



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DAPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA AGRÍCOLA

PROPUESTA DE UN ESQUEMA DE MUESTREO PARA *Polygonum convolvulus* L. MEDIANTE SIMULACIÓN EN CEBADA Y TRIGO EN IXTAPALUCA, ESTADO DE MÉXICO

TESIS

QUE COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS EN PROTECCIÓN VEGETAL

PRESENTA:

MARÍA DEL ROCÍO ELIZALDE FLORES



DIRECCIÓN GENERAL ACADÉMICA
DIRECCIÓN DE SERVICIOS ESCOLARES
ORIGINA DE EXÁMENES PROFESIONALES



JULIO DE 2012,

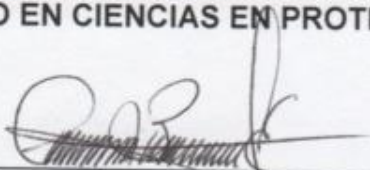
CHAPINGO, MÉXICO.

**PROPUESTA DE UN ESQUEMA DE MUESTREO PARA *Polygonum convolvulus* L.
MEDIANTE SIMULACIÓN EN CEBADA Y TRIGO EN IXTAPALUCA, ESTADO DE
MÉXICO.**

Tesis realizada por María del Rocío Elizalde Flores, bajo la dirección del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

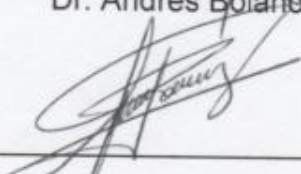
MAESTRO EN CIENCIAS EN PROTECCIÓN VEGETAL

DIRECTOR:



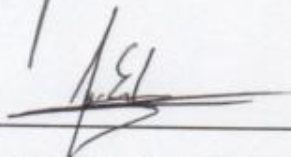
Dr. Andrés Bolaños Espinoza

CO-DIRECTOR:



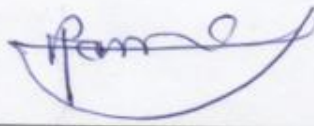
Dr. Samuel Ramírez Alarcón

ASESOR:



M.C. Luis Emilio Castillo Márquez

ASESOR:



M.C. Martín Ramírez del Ángel

Chapingo, México, Julio de 2012

DEDICATORIA

A Díos

A mis padres Maximino y Elena

A mi esposo Jorge Alberto

A mi hijo Juan Carlos

A mis hermanos Guadalupe, Miguel, Elena, Rosa y Raquel

Por su apoyo, consejo, comprensión, paciencia y sobre todo por su amor. Gracias a todos.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Chapingo y al Departamento de Parasitología Agrícola, por las facilidades y el soporte brindado para llevar a cabo mis estudios de Posgrado.

Al Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología por el apoyo económico para realizar la maestría, una de mis metas en el desarrollo profesional.

Al Posgrado en Protección Vegetal por brindarme las herramientas, conocimientos y experiencias para lograr mi formación integral.

A mi Comité Asesor:

Dr. Andrés Bolaños Espinoza

Dr. Samuel Ramírez Alarcón

M.C. Luis Emilio Castillo Márquez

M.C. Martín Ramírez del Ángel

Por su dedicación en la conducción y desarrollo del trabajo de tesis, por su atención y acertadas sugerencias en la revisión del manuscrito; así como por su agradable amistad.

Al Comité Estatal del Estado de México, por las facilidades y apoyo para la realización de este trabajo, en especial al M. C. Alfonso Cano y el Ing. Heladio Germán.

Al M. C. Horacio koji Osada Velásquez por su colaboración del presente trabajo y por sus consejos.

A la M. C. Norma Espinosa García por su amistad y consejos aportados en este trabajo.

Un agradecimiento muy especial a todos y cada uno de mis compañeros de generación, así también para aquellos colegas que sin haber sido de mi generación me brindaron apoyo y su amistad.

DATOS BIOGRÁFICOS

La Ing. María del Rocío Elizalde Flores egresó de la Universidad Autónoma Chapingo del Departamento de Parasitología Agrícola en el año 2000; en mayo del 2001 brindo sus servicios en la Empresa Fumigaciones y Desinfecciones APLYN, en el 2004 impartió asesorías de Biología y Física en preparatoria abierta, en el plantel de CNCI en Texcoco, en el 2006 fue Directora técnica del Jardín de Niños Hans Christian Anderson en Santa Úrsula, Texcoco.

CONTENIDO

	Página
LISTA DE CUADROS.....	vi
LISTA DE FIGURAS.....	ix
RESUMEN.....	vi
ABSTRACT.....	vi
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1 El mercado de la cebada y el trigo.....	4
2.2 Importancia de las malezas.....	5
2.2.1 Nombre científico.....	5
2.2.1.1 Importancia económica.....	6
2.2.1.2 Clasificación taxonómica.....	7
2.2.1.3 Distribución.....	7
2.2.1.4 Cultivos afectados.....	7
2.2.1.5 Efectos sobre los cultivos.....	8
2.2.1.6 Impacto económico.....	8
2.2.1.7 Morfología.....	9
2.2.1.8 Biología.....	11
2.2.1.9 Control.....	12

2.2.1.9.1 Control cultural.....	12
2.2.1.9.2 Control biológico.....	13
2.2.1.9.3 Control químico.....	13
2.2.1.9.3.1 Resistencia a herbicidas.....	14
2.2.1.9.4 Control legal.....	16
2.2.2. Disposición espacial.....	17
2.2.3 Distribución Poisson.....	19
2.2.4 Distribución binomial negativa.....	20
2.2.5 Métodos de muestreo para malezas.....	21
2.2.6 Norma Oficial Mexicana NOM-043-FITO-1999.....	22
2.2.6.1 Métodos oficiales de muestreo en México.....	23
2.2.6.1.1 Muestreo de plantas.....	25
2.2.6.1.2 Muestreo de suelo.....	25
2.2.6.1.3 Técnicas para estimar la población de semillas.....	26
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	28
3.1 Descripción general del área de estudio.....	28
3.1.1 Descripción del primer sitio Santa Catarina en San Francisco Acuatla.....	29
3.1.2 Descripción del segundo sitio Ocotepec en San Francisco Acuatla.....	29
3.1.3 Disposición espacial de <i>P. convolvulus</i>	30

3.2. Simulación estadística para una propuesta de esquema de muestreo de la maleza <i>P. convolvulus</i>	32
3.2.1 Metodología y materiales usados.....	32
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	34
4.1 Disposición espacial de los predios.....	34
4.2 Simulación estadística para una propuesta de esquema de muestreo de la maleza <i>P. convolvulus</i>	38
4.2.1 Esquema de recorrido recomendado.....	40
5. CONCLUSIONES.....	43
6. LITERATURA CITADA.....	44
7. ANEXOS.....	50

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1.	Moléculas de herbicidas efectivos contra <i>P. convolvulus</i>	15
Cuadro 2.	Resultados de la prueba de comparación de medias de la prueba de Tukey.....	35
Cuadro 3.	Cantidad de semillas encontradas en el predio uno, a tres diferentes profundidades. Santa Catarina, Ixtapaluca. 2011.....	36
Cuadro 4.	Cantidad de semillas encontradas en el predio a dos profundidades. Ocotepec, Ixtapaluca. 2011.....	37
Cuadro 5.	Frecuencias de aparición de cuatro registros ajustados a poisson en el sitio uno. Santa Catarina, Ixtapaluca. 2012.....	38
Cuadro 6.	Frecuencias de aparición de tres registros ajustados a binomial negativa en el sitio dos. Ocotepec, Ixtapaluca 2012.....	39
Cuadro 7.	Valores obtenidos, para los parámetros de las distribuciones de poisson y binomial negativa de ambos sitios.....	40

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Planta de <i>P. convolvulus</i>	10
Figura 2.	Hojas de <i>P. convolvulus</i> en forma de flecha.....	10
Figura 3.	Flores de <i>P. convolvulus</i>	11
Figura 4.	Derecha frutos; izquierda semillas de <i>P. convolvulus</i> (aquenios)	11
Figura 5.	Izquierda cuadrantes en campo de 1.0 m ² cada uno. Derecha, establecimiento del área de estudio.....	30
Figura 6.	Cuadrantes con mayor presencia simulada de <i>P. convolvulus</i> en el registro 1 de predio 1 (Santa Catarina) y esquema de muestreo propuesto.....	41
Figura 7.	Cuadrantes con mayor presencia simulada de <i>P. convolvulus</i> en el registro 1 del predio 2 (Ocotepéc) y esquema de muestreo propuesto.....	41
Figura 8.	Propuesta de esquema de muestreo de <i>P. convolvulus</i> por hectárea.....	42

PROPUESTA DE UN ESQUEMA DE MUESTREO PARA *Polygonum convolvulus* L. MEDIANTE SIMULACIÓN EN CEBADA Y TRIGO EN IXTAPALUCA, ESTADO DE MÉXICO.

PROPOSED SCHEME FOR SAMPLING *Polygonum convolvulus* L. BY SIMULATION IN BARLEY AND WHEAT IN IXTAPALUCA, ESTADO DE MEXICO.

Elizalde –Flores M. del R.¹; Bolaños-Espinoza A.² y Ramírez-Alarcón S.²

Resumen

Con el objetivo de conocer la distribución espacial y proponer un esquema de muestreo de *Polygonum convolvulus* L., se realizaron dos experimentos (uno en trigo y otro en cebada) en Ixtapaluca, estado de México. Se contabilizó el número de plantas por metro cuadrado, en un área de 100 m². Con los datos de campo obtenidos, se construyeron tablas de frecuencia, con el fin de determinar la disposición espacial, todo esto se realizó con ayuda de la prueba de Ji-cuadrada, para conocer la distribución. Esto permitió encontrar λ , m y k según el ajuste que presentaron los diversos datos. Con ayuda del Software SIDISE V. 1.0[®], se generaron 300 mapas con 100 cuadrantes, para cada uno de estos se visualizó el valor más grande del número de plantas, que sirvió como referencia para determinar los cuadrantes con mayor frecuencia de aparición. Los datos se ajustaron a una distribución de poisson y binomial negativa, para cebada y trigo, respectivamente. En base al análisis de los mapas simulados resumidos en las frecuencias de aparición, se propone muestrear bajo el esquema de tipo **w** en cinco puntos y en cada uno de estos muestrear una superficie de 100 m² (10 x 10 m), siguiendo el mismo esquema de muestreo (**w**), **método probado** estadísticamente, con una confiabilidad de un 95%.

Palabras clave: Presencia, distribución y disposición espacial, *Polygonum convolvulus*.

Abstract

With the object to know the spatial distribution and propose a sampling scheme *Polygonum convolvulus* L., two experiments were conducted (one in wheat and other barley) in Ixtapaluca, estado de México. They counted the number of plants per square meter in an area of 100 m². With the field data obtained, frequency tables were constructed in order to determine the spatial arrangement, all this was done using the Chi-square test, to determine the distribution. This allowed to find λ , m and k according to the setting that showed the various data. Using the Software SIDISE V. 1.0[®], 300 maps were generated with 100 quadrants, for each of these was displayed the greatest value of the number of plants, which served as reference for determining the quadrants with greater frequency. The data were fitted to a poisson distribution and negative binomial, for barley and wheat, respectively. Based on the analysis of the simulated maps summarized in the frequencies of occurrence, it is proposed to sample under the scheme of type **w** at five points on each of these sample a surface area of 100 m² (10 x 10 m), following the same sampling scheme (**w**), statistically proven method, with a reliability of 95%.

Keywords: Presence, distribution and spatial arrangement, *Polygonum convolvulus*.

