



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN

EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO
POSTGRADO EN BOTÁNICA

Demografía y distribución de *Kochia scoparia* (L.) Schrad
una posible planta invasora en el Valle de México

JUAN CARLOS FLORES LARIOS

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO

2008

La presente tesis titulada: **Demografía y distribución de Kochia scoparia (L.) Schrad., una posible planta invasora en el Valle de México** realizada por el alumno: **Juan Carlos Flores Larios** bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

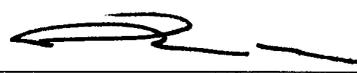
**MAESTRO EN CIENCIAS
BOTÁNICA
CONSEJO PARTICULAR**

CONSEJERO



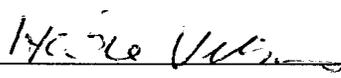
Dr. Edmundo García Moya

ASESOR



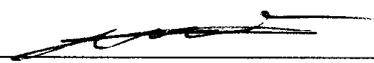
Dra. Angélica Romero Manzanares

ASESOR



Dra. Heike Vibrans Lindeman

ASESOR



Diódoro Granados Sánchez

Montecillo, Texcoco, Estado de México; Enero de 2008.

DEDICATORIAS

A Inés T. Larios:

*De nuevo te brindo esto porque aún
no encuentro mejor forma de agradecer
tus grandiosos esfuerzos de trabajo digno
que tu espalda soportó y que ahora te reclama.
Gracias madre eres mujer ejemplar.*

A Marianel:

*Ahora ya somos todo aquello
contra lo que luchamos a los
veinte años (J.E. Pacheco).
...si, Yesica porque sólo tu sabes de
mis
esfuerzos y enfados.
Gracias por amarme, es reciproco.*

A mis hermanas Sonia, Lourdes y Patricia porque a ellas debo lo que como miembro de mi familia ahora soy. A Verónica, Lizbeth y Liliana como un respetuoso ejemplo.

Y porque el color de la sangre jamás se olvida..., a todos mis compañeros de lucha (CGH). Y como el azul y oro es intacto, a mis mejores amigos casi hermanos: Antonio Galeana, Jorge Rojas, Esther León e Israel Gómez.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a todo el pueblo de México que a través del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) financió económicamente este trabajo de investigación.

A los Doctores Edmundo García Moya y Angélica Romero Manzanares expreso mi más profundo agradecimiento por haberme permitido desarrollar y consolidar este proyecto. Gracias por tolerar mi forma de trabajo y por orientarme de modo oportuno.

A la Dra. H. Vibrans por estimularme a continuar hasta este punto y por lo indispensable que resultaron sus aportaciones en la consolidación de este trabajo. Al Dr. Diódoro Granados por sus sugerencias al trabajo en campo y consejos personales.

A tod@s l@s maestr@s que durante mis estudios de maestría en el CP me brindaron sus conocimientos.

INDICE

	Página
Resumen.	iv
Abstract.	v
1. Introducción.	1
2. Antecedentes.	5
2.1. Descripción botánica de <i>Kochia scoparia</i> .	5
2.2. Objetivos.	12
2.3. Hipótesis.	12
3. Área de estudio.	13
4. Método.	14
4.1. Reservorio de semillas y caracterización de las etapas de desarrollo de <i>Kochia scoparia</i> .	14
4.2. Demografía.	15
4.3. Viabilidad y germinación de semillas como criterio de explicación de la habilidad competitiva de <i>Kochia scoparia</i> .	17
4.4. Distribución de Coquia en el Valle de México.	18
5. Resultados.	19
5.1. Recuento de semillas.	18
5.2. Germinación.	20
5.3. Viabilidad.	20
5.4. Caracterización de las etapas de desarrollo.	20
5.5. Demografía.	23

5.6. Distribución en el Valle de México.	25
6. Discusión.	30
6.1. Ciclo biológico.	30
6.2. Desarrollo y crecimiento.	35
6.3. Demografía.	38
6.4. Distribución.	42
Conclusiones	44
Bibliografía	46

Índice de Cuadros

Cuadro	Página
1. Claves utilizadas para identificar las diferentes etapas de desarrollo.	15
2. Registro de plantas de <i>Coquia</i> por mes en las distintas fases de desarrollo.	23
3. Probabilidades de transición.	23
4. Ubicación geográfica de las poblaciones registradas de <i>Kochia scoparia</i> dentro del Valle de México.	26

Índice de Figuras

Figura	Página
1. Distribución cronometrada de <i>Kochia scoparia</i> en Estados Unidos y México.	5
2. Predio Montecillo. Área de estudio.	13
3. Colecta de semilla por planta de <i>Kochia scoparia</i> .	16
4. Relación exponencial entre el tamaño de la planta y la producción de semilla.	19
5. Porcentaje de germinación en invernadero y bajo condiciones naturales.	20
6. Plántula de Coquia.	21
7. Planta juvenil de Coquia.	22
8. Planta adulta de Coquia.	22
9. Tamaño de población (N) y tasa finita de crecimiento (λ) por generación.	25
10. Mapa del Valle de México que muestra las diferentes vialidades recorridas.	27
11. Poblaciones de <i>Kochia scoparia</i> .	28

RESUMEN

Diversos estudios sobre *Kochia scoparia* resaltan su importancia como planta forrajera sin considerar su tendencia a volverse invasora, sin embargo se desconocen aspectos de su biología y los parámetros demográficos que pudiesen caracterizar a esta especie como invasora por lo que se consideró pertinente llevar a cabo un estudio biológico-demográfico en *Kochia scoparia* bajo condiciones naturales a fin de determinar la tasa de crecimiento de la población, además de conocer su tendencia de distribución en el Valle de México. En la reserva territorial del Colegio de Postgraduados se cuantificó el reservorio de semillas por m², el número de individuos de Coquia se censó mensualmente caracterizando sus diferentes etapas de desarrollo (plántula, juvenil y adulta) en razón de sus atributos morfológicos. Los análisis demográficos se basaron en la construcción de la tabla de vida estática tipo Lefkovitch. Además se llevaron a cabo pruebas de viabilidad y germinación de la semilla, en tanto que para registrar la presencia de la especie se hicieron recorridos en el Valle de México y revisaron ejemplares en diferentes herbarios. Se encontró que la cantidad de semilla por planta varía con la altura que alcance la planta de Coquia y su estado de madurez. Los porcentajes de germinación y viabilidad son considerablemente altos. Las categorías quedan determinadas por el desarrollo de las hojas a lo largo del eje caulinar en crecimiento. Los análisis de estimación y proyección del crecimiento poblacional mostraron una tasa finita de crecimiento (λ) menor que uno lo que indica un decremento de la población, la que en el Valle de México, principalmente hacia la parte nororiente, se encuentra asociada a vegetación de tipo viaria. Con base en varios criterios *Kochia scoparia* puede ser considerada como una potencial invasora, aunque bajo el criterio demográfico no representa una amenaza para el zacatal del predio Montecillo.

ABSTRACT

Several studies of *Kochia scoparia*, an invasive plant in México, point out its importance as a forage crop and the agricultural practices tested to attain high productivities, regardless the implications of introducing species to new environments which may become noxious.

Up to now we ignore the biology and demographic parameters to assert that *K. scoparia*, is an invasive species in the Valle de México and in particular in the *Distichlis spicata* grassland located within the Colegio de Postgraduados territory. A study of *K. scoparia* was carried out under natural conditions to determine its growth rate and distribution in the Valle de México. The seed bank m^{-2} was quantified and the stages of development, of *Kochia* considering seedlings, juveniles and adults individuals, were monthly censused. The demographic analysis were based in Lefkovitch stage class matrix model. Viability and germination tests, revision of herbaria specimens and field trips throughout the Valle de México the find out the distribution of *kochia* were also undertaken.

It was found that the seed production per plant is a function of height and stage of development. the percentages of seed viability and germination are close to 100%. The stage classes were defined by leaf type imposition along the main growth axis. The seedling is the critical stage of the life cycle.

The estimation of the population growth rate ($\lambda < 1$) indicates that the population of *Kochia* in the *Distichlis spicata* grassland does not represent a problem. Furthermore the growth rate projection indicates a decrease in the population size of *Kochia* which allow us to advance that at the present if the conditions persist the *D. spicata* grassland would maintain its prominence. The distribution of *K. scoparia* in the Valle de México tends to be present on the northeastern edge of the valle and it is associated to disturbed sites, roads and rights of the way.

Based on demographic criteria *K. scoparia* may be considered a potential invasive in disturbed areas though it does not represent a threat to the montecillo territory and vicinity where *D. spicata* grassland prevails up to now in spite of the fact of been present in the disturbed sites on the fringes of the grassland

RESUMEN

Evita redactar con base en adjetivos posesivos (repites n veces su, sus); la posesión es obvia de acuerdo al sujeto que está mencionado (Koquia); utiliza en lugar de ellos, artículos: el, la , los , las, para que la redacción sea más lineal que fragmentada.

Diversos estudios sobre *Kochia scoparia*, una planta exótica para México, resaltan su la importancia como planta forrajera y las prácticas de siembra para lograr alta productividad sin considerar las posibles consecuencias de la introducción de la especie a medios distintos al de origen, como es su la posible tendencia a la invasión. volverse invasora sin embargo Hasta el momento, se desconocen aspectos de la su biología y los parámetros demográficos de *Koquia scoparia*, que pudiesen caracterizar a permitan afirmar que esta especie en el Valle de México y en particular, en el pastizal de *Distichlis spicata*, sea una especie como invasora, como se le ha caracterizado en otros países. por lo anterior, se consideró pertinente llevar a cabo un estudio biológico-demográfico en *Kochia scoparia* de esta especie bajo condiciones naturales, a fin de determinar la tasa de crecimiento de la población, además de conocer su tendencia directriz de distribución en el Valle de México. En la reserva territorial del Colegio de Postgraduados se cuantificó el reservorio de semillas por m², y fue censado el número de individuos de Koquia se censó mensualmente, caracterizando con base en sus los atributos morfológicos que permitieron diferenciar las diferentes etapas de desarrollo (plántula, juvenil y adulta) en razón de sus atributos morfológicos. Los análisis demográficos se basaron en la construcción de la tabla de vida estática tipo Lefkovitch. Además se llevaron a cabo pruebas de viabilidad y germinación de la semilla, en tanto que, para registrar la presencia de la especie se hicieron recorridos en el Valle de México y se revisaron ejemplares en diferentes herbarios. Se encontró que la cantidad de semilla por planta varía con la altura que alcance la planta de Koquia y su con

el estado de madurez. Los porcentajes de germinación y viabilidad son cercanos al 100% considerablemente altos. Las categorías de etapas de desarrollo quedaron determinadas por el desarrollo el tipo de las hojas a lo largo del eje caulinar en crecimiento. La etapa crítica del ciclo vital de koquia es la de plántula. Los análisis de estimación y proyección del crecimiento poblacional mostraron una tasa finita de crecimiento (λ) menor que uno, lo que indica que la población de Koquia en el pastizal de *Distichlis spicata* todavía no representa ningún problema para la población nativa, e inclusive, la proyección del crecimiento manifiesta un decremento de la población de koquia, lo que permite suponer, que por algún tiempo, si las circunstancias se mantienen, el pastizal salado seguirá siendo la especie dominante en el ex Lago de Texcoco. la que en el La distribución de *Koquia scoparia* en el Valle de México, tiende a exponerse principalmente hacia la parte nororiente, se encuentra asociada a vegetación de tipo viaria. Con base en varios criterios, *Kochia scoparia* puede ser considerada como una potencial invasora, aunque bajo el criterio demográfico no representa una amenaza para el zacatal del predio Montecillo.

1. INTRODUCCIÓN

Las especies habitan en entornos naturales que pueden ser los originarios de su área de distribución o se adecuan para persistir en medios distintos al de su origen. En el primer caso, las especies se clasifican como nativas o autóctonas y, en el segundo, como exóticas o ajenas al hábitat que ocupan. Para que ocurra este último caso, necesariamente la o las especies, tienen que ser introducidas, es decir, dispersadas intencional o accidentalmente, por lo común, debido a la actividad humana. Algunas de ellas pueden desplazar a las especies autóctonas, interfiriendo en el funcionamiento de los ecosistemas receptores. Esta introducción de especies a lugares diferentes de sus áreas naturales de distribución ha sido una práctica común a través de la historia humana (Villaseñor y Espinosa, 2004). Una especie introducida se vuelve invasora cuando en su nuevo ambiente logra superar condicionantes bióticos y abióticos con el consecuente establecimiento y reproducción, y su descendencia fértil es capaz de colonizar lugares distantes de la localidad en la que fue originalmente introducida para establecer en ellos poblaciones viables (CONABIO, 2007a).

Se habla de invasiones biológicas cuando especies de origen remoto alcanzan un nuevo territorio y se propagan por él a gran velocidad, alterando la estructura y funcionamiento del ecosistema receptor y causando daños ecológicos y socioeconómicos (Mooney y Hobbs, 2000). Actualmente se considera que la invasión de especies es una importante causa de la pérdida de biodiversidad en el mundo, sólo después de la destrucción del hábitat y la fragmentación del paisaje (Heywood, 1989; Williamson, 1996).

