

A continuación, se ubicarán geográficamente los municipios y estados en los cuales se tuvo algún tipo de probabilidad de establecimiento de *P. brachystachys* a partir del modelo entrenado en el Bajío y proyectado al resto de México (Figura 13). Se hace también hincapié en la producción de cereales de invierno (trigo avena y cebada) del ciclo Otoño-Invierno que exista en cada uno de ellos, ya que la maleza *P. brachystachys* es una mala hierba de importancia económica en el cultivo de cereales de invierno (Gonzalez *et al.*, 2005).

Jalisco cuenta con una superficie total sembrada de 34,001 ha de trigo grano, 1,229 ha de cebada grano y 10,306 ha de avena forrajera. Los municipios con un probabilidad media de establecimiento en este estado son Teocaltiche, con una superficie total sembrada de cultivos de invierno (avena) de 320 ha; Jalostotitlán con una superficie total sembrada de cultivos de invierno (avena) de 28 ha, y por último, el municipio de Yahualica de González Gallo con una superficie total sembrada de cultivos de invierno (avena) de 28 ha. Aunque con una superficie proyectada en el modelo, los municipios de Cañadas de Obregón, Mexxicacán y Valle de Guadalupe, no poseen cultivos de cereales de invierno sembrados (Figura 13) (SIAP, 2015).



El estado de Zacatecas cuenta con una superficie total sembrada de 328 ha de trigo grano, 585 ha de cebada grano y 6,879 ha de avena forrajera. Los municipios con probabilidad media de establecimiento en este estado son General Francisco R. Murguía, con una superficie total sembrada de cultivos de invierno (avena, cebada y trigo) de 79 ha; Nochistlán de Mejía con una superficie total sembrada de cultivos de invierno (avena) de 45 ha; Moyahua de Estrada con una superficie total sembrada de cultivos de invierno (avena) de 23 ha, Jalpa con una superficie total sembrada de cultivos de invierno (avena) de 445 ha, y por último, el municipio de el municipio de Juchipila, con una superficie total sembrada de cultivos de invierno (avena) de 53 ha (Figura 13) (SIAP, 2015).

Puebla cuenta con una superficie total sembrada de 207 ha de trigo grano, 172 ha de cebada forrajera y 1,040 ha de avena forrajera. No obstante ninguno de los municipios con probabilidad media de establecimiento en este estado posee cultivos de cereales de invierno sembrados (Figura 13) (SIAP, 2015).

El estado de Morelos no se cuenta con registros de siembra de cultivo de cereales de invierno (trigo, cebada y avena) (SIAP, 2015).

Por último, el estado de Oaxaca en el ciclo Otoño-Invierno, cuenta con una superficie total sembrada de 1,171 ha de trigo grano, 10 ha de cebada grano y 209 ha de avena forrajera. Dado que este estado cuenta con una cantidad muy grande de municipios y en base a la observación de la Figura 12 es difícil ubicar cada uno de ellos, para efectos de practicidad se utilizarán los distritos de riego (DDR) para ubicar los lugares con algún riesgo de establecimiento de la maleza *P. brachystachys*. El único DDR en el que se cultivan los cereales de invierno (trigo, avena y cebada) es Huajuapán, el cual cuenta con una superficie total sembrada de 1,093 ha y tiene una probabilidad media de establecimiento (Figura 13) (SIAP, 2015).

## VI. CONCLUSIONES

La probabilidad climática de establecimiento de la maleza *Phalaris brachystachys* del Mediterráneo hacia México es casi nula, sin embargo, existen regiones con una probabilidad media de establecimiento y estas se encuentran en el estado de Baja California, que tiene una importante producción de trigo a nivel nacional.

La proyección de *Phalaris brachystachys* desde California (E. U.) hacia México arroja en su mayoría regiones con un media y alta probabilidad de establecimiento en estados como Sonora y Baja California Sur. Dada la cercanía de la ubicación de los registros de esta maleza en Estados Unidos, se deben generar barreras legales en los estados fronterizos del noroeste de la republica que impidan la entrada de la maleza a territorio nacional.