¹ Tesista

² Profesor investigador de la Universidad Autónoma Chapingo

1. INTRODUCCIÓN

El trigo y la cebada son cultivos distribuidos mundialmente. El trigo es empleado principalmente en la industria panificadora también se utiliza para el consumo del ganado procesándolo industrialmente para la fabricación de productos y alimentos balanceados y en poca proporción se usa como semilla (Marmolejo, 2005); en México una gran parte de la producción de cebada se destina a la industria cervecera y otra parte para alimento en la ganadería, como forraje o bien en la elaboración de alimentos balanceados (Vera, 2005). A nivel mundial el principal productor de trigo en el 2010 fue China, seguido por India y Estados Unidos; en el caso de cebada fue Alemania, Francia y Ucrania. En México la producción de cebada grano de temporal se estimó en 396,359.70 t y de trigo grano de temporal fue de 37,635.57 t (SIAP, 2010¹).

Uno de los problemas fitosanitarios que afecta a la producción de maíz, trigo, cebada y avena, son las malezas, entre estas tenemos a *Polygonum convolvulus* L. la cual está considerada como una especie anual cuarentenaria (Norma Oficial Mexicana NOM-043-FITO-1999), que en densidades altas y en condiciones propicias para su desarrollo pueden llegar a disminuir los rendimientos hasta en un 70% situación que varía de acuerdo al cultivo, las plántulas crecen en todo el ciclo del cultivo afectando el contenido de proteínas en el grano, por efecto de la competencia por los nutrientes, incluso puede causar acame y problemas con la cosecha. Las semillas de cereales cosechadas son contaminadas con semilla de esta especie, las cuales son difíciles de separar debido a su tamaño similar; además, puede elevar el contenido de humedad del producto y contribuir al calentamiento en almacén; una planta puede producir hasta 100 semillas. Por lo que se considera como uno de los principales contaminantes de cereales a nivel mundial (Mazorcca, 1979; NAPPO, 2003²; Delgado, 2011).

¹<http://www.siap.gob.mx>

²<http://www.nappo.org>

De acuerdo a las especificaciones de la Norma Oficial Mexicana NOM-043-FITO-1999 y reportes del Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA), esta especie es considerada cuarentenaria, aún después de encontrar brotes en algunos estados, entre ellos Guanajuato, Zacatecas, Nuevo León, Puebla, Hidalgo y el Estado de México, debido al movimiento de semilla y maquinaria que se da con otras regiones productoras de cereales. Se ha diseñado y se aplica un plan de erradicación, además está sujeto de una campaña fitosanitaria específica en varios estados (SAGARPA. 2000; Delgado, 2011).

Los estudios que se refieren a la distribución de malezas exóticas introducidas y sus implicaciones en México son escasos; la necesidad de manejarlas o de impedir su expansión en el país, hace necesario un trabajo de manejo de plantas cuarentenarias para su erradicación y/o control y más concretamente su identificación, ubicación y manejo.

Castillo (2005) y Southwood (1978) mencionan que los organismos de forma natural tienden a estar presentes en un hábitad específico y bajo una forma determinada. A la forma en que se distribuyen los organismos en un hábitad determinado se le conoce como disposición espacial del organismo. Los mismos autores mencionan que existen básicamente tres formas o tipos de disposición espacial: uniforme, aleatoria y de contagio. El conocimiento de la disposición espacial de un organismo es importante para la elección del método de muestreo, los procedimientos de muestreo y las técnicas de control que se utilizarán para un organismo en particular.

En la mayoría de los esquemas de muestreo de plagas se carece de un sustento estadístico que corrobore los resultados obtenidos en campo, por tal motivo, es necesario realizar investigaciones sobre metodologías de muestreo, que presenten sustento científico y estadístico, en este caso para *P. convolvulus*, en nuestro país y con esto tener referencias confiables para realizar los muestreos en campo y asegurar

que si no se encontró alguna planta de esta especie es porque no está presente en ese sitio.

Por lo antes mencionado se realizó un estudio cuyos objetivos fueron:

*Establecer la disposición espacial de *P. convolvulus* (especie cuarentenaria en México) en el cultivo de cebada y trigo, en el Estado de México, para vislumbrar el posible esquema de muestreo.

*Determinar un esquema probable de muestreo para *P. convolvulus*, estadísticamente probado y con alta confiabilidad en el cultivo de cebada y trigo, basado en la disposición espacial.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 El mercado de la cebada y el trigo

A nivel mundial en el 2010 el primer país productor de trigo fue China con 115,180,303 t, el segundo fue India con 80,710,000 t y el tercero fue Estados Unidos con 60,102,600 t. Con relación a la cebada los principales países productores fueron Alemania, con 10,412,100 t y Francia con 10,102,000 t, seguidos por Ucrania con 8,484,900 t (FAOSTAT, 2010³).

En México, la producción nacional de trigo grano de temporal fue de 37,635.57 t en los principales estados productores, los cuales fueron Baja California, Nuevo León, Michoacán y Durango; en cebada grano de temporal se estimó en 396,359.70 t ubicada en los principales estados productores Hidalgo, Tlaxcala, Puebla, México, Zacatecas y San Luis Potosí, en ambos cultivos dichas estadísticas se refieren al ciclo Otoño-invierno (SIAP, 2010¹).

El Estado de México se ubico en el penúltimo lugar en la producción de trigo grano con 22,937.71 t (principales municipios productores Texcoco, Atlacomulco, Jilotepec, Zumpango, Toluca y Valle de Bravo).

Con relación a la cebada grano, el Edo. de México fue el cuarto productor nacional en el ciclo agrícola primavera-verano con una producción estimada de 9,415.28 t (principales municipios productores Hueypoxtla, Zumpango, Tecamac, Tepetlaoxtoc, Temascalcingo) (SIAP, 2010¹).

¹<http://www.siap.gob.mx>

³<http://www.faostat.fao.org>

2.2 Importancia de las malezas

Booth *et al.* (2003) definen a la maleza como una especie nativa o introducida que tiene una apreciación en la ecología natural o un efecto económico en la agricultura o en sistemas naturales.

Ross y Lembi (2009) describen a las malezas como plantas que interfieren con el crecimiento de plantas deseables y son demasiado persistentes. Dañan los sistemas de crecimiento, sistemas naturales y actividades humanas, y como tal son indeseables.

2.2.1 Nombre científico (CABI, 2012):

***Polygonum convolvulus* L.**

***Bilderdykia convolvulus* (L.) Dumort**

***Fallopia convolvulus* (L.) Á. Löve**

Nombre común (CABI, 2012):

Inglés: Wild buckwheat

Black bindweed

Español: Enredadera

Polígono trepador

Corregüela anual

2.2.1.1 Importancia económica

P. convolvulus es considerada como una especie nociva y principal en 20 cultivos de 41 países, pudiendo ser una maleza problemática en casi todos los cultivos de las zonas templadas, siendo más severas sus infestaciones en cereales, especialmente en Argentina, Canadá, Kenia, Sudáfrica y los Estados Unidos; puede causar pérdidas en el rendimiento en el cultivo de papa, remolacha azucarera, hortalizas, así como, en viñedos y huertos. Las plántulas crecen durante todo el ciclo del cultivo, reduciendo el rendimiento del cultivo al afectar el contenido de proteínas en el grano, por efecto de la competencia por los nutrientes. Además, las plantas producen grandes cantidades de semillas y estas son difíciles de separar de los granos cosechados de los cereales (NAPPO, 2003²).

P. convolvulus se considera una especie de importancia cuarentenaria por la Norma Oficial Mexicana NOM-043-FITO-1999. Mantiene esta categoría aún después de que se han detectado algunos brotes en campo en varios estados de la República. Esta es la primera especie de una maleza de importancia cuarentenaria a cuyos brotes se da seguimiento oficial en México desde 2008 (SAGARPA, 2000 y Delgado, 2011).

Se ha diseñado y se aplica un plan de erradicación, además está sujeto a una campaña fitosanitaria específica en varios estados, con recursos federales, estatales y con participación directa de los productores. Al ser una especie poco conocida en México, aún se tienen que desarrollar algunas investigaciones para determinar su comportamiento bajo nuestras condiciones climáticas, edáficas, de manejo, etc. (SAGARPA, 2010; Delgado, 2011).

²<http://www.nappo.org>

2.2.1.2 Clasificación taxonómica (CABI, 2012)

Dominio: Eukaryota
Reino: Plantae
Phylum: Spermatophyta
Subphylum: Angiospermae
Clase: Dicotyledonae
Orden: Polygonales
Familia: Polygonaceae
Género: *Polygonum*
Especie: *Polygonum convolvulus*

2.2.1.3 Distribución

P. convolvulus se considera originaria de la zona Templada de Euroasia. Se encuentra en varias regiones templadas en todo el mundo y las partes altas del trópico, por ejemplo E.U.A., Canadá, Argentina, Brasil, Chile y Perú en el continente Americano y varios países africanos como Sudáfrica, Kenia y Tanzania y Oceanía (Australia y Nueva Zelanda). En Canadá es una de las malezas más comunes y se presenta en 60-80% de las parcelas en las provincias de las grandes planicies. En México se conoce de su presencia en los estados de Guanajuato, Querétaro, Zacatecas, Nuevo León, Puebla, Hidalgo y el Estado de México (NAPPO, 2003²; Delgado, 2011; CABI, 2012).

2.2.1.4 Cultivos afectados

Por lo general, daña más seriamente a los cereales de grano pequeño también puede ser importante en papa, remolacha, verduras, en viñedos, betabel, soya, lino, espinaca, esparrago, girasol, cebolla, cacahuete, chícharo y plantaciones de

²<http://www.nappo.org>

frutales. En México se ha observado afectando cultivos de trigo, cebada, tomate de cáscara, calabacita, fresa, alfalfa, sorgo, maíz, frijol, avena, higuera, brócoli, canola, cártamo, ajo, zanahoria, aguacatero, durazno, granada roja, camote y lechuga; asimismo, se ha encontrado en rastrojo, terrenos baldíos y orillas de cultivos (Mazorcca, 1979; NAPPO, 2003²; Zita *et al.*, 2009; Delgado, 2011 y CABI, 2012).

2.2.1.5 Efectos sobre los cultivos

P. convolvulus disminuye el rendimiento a través de la competencia directa, pero también a través del acame y la dificultad al realizar la cosecha, por su hábito de los tallos al enredarse y trepar sobre las plantas cultivadas ahogándolas. Es difícil separar las semillas de los cereales pequeños, ya que tienen un peso similar, y son un contaminante común de lotes de semillas (en México en los lotes que vienen de Canadá y EUA), tanto para consumo como para siembra (Mazorcca, 1979; Delgado, 2011).

2.2.1.6 Impacto económico

Tiene la capacidad para salir en toda la temporada de cultivo. Forsberg y Best (1964) demostraron que esta maleza tiene la capacidad de emerger tarde en los semilleros con el fin de escapar a los herbicidas para después ser un potencial fuerte de infestación, especialmente cuando la competencia de otras malezas ya se ha eliminado con herbicidas. Una población de 56 plantas en 1.0 m² puede reducir el rendimiento de trigo en 15%, y cuando esta es de 210 plantas en 1.0 m² el rendimiento se reduce en 25%. En México, se alcanzan estas densidades. Además, puede causar acame y problemas con la cosecha. Semillas de la especie entremezcladas con el grano, puede elevar el contenido de humedad del producto y contribuir al calentamiento en almacén (Delgado, 2011).

²<http://www.nappo.org>

Además, *P. convolvulus* es un hospedante alternativo para un número de especies de hongos, virus y nematodos, además de cubrir rápidamente el suelo (Klein, 2011).

2.2.1.7 Morfología

P. convolvulus es poliploide y tiene un cromosoma $2n = 40$. La planta anual tiene un sistema de raíces fibrosas de gran tamaño que puede llegar a profundidades de hasta 80 cm en el suelo evitando así las condiciones de sequía. El tallo es delgado de 5 a 250 cm de largo con entrenudos largos (Figura 1), es ramificado desde la base, es liso a ligeramente rugoso de color verde a veces con un tinte rojizo se arrastra en el suelo o cerca de otras plantas trepadoras. La vaina de la estipula es una ocrea con los márgenes lisos, de 2.5-5 mm de largo (Marzocca, 1979; NAPPO, 2003²; CABI, 2012).