El proceso de invasión biológica implica la siguiente serie de etapas: a) introducción, b) naturalización y c) invasión. El proceso comienza cuando una especie exótica es transportada e introducida con éxito, desde su área de origen hasta un nuevo territorio; consecuentemente, si la especie encuentra condiciones favorables para sobrevivir y reproducirse en el nuevo ambiente, podrá formar poblaciones por sus propios medios; y si este hecho resulta exitoso, entonces se dice que la especie exótica se ha naturalizado o asilvestrado. El siguiente paso sería que la especie asilvestrada además de que se reproduzca exitosamente, se disperse y colonice el territorio formando pequeñas poblaciones, de las cuales es probable que sólo un 10 por ciento muestre una capacidad de propagación superior a la de las especies nativas, lo que llevaría a la invasión del nuevo ecosistema. Sólo entonces, una especie con esas cualidades se puede calificar como invasora (Castro-Díez *et al.*, 2004).

Estudiar el proceso de invasión en especies consideradas problema por su impacto ecológico, económico y social, facilitaría conocerlas, y evidenciaría las posibles formas para controlarlas, como suponemos, pueda ser el caso de *Kochia scoparia* (L) Schrad., una especie dicotiledónea anual, de la familia Chenopodiaceae, exótica o alienígena introducida a México (Rzedowski y Rzedowski, 2001; Villaseñor y Espinosa-García 1998, 2004) originaria de Eurasia y, más específicamente, de la depresión salina de Barabanskaya en la Unión Soviética (Anaya, 1991), que ha sido introducida a México. A *Kochia scoparia* se le conoce con diferentes nombres comunes: “ciprés de verano”, “arbusto ardiente”, “maleza de fuego”, “bola de fuego”, “morenita”, “alfalfa de los pobres”, “cochia”, “belvedere”, “árbol de fuego”, (González, 1984), “coquia” o “rodadora” (CONABIO 2007b).

Kochia scoparia fue originalmente cultivada en 1990 para forraje en el suroeste de Australia y utilizada para rehabilitar suelos salinizados por la agricultura, sin embargo, en dos años se expandió sin control, por lo que fue considerada como maleza en 1992, además que representa una de las malezas de expansión más rápida en los Estados Unidos en donde crece en ambientes templados con baja precipitación pluvial (CRC Weed Management Guide, 2003). Es una planta que debido a su gran adaptación se puede encontrar en los cinco continentes (Anaya, 1989; 1991; 1995).

La importancia de estudiar a Coquia radica en la consideración de que es una especie que está en proceso de expansión, debido a que fue transportada con éxito desde su área de origen en el viejo mundo hasta Estados Unidos, su área secundaria de distribución (CONABIO 2007b), e introducida a territorio mexicano desde hace más de treinta años (Anaya, 1995). De acuerdo con la CONABIO (2007b), se desconoce el estatus la especie, sin embargo, se cree que logró asilvestrarse o naturalizarse al encontrar las condiciones favorables para sobrevivir y reproducirse y se ha dispersado y colonizado nuevos espacios. Pysek (1998) catalogó a esta especie como invasora, al igual que (Randall, 2002) en su Compendio Global de Malezas. Se desconoce cómo y cuándo llegó esta planta a Canadá, pero el gobierno de ese país la cita como planta venenosa, (información en línea: Canadian Poisonous Plants Information System, 2007. http://www.cbif.gc.ca/pls/pp/ppack.list?p_sci=comm&p_type=all&p_x=px)

De acuerdo con la Figura 1 elaborada con base en registros de herbario (MEXU-UNAM, ENCB-IPN, CHAPA-CP, UACH), en los Estados Unidos el primer registro de herbario es de 1950 en el estado de Texas y en 1959 se registra en California. También forma parte de un listado de plantas exóticas de México, donde se indica que en 1998

Coquia ocurría en cinco estados de la República: Chihuahua, Coahuila, Distrito Federal, Jalisco y Estado de México (Villaseñor y Espinosa, 1998) y para 2004, en otros 8 estados del país: Sonora, Tamaulipas, Puebla, Veracruz, Durango, Hidalgo, Querétaro, Zacatecas, (CONABIO 2007 b). La presencia de esta planta se amplía a Baja California Sur, en donde es cultivada como recurso forrajero (López *et al.*, 2002). En tanto que en 1975, en el centro de México, específicamente en el Estado de México se registra por vez primera la presencia de Coquia. Estos registros cronológicos muestran que se carece de una ruta de expansión natural de Coquia de EE.UU a México, razón por la cual es imposible determinar cronológicamente la tasa de expansión de esta especie y su avance territorial.

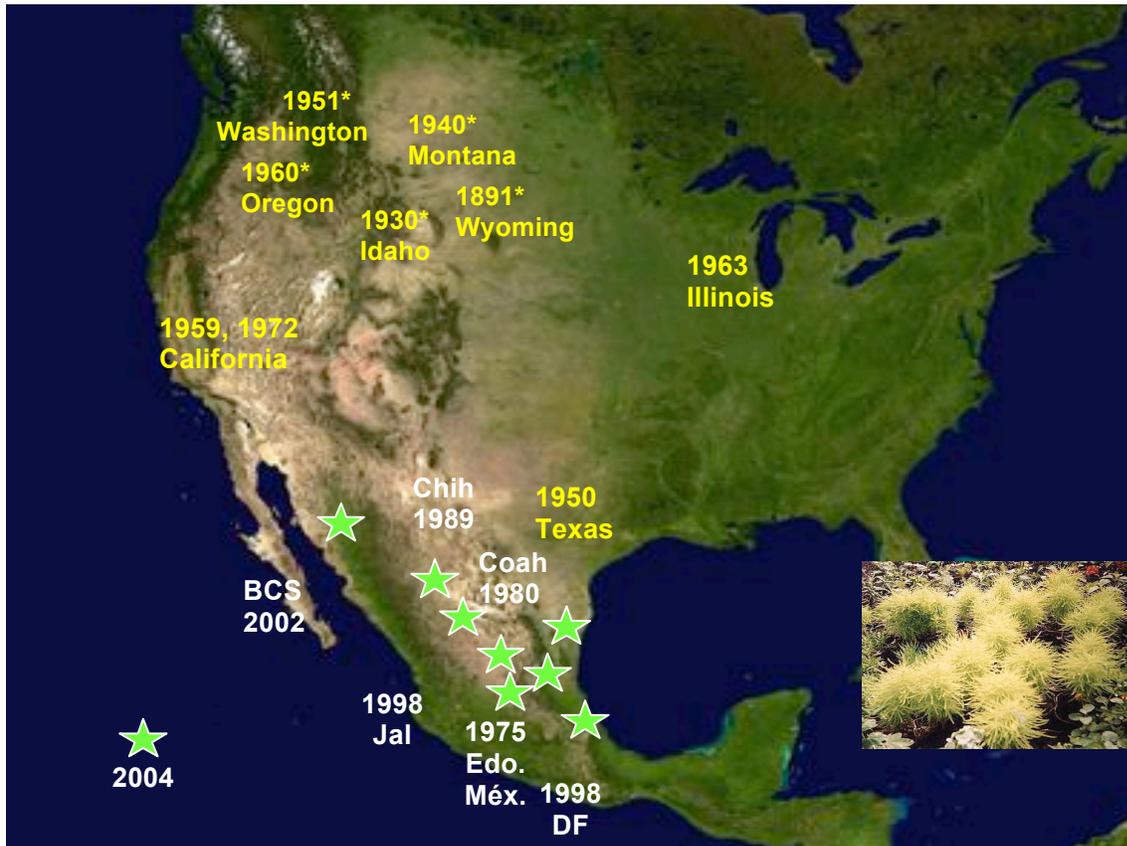


Figura 1. Distribución cronológica de *Kochia scoparia* (L) Srad., en Estados Unidos y México, con base en registros de herbario. * Forcella (1985).

2. ANTECEDENTES

2.1. Descripción botánica de *Kochia scoparia*

El nombre genérico de *Kochia* fue dado en honor de W. D. Koch, quien fue director del Jardín Botánico de Erlangen, Alemania; mientras que el término *scoparia* es dado a aquellas plantas en forma de escoba (Villarreal, 1983). De acuerdo con COTECOCA (1994) *Kochia scoparia* es una hierba anual con tallos erectos muy ramificados y frondosos, las ramas son erectas o ascendentes de 30 a 150 cm. de alto, con poco pelo o desprovistas de él, tornándose rojo brillante con la edad, las hojas son alternas, angostas, de márgenes paralelos terminados en punta, estrechos hacia la base del

pecíolo, miden de 2 a 7 cm. de largo por 3 a 8 mm de ancho y generalmente tiene de 3 a 5 venas prominentes; las inflorescencias son pequeñas y sin pedúnculo evidente, formadas por pequeñas flores en racimos muy grandes cubiertas con pelo fino; las flores se encuentran directamente unidas a las ramillas, agrupadas en el eje igual a las hojas formando cortas, densas y frondosas espiguillas; cáliz de 1.5 a 2 mm de ancho, profusamente alado horizontalmente.

A la par de las plantas cultivadas, las malezas son un elemento difícilmente separable de las actividades del hombre. En realidad no existe una definición precisa e inequívoca de lo que se considera maleza o mala hierba. En la práctica y en la literatura, frecuentemente se les asocia con un elemento vegetal indeseable que interfiere con el buen éxito de la agricultura, de la ganadería y de otras actividades económica o doméstica (Rzedowski y Rzedowski, 2004).

Es crucial demarcar con precisión el concepto de invasor para evitar que las medidas que pudieran adoptarse sean inviables o conlleven a efectos cruzados no deseados. En la actualidad existe coincidencia en denominar introducida a aquella planta transportada más allá de barreras geográficas, naturalizada a aquella que se establece y reproduce en el nuevo enclave superando condicionantes bióticos y abióticos e invasora cuando además de tener descendencia fértil son capaces de colonizar lugares distantes de la localidad en la que fue introducida y establecer en ellos poblaciones viables persistentes en la mayoría de los ecosistemas (Cousens y Mortimer, 1995). Es importante señalar que no todas las plantas que invaden los diferentes ambientes tienen la suficiente habilidad para convertirse en peligrosas competidoras.

Las plantas invasoras tienen características particulares que les permiten colonizar rápidamente diferentes sitios; tales características pueden ser examinadas a través de su ciclo vital (Radosевич *et al.*, 1997), entre ellas: estar libres de depredadores, ser de rápido crecimiento y desarrollo, reproducirse a temprana edad, producir un gran número de semillas y mantener un reservorio persistente de semillas. Estas cualidades están asociadas con su habilidad competitiva y con el reemplazo de la vegetación nativa (Rejmanek y Richardson, 1996).

Las plantas invasoras a menudo parecen ser más competitivas que las especies nativas, aunque hay pocas pruebas sobre esta hipótesis. Vilá y Weiner (2004) llevaron a cabo una revisión sobre experimentos entre especies nativas e invasoras y muestran que los diseños experimentales existentes permiten hacer inferencias de los efectos que las especies invasoras tienen sobre las nativas, con la conclusión de que las especies ajenas a la comunidad se comportan comparativamente con mayor habilidad competitiva.

Corbin y D'Antonio (2004) al hacer una comparación entre zacates nativos y exóticos dentro de un potrero en California, Estados Unidos, señalan como evidencia en contra de la invasión, la habilidad del establecimiento de las plantas nativas, al limitar el espacio disponible para las semillas y plántulas de las exóticas, así como también reducir la disponibilidad de luz, lo cual incide negativamente en la productividad de las exóticas.

Otros estudios se han enfocado a responder al cuestionamiento del éxito de las invasoras. La información publicada muestra que el éxito en el establecimiento de una exótica depende tanto del ecosistema como de las cualidades de la especie en cuestión.

La mayor parte de las malezas o malas hierbas mexicanas que crecen asociadas con los cultivos son plantas nativas, aunque también hay una proporción de introducidas. Villaseñor y Espinosa (1998), publicaron un catálogo de malezas mexicanas. Después, elaboraron un listado preliminar de las plantas introducidas en México, que incluye como especie introducida a toda planta exótica reportada como silvestre, al menos, una vez en una localidad de México.

Villaseñor y Espinosa (1998) señalan que las características intrínsecas que permiten el éxito de las invasoras están relacionadas con las elevadas tasas de crecimiento y reproducción. Ambos caracteres conducen a un eficaz monopolio de recursos y a un desplazamiento de las especies nativas por exclusión competitiva, esto es, las especies que crecen a gran velocidad, producen abundantes semilla cada año o generan rebrotes abundantes. En cuanto a la flexibilidad y plasticidad fenotípica, se menciona que las especies invasoras son capaces de aclimatarse más y mejor que las especies nativas a condiciones ambientales nuevas y cambiantes. Esta capacidad de aclimatación puede deberse a una elevada plasticidad fenotípica, cuando un determinado genotipo da lugar a fenotipos muy distintos en respuesta al ambiente.

Los efectos de crecimiento poblacional en función de la tasa de supervivencia y aporte reproductivo pueden ser visualizados, cuantificados y proyectados en tablas de vida. Debe considerarse que los modelos matriciales son una herramienta útil en la descripción de la dinámica poblacional, y que han sido aplicados a una amplia variedad de especies, incluidos casos de propagación, reproducción sexual, efectos de interacción entre especies, reemplazo entre comunidades, etc. (Groenendaal *et al.*, 1988).