La única variable climática en común de todas las proyecciones es estacionalidad de la precipitación (Bio15), por lo tanto el factor de la distribución de las lluvias a lo largo del año es determinante para la presencia de la maleza *Phalaris brachystachys* dentro de una región u área.

Dado que actualmente ya se cuenta con más de un registro a nivel nacional de la maleza *Phalaris brachystachys*, en el Bajío guanajuatense; la proyección generada del Bajío hacia el resto de México con las variables climáticas de dichas zonas de registro, proyecta un alta y media probabilidad de establecimiento, principalmente en los estados de Jalisco y Oaxaca, ordenados respectivamente por cantidad superficie sembrada de cultivos de invierno.

La proyección realizada con las variables del Bajío hacia el resto del mundo, muestra las regiones con mayor similitud climática y de las cuales pudo haberse originado el propágulo que posibilito el establecimiento de la maleza *Phalaris brachystachys* en la región del Bajío guanajuatense; arrojando así regiones en países como: Perú, Chile, Bolivia, Argentina Senegal, Namibia, entre otros; que si bien son regiones similares climáticamente con el Bajío mexicano, no cuentan con registros actuales de la maleza en la base de datos del Global Biodiversity Information Facility (GBIF), lo que hace imposible que sean las regiones de las cuales se originó el propágulo.

Por último la maleza *Phalaris brachystachys* Link debe ser incluida en la lista de malezas reglamentadas de México (NOM-043-FITO-1999), dado que rebasa los factores de riesgo establecidos por la metodología de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

## VII. Bibliografía

1. Afentouli, C. G., y Eleftherohorinos, I. G. (1996). Littleseed canarygrass (*Phalaris minor*) and short-spiked canarygrass (*Phalaris brachystachys*) interfere in wheat and barley . *Weed Science*, *44*: 560-565.
2. Anderson, D. E. (1961). Taxonomy and Distribution of the Genus *Phalaris* . (H. S. College, Ed.) *Iowa State Journal of Science*, *6*(1): 1-96.
3. Araujo , M., y Guisan, A. (2006). Five (or so) challenges for species distribution modelling . *Journal of Biogeography*, *33*: 1677-1688.
4. Arriaga, L., Castellanos, A., Moreno, E., y Alarcon, J. (2004). Potencial Ecological Distribution of Alien Invasive Species and Risk Assesment: A case Study for Buffel Grass in Arid Regions of Mexico. (18): 1504-1514.
5. Baldini, R. M. (1995). Revision of the genus *Phalaris* L. (Gramineae). (M. B. Firenze, Ed.) *Webbia* (103): 265-329.
6. Baldwin, R. (2009). Use of maximum entropy modeling in wildlife research. *Entropy*, 854-866.
7. Blackburn, T., Pysec , P., Bacher , S., Carlton, J., Duncan, R., Jarosik, V., y otros. (s.f.). A proposed unifold framework for biological invasions. *Ecol.Evol*, 333-339.
8. Bysbi, F. (2000). The quiet revolution: Biodiversity informatics and the internet. *Science*, *289*: 2309-2312.
9. CESAPEG. (2007). Campaña de manejo fitosanitario de trigo: Manejo integrado de malezas. Guanajuato, México: Comité Estatal de Sanidad Vegetal Guanajuato.
10. Cobb, A. (1992). *Herbicides and plant physiology*. Chapman y Hall.
11. Cotero, G. (1997). Situacion de la resistencia de las malezas a los herbicidas en México. Brasil: FAO.