Las hojas de *P. convolvulus* son alternas, pecioladas, alargadas, ovaladas, puntiagudas en forma de corazón o en forma de flecha, glabras, de 2 a 6 cm de largo, (Figura 2). Las flores de *P. convolvulus* son plantas hermafroditas, pequeñas, poco visibles de hasta 5 mm de diámetro y se agrupan en racimos axilares o terminales de 2 a 6 flores (Figura 3). El periantio petaloide o semiherbaceo, androceo formado por cinco a ocho estambres libres, gineceo con dos o tres estilos con dos a tres estigmas, es de color rojizo, blanquecino o verdoso por dentro y en los márgenes; los pedicelos son cortos y articulados cerca del extremo superior. En la Figura 4 se muestra el fruto el cual es un aquenio triangular cubierto por el periantio, de 3 a 4 mm de largo con una base obtusa de color café o negro sin brillo (Marzocca, 1979; NAPPO, 2003; Villarías, 2006; CABI, 2012).

²<http://www.nappo.org>



Figura 1. Planta de *P. convolvulus*.



Figura 2. Hojas de *P. convolvulus* en forma de flecha.



Figura 3. Flores de *P. convolvulus*



Figura 4. Derecha frutos; izquierda semillas de *P. convolvulus* (aquenios).

2.2.1.8 Biología

Una sola planta de *P. convolvulus* produce de 100 a 1000 semillas o hasta más; presentan latencia por varios meses debido al pericarpio duro limitando el intercambio

de gases, de agua y funciona como una barrera para la germinación. Las semillas generalmente germinan en su primer año, pero pueden estar viables durante varios años. Los mayores porcentajes de emergencia de la maleza ocurren entre 1.5 a 5 cm, pero pueden ocurrir a profundidades mayores. Presentan una floración indeterminada, flores, semillas inmaduras y semillas maduras se pueden encontrar al mismo tiempo en una sola planta (CABI, 2012).

2.2.1.9 Control

De forma preventiva se utiliza para la siembra sólo semilla certificada o acondicionada (cribada) para eliminar la presencia de semillas de importancia económica y cuarentenaria. En el caso de semillas y granos de importación aplicar medidas de control al ingreso al país, las cuales deben garantizar la limpieza de esos materiales (aplicación del esquema de guarda, custodia y responsabilidad a todos los embarques positivos) (NAPPO, 2003²).

2.2.1.9.1 Control cultural

En virtud de la gama de cultivos que pueden ser afectados por esta maleza en México, y dado que a la fecha no se cuenta con un listado específico de herbicidas selectivos por cultivo, se elimina manualmente o por roza con azadón, rozadera o con implementos de escarda. Pero, es difícil el combate debido a la emergencia continua durante toda la temporada, el número de semillas producidas, el banco de semillas muy duradero y la capacidad de las semillas de emerger de profundidades relativamente altas. Hay resultados contradictorios en relación con el efecto del barbecho o de labranza cero. Se sugiere que una pasa con rastra antes de la siembra principal puede disminuir el banco de semillas (Delgado, 2011).

²<http://www.nappo.org>

2.2.1.9.2 Control biológico

En una investigación de agentes potenciales de control biológico, especies de *Botrytis* sp fueron aisladas de semillas infectadas de *P. convolvulus* en Canadá. En Argentina el hongo *Puccinia polygoni-amphibii* fue encontrado causando suficiente daño a *P. convolvulus*. En México no se ha aplicado ningún organismo para su control a la fecha. Aparentemente, la también maleza *Parthenium hysterophorus* tiene efectos alelopáticos sobre el polígono (NAPPO, 2003²).

Se ha observado en México que *Polygonum convolvulus* es atacada por una roya del tipo *Puccinia*, por *Colaspis* sp. y *Diabrotica undecimpunctata* (Delgado, 2011).

P. convolvulus ha sido citado como hospedante de *Gastrophysa polygoni* y *Coleophora thetinella* y *C. peribenanderi*. Puede ser el hábitat de insectos como *Mamestra* (Noctuidae) y *Pegomyia setaria* (Anthomyiidae); nematodos como *Heterodera* y *Meloidogyne*; y hongos como *Ustilago*, *Puccinia polygoni-amphibii* y *Peronospora polygoni* (CABI, 2012).

2.2.1.9.3 Control químico

Delgado (2011) menciona que en México se han hecho algunos ensayos con el fluroxipir y prosulfuron con resultados poco satisfactorios. En bordes de parcelas se han utilizado productos no selectivos como glufosinato de amonio, glifosato, paraquat y paraquat+diuron con buenos resultados si la aplicación es correcta. Si no hay un cubrimiento uniforme, las plantas de *P. convolvulus* rebrotan y se desarrollan más rápidamente que plantas no tratadas, sobre todo en el caso del paraquat. Se ha empleado el 2,4-D sin resultados satisfactorios.

²<http://www.nappo.org>

Existen algunos químicos novedosos, como la citrina, que pueden tener un efecto sobre las poblaciones de *P. convolvulus* (NAPPO, 2003²).

De acuerdo a Lorenzi (2006) en el manual de identificación y control de plantas dañinas el control químico de *P. convolvulus* se puede lograr en distintos momentos y con eficiencias variables, en el Cuadro 1 se describen las moléculas de herbicidas que han mostrado acción contra esta especie.

Bolaños, *et al.* (2012) realizaron una investigación de control químico de *P. convolvulus* en trigo, obteniendo como resultado los herbicidas que tuvieron un mejor control sobre esta especie y estos fueron: picloram + 2,4-D. Otros con excelentes resultados fueron fluroxypir, bromoxynil y triasulfuron.

2.2.1.9.3.1 Resistencia a herbicidas

Marzocca (1979) menciona que se comporta moderadamente resistente a 2,4-D, MCPA y 2,4-DB.

NAPPO (2003) reporta resistencia de *Polygonum convolvulus* en varios países a los herbicidas clorsulfuron, 2,4-D, 2,4-TB, MCPA, metolaclor, metribuzin, quinmerac, simazina, triazina y terbacil.

Un estudio de campo en Alberta, Canadá en 2007 identificó una población de *Polygonum convolvulus* que presentó resistencia a herbicidas inhibidores de la acetolactato sintasa (ALS). Entre estos herbicidas se encuentra el florasulam, tifensulfuron metilo y tribenuron metilo; fue el primer reporte global de este tipo de resistencia de la especie antes mencionada, puede ser controlada solo con herbicidas de diferente sitio de acción (Beckie *et al.*, 2012).

²<http://www.nappon.org>

Cuadro 1. Moléculas de herbicidas efectivos contra *P. convolvulus*.

Ingrediente activo	Características para su empleo
Acifluorfen	En aplicaciones postemergentes (POST) tempranas hasta un 95% de control y en aplicaciones POST tardías no mayor a un 85% de control.
Acifluorfen + Bentazon	Para aplicaciones en POST con una eficiencia de hasta 95% de control en aplicaciones tardías y tempranas.
Ametrina	Para aplicaciones POST tempranas con eficiencias de hasta 95% y en aplicaciones PRE eficiencias menores al 85%.
Atrazina	Para aplicaciones en presiembra, PRE o POST, siendo su uso preferente en aplicaciones POST tempranas para lograr hasta 95% de control.
Atrazina + Simazina	Para aplicaciones POST tempranas con eficiencias de hasta 95% y en aplicaciones PRE eficiencias menores al 85%.
Bentazon	Para aplicaciones en POST con una eficiencia de hasta 95% de control en aplicaciones tardías y tempranas.
Bentazon + Paraquat	En aplicaciones POST tempranas y tardías se logran eficiencias hasta de 95% y cierto efecto en plantas adultas.
Bromacil + Diuron	Para aplicaciones incorporadas, PRE y POST con eficiencias buenas de 95%.
Clethodim	Tolerante
Diclofop-methyl	Tolerante
Diquat	Para aplicaciones POST tempranas y tardías con buenos resultados hasta 95% de control.
Diuron + MSMA	Para aplicaciones en POST y PRE pero los mejores resultados son en aplicaciones de postemergencia con controles de hasta 95%.
Diuron + Paraquat	En aplicaciones POST tempranas y tardías se logran eficiencias hasta de 95% y cierto efecto en plantas adultas.
2, 4-D + Picloram	Altamente efectiva en aplicaciones POST con control casi total y buen efecto sobre plantas adultas.
Fenoxaprop-p-ethyl	Tolerante
Flazasulfuron	En aplicaciones POST tempranas y tardías se logran eficiencias hasta de 95%.
Fluasifop-p	
Fluasfop + Fomesafen	Se recomienda en aplicaciones POST tempranas y logra eficiencias de hasta 95%.
Fomesafen	Se recomienda en aplicaciones POST tempranas y logra eficiencias de hasta 95%.
Glifosato	Altamente efectiva en aplicaciones POST con control casi total y buen efecto sobre plantas adultas.
Haloxifop-methyl	Tolerante
Iodosulfuron metil	Para aplicaciones POST con eficiencias de hasta 95% en aplicaciones tempranas y menor al 85% en tardías.
Metribuzin	Solo un efecto medio en aplicaciones POST tempranas, control menor al 85%.
Sethoxydim	Tolerante

Fuente: Modificado de Lorenzi (2006).

2.2.1.9.4 Control legal

Rice (1992) menciona que la primera etapa en el control de malezas es la prevención, por lo cual las fuentes de infestación de malezas deben buscarse y las medidas para prevenir su introducción tienen que ser adoptadas.

La Dirección General de Sanidad Vegetal (DGSV) es la dependencia (facultada en Ley Federal de Sanidad Vegetal) para normar la certificación de semillas y limitar el número de semillas de malezas que pueden estar en los granos que se venden comercialmente para la siembra (Arroyo, 1981). También se encarga de vigilar el movimiento o traslado de la maquinaria agrícola, ya que es uno de los principales medios de diseminación de las partes vegetativas y semillas de malezas. También se encarga de publicar las normas oficiales fitosanitarias (Hernández, 1984).

En las normas oficiales se incorporan los requisitos, especificaciones y procedimientos correspondientes a la protección vegetal para las importaciones, comercializaciones y exportaciones de los vegetales, sus productos y subproductos. La necesidad de importar semillas agrícolas y granos a México para fomentar la producción agrícola, exige el establecimiento de medidas fitosanitarias para evitar el ingreso de plagas exóticas. Todas las semillas agrícolas de importación se muestrean en puntos de ingreso a territorio nacional y, derivado de ese muestreo, se ha detectado la presencia de maleza cuarentenaria en forma recurrente en algunos productos de importación; lo anterior obligó a publicar la norma "NOM-043-FITO-1999, especificaciones para prevenir la introducción de malezas cuarentenarias a México" (SAGARPA, 2000; Hernández, 1984).

Los mismos autores mencionan que la Norma Oficial Mexicana NOM-043-FITO-1999, tiene por objeto establecer las especificaciones para prevenir la introducción y el eventual establecimiento y dispersión de especies de maleza de importancia

cuarentenaria y es aplicable a las especies de maleza señaladas en el documento, los vegetales, sus productos y subproductos no procesados; materiales y equipo utilizados como embalaje o empaque; los campos de producción, centros de acopio y comercializadoras de granos y/o semillas agrícolas susceptibles de ser portadoras de malezas de importancia cuarentenaria que hayan ingresado a México y los transportes utilizados para su movilización internacional y nacional.

El control legal consiste en la supervisión de centros de acopio, casas, comercializadoras y beneficiadoras de semillas; directamente por la Delegación Estatal de la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural (SAGARPA) o a través de Terceros Especialistas Fitosanitarios (TEF). Se realizará el muestreo en dichos establecimientos y se analizarán las muestras por los TEF (SAGARPA, 2010).