Los modelos de proyección matricial sirven para dos propósitos: primero, pueden ser usados para proyectar el crecimiento poblacional y, segundo, porque las propiedades del modelo correspondientes con las características de la historia vital, tales como la supervivencia y reproducción, pueden ser usadas para evaluar los cambios hipotéticos en el ciclo de vida. Los modelos matriciales también se han convertido en una importante herramienta de análisis de datos para explicar los diferentes impactos de los esquemas de gestión que afectan la dinámica de las poblaciones y la persistencia de las especies (Schemske *et al.*, 1994; Brigham y Thomson, 2003). Recientemente, varios investigadores (Gross *et al.*, 1998; Kaye *et al.*, 2001) han aplicado análisis matriciales para explorar los efectos de la quema y del pisoteo (Maschinski *et al.*, 1997) sobre los regímenes de plantas exóticas en diferentes cosechas. Así mismo, se ha incrementado la aplicación de los modelos demográficos (Shea y Kelly 1998; McEvoy y Coombs 1999; Parker 2000) en la explicación del manejo de plantas invasoras.

Coquia fue introducida al Estado de México hace más de 30 años con fines forrajeros (Anaya, 1995) y ha escapado del control de los agricultores al cosecharse después de la floración (Anaya, información personal). La planta es monoica, anemócora, productora de un gran número de semillas, 14600 semillas por planta (Burton, 2003), las que son dispersadas a grandes distancias cuando la planta es arrastrada por el viento y rueda por el suelo. De acuerdo con este autor, la estadía de las semillas en el reservorio edáfico es transitoria, puesto que las semillas tienen corta vida en el suelo, no obstante, se ha recomendado que prevenir la expansión de sus semillas permitirá proteger a los diversos cultivos y zacatales, ya que se desconocen agentes de control biológico para Coquia, además que produce alelopáticos que inhiben el crecimiento de plantas cercanas (Burton,

2003), cualidad que contribuye a fomentar su capacidad competitiva. Debido a que Coquia es extremadamente eficiente en el uso del agua, tiene metabolismo C₄, del tipo NAD-ME (Sugiyama *et al.*, 1979; Holá 2004; Muhaidat, 2007), logra crecer en ambientes con baja precipitación pluvial o secos y también en ambientes con veranos soleados (CRC Weed Management Guide, 2003); este mismo documento menciona que en los Estados Unidos de Norteamérica, Coquia crece en áreas que reciben 150 mm de precipitación media anual, e invade sitios viarios como los bordes de vías de ferrocarril y carreteras, y sitios erosionados, así como también, crece entre los cultivos y en los potreros.

Coquia o rodadora produce una gran cantidad de follaje con alto contenido nutrimental por lo que es utilizada por los agricultores en la alimentación del ganado; es una planta anual de crecimiento asilvestrado y espontáneo, considerada como especie indeseable por su rápida expansión en el sur de Estados Unidos y norte de México. Esta planta crece de febrero a septiembre; su crecimiento es más vigoroso y succulento si recibe lluvias en esa época y llega a crecer hasta dos metros de altura.

Diferentes trabajos de investigación han sido realizados (Anaya, 1989, 1991, 1993, 1996, 1998, 1999, 2001; Cano, 1984; Coxworth *et al.*, 1988; CONAZA, 1994; COTECOCA, 1994; Castro, 1999; Díaz, 1994) con la finalidad de resaltar su importancia como forrajera, en donde se afirma que esta planta puede ser sembrada en el 70% del territorio nacional, sin considerar su tendencia a volverse invasora. Dichos trabajos resaltan la resistencia excepcional de Coquia a la sequía, por su sistema radical profundo de hasta 2 m (Casta Ganadera, 2001), porque germina a temperaturas muy bajas y su parte aérea es muy resistente al frío, se adapta a diferentes tipos de suelo, es

tolerante a salinidad, crece desde cero hasta 4,000 m sobre el nivel del mar y en pH que van desde 2 hasta 12; contiene casi un 6% más de proteína que la alfalfa; como forraje la consumen rumiantes (bovinos, caprinos y ovinos), porcinos, liebres, aves y conejos. Es de importancia agronómica porque produce de 30 a 40 toneladas por hectárea de forraje verde (Anaya, 1989).

Una de las limitaciones de la utilización de esta planta como alimento para animales es su contenido de oxalatos; estos se encuentran en la planta en dos formas: oxalatos solubles en agua (mayormente sales de sodio y potasio) y oxalatos insolubles (sales de calcio y magnesio). Los oxalatos solubles en el agua pueden causar toxicidad en el rumiante; sin embargo, el rumiante está capacitado para metabolizar estas sales, ya que la flora ruminal puede degradarlos, pero cuando se excede la capacidad de los microorganismos del rumen para degradar oxalatos, gran cantidad de ellos pueden ser absorbidos y causar la muerte del animal por daños en el riñón (Karachi *et al.*, 1988); se han mencionado concentraciones de 8.8 a 9.5 % de oxalatos solubles en plantas adultas de Coquia que miden de 25 a 100 cm. de altura (Hernández, 1986; 1988).

Al final, puesto que la disponibilidad de estudios de las plantas invasoras en México, en su mayoría cubren aspectos agronómicos o control y manejo de malezas, y que se desconocen aspectos de la biología y los parámetros demográficos que pudiesen caracterizar a una especie como invasora, se consideró pertinente llevar a cabo un estudio biológico-demográfico en *Kochia scoparia* bajo condiciones naturales, a fin de determinar la tasa de crecimiento de la población, y conocer su distribución en el Valle de México.

2.2. OBJETIVOS

Evaluar algunos atributos demográficos y de distribución de *Kochia scoparia*. para definir si en las condiciones actuales, esta especie pudiese efectivamente, ser calificada como invasora.

Objetivos particulares:

- Identificar y describir los componentes del ciclo biológico de *Kochia scoparia*.
- Obtener la probabilidad de sobrevivencia de cada etapa de desarrollo de la planta
- Cuantificar la fecundidad de las plantas adultas.
- Proyectar mediante una tabla de vida vertical con base en etapas de desarrollo, el crecimiento poblacional de *Kochia scoparia*.
- Hacer un registro de la distribución actual de *Kochia scoparia* en el Valle de México.

2.3. HIPÓTESIS

Kochia scoparia ratificaría ser una especie invasora si las cualidades de su biología y reproducción indican tasas de crecimiento mayores que la constante y su capacidad de expansión podría, eventualmente y a futuro invadir espacios ocupados por especies nativas.

3. ÁREA DE ESTUDIO

La evaluación sobre el establecimiento y desarrollo de la población de Coquia en el Valle de México, se llevó a cabo en la reserva territorial del Colegio de Postgraduados (CP), en los lotes F-21, F-22 y F-23 (Figura 2), dentro de los cuales se seleccionaron al azar 20 parcelas de 16 m², las que a su vez fueron subdivididas en subparcelas de 2 m², con la finalidad de tener un mejor control en el recuento de las plantas. El predio Montecillo de acuerdo con Huez-López (1985) está subdividido en tres zonas con base en el relieve que al mismo tiempo determina la concentración de sales principalmente de sodio, en donde la zona I contiene una menor cantidad de sales en relación con las zonas II y III con contenidos medio y altos de sales respectivamente, por lo que las parcelas en donde se llevó a cabo el registro de Coquia contienen altas concentraciones de sales (Huez-López, 1985) .

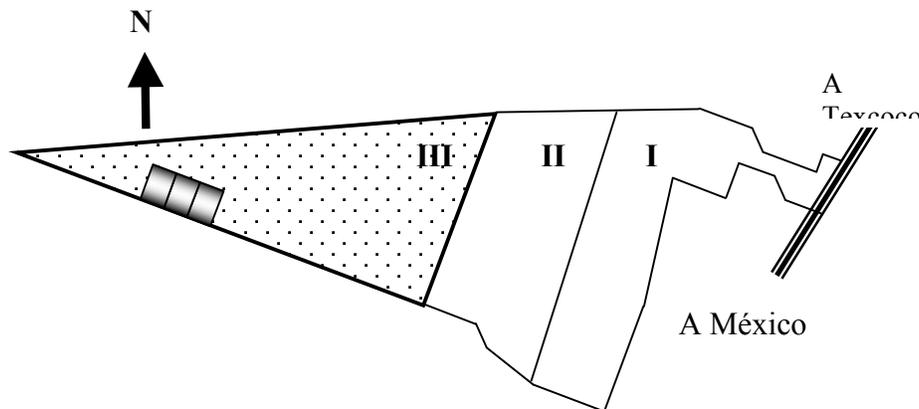


Figura 2. Área de estudio, Zona III, Predio Montecillo Colegio de Postgraduados. En color degradado se marcan las parcelas de estudio.

La población estudiada se distribuyó en las coordenadas 19° 27'51" Norte y 98° 55'1.8" Oeste, a una altitud de los 1,240 m snm. La vegetación es de tipo halófito dominada por pasto salado *Dischlichlis spicata* (L.) Greene var. *mexicana* Beetle.

4. MÉTODO

4.1. Reservorio de semillas y caracterización de las etapas de desarrollo de *Kochia scoparia*.

Como se trata de un “experimento natural”, no se sembraron semillas de Coquia, sólo se cuantificó el reservorio de semillas por m². Dentro del área de estudio se colectaron, de manera aleatoria, 20 muestras de suelo de 20 cm² x 10 cm. de profundidad, las cuales se pusieron a secar a temperatura ambiente y posteriormente por el método de tamizado (tamiz 10 abertura 1.68 mm, tamiz 16 abertura 1 mm, tamiz 20 abertura 0.84 mm), se procedió a la separación de las semillas de Coquia; finalmente y con el uso del microscopio estereoscópico, se llevó a cabo el recuento de semillas. Se censó el número de individuos de Coquia cada mes, a partir de mayo hasta septiembre del 2005, al considerar que la especie germina con las primeras lluvias de mayo y que finaliza su ciclo vital al presentarse las bajas temperaturas de otoño e invierno. Se caracterizaron las diferentes etapas de desarrollo de la planta (plántula, juvenil y adulta- en razón de sus atributos morfológicos), las cuales fueron la clave de entrada para el estudio demográfico.

Para la designación de las categorías de desarrollo se utilizó un criterio morfológico basado en la sucesión foliar, esto es, el desarrollo de las hojas a lo largo del eje caulinar

en crecimiento y la presencia de ramificaciones (Strasburger *et al.*, 1994), de este modo, las categorías se caracterizaron de la siguiente manera: plántulas, desde recién emergidas hasta tener protófilos; juveniles, las que tuvieron nomófilos simples; y adultas, las que tuvieron nomófilos compuestos e hipsófilos, una vez aparecidas las inflorescencias. La descripción de cada etapa de desarrollo se incluye en el apartado de resultados.

Los individuos conforme fueron desarrollando se marcaron sobre el tallo principal con cable del número 22 de diferentes colores (Cuadro 1) para indicar la etapa de desarrollo en que se mostraban al momento del registro.

Cuadro 1. Claves utilizadas para identificar las diferentes etapas de desarrollo.

Etapa de desarrollo	Color de cable	Símbolo
Plántula	Amarillo	A
Juvenil	Rojo	R
Adulto	Morado	M
Plántula-Juvenil	Amarillo – Rojo	A-R
Juvenil-Adulto	Rojo – Morado	R-M
Plántula–Juvenil-Adulto	Amarillo – Rojo – Morado	A – R – M

4.2. Demografía

Después del recuento del reservorio de semillas, se registró la emergencia de plántulas y se dejó que éstas crecieran naturalmente, sin intervención humana en el sitio de

estudio. Los análisis demográficos se hicieron con base en la construcción de la tabla de vida estática tipo Lefkovitch que considera las siguientes características:

- a. Estructura de la población con base en etapas de desarrollo (Lefkovitch, 1965; Silvertown, 1987; Harcombe, 1987; Groenendael *et al.*, 1988).
- b. Recuento del número de individuos por etapa de desarrollo: semillas, plántulas, juveniles, y adultas.
- c. Datos sobre la probabilidad de supervivencia y la probabilidad de transición a la siguiente clase. Debido a la rapidez de crecimiento y el pronto cambio entre etapas sucesivas de desarrollo, la probabilidad de permanecer en la misma categoría de desarrollo no fue considerada.
- d. Cuantificación, para el componente de fecundidad, del número de semillas producidas por individuo adulto. En la colecta de la semilla se consideraron las inflorescencias de tres tercios de Coquia: apical, media y basal en 10 plantas de diferentes alturas que fueron seleccionadas en las distintas parcelas en función de abundancia de follaje; tales inflorescencias fueron medidas y cubiertas con tela delgada durante la fructificación, para controlar la dispersión de la semilla (Figura 3).



Figura 3. Colecta de semilla por planta de *Kochia scoparia* (L.) Schrad.

Después, se desprendió por completo a cada una de estas plantas, se llevaron al Laboratorio de Edafología y se obtuvo la semilla a través del método de tamizado; de manera manual, se emplearon tres diferentes tamices en el siguiente orden: tamiz 10 abertura 1.68 mm., tamiz 16 abertura 1 mm., tamiz 20 abertura 0.84 mm., y al final de manera manual se hizo el recuento de semilla por cada planta.