12. Cruz Cardenas , G., Lopez Mata , L., Villaseñor, J. L., y Ortiz , E. (2014). Modelado de la distribución de especies y el uso del análisis de componentes principales como variables predictoras . *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85: 189-199.
13. Cudney , D. W., y Hill, J. E. (1979). The response of wheat grown with three populations levels of canarygrass to various herbicides treatments . *Weed Science*, 32: 55-56.
14. De Luco , D., Garcia Marin, J., Lujan, K., y Perez, V. (1991). Intoxicación ovina debido al consumo de *Phalaris* (*Phalaris brachystachys*). *Medicina Veterinaria*, 161-175.
15. Delgado Castillo, J. C. (2011). Malezas cuarentenadas para México. En G. Bojórquez Bojórquez, E. Rosales Robles, G. Zita Padilla , V. Vargas Tristan , V. A. Esqueda Esquivel, y A. A.C (Ed.), *Manejo de Malezas en México*. Mexico: Universidad Autónoma de Sinaloa, 245-292
16. Dudik, M., Phillips , S., y Schapire, R. (2004). Performance guarantees for regularized maximum entropy density estimation . *Proceedings of the 17th Annual Conference on Computational Learning Theory*, 655-662.
17. eBay. (2017). *Phalaris brachystachys* (shortspike alpiste semillas). Obtenido de [http://www.ebay.com/sch/i.html?\\_from=R40&\\_trksid=p2050601.m570.l1313.TR0.TR0.H0.Xphalaris+brachystachys.TR0&\\_nkw=phalaris+brachystachys&\\_sacat=0](http://www.ebay.com/sch/i.html?_from=R40&_trksid=p2050601.m570.l1313.TR0.TR0.H0.Xphalaris+brachystachys.TR0&_nkw=phalaris+brachystachys&_sacat=0) (consultado el 6 de febrero de 2016)
18. Elith, J., Graham, C., Anderson, R. P., Dudik, M., y Ferrier, S. (2006). Novel methods improve prediction of species distribution from occurrence data . *Ecography*, 29: 129-151.
19. Espadas, R, M., Medina C, T., y Zita P, G. (2016). Informe: Patología de la semilla *Phalaris brachystachys*. Celaya, Gto: C.E. BAJIO INIFAP.
20. FAO. (1987). Manejo de malezas. Centro internacional de protección vegetal, Oregon.

21. FAO. (2005). *Pocedimientos para la evaluacion de riesgos de malezas*. Direccion de produccion y Proteccion vegetal . Roma, Italia: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación .
22. FAO. (2014). Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistics Division. Recuperado el 26 de Octubre de 2016, de FAOSTAT: <http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/E>
23. GADI. (2016). *El Bajío mexicano*. Obtenido de <http://www.hispanialink.com/PDF/pqBajio.pdf> (consultado el 6 de febrero de 2016)
24. GBIF. (2016). Global Biodiversity Information Facility.Synonyms for "*Phalaris brachystachys*". Obtenido de <http://www.gbif.org/species/5289745/synonyms> (consultado el 27 de octubre de 2016)
25. GBIF. (2016). Global Biodiversity Information Facility. GBIF Backbone Taxonomy. Obtenido de <http://www.gbif.org/species/2703277> (consultado el 27 de octubre de 2016)
26. Gonzalez A, J. L., Jimenez H, M., Garcia T, L., y Saavedra, M. (2005). Demography and population dynamic of the arable weed *Phalaris brachystachys* L. (short-spiked canary grass) in winter wheat. *Crop protection*, 24: 581-584.
27. Gonzalez Andujar, J., y Saavedra, M. (2003). Spatial distribution of annual grass weed populations in winter cereals. *Crop protection*, 22, 629-633.
28. Groves , R. H., y Di Castri, F. (1996). *Biogeography or mediterranean invasions*. Cambridge University Press, 495.
29. Guisan, A., y Zimmermann, N. (2000). Predictive habitat distribution model in ecology. *Ecological Modelling*, 135: 147-186.
30. Guralnick, P., Hil, A., y Lane, M. (2007). Towards a collaborative, global infrestructure for biodibersity assessments. *Ecology letters*, 10: 663-572.