2.2.2. Disposición espacial

Castillo (2005) y Southwood (1978) mencionan que los organismos de forma natural tienden a estar presentes en un hábitad específico y bajo una forma determinada. A la forma en que se distribuyen los organismos en un hábitad determinado se le conoce como disposición espacial del organismo. El conocimiento de la disposición espacial de un organismo es importante para la elección del método de muestreo, los procedimientos de muestreo y las técnicas de control que se utilizarán para un organismo en particular.

Existen básicamente tres formas o tipos de disposición espacial, en cuanto a la distancia o alejamiento de un individuo con respecto a otro: uniforme, aleatoria y de contagio. En la disposición espacial uniforme, los organismos se distribuyen en el hábitad bajo un patrón determinado. En la disposición espacial aleatoria los organismos se distribuyen en el hábitad de manera aleatoria. En la disposición

espacial de contagio los organismos se agregan o forman pequeños grupos que se disponen de manera aleatoria (Southwood, 1978 y Castillo, 2005).

El conocimiento de la disposición espacial de los organismos es de suma importancia por tres razones principales:

- 1) Permite vislumbrar los métodos y procedimientos de muestreo a utilizar en estudios posteriores.
- 2) Ayuda en la elección del tamaño de muestra óptimo para estimar parámetros poblacionales de interés experimental.
- 3) Permite planear y ejecutar correctamente un muestreo secuencial para el monitoreo y, en su debido caso, el control de insectos plaga o de enfermedades.

Castillo (2005) señala que la estadística proporciona herramientas para determinar si un conjunto de datos experimentales se ajusta a una distribución de probabilidad específica, conocidas como pruebas de bondad de ajuste una de éstas más utilizadas es la prueba ji-cuadrada, la cual se basa en el análisis de las diferencias presentadas entre las frecuencias observadas y las frecuencias esperadas de un conjunto de datos.

El mismo autor menciona que cuando los datos derivados del muestreo se ajustan a una distribución poisson entonces se puede decir que la disposición espacial de los organismos es aleatoria. Cuando los datos derivados del muestreo se ajustan a una distribución binomial negativa entonces se puede decir que la disposición espacial de los organismos es de contagio. Cuando los datos derivados del muestreo no se ajustan a ninguna de las distribuciones anteriores entonces se puede decir que los organismos tienen una disposición espacial uniforme.

H_0 : Los datos observados se ajustan a la distribución w.

H_a : Los datos observados no se ajustan a la distribución w .

w = Poisson o binomial negativa.

$$J = \sum_{i=1}^K \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

2.2.3 Distribución Poisson

La distribución da un modelo para variables de tipo conteo, donde los conteos se refieren al registro del número de un evento de interés en una unidad de tiempo o espacio dados (horas, minutos, m^2 , m^3 , etc.) (Di Rienzo *et al.*, 2005).

Di Rienzo *et al.* (2005) y Castillo (2005) mencionan que se origina al repetir n veces un experimento aleatorio en donde solo existen dos posibles resultados: “éxito” o “fracaso”. A diferencia de la distribución binomial aquí el valor de n resulta ser excesivamente grande (se considera infinito) y la probabilidad de “éxito” resulta ser muy pequeña. Se le conoce también como distribución de eventos raros porque sirve como modelo para describir experimentos aleatorios donde los eventos ocurren en intervalos de tiempo o espacio y se tiene interés en calcular las probabilidades asociadas al número de ocurrencias del evento en el intervalo.

Southwood (1978) y Castillo (2005) mencionan sus componentes básicos:

Función de probabilidad $P(x) = \frac{e^{-\lambda} \lambda^x}{x!} \quad x = 0, 1, 2, 3, \dots, \infty$

x = total de “éxitos” deseados

$$\lambda = \bar{x}$$

e = constante = 2.71828

El parámetro que caracteriza a esta disposición es λ .

Media $\mu_x = \lambda$

Varianza $\sigma_x^2 = \mu$

Nomenclatura $X \sim P(\lambda)$

La variable X se distribuye o tiene distribución poisson con parámetro λ .

2.2.4 Distribución binomial negativa

Rojas (1964) menciona que esta distribución debe su nombre a que la probabilidad de obtener un determinado número de “éxitos” se obtiene al desarrollar el binomio $(q-p)^k$. Esta distribución es de gran utilidad en el recuento de insectos y enfermedades que atacan cultivos agrícolas, observamos que tiene dos parámetros m y k ; m es la media y por lo tanto, es el número medio de insectos existentes en las unidades de muestreo; k , se puede decir, es el parámetro de contagio.

También se le conoce como distribución binomial para los tiempos de espera o distribución Pascal (Di Rienzo *et al.*, 2005).

Castillo (2005) menciona los componentes básicos:

$$P(0) = \left(\frac{m}{k} + 1 \right)^{-k} \quad x = 0, 1, 2, 3, \dots, \infty$$

$$P(x) = \frac{[P(x-1)] [k + (x-1)]}{x} [T]$$

$m = \text{parámetro} = \bar{x}$

$$k = \text{parámetro} = \frac{\bar{x}^2}{s^2 - \bar{x}}$$

x = total de “éxitos” deseados con parámetros m y k .

$$s^2 = \frac{\sum x^2 O - N(\bar{x})^2}{N-1}$$

$$T = \text{constante} = \frac{m}{k + m}$$

Los parámetros que caracterizan a esta distribución la distribución son **m** y **k** .

Media $\mu_x = m$

Varianza $\sigma_x^2 = m + \frac{m^2}{k}$

Nomenclatura $X \sim \text{BN}(m, k)$

La variable X se distribuye o tiene distribución binomial negativa (Castillo, 2005).

2.2.5 Métodos de muestreo para malezas

En el muestreo se realiza una inspección parcial de la población, las estimaciones de los parámetros son variables, por lo general de una buena precisión, su ejecución implica una baja inversión de tiempo y de recursos económicos. Un método de muestreo se define como el conjunto de directrices que orientan acerca de la forma en que debe disponerse y elegirse las unidades de muestreo que integran la muestra y la forma de analizar los datos derivados de dicha muestra (Castillo, 2005).

Vera (2005) señala tres técnicas de muestreo mencionadas en la literatura:

- a) Muestreo por cuadrantes o parcelas fraccionadas
- b) Muestreo por transectos o líneas interceptadas y,
- c) Muestreos puntuales

De los tres el muestreo por cuadrantes es el más usado y consiste en tomar pequeñas áreas de muestreo de la comunidad vegetal de estudio desde 0.1 hasta 400 m²; la forma cuadrada es la más típica, pero también la rectangular y la circular son usadas.

2.2.6 Norma Oficial Mexicana NOM-043-FITO-1999

Esta Norma tiene por objetivo establecer las especificaciones para prevenir la introducción y el eventual establecimiento y dispersión de especies de malezas de importancia cuarentenaria para México. Es aplicable a un listado de especies comprendidas en esta Norma (Anexo 1); los vegetales, sus productos y subproductos no procesados; materiales y equipos utilizados como embalaje o empaque; los campos de producción, centros de acopio y comercializadoras de granos y/o semillas agrícolas susceptibles de ser portadoras de malezas de importancia cuarentenaria que hayan ingresado a México y los transportes utilizados para su movilización internacional y nacional (Hernández, 2084; SAGARPA, 2000; Zita *et al.*, 2009).

En caso de detección de una maleza, en el punto de ingreso al territorio nacional, el personal oficial enviará la muestra a un laboratorio de pruebas aprobado por la Secretaría, permitiendo el ingreso del producto bajo el procedimiento de guarda-custodia y responsabilidad. El laboratorio de prueba procederá a realizar la identificación y le notificará a la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural. En caso de ser una maleza no contemplada en el listado, la Secretaría

evaluará el riesgo fitosanitario en un plazo no mayor de treinta días, y emitirá en su caso la liberación o rechazo del producto (Hernández, 1984 y SAGARPA, 2000).

2.2.6.1 Métodos oficiales de muestreo en México

Las acciones a realizar tanto en zonas bajo protección como en zonas bajo control fitosanitario serán: exploración, muestreo, control legal, diagnóstico, control de focos de infestación, capacitación, divulgación, supervisión y evaluación descritas en la Estrategia de la campaña contra malezas cuarentenarias (SAGARPA, 2010) y se mencionan a continuación:

Exploración: Va dirigida a cultivos de cereales, hortalizas, papa, frijol, soya, alfalfa, caña de azúcar, algodón y demás cultivos de importancia estatal y que sean susceptibles a ser infestados por malezas cuarentenarias; así como cualquier predio sospechoso (incluyendo huertos frutales, pastizales y baldíos). Al mismo tiempo es importante realizar el muestreo.

Muestreo: Para la detección en campo se deben recorrer las parcelas buscando especies sospechosas, durante el recorrido estas deberán arrancarse con la mayor cantidad de estructuras posibles (hojas, flores, frutos, tallos, raíz, tubérculos, etc.). En caso de encontrar una sola planta de maleza cuarentenaria en una parcela, esta ya se considera infestada se delimitará la superficie afectada (georeferenciación del predio si fue positivo o no) y se aplicarán las medidas de control necesarias para la erradicación del foco de infestación.

Se debe determinar la densidad poblacional de la maleza (plantas/m²) haciendo uso de un cuadrante, el conteo debe realizarse en la zona más infestada del predio.

El muestreo del banco de semillas se llevará a cabo al término de la cosecha en el caso de parcelas positivas con el objetivo de conocer la eficiencia de los métodos de control. Las muestras se deben tomar en los puntos del predio que presentaron la densidad

poblacional más alta a lo largo del periodo de muestreo. La muestra se toma en un área de 1m² a 2 y 5 cm de profundidad. El suelo puede ser mezclado para formar una muestra compuesta y llevarse a un recipiente para colocarla en condiciones favorables para la germinación de las semillas. Los datos a obtener serán: número de semillas viables por metro cuadrado.

El muestreo durante la cosecha se llevará a cabo principalmente para cereales cuyo destino no sea ningún centro de acopio local o regional, las muestras colectadas serán analizadas por los Profesionales Fitosanitarios Autorizados (PFA) en la materia. Únicamente se enviarán al laboratorio de diagnóstico aquellas muestras que resulten sospechosas con presencia de alguna especie de maleza cuarentenaria.

Muestreo en centros de acopio: El proceso se llevará a cabo durante el arribo de los camiones. En cada centro de acopio se muestreará el embarque utilizando el método de “cinco de oros”, en cada punto de muestreo se tomarán muestras parciales de 0.5 kg. La muestra compuesta resultante (2.5 kg) se debe homogenizar perfectamente y se reducirá a 1 kg para su análisis correspondiente. Las muestras serán analizadas por los Profesionales Fitosanitarios Autorizados en la materia. Únicamente se enviará a un laboratorio de diagnóstico las muestras con sospecha de alguna maleza cuarentenaria (No. de semillas/kg de muestra).

Se deberá fortalecer las actividades de inspección y seguimiento en centros de acopio donde los granos son importados de EUA y Canadá para confirmar la molienda de esos granos. También se deben realizar inspecciones a las casas comercializadoras de semillas para garantizar que estas se encuentren libres de malezas cuarentenarias (se realizará más intensamente antes del periodo de siembra).

2.2.6.1.1 Muestreo de plantas

Villegas (1997) determinó la incidencia de malezas mediante dos muestreos a los 26 y a los 42 días después de la emergencia de ésta. Estos muestreos consistieron en la identificación y conteo de las especies presentes dentro de un marco de metal de 0.25 m². La muestra se tomó de las hileras del centro de la unidad experimental de 4.0 de largo y 2.8 m de ancho.

Marmolejo (2005) realizó un levantamiento ecológico de malezas, en total fueron tres muestreos a los 15, 30 y 60 días después de la emergencia del cultivo, donde se registró la densidad de las especies de maleza se utilizó cuadros metálicos de 25 X 25 cm los cuales fueron lanzados 2 veces, en cinco puntos de muestreo de cada parcela, en los cuales se hizo un recuento por especies de todos los individuos de maleza presentes.