La estimación de crecimiento de la población se obtuvo mediante el arreglo de datos en la matriz de probabilidades de transición con su correspondiente vector columna, el cual incluyó los datos de densidad para cada etapa de desarrollo. La matriz de datos se iteró para 30 generaciones con la finalidad de ver la tendencia de crecimiento de la población.

4.3. Viabilidad y germinación de semillas como criterios de explicación de la habilidad competitiva de Coquia.

Para las pruebas de viabilidad de la semilla se consideraron las semillas provenientes de las inflorescencias de los diferentes tercios de crecimiento de la planta de coquia. Se colocaron 100 semillas en cada una de cinco cajas de Petri a las que se agregó Cloruro de Tetrazolio (2, 3, 5, trifenil tetrazolio). El criterio para determinar si el embrión estaba vivo o muerto fue que la semilla se tiñera de color rojizo, en razón de que esta coloración es producto de la respiración del tejido vivo. Los resultados fueron expresados en forma porcentual.

Con la finalidad de conocer el porcentaje de germinación de la semilla, se colocaron en cajas de Petri sobre papel filtro 100 semillas de las inflorescencias provenientes de

los diferentes tercios de la planta; se regaron cada 24 horas con agua destilada y se pusieron a germinar bajo condiciones de invernadero durante 72 horas. Además, se tomaron muestras de suelo de 20 cm² x 10 cm de profundidad, que fueron depositadas en bolsas de plástico etiquetadas, de igual modo, tales muestras se pusieron a germinar bajo condiciones de invernadero, colocándose sobre charolas, las que se regaron cada tercer día durante tres semanas.

4.4. Distribución de Coquia en el Valle de México.

El registro de la presencia de Coquia se realizó al través de diferentes recorridos en el Valle de México. Con base en el método de presencia-ausencia y con ayuda de un geoposicionador (GPS 12XL) se tomó lectura cada kilómetro aproximadamente, obteniendo la altitud, latitud y longitud. Con base en estos datos fue posible ubicar sobre un mapa del Valle de México (INEGI, 2002) el recorrido que se siguió así como el registro de los sitios en donde la planta está presente y en donde aún no se detecta su presencia. Se revisaron los herbarios CHAPA-Colegio de Postgraduados, UACH, MEXU-UNAM y Helia Bravo ENCB-IPN.

5. RESULTADOS

5.1. Recuento de semillas.

En el suelo:

La cuantificación de semillas en el suelo arrojó una cifra de 54, 225 semillas m^{-2}

En la planta:

Se registró un promedio de 41 semillas en las inflorescencias de hasta 5 cm de largo y un promedio de 15 semillas en las inflorescencias de hasta 1.5 cm.

La cantidad total de semilla por planta varía con la altura que alcance Coquia y su estado de desarrollo; una planta adulta de 95.4 cm de altura (± 16.4 , CV 17%), esto es, mayor de 70 cm y hasta de 128 cm, presenta un promedio de 10,656 semillas (± 10438.9 , CV=100%). La amplia variación obedece al tamaño de la planta, ya que la producción de semillas tiene una tendencia exponencial con respecto al tamaño de la planta (Figura 4).

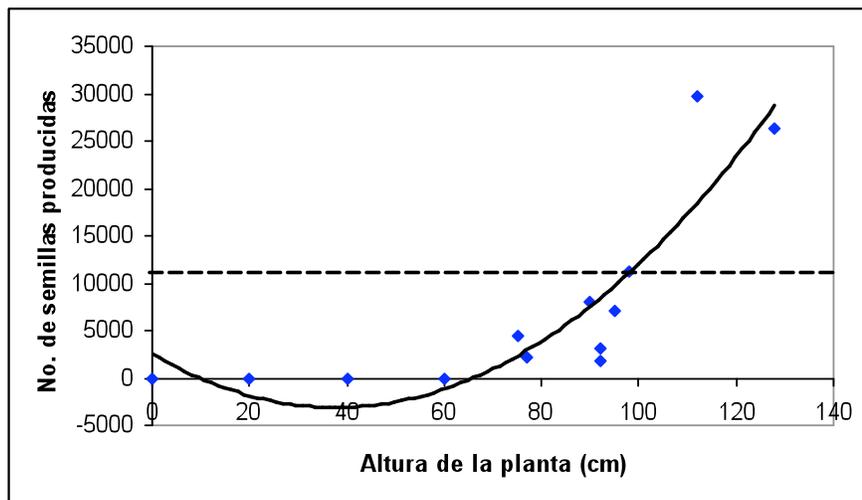


Figura 4. Relación exponencial entre el tamaño de la planta y la producción de semilla en *Kochia scoparia* (L.) Schrad. La línea punteada indica que en promedio hay 10,656 semillas por planta adulta.

5.2. Germinación

La semilla de Coquia presenta un porcentaje alto de germinación (PG) bajo condiciones controladas, (93.2 ± 7.69 , $CV=8.26\%$), pero en las muestras de suelo tomadas al pie de la planta madre, donde no se conoció la cantidad de semilla presente en dichas muestras, el porcentaje de germinación indicado por la emergencia de plántulas fue menor al 10 por ciento (9.1 ± 7.34 , $CV=80.6\%$).

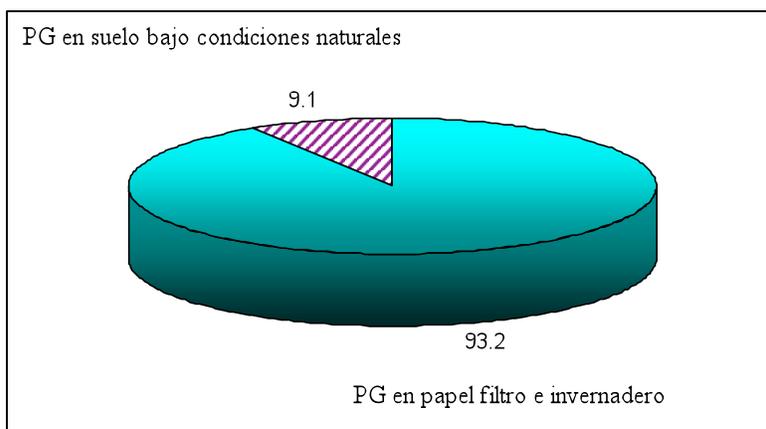


Figura 5. Porcentaje de germinación en invernadero y bajo condiciones naturales.

5.3. Viabilidad

Las 500 semillas de *Kochia scoparia* adquirieron una coloración rojiza al ser expuestas al Cloruro de tetrazolio, lo cual indica 100% de viabilidad de la semilla inmediatamente después de la cosecha.

5.4. Caracterización de las etapas de desarrollo

Tres categorías de tamaño fueron definidas durante el desarrollo de Coquia: plántula, juvenil y adulto. Una plántula de Coquia se esquematiza en la Figura 6. La altura observada en estas plántulas fue de hasta 18 cm. En la categoría de juvenil hay hojas protófilas y nomófilas compuestas, e inclusive, ramificaciones en crecimiento (Figura 7). Un individuo

juvenil alcanza alturas desde los 15 y hasta los 120 cm. La edad adulta en Coquia se denota por el crecimiento de las inflorescencias y las hojas hipsófilas bajo las flores; el surgimiento de los hipsófilos inicia en la parte más apical de la planta y termina en la parte basal, ya que el crecimiento de la inflorescencia es acrópeto (Figura 8).



Figura 6. Plántula de Coquia con cotiledones y hojas nomófilas simples. Fuente de la imagen: http://twig.tamu.edu/kochia_kochia_scoparia_1_schrad_012.jpg

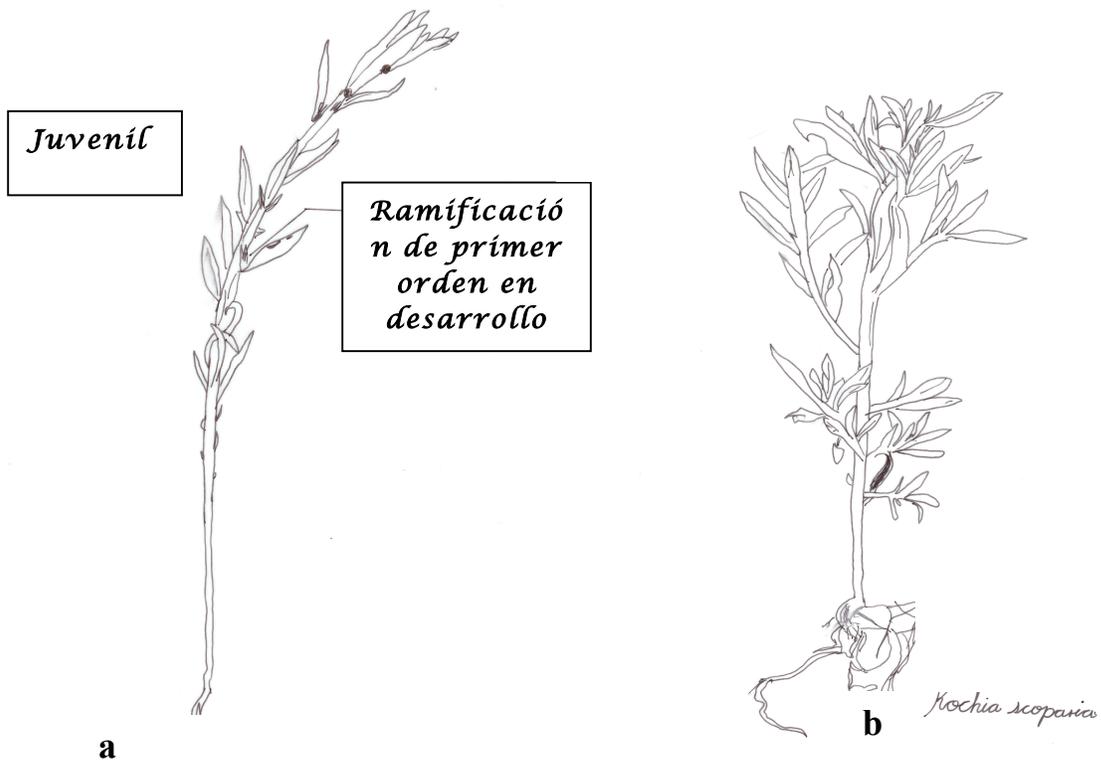


Figura 7. Planta juvenil con ramificación de primer orden en desarrollo (a) y numerosas hojas compuestas (b).

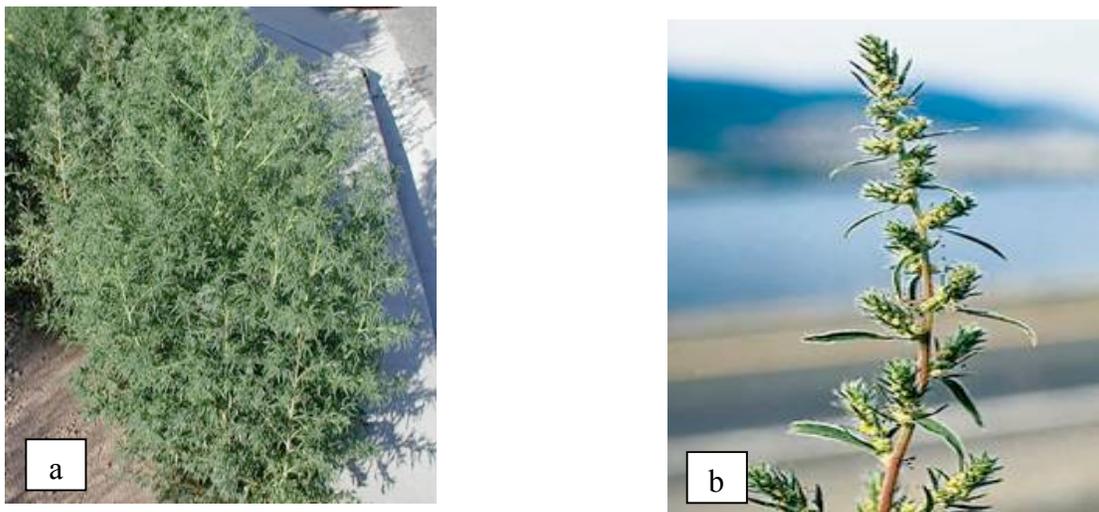


Figura 8. Planta adulta multiramificada y con abundante follaje(a), inflorescencias apicales (b). Fuente de las imágenes:

http://sanangelo.tamu.edu/agronomy/newsltr/kochia_kochia_scoparia_l_schrad_004.jpg

<http://www.agf.gov.bc.ca/cropprot/weedguid/images/29c.jpg>

5.5 Demografía

Censo

El censo y los estadísticos de las plantas registradas de Coquia por unidad de muestreo quedan asentados en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Registro de plantas de Coquia por mes en las distintas fases de crecimiento.

	Plántulas	Juveniles	Adultas
Mayo	1886	1381	99
Junio	1826	1357	93
Julio	1129	1113	93
Agosto	393 *2169	843	76
Septiembre	72 * 2616	740	66

- la diferencia entre las reincorporaciones de agosto y septiembre es de 447 plántulas, puesto que no hubo mortalidad en un mes; esto es, $2616=2169$ en agosto + 447 en septiembre.