31. Heap, I. (2017). Herbicide resistant short spike canarygrass (*Phalaris brachystachys*). Obtenido de International survey of herbicide resistant weeds: <http://www.weedscience.org/Summary/Species.aspx> (consultado el 11 de abril de 2017)
32. Hernandez , P. A., Graham, C. H., Master, L. L., y Albert, D. L. (2006). The effect of samble size and species characteristics of performance of different species ddistribution modelling methods. *Ecography*, 25: 773-785.
33. Hidalgo, E., Saavedra, M., y Garcia-Torres, L. (1990). Weed flora of drylands crops in Cordoba region (Spain). *Weed research*, 30: 309-318.
34. Hijmans , R., Cameron, S., Parra, J., Jones, P., y Jarvis, A. (2005). Very high resolution interpolated climate surfaces for a global land areas . *International Journal of Climatology*, 25: 1965-1978.
35. HRAC. (2012). Guideline to the Management of Herbicide Resistance. Obtenido de <http://hracglobal.com/files/Herbicide-Cross-Resistance-and-Multiple-Resistance-in-Plants.pdf> (consultado el 26 de octubre de 2016)
36. ITIS. (2016). *Integrated Taxonomic Information System*.ITIS Report *Phalaris brachystachys* Link. Obtenido de [https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search\\_topic=TSN&search\\_value=41339#null](https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=41339#null) (consultado el 27 de octubre de 2016)
37. James , E. J., Evans, M. R., y Child, R. (1991). Noxious range weeds.
38. Jimenez H, M. J. (1993). Incidencia y evolución de los alpistes (*Phalaris ssp.*) en el trigo (*Triticum sp.*). Tesis Doctoral, Universidad de Córdoba , Córdoba, España.
39. Jimenez Hidalgo, M. J., Saavedra, M., y Garcia Torres. (1997). *Phalaris* sp. in cereal crops. *Biologia de las malas hiebas en España*, 77-89.
40. Jimenez V, A., Peterson, A. T., Soberon, J., Overton, J. M., Aragon, P., y Lobo, J. M. (2011). Use of niche models in invasive species risk assessments. *Springer Science+Bussines Media*, 13: 2785-2797.

41. Klingman, C. G. (1961). Weed control as a science. New York: John y Sons Inc.
42. Kolar, C. S., y Lodge, D. M. (2002). Ecological prediction s and risk assessmentsfor alien fishes in North America . Science, 298: 1233-1236.
43. Liebman, M., Moler, C., y Straver, C. (2001). Types of damage caused weeds. Ecological Management of Agricultural Weeds.
44. Lockwood, J. L., Hoopes, M. F., y Marchetii, M. P. (2007). Invasion ecology. Blackwell Oxford.
45. Margules , C., y Pressley, R. (2000). Systematic conservation planning. Nature, 405: 243-252.
46. Mateo, R., Felisimo, A., y Muñoz , J. (2011). Modelos de distribución de especies: Una revisión sintética. (S. d. Chile, Ed.) Revista chilena de historia natural, 217-240.
47. Medina , C., y Arevalo, V. (2000). Maleza en el cultivo de cebada maltera. Estrategias de manejo y control en el Bajío. Folleto científico, SAGARPA-INIFAP, Celaya, Guanajuato, México.
48. MeteorologiaenRed. (2016). Climatograma Valencia España. Obtenido de <https://www.meteoblue.com/es/tiempo/mapa/precipitacion/spain-and-portugal> (consultado el 17 de septiembre de 2016)
49. MEXU. (2016). *Herbario Macional de México*. Obtenido de <http://www.ib.unam.mx/botanica/herbario/> (consultado el 23 de octubre de 2016)
50. Nelson, J. (1917). The introduction of foreing weeds in ballast as illustrated by ballast-plants al Linnton. 151-160.
51. NGRP. (2016). Gernoplasm resource information network (GRIN). Obtenido de United States Department of Agriculture Genetic Resources Program: <https://npgsweb.ars-grin.gov> (consultado el 27 de octubre de 2016)