Mendoza (2006) realizó un muestreo de plántulas de maleza en 20 municipios de El Bajío Guanajuatense. Los sitios de muestreo (parcelas) se distribuyeron sistemáticamente cada dos kilómetros dando un total de 515. De cada parcela se registraron las malas hierbas presentes en cinco puntos ubicados en forma de cinco de oros, evaluando cualitativamente y asignándole valores de 0 a 9 en base a su abundancia. Se registraron 32 especies correspondientes a 15 familias, todo con el fin de realizar un levantamiento ecológico.

2.2.6.1.2 Muestreo de suelo

Requesens (1999) menciona que las semillas contenidas en los suelos agrícolas constituyen la fuente principal de plantas de malezas que compiten con los cultivos. En los sistemas agrícolas, el banco de semillas está fuertemente influenciado por las prácticas agrícolas, presentando una gran variabilidad entre sitios.

Los resultados obtenidos con los métodos para caracterizar el banco de semillas están muy relacionados con la forma en que se tomen las muestras en el campo. La selección del diseño de muestreo depende de los objetivos de la investigación y de las características de la población; particularmente cuando se tiene una población heterogénea puede ser factible muestrear en estratos. El tamaño de la muestra está relacionado directamente con la variabilidad encontrada en cada estrato; a menor variabilidad, corresponde un tamaño de muestra menor. El número de muestras determina la confiabilidad y precisión de las estimaciones (Urzúa, 2003).

La toma de muestras de suelo puede realizarse con palas rectas, barrenas tipo “California”, cilindros metálicos, etc. El suelo de cada muestra debe homogeneizarse y cribarse antes de hacer la extracción (Urzúa, 2003; Marmolejo, 2005; Mendoza 2006).

2.2.6.1.3 Técnicas para estimar la población de semillas

Las técnicas se pueden agrupar en extracción o recuento directo y emergencia de plántulas. El primero requiere el cernir el suelo con tamices de diferentes diámetros de malla, seguido de técnicas de flotación que utilizan diferentes sustancias químicas para facilitar la extracción en ésta, sin embargo, las sustancias pueden afectar la viabilidad de las semillas (Marmolejo, 2005). Otros métodos utilizados son la separación con embudo de Fenwick y la germinación de las semillas en charolas puestas bajo condiciones propicias. Una vez extraídas las semillas se cuentan e identifican para conocer la cantidad de semilla por unidad de superficie (Urzúa, 2003; Mendoza, 2006).

La técnica de flotación y tamizado es rápida y eficiente para extraer las semillas grandes, pero es lenta e imprecisa para las semillas pequeñas; a la vez es útil y suficiente para estimar semillas que se encuentran en gran cantidad, pero es imprecisa

para aquellas que están presentes en baja cantidad (Buhler, 1993 citado por Marmolejo 2005).

Marmolejo (2005) determinó el banco de semillas en trigo mediante el método de flotación y tamizado con el embudo de Fenwick y por el método de germinación de muestras de suelo en charolas puestas en invernadero; se efectuó el conteo de plántulas en el campo. Se compararon las medias de las semillas, plántulas emergidas en el invernadero y plántulas registradas en campo. De 18 especies encontradas en el banco de semillas, un 50% fueron registradas en la vegetación y de 26 especies de plantas registradas en campo un 35% fueron encontradas en el banco de semillas.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Descripción general del área de estudio

El municipio de Ixtapaluca se ubica entre los paralelos 19° 14' y 19° 25' de latitud norte; los meridianos 98° 38' y 98° 58' de longitud oeste; altitud entre 2200 y 4200 m en el Estado de México. Con temperatura de 6-16°C y de 600-1100 mm de precipitación. Con un clima semifrío subhúmedo y templado subhúmedo, ambos con lluvias en verano. El suelo predominante es el andosol, también se encuentra el phaeozem, cambisol, y el regosol (INEGI, 2009⁴).

El estudio se realizó en dos parcelas una sembrada con cebada y otra con trigo durante el ciclo verano-otoño que comprendió del mes de julio a diciembre de 2011, ambas áreas ubicadas en San Francisco Acuautla municipio de Ixtapaluca, Estado de México, la producción es de autoconsumo y se encuentra bajo el cumplimiento de la campaña de malezas cuarentenarias.

Se contó con el apoyo de los técnicos del Comité Estatal de Sanidad Vegetal del Estado de México, bajo coordinación de la Dirección General de Sanidad Vegetal, institución que pertenece al Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA), ya que en esta región se aplica la Campaña contra malezas cuarentenarias.

⁴<http://www.inegi.gob.mx>

3.1.1 Descripción del primer sitio Santa Catarina en San Francisco Acuatla

El primer sitio quedó ubicado a 19°22'00.2" de latitud norte y 98°49'28.7" longitud oeste, a una altitud de 2514 m (datos obtenidos del GPS Garmin Etrex). El suelo presenta un pH de 6.62, 2.02% de materia orgánica, además de contener 40.2% de arena, 38.7% de limo y 21.1% de arcilla, con una textura franco-arenosa (de acuerdo al análisis de suelo realizado en el Laboratorio Central Universitario, de la Universidad Autónoma Chapingo) (Anexo 2).

La siembra se realizó de forma tradicional el 15 de julio del 2011, la semilla de cebada utilizada fue de la variedad "Esmeralda", con una densidad de siembra de 200 kg ha⁻¹. Previo a la siembra se hizo un barbecho, se pasó una rastra y junto con la siembra se fertilizó con 100 kg de Urea más 50 kg de triple 17. Se aplicó 1.0 L ha⁻¹ de herbicida Fortune (dicamba), dicho herbicida fue aplicado en la parcela del productor, no en el área de estudio. El productor cooperante fue el Sr. Gerardo Suárez Florencio.

3.1.2 Descripción del segundo sitio Ocotepec en San Francisco Acuatla

El segundo sitio quedó ubicado a 19°21'27.0" de latitud norte y 98°48'28.5" longitud oeste a una altitud de 2559 m (datos obtenidos del GPS Garmin Etrex). El suelo presenta un pH de 6.88, 1.21% de materia orgánica con un contenido de 38.2% de arena, 40.7% de limo y 21.1% de arcilla, con una textura franco-limoso (de acuerdo al análisis de suelo realizado en el Laboratorio Central Universitario, de la Universidad Autónoma Chapingo) (Anexo 2).

La siembra se llevó a cabo el 18 de julio de 2011, empleando la variedad de trigo “Rebeca”, con una densidad de siembra de 200 kg ha⁻¹. Previo a la siembra el suelo fue preparado de forma tradicional, haciendo un barbecho, dos pasos de rastra. Al momento de la siembra, se fertilizó con 100 kg de Urea más 50 kg de triple 17 para el manejo de la maleza, por último se aplicó un L ha⁻¹ de Esteron (2,4-D ester) excepto en el área de estudio. El productor cooperante fue el Sr. Francisco Soto Cornejo.

3.1.3 Disposición espacial de *P. convolvulus*

El área de estudio, en ambos sitios consistió de 100 cuadrantes en cada cultivo, la medida de cada cuadrante fue de 1.0 m², se consideró esta unidad partiendo de la Estrategia de la campaña contra malezas cuarentenarias, donde se realizan los muestreos mediante el conteo de plantas/m².

Para facilitar el reconocimiento de los cuadrantes, estos se delimitaron y marcaron con estacas y rafia (Figura 5).

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
91	92	93	94	95	96	97	98	99	100



Figura 5. Izquierda disposición de los cuadrantes en campo de 1.0 m² cada uno. Derecha, establecimiento del área de estudio.

Posteriormente se realizaron cinco registros con intervalos de 20 días en ambos sitios, en los que se contabilizó el total de plantas de *P. convolvulus* en cada uno de los cuadrantes, registrando los datos en hojas diseñadas para este fin. Los datos obtenidos se analizaron con ANOVA completamente al azar, para comparar las densidades de *P. convolvulus* entre ambos predios, después se realizó una prueba de comparación de medias Tukey para saber cual tuvo un mayor número de plantas, en los 5 registros a una confiabilidad del 95%.

En cada una de las áreas de estudio (100m²), se muestreo suelo, previo y posterior a la cosecha, considerando el método de cinco de oros. Se extrajo el suelo con la ayuda de una pala recta a tres profundidades, de 0-10, 10-20 y 20-30 cm, en el primero y en el segundo sitio, solo se consideraron dos profundidades de 0-10 y 10-20 cm, ya que después de los 20 cm se encontró una capa de suelo compactada (tepetate). Se obtuvieron 15 y 10 muestras de suelo respectivamente, de un kilogramo cada una para conocer la dominancia poblacional (banco de semillas) de *P. convolvulus* en ambos sitios.

Además, se mando a analizar el suelo de cada una de las parcelas en las que se determinó el contenido de materia orgánica y la textura del suelo, dicho análisis se realizó en el Laboratorio Central Universitario del Departamento de Suelos, de la Universidad Autónoma de Chapingo (Anexo 2).

Las muestras de suelo, se secaron a la intemperie. Después cada muestra se paso por tamices de 6, 9 y 18 mallas por pulgada lineal, para separar impurezas, terrones grandes y las semillas de *P. convolvulus*. Las semillas ubicadas en los terrones se obtuvieron por flotación; a los agregados se les incorporo una solución de un litro de agua y 50 g de cloruro de sodio (Urzúa, 2003) para que la materia orgánica flotara y el

suelo se precipitara para posteriormente buscar semillas en lo colectado. Después se realizó un conteo de semillas con ayuda de una lupa (Eschenbach Germany) para tener una idea del número de semillas presentes en cada predio, la identificación se realizó con ayuda del Catalogo de identificación de semillas de malezas cuarentenadas en México (Lorenzi, 2006; Zita *et al.*, 2009).

3.2. Simulación estadística para una propuesta de esquema de muestreo de la maleza *P. convolvulus*.

3.2.1 Metodología y materiales usados

Con los datos de campo se construyeron tablas de frecuencia, con el fin de determinar la disposición espacial, todo esto se realizó con ayuda de la prueba de Ji-cuadrada, para conocer la distribución poisson y binomial negativa a la cual se ajustaron los datos. Esto permitió encontrar λ , m y k según el ajuste que presentaron los diversos datos. Una vez determinada la disposición espacial con ayuda del Software SIDISE V. 1.0 ©, desarrollado por el M. C. Horacio Koji Osada Velázquez, profesor del Área de Estadística y Apoyo del Departamento de Parasitología Agrícola de la Universidad Autónoma Chapingo, se llevo a cabo la simulación. Este programa es un simulador de distribuciones espaciales el cual utiliza parámetros de distribución de poblaciones, binomial negativa y poisson, para generar n datos pertenecientes a ambas distribuciones. Es importante encontrar λ , m y k , porque sin estos parámetros, no sería posible realizar las simulaciones.

Se realizaron cuatro registros de datos que se ajustaron a la distribución de poisson en el primer sitio, de cada una se hicieron 300 mapas simulados dando un total de 1200

mapas; en el segundo sitio fueron tres registros de datos que se ajustaron por lo que fueron 900 mapas en total para el análisis y así determinar el esquema de muestreo.