Los estadísticos para cada etapa de desarrollo, fueron:

Estadísticos	Semillas	Plántulas	Juveniles	Adultas
Total *	216 900	5306	5434	427
Promedio	108.5	1061.2	1086.8	85.4
Desviación estándar	88.2	820.7	291.5	13.8
Coefficiente de Variación (%)	81.3	77.3	26.8	16.2

* Individuos por unidad de muestreo durante los cinco meses del muestreo.

Cálculo de las probabilidades de transición (Cuadro3).

Cuadro 3. Las probabilidades de transición:

	No. Individuos Observados	No. individuos que transicionaron	Probabilidad de transición
	A	B	B/A
S (en el suelo)	216 900	1061.2	0.0049
P	1061.2	1086.8	1.0241
J	1086.8	85.4	0.0786
A	85.4	85.4	1.0

No se hicieron los cálculos de permanencia en plántulas, juveniles y adultos porque Coquia es una planta efímera, de rápido crecimiento y desarrollo que transita de una categoría a la siguiente en semanas y completa la totalidad del ciclo de vida en menos de medio año, fructifica y dispersa las semillas antes de las primeras. La permanencia de la casi cuarta parte de semillas producidas por la planta que quedan en el suelo corresponde al 99.5% con respecto al total de semillas producidas por la planta, el resto, 0.49% transitaron a plántula.

Fecundidad

Tres cuartas partes de la semilla producida por la planta no queda en el suelo, se la lleva el viento. Se encontró que la cantidad de semillas en la inflorescencia es cuatro veces mayor que la presente en el suelo, por lo que la Fecundidad $(F) = 4.1956 = 419.5\%$, representa una cantidad comparativamente mayor de semillas producidas con respecto a las encontradas en el suelo.

Estimación y proyección del crecimiento poblacional

La matriz que permitió calcular el cambio en tamaño poblacional de Coquia para 30 generaciones consideró la siguiente información:

$$\begin{array}{c}
 \text{Generación futura} \\
 \left(\begin{array}{c}
 \text{S} \\
 \text{P} \\
 \text{J} \\
 \text{A} \\
 \text{M}
 \end{array} \right)
 \end{array}
 \begin{array}{c}
 \text{Generación actual} \\
 \left(\begin{array}{cccc}
 \text{S} & \text{P} & \text{J} & \text{A} \\
 0.9951 & & & 4.1956 \\
 0.0049 & & & \\
 & 1.0241 & & \\
 & & 0.0786 & \\
 & & & 1.0
 \end{array} \right)
 \end{array}
 \begin{array}{c}
 (G_0) \\
 \left(\begin{array}{c}
 \text{Densidad} \\
 \text{Ind m}^{-2} \\
 54\ 225 \\
 265.3 \\
 271.7 \\
 21.35 \\
 \text{---}
 \end{array} \right)
 \end{array}$$

La proyección del crecimiento poblacional para *Kochia scoparia* en el pastizal de zacate salado del ex Lago de Texcoco, Edo. México, mostró el resultado de la Figura 9.

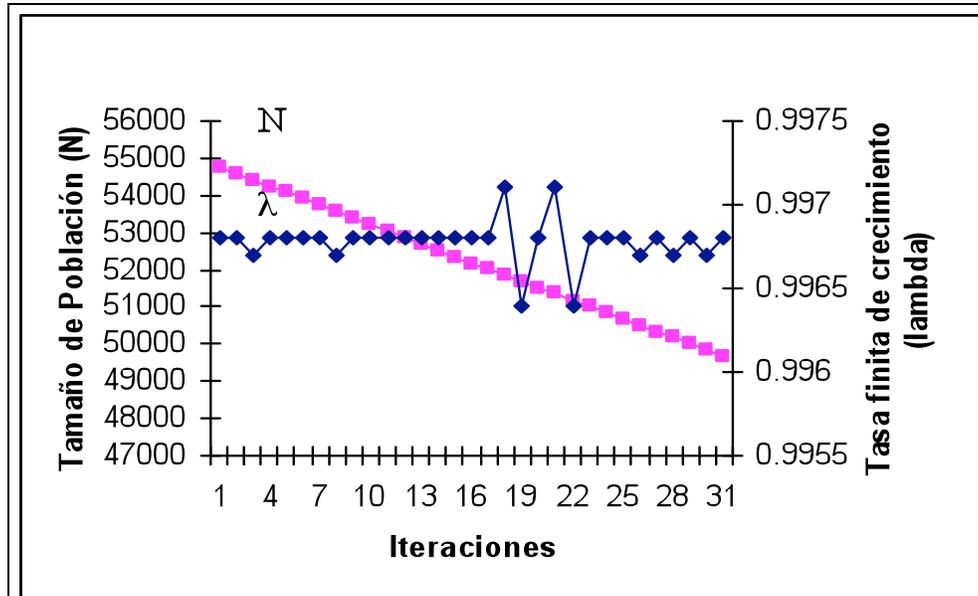


Figura 9. Tamaño de población (N) y tasa finita de crecimiento (λ) por generación.

5.6. Distribución en el Valle de México.

Kochia scoparia se distribuye en el Valle de México, entre los 19° 37' 9.7'' a los 19° 22' 5'' Norte y de los 98° 59' 14.3'' a los 98° 0' 0.2'' Oeste. Además, la altitud varió de los 2, 200 m hasta los 2, 270 m s n m. (Cuadro 4).

Cuadro 4. Ubicación geográfica de las poblaciones registradas de *Kochia scoparia* (L.) Schrad., en el Valle de México.

N	min	seg	W	min	seg	Clave *	m snm
19	23	6.4	98	58	22.5	Bx-ros	2249
19	23	9	98	58	35.7	Bxpanros	2247
19	24	9.9	98	58	59.5	Bxpanros	2242
19	24	35.1	98	59	14.3	Bxpanros	2243
19	24	49.6	98	59	19.9	Bx-peri	2244
19	24	41.3	98	59	20.3	AvT-Bx	2242
19	24	17.7	98	59	34.2	Mad-AvT	2247
19	23	58.2	98	59	46.5	AvT-Chim	2242
19	23	28.7	99	0	2.4	Jac-AvT	2242
19	23	14.3	99	0	11	AvT-Pant	2241
19	22	54.2	99	0	22	C6-AvT	2243
19	22	38.4	99	0	30.7	AvT-AvT	2241
19	22	5	99	0	20.8	ClZ-AvK	2244
19	22	25.4	99	0	9.7	AvK-AvTx	2242
19	22	43.4	99	0	0.2	C6-AvK	2241
19	23	7.2	98	59	51.2	AvK-pant	2242
19	30	0	98	54	59.8	Mx-Tx	2200
19	30	0	98	54	59.8	Tx-Mx	2228
19	30	4.5	98	54	59.6	Mx-Tx	2244
19	30	24.7	98	53	37.3	Tx-Mx	2244
19	28	41.1	98	53	29.9	Vc-M	2270
19	33	27.6	98	54	41.3	M-Vc	2258
19	37	9.7	98	59	20.5	Vc-M	2255
19	36	2.9	99	0	59.3	AvCtral	2240
19	33	19.6	99	1	9.1	AvCtral	2239

* Bordo Xochiaca (Bx), Los Rosales (ros), Panteón Rosales (panros), Periférico Oriente (peri), Avenida Texcoco (AvT), Avenida Madrugada (Mad), Avenida Chimalhuacán (Chim), Avenida Jacarandas (Jac), Avenida Pantitlán (Pant), Calle seis (C6), Calzada Zaragoza (ClZ), Avenida Kennedy (AvK), Carretera México- Texcoco (Mx-Tx), Carretera México-Venta de Carpio (M-Vc), Avenida Central (AvCtral).

Las poblaciones registradas de Coquia se encontraron asociadas con vegetación viaria (Figura 10), cercana a canales de agua grises, avenidas, carreteras, vías de ferrocarril y terrenos abandonados (Figura 11). Estas poblaciones se localizan en diferentes municipios dentro del Estado de México y en el Distrito Federal, al noreste del Valle de México.

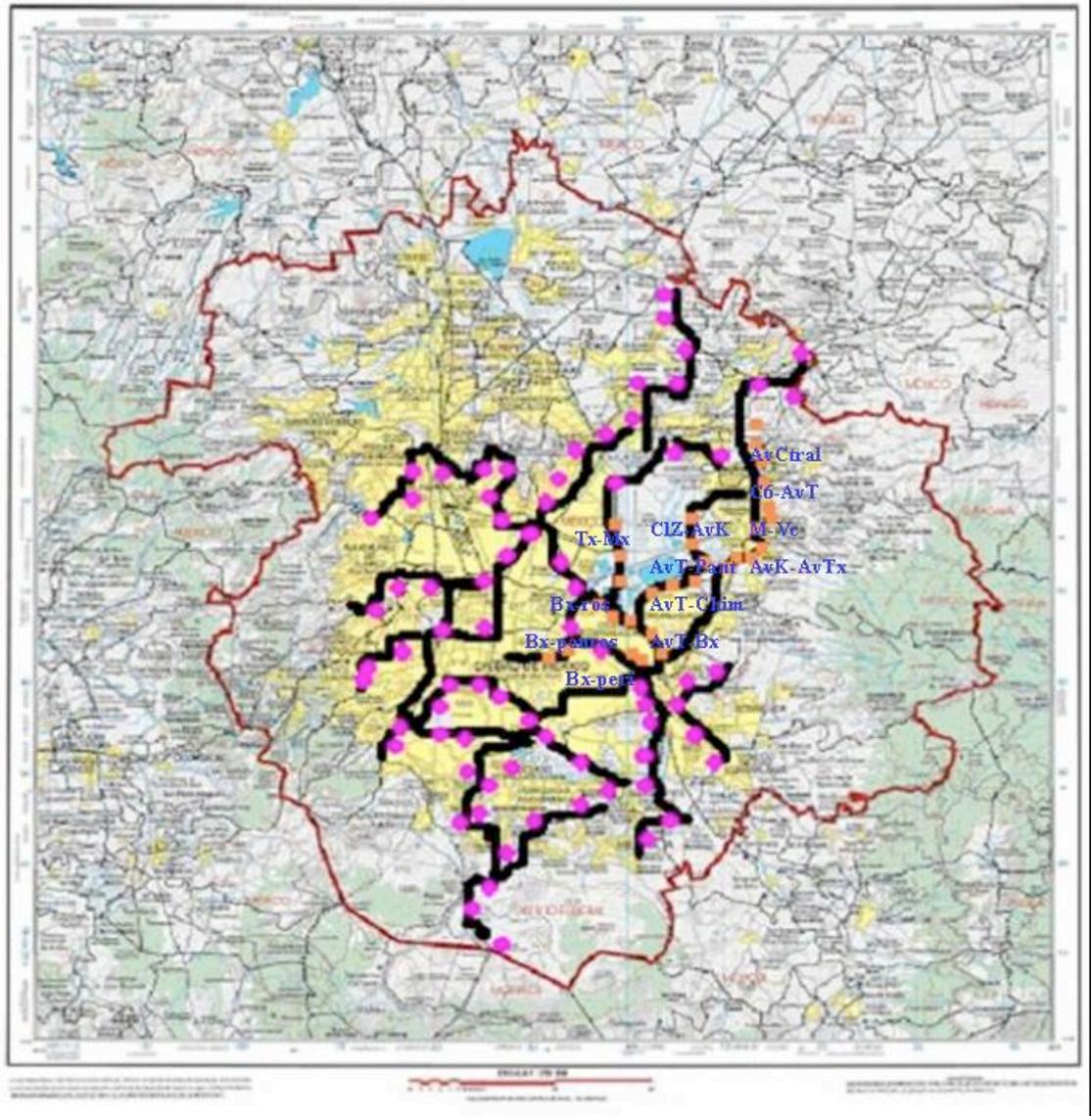


Figura 10. Mapa del Valle de México que muestra las diferentes vialidades recorridas:

- presencia de *Kochia scoparia* (L.) Schrad., y
- ausencia de la especie.



Figura 11. Poblaciones de *Kochia scoparia* (L.) Schrad., asociadas a canal de aguas grises del Bordo Xochiaca (a), vías de ferrocarril (b), terreno abandonado (c) y en un tiradero de basura (d).