52. Nickrent, D. (2016). *Parasitic plant classification*. (U. C. Southern Illinois, Productor)  
Obtenido de <http://parasiticplants.siu.edu/ListParasites.html> (consultado el 28 de octubre de 2016)
53. Oliver, F., y Wotherspoon, S. (2006). Modelling habitat selection using presence only data: Case study of a colonial hollow nesting bird, the snow petrel. *Ecological modelling*, *195*: 187-204.
54. Panetta, F. D., Mackey, A. P., Virtue, J., y Groves, R. H. (2001). Weed risk assessment: Core issues and future directions. CSIRO Publishing, 231-240.
55. Papes, M., y Gaubert, P. (2007). Modelling ecological niches from low numbers of occurrences: Assessments of the conservation status of poorly known viverrids *Mammalia carnivora* across two continents. *Diversity and Distribution*, *13*: 890-902.
56. Pearson, R. G., Raxworthy, C. J., Nakamura, M., y Peterson, A. T. (2007). Predicting species distribution from small numbers of occurrence records: A test case crypting geckos in Madagascar. *Journal of Biogeography*, *34*: 102-117.
57. Peterson, A., Soberon, J., G. Pearson, R., P. Anderson, R., Martínez M, E., Nakamura, M., y otros. (2011). *Ecological niches and geographic distribution*. New Jersey, E.U: Princeton University Press.
58. Peterson, R. G., y Dawson, T. P. (2003). Predicting the impact of climate change on the distribution of species: Are bioclimate envelope models useful? *Global ecology and Biogeography*, *12*: 361-371.
59. Phillips, S. J., y Dudik, M. (2008). Modeling of species distribution with Maxent: New extensions and comprehensive evaluation. *Ecography*, *31*: 161-175.
60. Phillips, S. J., Anderson, R., y Schapire, R. (2006). Maximum entropy modelling of species geographic distributions. *EcoModelling*, *190*: 231-259.
61. Phillips, S. J., Anderson, R. P., y Schapire, R. E. (2006). Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*, *190*, 231-259.

62. Princeton University. (2016). *Maxent software for species habitat modeling*. Obtenido de <http://www.cs.princeton.edu/~schapire/maxent/> (consultado el 28 de octubre de 2016)
63. Pulliam, R. (2000). On the relationship between niche and distribution. *Ecology Letters*, 3: 349-361.
64. Randall , R. (2012). A global compendium of weeds. Department of Agriculture and Food, 1107.
65. Raxworthy, C. J., Martinez-Meyer, E., Horning, N., Nussbaum, R. A., y Schneider, G. E. (2003). Predicting distribution of known and unknown reptile species in Madagascar . *Nature Biotechnology*, 426: 837-841.
66. Riccardo, M. (1995). Revision of genus *Phalaris* L. (Gramineae). (U. o. Florence, Ed.) *Webbia* (49): 265-329.
67. Rodriguez, E. (1988). Control de malezas en el cultivo de frijol (*Vigna unguiculata* L. Walp.) . Serie de paquetes tecnologicos: Fondo Nacional de Investigaciones Pecuarias, 5: 38-43.
68. Rowe, R. (2005). Elevational gradient analyses and the use of the historical museum specimens: A cautionary tale. *Journal of Biogeography*, 32: 1883-1892.
69. Ryves , e. (1996). Alien grasses of the British Isles. *Botanical Society of the British Isles*, 181.
70. Sanchez-Ken , J. G., Zita P, G., y Mendoza C, M. (2012). Catálogo de gramíneas malezas nativas e introducidas de México. México: SAGARPA.
71. SEMARNAT. (2001). Ordenamiento ecológico del territorio. Memoria técnica 1995-2000, México.
72. SENASICA. (2016). Malezas reglamentadas. (SAGARPA, Editor) Obtenido de <http://publico.senasica.gob.mx/?id=4522> (consultado el 16 de octubre de 2016)