Para cada mapa de cada uno de los 100 números simulados se determinó la presencia o ausencia de la *P. convolvulus* en cada uno de los cuadrantes. Se contabilizó el número de veces que un cuadrante apareció con el mayor número de plantas de *P. convolvulus*, para determinar el recorrido que debe realizarse.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Disposición espacial de los predios

El análisis de ANOVA muestra que los datos del experimento presentan diferencias estadísticas significativas ($\alpha=0.05$) de que al menos uno de los predios es diferente en cuanto al número de plantas de *P. convolvulus*, en los cinco registros (Anexo 3). La prueba de comparación de medias de Tukey indica que el predio uno (ubicado en Santa Catarina), tuvo el mayor número de plantas presentes en el campo de acuerdo a los cinco registros (Cuadro 2). Los resultados obtenidos se atribuyen al banco de semillas en este sitio, ya que como se observa en el Cuadro 3, el número de semillas por muestra fue mayor, sobre todo en los dos primeros extractos y al contenido de materia orgánica (2.02%) en este predio. Sin embargo, las plantas de *P. convolvulus* no se desarrollaron lo suficiente, situación que se atribuye por un lado al rápido crecimiento de la cebada y por otro a la capacidad de amacollamiento del cultivo, lo que trajo consigo un rápido cierre del cultivo y sombreado, que interfirieron con el crecimiento de esta especie.

De acuerdo al Cuadro 4, se observa que los valores del número de semillas por muestra, se asemejan en ambos muestreos (previo y posterior a la cosecha), sobre todo en los dos primeros extractos (profundidades). La importancia del conocimiento del banco de semillas, radica en que se puede predecir la diversidad y dinámica de las poblaciones nocivas y con ello realizar las medidas de control pertinentes.

Con relación al segundo sitio (Cuadro 4), se muestra que la cantidad de semillas por extracto fue menor en comparación al primer sitio; sin embargo, se hace notar que no hay diferencias comparativas entre extractos.

Cuadro 2. Comparación de medias Tukey, de los datos del número de plantas por registro, en ambos sitios. Ixtapaluca, México. 2011.

Sitio	Número de plantas por 1.0 m ²				
	Registro 1	Registro 2	Registro 3	Registro 4	Registro 5
Uno (Santa Catarina)	26.990 a	22.950 a	23.140 a	23.2900 a	16.9200 a
Dos (Ocatepec)	3.790 b	4.590 b	4.220 b	7.1000 b	5.9500 b

Cabe señalar que estas diferencias en cuanto al banco de semillas se atribuyen a la biología de la propia especie, pero también al manejo químico que se ha dado en años previos, ya que han utilizado herbicidas tales como 2,4-D ester y dicamba, para el primero y segundo sitio respectivamente.

Cuadro 3. Cantidad de semillas encontradas en el predio uno, a tres diferentes profundidades. Santa Catarina, Ixtapaluca. 2011.

Predio	Muestra	Extracto 0-10 cm	Extracto 10-20 cm	Extracto 20-30 cm	Promedio por muestra
Santa Catarina	1	25	12	4	13.66
Antes de la	2	28	16	13	19
Cosecha	3	34	37	12	27.66
	4	48	25	1	24.66
	5	21	15	0	12
Promedio por		31.2	21	6	
Profundidad					
Santa Catarina	1	32	30	13	25
Después de la	2	52	43	5	33.33
Cosecha	3	26	32	19	25.66
	4	32	45	19	32
	5	24	13	21	19.33
Promedio por		33.2	32.6	15.4	
Profundidad					

Cuadro 4. Cantidad de semillas encontradas en el predio dos, a dos profundidades.
Ocotepec, Ixtapaluca. 2011.

Predio	Muestra	Extracto 0-10 cm	Extracto 10-20 cm	Promedio por muestra
Ocotepec	1	6	1	3.5
Antes de la	2	3	27	15
Cosecha	3	3	3	3
	4	11	14	12.5
	5	6	2	4
Promedio por		5.8	9.4	
Profundidad				
Ocotepec	1	16	3	9.5
Después de la	2	1	10	5.5
Cosecha	3	2	2	2
	4	13	6	9.5
	5	8	8	8
Promedio por		8	5.8	
Profundidad				

4.2 Simulación estadística para una propuesta de esquema de muestreo de la maleza *P. convolvulus*.

Con los datos obtenidos en campo se construyeron tablas de frecuencia. Los Cuadros 4 y 5 muestran las frecuencias de los registros que se ajustaron a la distribución poisson y binomial negativa para el primero y segundo sitio, respectivamente. Lo anterior se logro con la ayuda de la prueba de Ji-cuadrada, que permitió estimar λ , m y k según el ajuste que presentaron los diversos datos.

Cuadro 5. Frecuencias de aparición de cuatro registros ajustados a poisson en el sitio uno. Santa Catarina, Ixtapaluca. 2012.

REGISTRO 1		REGISTRO 2		REGISTRO 4		REGISTRO 5	
X	F (X)	X	F (X)	X	F (X)	X	F (X)
0	0	0	0	0	0	0	5
1	0	1	3	1	1	1	8
2	6	2	12	2	12	2	29
3	17	3	28	3	24	3	21
4	26	4	24	4	25	4	23
5	18	5	12	5	15	5	8
6	14	6	7	6	11	6	3
7	3	7	7	7	8	7	2
8	16	8	7	8	4	8	1

Cuadro 6. Frecuencias de aparición de tres registros ajustados a binomial negativa en el sitio dos. Ocotepec, Ixtapaluca 2012.

REGISTRO 1		REGISTRO 3		REGISTRO 4	
X	F (X)	X	F (X)	X	F (X)
0	4	0	1	0	2
1	10	1	3	1	5
2	12	2	8	2	8
3	16	3	6	3	10
4	15	4	10	4	8
5	9	5	9	5	19
6	9	6	12	6	13
7	8	7	9	7	9
8	6	8	8	8	9
9	2	9	10	9	2
10	5	10	3	10	4
11	4	11	21	11	11

En el primer sitio *P. convolvulus* presento una distribución de poisson, mostrando una disposición espacial aleatoria; en tanto que en el segundo sitio, esta se ajusto a una distribución binomial negativa, manifestando una disposición espacial de contagio. Los valores obtenidos de cada uno de los parámetros, se muestran en el Cuadro 7.

Cuadro 7. Valores obtenidos, para los parámetros de las distribuciones de poisson y binomial negativa de ambos sitios.

Predio	Registro		Valores
Distribución de poisson Sitio 1. Santa Catarina	1	$\lambda = 4.9$	
	2	$\lambda = 4.14$	
	4	$\lambda = 4.26$	
	5	$\lambda = 3.01$	
Distribución binomial negativa Sitio 2. Coatepec	1	$m = 4.57$	$k = 5.57$
	3	$m = 6.72$	$k = 13.59$
	4	$m = 5.7$	$k = 10.91$

Los valores de λ y de m y k obtenidos, se utilizaron para generar las simulaciones de ambas distribuciones con ayuda del software, ya que los parámetros se emplearon para las simulaciones, sin estas no sería posible obtener los mapas.

4.2.1 Esquema de recorrido recomendado

Se generaron 300 mapas con 100 cuadrantes, para cada uno de los estos se visualizó el valor más grande del número de plantas de *P. convolvulus* (Anexos 4 y 5), que sirvió como referencia para determinar los cuadrantes con mayor frecuencia de aparición (Anexos 6 y 7). Se compararon los 300 mapas cuadro por cuadro y se estimaron los cuadrantes con mayor frecuencia de aparición, como cuadrantes de mayor número de plantas (Figuras 6 y 7).

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
91	92	93	94	95	96	97	98	99	100

 Cuadrantes con mayor frecuencia de aparición, en todas las simulaciones.

Figura 6. Cuadrantes con mayor presencia simulada de *P.convolvulus* en el registro 1 de predio 1 (Santa Catarina) y esquema de muestreo propuesto.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
91	92	93	94	95	96	97	98	99	100

 Cuadrantes con mayor frecuencia de aparición, en todas las simulaciones.

Figura 7. Cuadrantes con mayor presencia simulada de *P.convolvulus* en el registro 1 del predio 2 (Ocoatepec) y esquema de muestreo propuesto.

En la Figura 8, se muestra el esquema de muestreo propuesto para una hectárea. En base al análisis de los mapas simulados resumidos en las frecuencias de aparición, se propone muestrear bajo el esquema de **W** en cinco puntos y en cada punto de 10 x 10 m, realizar el mismo esquema de **W**, para saber si está presente o no la especie de maleza en ese terreno, si no se encuentra ninguna planta de esta especie, se podrá asegurar que no está presente en dicha área de estudio, con una confiabilidad de 95%.

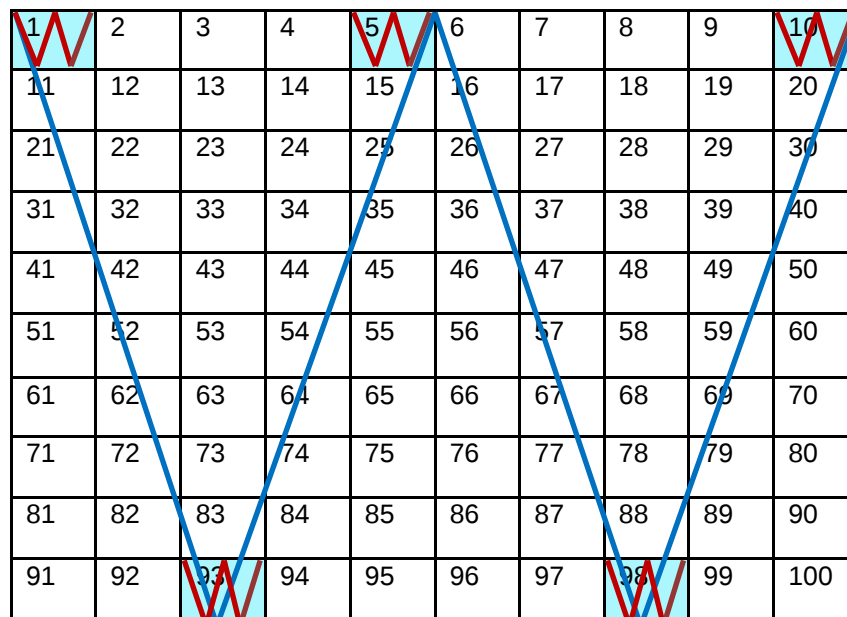


Figura 8. Propuesta de esquema de muestreo de *P. convolvulus* por hectárea.

5. CONCLUSIONES

De acuerdo a los objetivos planteados, y a las condiciones ambientales y del suelo donde se realizó el estudio, se concluye lo siguiente:

El predio del cultivo de cebada (Santa Catarina) se ajustó a una distribución de poisson presentando una disposición espacial aleatoria. En tanto que el de cultivo de trigo (Ocotepec), presentó una distribución binomial negativa con una disposición de contagio. Estas diferencias en cuanto a las distribuciones, se atribuyen a factores tales como: la falta de humedad, a la siembra tardía, a la presencia y daño del gusano soldado (*Mythimna unipuncta*), y a la época muy fría (heladas).

Al analizar los mapas simulados de *P. convolvulus*, se propone un esquema de muestreo en una hectárea con una alta confiabilidad estadística del 95% bajo el esquema de **W**, en cinco puntos, en cada uno de estos se recomienda muestrear de la misma forma, en una área de 100 m² (10 x 10 m), para asegurar la presencia o ausencia de esta especie en el recorrido del terreno.

6. LITERATURA CITADA

- Arroyo, M. J. 1981. Revisión bibliográfica sobre el combate de malezas en México. Memoria del I Congreso Nacional de la Ciencia de la Maleza. Sociedad Mexicana de la Ciencia de la Maleza. Torreón, Coahuila. 152-169p.
- Beckie, H. J., S. I. Warwick, and C. A. Sauder. 2012. Acetolactate Synthase (ALS) Inhibitor-Resistant Wild Buckwheat (*Polygonum convolvulus*) in Alberta. Weed Technology. 26: 156-160.
- Bolaños E., A., I. X. Magdaleno A. y M. Vargas H. 2012. Manejo químico de *Polygonum convolvulus* (Maleza cuarentenada en México) en trigo. In: Memoria del XIV Congreso Nacional de Ciencias Agronómicas. 25 - 27 de abril. Chapingo, Edo. de México, México. pp: 235-236.
- Booth, B. D., S. D. Murphy and C. J. Swanton. 2003. Weed ecology in natural and agricultural systems. CABI Publishing, Oxon OX10 8D Uk. pp: 1-4.
- Burril, L.C., J. Cárdenas y E. Locatelli. 1977. Manual de campo para investigación en control de malezas. International Plant Protection Center, Oregon State University, Corvallis, Oregon, USA. 63p.
- CAB Internacional. 2012. Crop Protection Compendium. Wallingford, United kindom.