Se aprecia la distribución de la planta en el Estado de México (Figura 10), principalmente en los municipios de la parte oriente, en donde se le puede ubicar a todo lo largo de la carretera México-Texcoco, en forma de manchones sobre la carretera Texcoco-Venta de Carpio, a lo largo de la Avenida Xochiaca, desde Periférico oriente hasta la carretera México-Texcoco, a la altura del municipio de los Reyes la Paz y por esta última vía se presenta a manera de grandes y continuados manchones sobre el camellón principalmente, así como cerca de terrenos de cultivo detectables a todo lo largo de dicha carretera; destaca también su presencia dentro del municipio de Ciudad Nezahualcoyotl en diferentes vialidades como las avenidas Central, Kennedy, Xochiaca y su entronque con las avenidas principales o de mayor flujo como avenidas Cuarta, Chimalhuacán, Pantitlán y Texcoco, tales registros se repiten a lo largo de la avenida Jacarandas-Las Torres y dicha vía de transporte abarca hasta la Calzada Ignacio Zaragoza en donde también se registró la presencia de la planta, siendo evidente la cantidad de plantas en cada uno de los puntos señalados. el Distrito Federal, Coquia está presente en Distrito Federal, sobre la Calzada Ignacio Zaragoza cerca a la estación del Metro Acatitla, en la delegación Iztapalapa; en la delegación Iztacalco cerca a la estación del Metro Agrícola Oriental; sus poblaciones aún no son tan abundantes como los sitios señalados del Estado de México

6. DISCUSIÓN

6.1. Ciclo biológico

Kochia scoparia es una especie halófila, que de acuerdo con Waisel (1972) completa su ciclo biológico en hábitats con alto contenido de sal. Diversas especies vegetales que crecen en los terrenos del ex-lago de Texcoco no se consideran halófitas, como aquellas que viven en las orillas de las zanjas, cerca de caminos, campos cultivados y potreros, entre otras. Muchas de estas plantas son viarias, las cuales poseen adaptaciones para desarrollarse en hábitats antropógena. La salinidad y alcalinidad de los suelos y agua, además de las quemadas frecuentes en el ex-lago de Texcoco representan una limitante para cierto tipo de vegetación; las plantas que ahí crecen desarrollan órganos subterráneos de considerable proporción con respecto a su parte aérea (Weaver, 1958; Troughton, 1957; Sims *et al.*, 1978; Böhm, 1979; Gallagher *et al.*, 1984; Hackney y De la Cruz, 1986; Van Noordwijk y De Willigen, 1987, Tovar, 1994), como es el caso de *Distichlis spicata* cuya producción de biomasa subterránea se estima en un 63%, esto es, 1 052 g/m², en tanto que la producción aérea es de 37%, 615g/m² (Tovar *et al.*, 2007).

El ciclo biológico de la planta de Coquia comienza con la etapa de semilla, que en cuanto a cantidad, representa el potencial reproductivo de la especie. Las plantas que se naturalizan y convierten en invasoras se caracterizan por tener un alto potencial reproductivo basado en la alta producción de semillas y, en algunas especies, también de propágulos, Si las condiciones son adversas, la producción de semilla disminuye pero no se suspende, excepto en condiciones extremadamente desfavorables (Espinosa y Sarukhán, 1997). Estas especies de plantas pueden persistir en la mayoría de los ecosistemas, ya que poseen características que les permiten colonizar rápidamente diferentes sitios (Radosevich *et al.*, 1997), tales rasgos como el pequeño tamaño de las semillas; 1.5 a 2 mm (CONABIO, 2007 b), la persistencia del

reservorio de semillas, la falta de depredadores, además de una pronta edad reproductiva pueden ser examinadas a través de su ciclo de vida. Sin embargo, estas características no deben considerarse una generalidad para explicar las invasiones vegetales a nivel universal (Rejmanek y Richardson, 1996). Estos mismos autores señalan, por ejemplo, que un mayor número de plantas invasoras ocupan pastizales y zonas secas, en tanto que la presencia de éstas en bosques y pantanos es significativamente menor, por lo que la capacidad de una especie para convertirse en invasora varía de acuerdo a las diferentes comunidades.

Coquia está en proceso de ser invasora en México ya que, de acuerdo con Villaseñor y Magaña (2006), la invasión de un área por una especie vegetal introducida es un proceso tardado en el que las plantas deben enfrentarse a barreras tanto abióticas como bióticas, pero, una vez establecidas, puede decirse que se han naturalizado. Las especies naturalizadas pueden llegar a ser indistinguibles de las especies autóctonas o nativas (Radosevich, 2003), a menos que como en *Kochia scoparia*, se conozca algo de la historia de su introducción y posible expansión. Radosevich (2003) señala que no existen tiempos determinados para que una planta se naturalice, pues éstas al dispersarse ampliamente a través de una región e incorporarse a la flora residente pueden hacerlo en diferentes intervalos que pueden ir desde años hasta décadas, los que marcan el tiempo del primer arribo y la naturalización de las especies que pueden transformarse en invasoras. Este intervalo de tiempo puede simplemente representar la fase temprana del incremento exponencial de la población durante la colonización o la existencia de un umbral contrastante en el establecimiento de poblaciones aisladas (Forman, 1995; Silvertown y Lovett-Doust, 1993). Este proceso está directamente relacionado tanto con la cantidad de semilla producida como por la dispersión de la misma a diversas distancias, así como por la facilidad de establecimiento de las plántulas.

Una planta de *Kochia scoparia* de 95 cm de altura en promedio puede producir 10 656 semillas o quizá hasta 14 600 semillas, en promedio (Burton, 2003); sin embargo, el recuento en plantas de más de 110 cm de altura fue de más de 28, 000 semillas, en tanto que una planta considerada de altura relativamente baja (77 cm) produce 2, 215 semillas. Así mismo, las plantas con mayor altura desarrollan follaje más abundante antes de pasar al estado de madurez, con la consecuente aparición de flores y formación de semilla y las plantas de menor altura desarrollan follaje menos abundante y, por ende, en éstas las flores y cantidad de semilla producida es menor. Willson (1983) y Smith y Smith (2006) argumentan que la relación entre el tamaño de la planta y la fecundidad explica un retraso en la floración de los vegetales perennes en los que sus hojas deben acumular los suficientes fotoasimilados para sustentar la producción de semillas y que las plantas anuales tienden a ser independientes de tal relación, entre la superficie de hoja y el porcentaje de fotoasimilados destinados a la reproducción, aunque las diferencias de tamaño entre las plantas resultan en diferencias en el número de semillas producidas. Las plantas más pequeñas producen menos semillas, aunque contribuyan con la misma cuota de energía a la reproducción que las plantas más grandes.

Las investigaciones se centran en sostener que *Kochia scoparia* es altamente productiva con considerables cantidades de semilla. Anaya (1995) habla de una variación en la producción de semilla de 400 a 1, 300 kg/ha dependiente de las condiciones del ecosistema y de la cantidad de agua disponible, ya que en relación con esto, las plantas de *Coquia* alcanzan la madurez a diferentes alturas; una planta que madura a los 20 cm de altura produce 8.06 g de semilla (1, 000 semillas pesan en promedio 0.7g, Royal Botanic Gardens KEW, página ligada a través de CONABIO, 2007 b), las plantas que alcanzan 80 cm , 160 cm y 200 cm de altura producen 45.6 g/planta, 90.6 g/planta y 136.6 g/planta, respectivamente. Esta producción de semilla que se obtiene bajo condiciones de riego muestra diferencias con el recuento hecho de

semillas de plantas que crecen bajo condiciones naturales, pues una planta de 77 cm de altura registra 2, 115 semillas, mientras que otra planta con 75 cm de altura se pueden registrar sólo 4 464 semillas; sin embargo y a pesar de la variación, de acuerdo con la Figura 4, la producción de semillas aumenta exponencialmente con el tamaño del la planta, debido a la cantidad de recursos ganados por el follaje y disponibles para los potenciales embriones en desarrollo, de tal suerte que una planta de 112 cm de altura produjo 29, 646 semillas. La alta producción semillera es una de las características de la biología vegetal que facilita la colonización de nuevos territorios (Rejmanek y Richardson, 1996).

Otra de las razones señaladas por Espinosa y Sarukhán, (1997) en cuanto al alto potencial reproductivo que caracteriza a las especies invasoras es la alta viabilidad de sus semillas. La semilla de *Coquía* es viable en su totalidad pues así lo demostraron las pruebas de Tetrazolio, lo cual es indicador de un alto potencial de germinación y, en consecuencia, si las condiciones lo permitiesen, se esperaría la persistencia de la población de *Kochia scoparia*. Radosevich (2003) señala que las plantas invasoras no sólo son capaces de establecerse y reproducirse en el nuevo enclave superando condicionantes bióticos y abióticos sino que además, su descendencia fértil puede persistir e ir colonizando nuevos sitios.

Las pruebas en invernadero con diferentes sustratos mostraron un 93% de germinación sobre papel filtro, una germinación casi comparable al 100% consignado por el Jardín Botánico de KEW, obtenida a 21° C de temperatura y fotoperíodo de 12/12 horas; en tanto que en suelo del sitio Montecillo, el promedio de germinación fue de 9.1%. Este resultado no es precisamente el reflejo de lo que sucede en condiciones naturales, ya que influyen probablemente otras cualidades del medio como el período lluvioso o la época para la germinación. Earle y Jones (1962) se refieren al 100% de viabilidad en semilla *Coquía* y

señalan un 100% de germinación en medio agar al 1%, indicando que en condiciones naturales existe latencia de la semilla inducida por factores ambientales. Priestley (1986) sostiene que existe una disminución en el potencial de germinación de la semilla de *Coquia* del 100 al 98%, si estas permanecen enterradas por 15 años. En contraste con esta información, CRC-Weed Management (2003) menciona que las semillas son de corta longevidad y que en la mayoría de los reservorios de semillas éstas no sobreviven después de un año, lo que confirma nuestra observación de que *Coquia* en Montecillo, México, forma reservorios transitorios de semillas. El Jardín Botánico de KEW ha mencionado también que un muy bajo porcentaje de semillas puede ser viable aun a los cuatro años y que escasamente algunas semillas son capaces de germinar después de cinco años, lo cual también reitera lo anterior.

La germinación de *Kochia scoparia* abarca tres etapas fundamentales: imbibición, reactivación del metabolismo y crecimiento del embrión (Herrera, 1997), las que quedan expuestas a las condiciones físicas ambientales. Everitt *et al.* (1983) investigaron la germinación de *Kochia scoparia* en relación con varios regímenes de temperatura, salinidad, pH y potenciales osmóticos; el porcentaje de germinación fue mayor o igual a 88% a temperaturas de 5 a 25° C, la germinación no se vio afectada con sales disueltas (NaCl, CaCl₂, MgCl₂, KCl, Na₂SO₄ y MgSO₄) y fue altamente tolerante a valores de pH entre 2 y 12; tampoco la falta de humedad afectó la germinación. Zorner *et al.* (1984) al experimentar con semillas latentes y no latentes de *Coquia* comprobaron que éstas permanecen viables por 36 meses, concluyendo que la profundidad límite para que las semillas germinen es de uno a cinco centímetros. De acuerdo con Cousens y Mortimer (1995), el éxito de colonización de las plantas invasoras se centran en la permanencia del reservorio de semillas ubicadas a diferentes profundidades y en semillas encontradas a profundidades de 10 a 30 cm, el

porcentaje de germinación se reduce en un 40 y 12% respectivamente, aunque Franco y Harper (1985) ratifican que las semillas no viven más de dos años.

Los altos potenciales de germinación señalados para Coquia, bajo condiciones controladas, determinan la eventual permanencia de la población en campo, porque como se verá en el aspecto demográfico, entre las semillas producidas por la planta y lo encontrado en el recuento de semillas del reservorio del suelo, solamente $\frac{1}{4}$ de la producción total es lo que aproximadamente puede considerarse como potencial para germinar, el resto de la semilla producida que no se refleja en el recuento del suelo corresponde con la semilla que fue llevada por el viento al momento de la dispersión y que, por ende, no permanece en el sitio de estudio ni pertenece al mismo.

6.2. Desarrollo y crecimiento

Las semillas son las unidades de diseminación características de los espermatófitos; el embrión corresponde a una etapa de reposo pasajera del esporófito. Al germinar la semilla se activan los meristemas apicales del tallo y la raíz de la plántula. Los sistemas caulinar y radical de la planta empiezan a desarrollarse, por lo que a partir de entonces irán destacando las estructuras específicas de los órganos fundamentales (Strasburger *et al.*, 1994).

Durante el desarrollo del ciclo de vida de *Kochia scoparia*, y posterior a la etapa de semilla con la consecuente emergencia de plántulas, los sitios disponibles en predio Montecillo se ven cubiertos por la considerable cantidad de plántulas emergidas; ésta es la etapa del ciclo de vida de la planta de menor duración, pues persisten como tales de dos a tres

semanas, tiempo de desarrollo asociado con su habilidad para competir y permanecer en el sitio hasta interferir con el establecimiento de la vegetación nativa (Rejmanek y Richardson, 1996), persistiendo en éstas sus hojas simples que al mostrar el brote y desarrollo de las yemas axilares que crecerán como ramas inician a la categoría juvenil, etapa en la cual se da el mayor crecimiento tanto a lo largo como en lo ancho, y sobre sus ramas se desarrolla gran cantidad de follaje; este proceso de desarrollo puede apreciarse durante seis o hasta 11 semanas (mes y medio hasta tres meses), tiempo que para las plantas consideradas invasoras representa un período juvenil corto que prosigue con una iniciación reproductiva temprana (Groves, 1986; Sauer, 1988; Forman, 1995; Radosevich *et al.*, 1997, 2003). La floración indica la edad adulta de la planta, la cual puede permanecer casi tres meses desde la aparición de las flores hasta la producción de fruto y semilla, y la posterior senescencia de la planta adulta, una vez iniciada la dispersión de semillas y llegada a la etapa de heladas en el sitio.