73. Sheley, R., Petroff, J., y Bornam, M. (1999). Introduction to biology and management of noxious rangeland weeds. Corvallis.
74. Shoomery. (2017). Magic Mushrooms Demystified. Obtenido de <https://www.shroomery.org/forums/showflat.php/Number/10004201>. (consultado el 13 de marzo de 2017)
75. SIAP. (2015). Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (SAGARPA, Productor) Obtenido de [http://infosiap.siap.gob.mx/aagricola\\_siap\\_gb/icultivo/index.jsp](http://infosiap.siap.gob.mx/aagricola_siap_gb/icultivo/index.jsp) (consultado el 26 de octubre de 2016)
76. SMN. (2016). Servicio Meteorológico Nacional. Obtenido de <http://smn.cna.gob.mx/tools/DATA/Climatolog%C3%ADa/Pron%C3%B3stico%20clim%C3%A1tico/Temperatura%20y%20Lluvia/PREC/2016.pdf> (consultado el 18 de octubre de 2016)
77. Soberon , J., y Peterson, A. (2004). Biodiversity informatics: Managing and aplying primary biodiversity data . *Phylosophical Transactions of the royal society of London*, 689-698.
78. Stace, C. (2010). *New flora of British Isles. Ed. 2*: 1130.
79. Stace, C. (2010). *New Flora Of The British Isles*. United Kindom: Cambriedge.
80. Steiner, F. M., Schlick-Steiner, B. C., y VanDerWal, J. (2008). Combined modelling of distribution and niche in invasion biology: A case study of two invasive *Tetramorium* ant species . *Diver Distrib*, 14: 538-545.
81. Stockwell, D., y Peterson, A. T. (2002). Effects of samble size on accurancy pof species distribution models. *Ecological Modelling*, 148: 1-13.
82. Suarez Mota, M., Ortiz, E., Villaseñor , J. L., y Espinoza Garcia, F. J. (2016). Ecological niche modeling of invasive plant species according to invasion status and management: the case of *Chromolaena odorata* (Asteraceae) in South Africa. *Pol. J. Ecol.*, 64: 355-369.

83. TROPICOS. (2016). *TROPICOS*. (M. B. Garden, Editor) Obtenido de <http://www.tropicos.org/NameSearch.aspx?name=Phalaris+brachystachys&commonname=> (consultado el 27 de octubre de 2016)
84. Tsoar, A., Allouche, O., Steinitz, O., y Rodem, D. (2007). A comparative evaluation of presence only methods for modelling species distribution. *Diversity and Distribution*, 13: 397-405.
85. U.S ClimateData. (2016). *U.S Climate Data*. Obtenido de <http://www.usclimatedata.com/climate/california/united-states/3174#> (consultado el 09 de febrero de 2016)
86. USDA. (2016). Weed risk assessments for *Phalaris brachystachys* Link (Poaceae) - Short spike canary grass. USA: United States Department of Agriculture .
87. Verloove, F. (2006). Catalogue of neophytes in Belgium. National Botanical Garden in Belgium, 89.
88. Vetass, O. (2002). Realized and potential niches: A comparison of four *Rhododendron* tree species. . *Journal of Biogeography*, 29: 545-554.
89. Vibrans, H. (2011). *CONABIO*. Malezas de Mexico. Obtenido de <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/2inicio/home-malezas-mexico.htm> (consultado el 26 de octubre de 2016)
90. Villaseñor, J. L., y Espinoza G, F. (2004). The alien flowering plants of Mexico. *Diversity and Distribution*, 10: 113-123.
91. Villaseñor, J. L., y Magaña, P. (2006). Plantas introducidas en México. *Ciencias*, 82: 38-40.
92. Voshell, S. (2014). Evolutionary history of canary grasses (*Phalaris* Poaceae). Doctor of Philosophy.

93. Williams, P. (2002). Proposed guidelines for weed risk assessments in developing countries. Landcare Research contract report.
94. WorldClim. (2016). *Global Climate Data*. Obtenido de <http://www.worldclim.org/bioclimate> (consultado el 28 de octubre de 2016)
95. WWF. (2016). *World Wildlife Fund*. Obtenido de <http://www.worldwildlife.org/> (consultado el 26 de octubre de 2016)
96. Zaniwski, A. E., Lehmann, A., y Overton, J. M. (2002). Predicting species spatial distribution using presence only data: A case study of native New Zealand ferns. *Ecological Modelling*, 157: 261-280.
97. Zita P, G. (2011). Biología y Ecología de la maleza. En G. Bojórquez Bojórquez, E. Rosales Robles, G. Zita Padilla, V. Vargas Tristan, y V. A. Esqueda Esquivel, Manejo de malezas en México. Mexico: Universidad Autónoma de Sinaloa. 13-52.
98. Zita P, G. (2012). Resistencia de malas hierbas a herbicidas inhibidores de la enzima ACCasa. Universidad de Córdoba, Departamento de Edafología y Química Agrícola. Córdoba, España: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Córdoba.