Castillo M., L. E. 2005. Elementos de muestreo de poblaciones. 2ª ed. Departamento de Parasitología Agrícola, Universidad Autónoma Chapingo. México. pp: 165-191.

Delgado C., J. C. 2011, Malezas de México, Ficha – *Polygonum convolvulus* L., Enero 2012.

Di Rienzo, J. A., F. Csanoves, L. A. Gonzalez, E. M. Tablada, M. del P. Díaz, C. W. Robledo, M. G. Balzarini. 2005. Estadística para las Ciencias Agropecuarias. 6ª Ed. Córdoba, Argentina. pp: 82-89.

Espinosa G., J. F. y J. Sarukhán. 1997. Manual de malezas del Valle de México claves, descripciones e ilustraciones. Universidad Autónoma de México Fondo de cultura económica México. pp: 71-363.

Espinosa G., N. 2007. Validación y simulación estadística de métodos para el muestreo de *Copturus aguacatae* Kissinger, *Conotrachelus perseae* Baber y *C. aguacatae*; plagas del aguacate (*Perseae americana* Mill), en Tingüin, Michoacán, México. Tesis de Maestría. Dpto. de Parasitología Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo. 85 p.

Forsberg, D.E. y K. F. Best. 1964. The emergence and plant development of wild buckwheat (*Polygonum convolvulus* L.). Canadial Journal of Plant Science, 44:100-103.

- García F., J., M. Ramírez del A., R. Arias R. y P. A. Vargas G. 2010. Fluctuación poblacional de *Polygonum convolvulus* en Irapuato y Cuerámaro, Guanajuato. Memoria del XXXI Congreso Mexicano de la Ciencia de la Maleza del 10 al 12 de nov de 2010. Cancún, Quintana Roo, México. pp: 67.
- Hernández, T. A. 1984. Sistema de control de malezas mediante el uso de densidades y distribución del cultivo, niveles de fertilización y métodos de control de malezas en frijol. UACH, Departamento de Parasitología Agrícola. Texcoco, México.
- Hume, L., J. Martinez and K. Best. 1983. The biology of Canadian weeds, 60. *Polygonum convolvulus* L. Canadian Journal Plant Science. 63: 959-971.
- Klein H. 2011. Black bindweed, *Fallopia convolvulus* (Linnaeus) Á. Löve or *Polygonum convolvulus* L. Alaska Natural Heritage Program. University of Alaska Anchorage. 3 p.
- Lorenzi, H. J. y L. S. Jeffery. 1949. Weeds of the United States and their control. An AVI book, Published by Van Nostrand Reinhold Company, New York. pp: 105.
- Lorenzi, H. 2006. Manual de identificacao e controle de plantas daninhas plantio directo e convencional .6ª ed. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum de estudos da flora Ltda Brazil. pp: 308-309.

- Marmolejo V., M. 2005. Levantamiento ecológico de malezas y banco de semillas en el cultivo de trigo (*Triticum aestivum* L.) en cuatro municipios del Estado de Guanajuato. Tesis profesional. Dpto. de Parasitología Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo. 64 p.
- Marzocca, A. 1979. Manual de malezas. 1ª reimpresión Editorial Hemisferio Sur S. A. Buenos Aires, Argentina. pp: 228-230.
- Mendoza A., A. 2006. Levantamiento ecológico de malezas en el cultivo de trigo (*Triticum aestivum* L.) de el Bajío Guanajuatense en el ciclo agrícola otoño-invierno de 2005-2006. Tesis profesional. Dpto. de Parasitología Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo. 64 p.
- Odero, D. C.; A. O. Mesbah; S. D. Miller and A. R. Kniss. 2010. Wild Buckwheat (*Polygonum convolvulus*) Interference in Sugarbeet. Weed Technology 24: 59-63.
- Requesens, E. y R. Scaramuzzino .1999 .Composición y variabilidad espacial del banco de semillas de malezas en un área agrícola del Azul (Argentina). Planta Daninha, v. 17, n. 2. 6 p.
- Rice, R. P. 1992. Nursery and lanscape weed control manual. Thomsom Publications. Fresno, California, USA. p 10-11.
- Rojas, B. A. 1964. La binomial negativa y la estimación de intensidad de plagas en el suelo. Revista de Fitotecnia Latinoamericana. v. 1 n. 1 pp: 27-36.

- Ross, M. A & C. A. Lembi. 2009. Applied weed science. Purdue University. Prentice – Hall, Inc. 3rd Ed. Ohio, USA. 561 p.
- SAGARPA. 2000. Norma Oficial Mexicana NOM-043-FITO-1999, Especificaciones para prevenir la introducción de malezas cuarentenarias a México. 4 p.
- SAGARPA. 2010. Estrategia de la campaña contra malezas cuarentenarias. Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria, Dirección General de Sanidad Vegetal. México, D.F. 7 p.
- Southwood, T. R. E. 1978. Ecological Methods. Halsted Press Book, John Wiley & Sons, New York. 524 p.
- Urzúa S., F. 2003. Dinámica poblacional de arvenses en la rotación trigo-maíz bajo diferentes sistemas de labranza y métodos de control de malezas. Tesis de doctorado. Instituto de recursos naturales. Programa en Botánica. Colegio de Posgraduados. 154 p.
- Vera H., J. M. 2005. Levantamiento ecológico de malezas del cultivo de la cebada (*Hordeum vulgare* L.) en los llanos de Apan, Hidalgo. Tesis profesional. Dpto. de Parasitología Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo. 64 p.
- Villarías M., J. L. 2006. Atlas de malas hierbas. Cuarta edición. Ediciones Mundi-Prensa. España. pp: 34-35, 182-183.

Villegas T., D. 1997. Efecto de la densidad y la distribución de plantas de frijol sobre el rendimiento e incidencia de malezas. Tesis profesional. Dpto. de Parasitología Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo. 61 p.

Zita P., G de los A., M. de los A. Carmona M. de O. y V. E. Esquivel. 2009. Catalogo de identificación de semillas de malezas cuarentenadas en México. Ingeniería Agrícola. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. Universidad Nacional Autónoma de México. 26 p.

7. ANEXOS

Anexo 1. Lista de malezas de importancia cuarentenaria para México (NOM-043-FITO-1999).

Familia	Nombre científico
Apiaceae	<i>Heracleum mantegazzianum</i> Somm. & Lev.
Asclepiadaceae	<i>Asclepias syriaca</i> L.
Asteraceae	<i>Carthamus lanatus</i> L. <i>Carthamus axyacantha</i> M. Bieb. <i>Crupina vulgaris</i> Cass. <i>Matricaria inodora</i> L. <i>Matricaria marítima</i> L. <i>Mikania cardara</i> (Burm. f.) B. L. Rob. <i>Silybum marianum</i> (L.) Gaertn.
Boraginaceae	<i>Echium vulgare</i> L. <i>Lithospermum arvense</i> L.
Brassicaceae	<i>Conringia orientalis</i> (L.) Dumort. <i>Neslia paniculata</i> (L.) Desv. <i>Thlaspi arvense</i> L.
Caryophyllaceae	<i>Agrostemma githago</i> L. <i>Silene noctiflora</i> L. <i>Vaccaria hispanica</i> (Mill.) Rauschert
Chenopodiaceae	<i>Salsola vermiculata</i> L.

Commelinaceae	<i>Commelina benghalensis</i> L.
Convolvulaceae	<i>Calystegia sepium</i> (L.) R. Br. <i>Cuscuta</i> spp.
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia esula</i> L.
Fabaceae	<i>Galega officinalis</i> L. <i>Gastrolabium grandiflorum</i> F. Muell. <i>Ulex europaeus</i> L.
Lamiaceae	<i>Galeopsis tetrahit</i> L.
Melastomataceae	<i>Melastoma malabathricum</i> L.
Myrtaceae	<i>Melaleuca quinquenervia</i> (Cav.) Blake.
Orobanchaceae	<i>Orobanche</i> L.
Polygonaceae	<i>Emex australis</i> Steinh. <i>Emex spinosa</i> (L.) Campd. <i>Polygonum convolvulus</i> L.
Poaceae	<i>Aegilops cylindrica</i> Host. <i>Anthoxanthum aristatum</i> Boiss. <i>Anthoxanthum odoratum</i> L.

Poaceae	<i>Anthoxanthum odoratum</i> L. <i>Apera spica-venti</i> (L.) Beauv. <i>Chrysopogon aciculatus</i> (Retz.) Trin. <i>Digitaria scalarum</i> (Schweinf.) Chiov. <i>Digitaria velutina</i> (Forssk.) Beauv. <i>Imperara cylindrica</i> (L.) Beauv. <i>Ischaemum rugosum</i> Salisb. <i>Leptochloa chinensis</i> (L.) Nees <i>Nassella trichotoma</i> (Nees) Hack. <i>Oryza longistaminata</i> Chev. & Roer. <i>Oryza punctata</i> Kotschy ex Steud. <i>Oryza rufipogon</i> Griff. <i>Paspalum scrobiculatum</i> L. <i>Pennisetum macrourum</i> Trin. <i>Pennisetum pedicellatum</i> Trin. <i>Pennisetum polystachion</i> (L.) Schult. <i>Rottboellia cochinchinensis</i> (Lour.) W. D. Clayton. <i>Saccharum spontaneum</i> L. <i>Setaria pallide-fusca</i> (Schum.) Stapf & C. E. Hubb. <i>Themeda quadrivalvis</i> (L.) O. Ktze. <i>Urochloa panicoides</i> P. Beauv.
Ranunculaceae	<i>Ranunculus repens</i> L.
Rosaceae	<i>Rubus fruticosus</i> L.

	<i>Rubus moluccanus</i> L.
Scrophulariaceae	<i>Linaria vulgaris</i> Mill. <i>Striga</i> Lour.
Solanaceae	<i>Lycium ferocissimum</i> Miers <i>Solanum carolinense</i> L. <i>Solanum ptycanthum</i> Dunal <i>Solanum viarum</i> Dunal

Anexo 2. Resultados del análisis del suelo de ambos predios.



UACH DEPARTAMENTO DE SUELOS
LABORATORIO CENTRAL UNIVERSITARIO



Marzo 09, del 2012.
No. DE OFICIO: 048
EXPEDIENTE: III/ 2012.

USUARIO: MARIA DEL ROCIO ELIZALDE FLORES,
PROCEDENCIA: IXTAPALUCA, EDO. DE MEX.,
TIPO DE MUESTRA: SUELO.

No. CONTROL	pH	MO %
180	6.88	1.21
181	6.62	2.02

Nº CONTROL	ARENA %	LIMO %	ARCILLA %	TEXTURA
180	38.2	40.7	21.1	FRANCO
181	40.2	38.7	21.1	FRANCO

METODOLOGIA:

pH: POTENCIOMETRICO RELACION SUELO AGUA 1:2
MO: WALKLEY Y BLACK.
TEXT.: HIDROMETRO DE BOUYOUCOS.

IDENTIFICACION:

180: MUESTRA DE OCOTEPEC 29-01-12
181: MUESTRA DE SANTA CATARINA 29-01-12

ATENTAMENTE.
Francisco Rodríguez N.
ING. FRANCISCO RODRIGUEZ NEAVE
JEFE DEL LABORATORIO CENTRAL UNIVERSITARIO

Anexo 3. Salidas de ANOVA de los cinco registros de plantas de *P. convolvulus*.

Registro 1.