El ciclo vital de *Kochia scoparia*, la planta anual que se supone es la invasora del sitio y el de *Distichlis spicata*, la planta perenne nativa, coinciden en cuanto a que inician su germinación y rebrote, respectivamente, en abril o mayo a consecuencia de las primeras lluvias del año y ambas especies senescen (la parte aérea para el zacate salado), al final del período de crecimiento, de tal suerte que la demanda por recursos en un mismo período de tiempo resulta ser un factor limitativo que induciría a la competencia, pero, como se dijo anteriormente, *Kochia scoparia* ocupa los nichos vacíos dentro del pastizal, mientras que *Distichlis* prospera por tener reproducción sexual y multiplicación representada por una vasta red de rizomas y algunos estolones que al momento del rebrote se manifiesta en numerosos vástagos con arreglo topológico lineal, indicador de tendencia a la ocupación de espacio (Cabrera, 1988), lo que indica que la habilidad competitiva de *Kochia scoparia* no es tal dentro del pastizal, sino que más bien, *Coquiza* está ocupando un nicho vacío como muestra de su

oportunismo o habilidad de establecimiento donde no existe interferencia planta-planta y donde los depredadores por el momento están ausentes. A pesar de este comportamiento entre las dos especies, predomina la generalización de que *Kochia scoparia* es una especie invasora, más competitiva que la especies nativas, aunque para tal generalización aún se carece de pruebas que sustenten la hipótesis, como previamente lo mencionaran (Vilá y Weiner, 2004), para otros casos de supuestas invasiones.

Baker (1986) menciona que las características intrínsecas que permiten el éxito de las invasoras están en relación con las elevadas tasas de crecimiento y reproducción, estos caracteres conducen a una eficaz monopolización de recursos y a un desplazamiento de las especies nativas por exclusión competitiva, esto es, las especies que crecen a gran velocidad producen abundantes de semilla cada año y generan abundantes rebrotes vegetativos (que no es el caso de *Coquia*), es por ello que resultan importantes las observaciones hechas en campo para la asignación de los diferentes estadios de desarrollo de las plantas anuales (Espinosa y Sarukhán, 1997).

Diversos trabajos (Del Puerto, 1970; Font Quer, 1953; Lawrence, 1951; Radford *et al.*, 1974; Moreno, 1984), en plantas anuales han considerado el porte de las plantas para jerarquizar las diferentes edades de las mismas; en *Kochia scoparia*, la aparición o sucesión foliar no está determinada por la altura de la planta ya que pueden apreciarse plantas adultas desde los 20 cm , como plántulas de hasta 18 cm, plantas juveniles de hasta 120 cm y plantas con esa misma altura y con presencia de inflorescencias. Esta variación en los tamaños quizá como representación de la variación genética de la población es muestra de la plasticidad fenotípica (Smith y Smith, 2006). Al menos, no hay correspondencia entre tamaño y edad cronológica claramente definida para la etapa de plántula y juveniles, aunque fenológicamente

sí puede determinarse cuánto tiempo tarda una plántula en pasar a la etapa juvenil y de ésta a la reproductiva; la etapa reproductiva que señala al período adulto queda definida en promedio poblacional de acuerdo con la Figura 4, de los 70 a los 130 cm, con un tamaño promedio óptimo de producción de semillas alrededor del metro de altura; plantas mayores a este tamaño se vuelven senescentes e improductivas porque el ciclo biológico está por concluir.

6.3. DEMOGRAFÍA

Uno de los principales propósitos de los modelos de proyección matricial es pronosticar la tendencia de crecimiento poblacional de especies consideradas problema como es el caso de Coquia, ya que las observaciones de campo apuntaban a que la población de una supuesta invasora, está en pleno crecimiento, lo cual, y a través de la aplicación del modelo demográfico correspondiente y otras evidencias, permite corroborar que se trata de una falsa apreciación.

Al aplicar los estadísticos básicos de media, desviación estándar y coeficiente de variación para la población de Coquia resalta el coeficiente de variación en el número de individuos registrados por muestreo, el cual tiende a reducirse conforme se avanza en las etapas de desarrollo. Este hecho indica que mientras más pequeños los individuos, en cantidad son numerosos y de distribución heterogénea, pero conforme crecen y tienden a ser individuos adultos, son muy pocos los que llegan a esta etapa y, en número tienden a manifestarse censos

más homogéneos, por lo que el coeficiente de variación tiende a disminuir. Una explicación a la relación cantidad y homogeneidad en número de individuos por superficie muestreada está dada en el proceso de autoaclareo de la población; tal regla de autoaclareo (Silvertown, 1987) establece que por densodependencia, la biomasa (en el caso de Coquia, el tamaño), afectará a la densidad en relación proporcional a la regla de los $-3/2$, es decir, en forma inversa y negativa con pendiente aproximadamente 1.5, cuestión *cuasi* probable para explicar que no todos los individuos cuantificados como semilla llegarán a ser adultos.

El mayor problema en las transiciones de una etapa a la siguiente, se da en el cambio de semillas a plántulas, donde se manifiesta el problema de emergencia, ya discutido anteriormente como una limitación de las semillas para reflejarse en plántulas a pesar de que éstas tienen casi el 100% de viabilidad. Una vez establecidas las plántulas (4 por mil semillas de acuerdo con el Cuadro 3), prácticamente han ocupado el nicho que les permitió sobrevivir y sin mayor problema persisten debido a la falta de depredadores; pero, de plántulas a juveniles pasan 7 de 100, una pérdida no tan cuantiosa como en las primeras fases pero sí importante, muy probablemente debida a competencia con las plantas nativas y con las plantas de la misma especie, por el efecto densodependiente que se mencionó previamente, que de alguna forma interfieren con el crecimiento y desarrollo de las plantas, y prácticamente de juveniles a adultas, ya no hay pérdida de individuos, éstos pueden llegar con menos problemas a la fase reproductiva.

El porqué de la pérdida de plántulas y juveniles para conservar pocos individuos en la etapa adulta, también se relaciona con las condiciones del sitio y tres procesos demográficos importantes: supervivencia, crecimiento y reproducción, de acuerdo con el triángulo demográfico de Grime *et al.* (1979) modificado por Stiling (1999) y posteriormente

interpretado con base en estudios de elasticidad de las matrices de transición, como lo presentan Golubov *et al.* (1999) o Franco y Silvertown (2004). Coquia se identifica como oportunista dentro del continuum triangular de las historias vitales, de acuerdo con el esquema de Winemiller (1992), debido a que las plantas equilibran la inversión parental con respecto a la de producción de descendencia, en medios espacialmente heterogéneos a fina escala y temporalmente estocásticos. Semelparidad, alta fecundidad, buena probabilidad de supervivencia de juveniles y pronta edad a la madurez reproductiva son cualidades que caracterizan a una planta oportunista. De acuerdo con el triángulo de trayectorias sucesionales de Silvertown y Franco (1993), Franco y Silvertown (1996), *Koquia scoparia* se ubica en el extremo de las herbáceas de corta vida, mediana a alta supervivencia pasada la etapa juvenil y alta capacidad reproductiva, posición opuesta a la que caracteriza a *Prosopis glandulosa* var. *torreyana*, una leguminosa arbustiva, iterópara considerada invasora. (Golubov *et al.*, 1999).

En el caso del pastizal salado, *Kochia scoparia* difícilmente podrá competir contra *Distichlis spicata* el zacate dominante, ya que éste se reproduce y se multiplica esta última la es la forma principal de incrementar el número de vástagos con respecto a los individuos que de origen sexual tendrían que germinar de la especie de Cochia. Fenológicamente ambas especies comienzan a germinar o rebrotar en abril o mayo, con las primeras lluvias y a concluir con la senescencia de la parte vegetativa aérea, al final del periodo de crecimiento. En cuanto al hábito de crecimiento, mientras que Coquia es anual (prácticamente de seis meses), *Distichlis* es perenne, con lo que se asegura el rebrote por reservas acumuladas vía rizomas y estolones en forma exponencial y un comportamiento expansivo tipo lineal, de función exploratoria en el sitio (Cabrera Pérez, 1986). Otra dificultad que puede enfrentar Coquia al momento de querer ocupar los sitios disponibles del pastizal, es abastecerse de los

recursos disponibles aunados al problema de la intensidad de disturbio, si se toma en cuenta que ambas especies por cohabitar en el sitio comparten el mismo grupo funcional.

Un punto interesante que permite asegurar que Coquia está naturalizada y tiende a la invasión, pero que no ha llegado a la etapa de invasora dentro del pastizal, es el señalado por la tasa finita de incremento natural, la cual es menor al 1.5, cifra que se ha acotado como umbral para catalogar a una especie como invasora (Pheloung *et al.*, 2007). *Kochia scoparia* en el predio Montecillo se puede catalogar como una especie que ocupa la cuarta de cinco categorías de estatus de invasión: 1) es una planta transformadora del hábitat, tan solo porque está presente, 2) es potencialmente transformadora del sitio, por el hecho de haberse naturalizado; 3) se ha integrado, porque se ha naturalizado y ha cohabitado con la vegetación nativa pero no ha cambiado el hábitat principal, 4) es potencialmente invasora, porque su tasa instantánea de crecimiento es menor que el crecimiento constante, con tendencia a decrecer su tamaño poblacional, pero que, por su conducta de especie oportunista puede eventualmente pasar a la siguiente fase, siempre y cuando rebasase la capacidad competitiva del zacate salado, como para volverse de la categoría (5), la cual es catalogada como probablemente peligrosa. Las primeras cuatro categorías de invasividad previamente señaladas se observan en el establecimiento de Coquia sobre los derechos de vía y otros espacios perturbados, con la diferencia de que en esos entornos, Coquia no compite con otras especies para establecerse y solo se establece en nichos vacíos, por lo que da la apariencia de invadir las vías de comunicación. Concordante con este argumento, Forcella (1985) mencionó que *Kochia scoparia* se expandió exponencialmente en el noroeste de Estados Unidos de 1940 a 1970, pero ya en 1980 tendía a establecer una asíntota en el crecimiento (aparición en número de condados). Debe destacarse que el estudio de Forcella (1985) aclara que Coquia sólo habita sobre los caminos y derechos de vía cercanos a pastizal en contraste

con los caminos de las áreas forestales, donde prácticamente no prospera, debido a baja temperaturas. Además, aclara que tal expansión exponencial debió ser facilitada por la aplicación de herbicidas al “pennycress” (*Thlaspi arvense* L.), especie perteneciente al grupo de las mostazas y virtual competidora, que al ser aniquilada dejó nichos vacíos que fueron eficientemente utilizados por la Coquia. Inclusive, un argumento más para decidir que *Kochia scoparia* no es una especie invasora en el zacatal salado, está en la tendencia de crecimiento de la población, la cual es decreciente a pesar de que la tasa de crecimiento se mantenga relativamente constante.

La hipótesis inicialmente planteada no corresponde con los cálculos obtenidos y por ende deja de ser criterio fundamental para la consideración de la planta como invasora; lo que sí se asegura y ratifica de acuerdo con Villaseñor y Magaña (2006), es que Coquia está en el proceso de ser considerada como invasora en México como previamente se estableció, con base en las categorías señaladas por Pheloung *et al.* (2006), y podrá serlo, siempre y cuando muestre mayor habilidad competitiva que las plantas nativas como se ha confrontado con el estudio de campo del zacatal salado en el ex Lago de Texcoco.

6.4. DISTRIBUCIÓN

Con base en los criterios de la presencia de *Kochia scoparia* en México (Figura 1) esta planta es considerada como una peligrosa maleza con tendencias a convertirse en invasora; Villaseñor y Espinosa (2004) basados en el mismo criterio de presencia, consideran que para que una planta sea invasora debe estar presente en todo el país, es decir, en los 32 estados de la República. El arribo de Coquia a varios estados ha sido por introducción con fines forrajeros que al escapar de los cultivos vía transporte de semilla por el viento, logra crecer de

manera asilvestrada formando así nuevas poblaciones. Este proceso es citado (CRC Weed Management Guide, 2003; Canadian Poisonous Plants Information System, 2007), en Estados Unidos, Australia y Canadá en donde *Kochia scoparia* está catalogada como planta escapada de los cultivos y considerada como tóxica y peligrosa

La llegada de *Kochia scoparia* al Estado de México, en específico a Texcoco en 1975, (según datos de herbario), marcó el inicio de la introducción de esta planta en el Valle de México. Los sitios donde actualmente Coquia está presente después de más de 30 años, son espacios urbanos como derechos de vías, basureros, ruinas, etc., así, se detecta su presencia a todo lo largo del canal sobre el tiradero de basura del Bordo Xochiaca, desde el Periférico Oriente hasta la carretera Reyes- Texcoco; está bien representada sobre las vías del tren aledañas al Bordo Xochiaca y el camino sobre la carretera Santa Martha- Texcoco. Tales evidencias determinan la estrategia viaria de la planta y la ocupación de nichos vacíos, al sobrevivir y multiplicarse en espacios deshabitados creados por las obras de ingeniería.

Sin embargo y como siempre, se requieren más estudios de herbario y de campo para determinar el papel de Coquia. en las comunidades naturales diferentes al zacatal salado del Valle de México.

CONCLUSIONES

Kochia scoparia fue introducida como especie forrajera y ha expandido su presencia desde hace treinta años en México.