F. V.	G. L.	S. C	C. M	Fcal	Pr > F
PREDIO	1	26912.00000	26912.00000	491.84	< 0.0001
CUADRANTE	99	5662.58000	57.19778	1.05	0.4129

Registro 2.

F. V.	G. L.	S. C	C. M	Fcal	Pr > F
PREDIO	1	16854.48000	16854.48000	321.66	< 0.0001
CUADRANTE	99	4677.42000	57.19778	0.90	0.6962

Registro 3.

F. V.	G. L.	S. C	C. M	Fcal	Pr > F
PREDIO	1	17898.32000	17898.32000	333.97	< 0.0001
CUADRANTE	99	3893.52000	39.32848	0.73	0.9373

Registro 4.

F. V.	G. L.	S. C	C. M	Fcal	Pr > F
PREDIO	1	13105.80500	13105.80500	280.74	< 0.0001
CUADRANTE	99	3335.89500	33.69591	0.72	0.9468

Registro 5.

F. V.	G. L.	S. C	C. M	Fcal	Pr > F
PREDIO	1	6017.045000	6017.045000	155.59	< 0.0001
CUADRANTE	99	3209.655000	32.420758	0.84	0.8090

Anexo 4. Cuadrantes con mayor frecuencia de aparición, del mayor número de plantas, en los 300 mapas simulados.

PREDIO 1 (SANTA CATARINA)	CUADRANTE	TOTAL REG 1	TOTAL REG 2	TOTAL REG 4	TOTAL REG 5
1	1	202	203	255	255
1	2	204	205	204	203
1	3	206	203	204	259
1	4	257	204	256	203
1	5	205	204	256	202
1	6	259	203	255	203
1	7	258	203	256	255
1	8	203	204	259	202
1	9	204	204	203	255
1	10	259	203	203	203
1	11	258	205	201	201
1	12	258	257	201	203
1	13	206	205	203	204
1	14	205	204	255	255
1	15	205	205	203	255
1	16	204	258	204	202
1	17	203	205	255	203
1	18	257	257	255	256
1	19	206	201	204	257
1	20	205	203	203	259
1	21	260	259	203	204
1	22	258	205	202	260
1	23	205	257	204	203
1	24	206	256	201	255
1	25	258	204	255	255
1	26	257	205	255	203
1	27	204	202	255	203
1	28	204	205	258	203
1	29	204	256	201	255
1	30	204	256	204	255
1	31	205	205	203	202
1	32	205	203	257	203
1	33	205	204	203	255
1	34	201	257	266	202

1	35	206	204	203	202
1	36	203	256	202	201
1	37	204	201	201	256
1	38	203	202	204	204
1	39	258	256	201	204
1	40	206	257	255	203
1	41	258	256	202	256
1	42	206	258	204	256
1	43	205	202	202	255
1	44	204	204	255	255
1	45	257	204	202	203
1	46	257	202	202	256
1	47	206	204	259	204
1	48	205	202	255	202
1	49	206	204	201	256
1	50	257	205	255	202
1	51	205	204	204	201
1	52	257	202	203	257
1	53	259	204	202	203
1	54	205	258	256	203
1	55	206	205	204	255
1	56	205	205	255	204
1	57	204	204	203	203
1	58	205	205	257	255
1	59	257	257	255	204
1	60	206	256	256	256
1	61	205	256	255	255
1	62	258	204	204	255
1	63	257	203	255	257
1	64	260	205	202	202
1	65	204	256	204	201
1	66	205	202	255	257
1	67	258	204	204	201
1	68	258	257	203	255
1	69	206	257	201	202
1	70	257	256	204	256
1	71	204	203	203	202
1	72	205	256	255	201
1	73	202	256	204	204
1	74	257	256	203	256
1	75	203	256	203	255

1	76	202	205	256	256
1	77	205	205	203	255
1	78	257	203	202	257
1	79	205	257	255	204
1	80	205	258	255	255
1	81	205	257	256	201
1	82	206	205	201	256
1	83	203	204	203	201
1	84	203	203	203	201
1	85	206	202	204	202
1	86	206	201	256	204
1	87	205	256	202	202
1	88	258	205	255	256
1	89	258	205	202	255
1	90	205	202	202	201
1	91	202	205	204	202
1	92	258	205	257	204
1	93	257	256	256	256
1	94	257	204	201	203
1	95	260	201	204	202
1	96	206	204	202	203
1	97	204	204	204	203
1	98	202	259	202	204
1	99	206	202	201	202
1	100	260	256	203	203

Anexo 5. Cuadrantes con mayor frecuencia de aparición, del mayor número de plantas, en los 300 mapas simulados.

PREDIO 2 (OCOTEPEC)	CUADRANTE	TOTAL REG 1	TOTAL REG 3	TOTAL REG 4
2	1	204	206	207
2	2	207	265	209
2	3	259	263	261
2	4	207	207	208
2	5	260	263	205
2	6	259	264	208
2	7	207	211	263
2	8	259	264	205
2	9	202	264	206
2	10	260	211	260
2	11	260	211	260
2	12	260	210	261
2	13	203	212	262
2	14	208	209	209
2	15	208	264	205
2	16	259	265	207
2	17	203	266	207
2	18	205	210	209
2	19	208	263	260
2	20	203	264	208
2	21	206	263	205
2	22	263	211	261
2	23	260	268	260
2	24	208	210	261
2	25	262	212	205
2	26	207	210	205
2	27	208	211	260
2	28	205	209	208
2	29	203	212	205
2	30	259	212	208
2	31	206	264	207
2	32	259	265	207

2	33	208	265	203
2	34	205	284	201
2	35	205	264	260
2	36	259	266	261
2	37	260	208	205
2	38	205	267	206
2	39	206	208	260
2	40	205	208	206
2	41	205	207	261
2	42	208	209	208
2	43	207	210	261
2	44	206	268	207
2	45	207	209	208
2	46	202	266	260
2	47	203	265	203
2	48	207	267	261
2	49	261	266	207
2	50	206	266	209
2	51	262	263	207
2	52	204	204	209
2	53	208	265	207
2	54	207	271	206
2	55	205	211	209
2	56	201	263	205
2	57	259	265	206
2	58	206	210	206
2	59	206	266	207
2	60	206	210	207
2	61	206	267	206
2	62	205	263	206
2	63	206	270	260
2	64	207	263	260
2	65	206	210	206
2	66	207	210	204
2	67	208	265	209
2	68	208	208	203
2	69	262	267	260
2	70	206	212	209
2	71	208	268	208

2	72	262	212	205
2	73	204	212	207
2	74	208	265	262
2	75	205	265	262
2	76	261	209	209
2	77	261	263	204
2	78	205	211	205
2	79	205	210	260
2	80	206	266	206
2	81	207	211	209
2	82	203	263	260
2	83	262	268	260
2	84	208	211	260
2	85	207	263	260
2	86	205	269	260
2	87	259	208	205
2	88	207	209	261
2	89	262	209	260
2	90	261	207	205
2	91	206	212	208
2	92	203	263	260
2	93	207	210	263
2	94	261	263	206
2	95	205	270	209
2	96	205	263	206
2	97	205	208	207
2	98	259	212	206
2	99	207	263	260
2	100	260	208	263

Anexo 6. Mapas de los registros ajustados a la distribución de poisson con mayor frecuencia de aparición en el sitio uno (Santa Catarina).

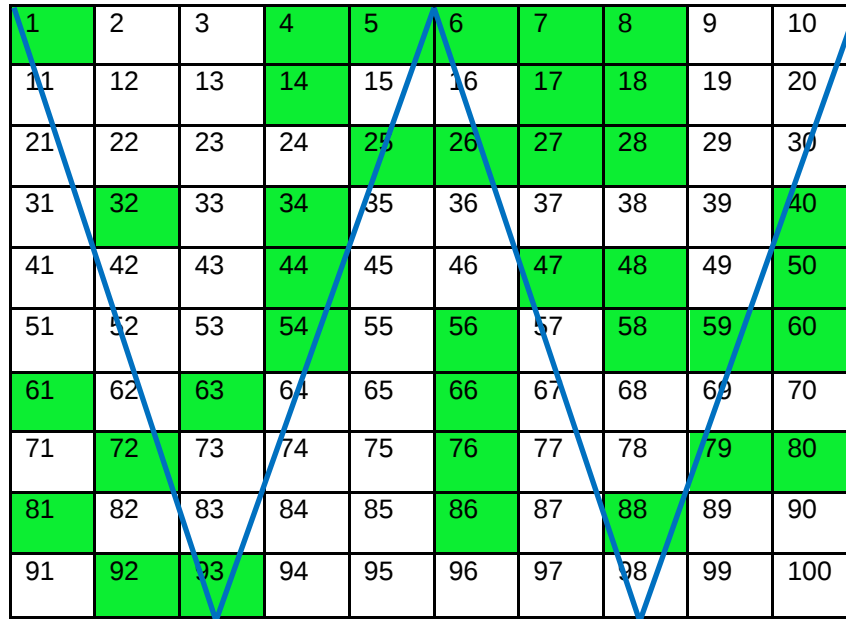
 Cuadrantes con mayor frecuencia de aparición en todas las simulaciones.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
91	92	93	94	95	96	97	98	99	100

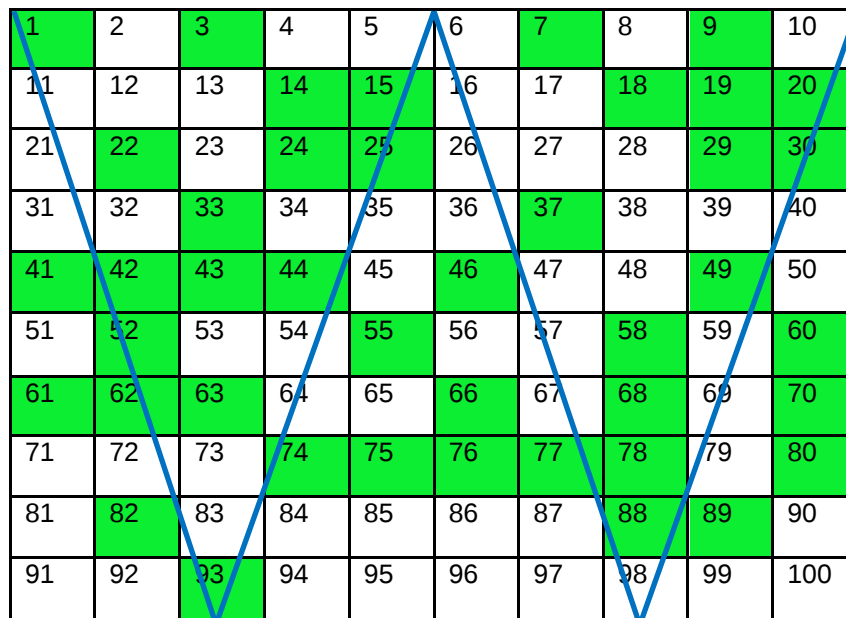
Mapa de mayor frecuencia de aparición del registro 1 de datos del predio 1.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
91	92	93	94	95	96	97	98	99	100

Mapa de mayor frecuencia de aparición del registro 2 de datos del predio 1.



Mapa de mayor frecuencia de aparición del registro 4 de datos del predio 1.



Mapa de mayor frecuencia de aparición del registro 5 de datos del predio 1

Anexo 7. Mapas de los registros ajustados a la distribución binomial negativa con mayor frecuencia de aparición en el sitio dos (Ocotepec).

 Cuadrantes con mayor frecuencia de aparición en todas las simulaciones.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
91	92	93	94	95	96	97	98	99	100

Mapa de mayor frecuencia de aparición del registro 1 de datos del predio 2.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
91	92	93	94	95	96	97	98	99	100

Mapa de mayor frecuencia de aparición del registro 3 de datos del predio 2.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
91	92	93	94	95	96	97	98	99	100

Mapa de mayor frecuencia de aparición del registro 4 de datos del predio 2.