Coquia puede ser considerada como una potencial invasora, con base en varios criterios:

1. Es una planta introducida de expansión natural limitada
2. Tiene un ciclo biológico corto, alrededor de seis meses
3. La estrategia del ciclo vital corresponde con el de una planta oportunista
4. Conforman bancos de semilla transitorios
5. Su semilla es 100% viable y germina, carece de latencia.
6. Tres cuartas partes de la semilla producida por los adultos se pierde durante la fase de dispersión y solo una muy pequeña proporción emerge como plántula en condiciones naturales en un sitio competitivo como el zacatal de *Distichlis*.
7. En el zacatal salado del ex Lago de Texcoco, la etapa más vulnerable para la Coquia es la fase de plántula, debido a su baja probabilidad de supervivencia; en ese nicho competitivo rebrota el zacatal, justo al mismo tiempo que emergen las plántulas de Coquia, la supervivencia de estas plántulas es posible sólo si se hallan en nichos vacíos, donde la competencia es inexistente.
8. La fenología indica que la etapa de plántula es fugaz y tarda un poco más entre juvenil y adulta, pero establecida esta fase de crecimiento, las probabilidades de supervivencia hasta la etapa adulta son muy altas.
9. La tasa de crecimiento poblacional es menor que uno y tiende a mantenerse relativamente constante por varias generaciones, pero existe la tendencia a que la población de Coquia decrezca sobre el pastizal de *Distichlis*.

Demográficamente *Kochia scoparia* al menos para el predio Montecillo, no es una amenaza para el zacatal.

Hasta la fecha, ha colonizando sitios principalmente abiertos por vías de comunicación y asociados a suelos salinizados; su expansión como especie viaria es notable hacia la parte nororiente del Valle de México.

BIBLIOGRAFIA

Anaya, G. M. 1989. *Kochia scoparia* una alternativa para la producción de forraje. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México.

Anaya, G. M. 1991. Socioeconomic and ecological potential of *Kochia* as a fodder crop to complement rangeland management in arid and semiarid regions of Mexico. 1st International Rangeland Congress, Montpellier, France. pp. 356-359.

Anaya, G. M. 1993. *Kochia*: A new alternative for forage under high salinity conditions of Mexico. H. Lieth, Al. Masoom (Eds.): Towards the rational use of high salinity tolerant plants. Vol. 1:459-464. Kluwer Academic Publishers. Printed in the Netherlands.

Anaya, G. M. 1995. La koquia (*Kochia scoparia* L. Schrad) una opción forrajera para zonas áridas y semiáridas. FAO. p. 3,14.

Anaya, G. M. 1996. *Kochia scoparia* L. Schrad (koquia). Una opción forrajera para zonas áridas y semiáridas de México en: Estudios de Caso de Especies Vegetales para las Zonas Áridas y Semiáridas de Chile y México. Serie: Zonas áridas y semiáridas FAO. Santiago de Chile, Chile.1(10).47-110.

Anaya, G. M. 1998. Referencias bibliográficas sobre koquia en México. Colegio de Postgraduados, Instituto de recursos Naturales. Montecillo. México.

Anaya, G. M. 1999. *Kochia*: Una real opción forrajera. México Ganadero. México D. F. . 21-23.

Anaya, G. M. 2001. Expediente ejecutivo sobre la koquia: Una real opción forrajera. IRENAT- Colegio de Postgraduados. Motecillos, Estado de México.

Baker, H.G., 1986. Patterns of plant invasion in North America. P. 44-58 en: H.A. Mooney y J.A. Drake, Eds. Ecology of Biological Invasions of North America and Hawaii. New York. Springer-Verlag.

Böhm, W. 1979. Methods of studying root systems. Springer-Verlag. Berlin, West Germany. 188 p.

Brigham, C. A. y D.M.Thomson. 2003. Approaches to modeling population viability in plants: an overview. P. 145-171. In: C. A. Brigham & M.W. Schwarts, editors. Population viability in plants. Springer-Verlag, New York.

Cabrera Pérez, E. M. 1986. Respuesta de *Distichlis spicata* var. *mexicana* Beetle, “zacate salado”, al fuego en el exlago de Texcoco. Tesis Profesional. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Mich. 88p.

Cano, R. P. 1984. *Kochia*: New resource of forage. Plant Breeding Methodologies. New Mexico State University, USA.

Casta Ganadera. *Kochia: una opción para producción de forraje*. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca del Gobierno del Estado de Sinaloa. Publicación mensual, septiembre de 2001.

Canadian Poisonous Plants Information System, 2007.

http://www.cbif.gc.ca/pls/pp/ppack.list?p_sci=comm&p_type=all&p_x=px

Castro, M. E. 1999. La coquia (*Kochia scoparia*) ¿nuevo cultivo forrajero para la Laguna?. Unión Ganadera. p. 331-336.

Castro-Díez, P., Valladares F. y Alonso A. 2004. La creciente amenaza de las invasiones biológicas. XIII (3): 1 – 9.

Cary, J. 1971. Energy levels of water in a community of plants as influenced by soil moisture. Ecology Conservation Research Division. USDA 52 (4): 710-715. USA.

Corbin, J. D y D'Antonio C. M. 2004. Competition between native perennial and exotic annual grasses: implications for an historical invasion. Ecology 85 (5): 1273-1283.

Cousens, R. y M. Mortimer 1995. Dynamics of Weed Populations. New York: Cambridge University Pres. pp. 21-54.

CONABIO 2007 a. Glosario, especies exóticas. Última actualización: martes 26 julio, 2005

<http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/exoticas/doctos/glosario.html>

CONABIO, 2007 b. [Vibrans, H. (Ed.). 2005, Malezas de México, Ficha Técnica de Chenopodiaceae: *Kochia scoparia* (L.) Schrad. Fecha de acceso Diciembre 3, 2007.] <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/chenopodiaceae/kochiascoparia/fichas/ficha.htm>

CONAZA 1994. Coquia: Una alternativa forrajera. Saltillo, Coahuila. p. 12.

COTECOCA 1994. *Kochia*: Una opción para la producción de forraje. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Delegación Estatal Tamaulipas. Subdelegación de Ganadería. Ciudad Victoria, Tamaulipas.

Cousens, R. and M. Mortimer 1995. Dynamics of Weed Populations. New York. Cambridge University Pres. pp. 21-54.

Coxworth, E., J. A. Kernan., D. Green, H. Steppuhn, A. Manir. 1988. Studies of the effect of fertilizer on the yield, Nutritive Value and toxicity of *Kochia scoparia*. SRC Technical Report No. 221. Coxworth, E. A. Green and A. Kernan (Editors), Saskatchewan Research Council, Canada.

CRC Weed Management 2003, http://www.weeds.crc.org.au/documents/wmg_kochia.pdf

Del Puerto, O. 1970. Descripción de plántulas de malezas del Uruguay. Universidad de la República, Facultad de Agronomía, Montevideo, Boletín núm. 110.

- Díaz E. L. F. 1994. Potencial productivo de *Kochia scoparia* en suelos salinos del Valle de México. Tesis Doctoral, Colegio de Postgraduados, Motecillo, Texcoco, Estado de México. pp. 260.
- Earle, F. R. y Jones, Q. 1962. Analyses of seed samples from 113 plant families. *Economic Botany*, 16, 221-250.
- Espinosa, G.F. y Sarukhán, J. 1997. Manual de malezas del Valle de México. Fondo de Cultura Económica. Universidad Nacional Autónoma de México. pp. 15, 16, 18, 23.
- Everitt, J. H., M. A. Alis, B. J. Lee. 1983. Germination Charactericts of *Kochia scoparia* (High L. I.). Palatable Nitritox and Productive Forage Species. *J. Range Management*. 36: 646-648.
- Font Quer, P. 1953. *Diccionario de Botánica*. Editorial Labor, Barcelona.
- Forcella, F. 1985. Spread of *Kochia* in the Northwestern United States. *Weeds Today* 16(4):4-6.
- Forman, R. T. T. 1995. *Land Mosaics, The Ecology of Landscape and Regions*. New York. Cambridge University Press. pp. 393-397.
- Franco, M. y J. Silvertown. 1996. Life history variation in plants: an exploration of the fast-slow continuum hypothesis. *Phil. Trans. R. Soc. Lond.* 351:1341-1348.
- Franco M. y J.Silvertown. 2004. A comparative demography of plants based upon elasticities of vital rates. *Ecology* 85(2): 531-538.
- Gallagher, J. L., P. L. Wolf, W. J. Pfeiffer. 1984. Rhizome and rooth growth rayes and cycles in protein and carbohydrate concentration in Georgia *Spartina alternifolia* Loisel. *Plants. American Journal of Botany*. 66: 156-161.
- Goluvob, J., M. C. Mandujano, M. Franco, C. Montaña, L. Eguiarte y J. López Portillo. 1999. Demography of the invasive woody perennial *Prosopis glandulosa* (Money mesquite). *J. Ecol.* 87: 955-962.
- González, P. R. J. 1984. Observación de la *Kochia scoparia* (L) en el norte de Coahuila. Resúmenes del sexto día del forrajero. Campo agrícola experimental Zaragoza, Coahuila, México.
- Groves, R. H. 1986. Invasion of Mediterranean ecosystems by weeds. Pages 129-145. in B. Dell, A. J. M. Hopkins, and B. B. Lamont, eds. *Resilience in Mediterranean-Type Ecosystems*. Dordrecht, The Netherlands. Junk.
- Grime, J. P., K. Thompson, R. Hunt. 1979. Integrated screening validates primary axes of specialization in plants. *Oikos* 79:259-281.
- Groenendael, J. Van, H. De Kroon y H. Caswell. 1988. Projection matrices in population biology. *Tree* 3(10): 264-268.

- Gross K., J.R. Lockwood, C. C. Frost, y W. F. Morris. 1998. Modeling control burning and trampling reduction for conservation of *Hudsonia montana*. *Conservation Biology* 12:1291-1301.
- Hackney, C. T., A. A. De la Cruz. 1986. Belowground productivity of roots and rhizomes in a giant cordgrass marsh. *Estuaries*. 9 (2): 112-116.
- Harcombe, P. A. 1987. Tree life tables. *BioScience* 37(8): 557-568.
- Hernández, A. 1986. Evaluación de la *Kochia scoparia* (L.) como planta productora de forraje tomando en cuenta su producción de materia verde y seca, análisis bromatológico, químico y su digestibilidad *in vitro*. Tesis profesional UAAAN. Saltillo, Coahuila, México.
- Hernández, A. 1988. Evaluación de la *Kochia scoparia* (L.) como planta productora de forraje. II Reunión Bianual de Nutrición Animal. Memorias 86-88. Saltillo, Coahuila, UAAAN México.
- Herrera, G. F. 1997. Germinación y desarrollo de plántulas de *Kochia scoparia* (L.) Schrad en soluciones salinas. Tesis Maestría Colegio de Postgraduados. 83 p.
- Heywood, V. H. 1989. Patterns, extents and modes of invasions by terrestrial plants. P. 31-60. *In* J. A. Drake, H. A. Mooney, F. di Castri, R. H. Groves, F. J. Kruger, M. Rejmanek y M. Williamson, Eds. *Biological Invasions: a global perspective*. John Wiley, Chichester, UK.
- Holá, D, M. Kočová, O. Rothová, D. Chodová, J. Mikulka. 2004. The effect of low growth temperature on Hill reaction and Photosystem 1 activities in three biotypes of *Kochia scoparia* (L.) Schrad. with different sensitivity to atrazine and ALS-inhibiting herbicides. *Plant Soil Environ*. 50 (1): 10–17
- Huez-López. M. 1985. Caracterización de algunas propiedades físico-químicas de los suelos y espesores subyacentes del predio Montecillos. Tesis Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. 245 p.
- Karachi, M., H. E. Kiesling, R. D. Pieper, G. M. Southward y R. E. Kirksey. 1988. Nutritive and toxic properties of *Kochia scoparia* (L.) Schrad. Herbage under variet agronomic and grazing systems. Agricultural Experiment Station. Bulletin No. 731. College of Agriculture and Home Economics. New Mexico State University. Las Cruces, New Mexico.
- Kaye, T. N., K. L. Pendergrass, K. Finley, y J.B. Kauffman. 2001. The effect of fire on the population viability of an endangered prairie plant. *Ecological Applications* 11:1366-1380.
- Lawrence, G. H. 1951. *Taxonomy of Vascular Plants*. The McMillan Co., Nueva York.
- Lefkovitch, L. P. 1965. The study of population growth in organism grouped by stages. *Biometrics* 21: 1-18.

- López, A. R., Murillo A.B., Villavicencio F. E., Real R. M., López A. R. 2002. La Coquia, un forraje alternativo para las zonas de Baja California con problemas de salinidad. Centro de Investigaciones Biológicas del Noreste, S. C. La Paz, B. C. S. México.
- Maschinski, J., R. Frye, y S. Rutman. 1997. Demography and population viability of an endangered plant species before and after protection from trampling. *Conservation Biology* 11:990-999.
- McEvoy, P. B., y E. M. Coombs 1999. Biological control of plant invaders: regional patterns, field experiments, and structured populations models. *Ecological Applications* 9:387-401.
- Mooney, H.A. y Hobbs, R.J. 2000. *Invasive species in a changing world*. Island Press, Washington.
- Moreno, N. P. 1984. *Glosario Botánico Ilustrado*. Compañía Editorial Continental, México.
- Muhaidat, R. , R. F. Sage and N. G. Dengler. 2007. Diversity of Kranz anatomy and biochemistry in C₄ eudicots¹. *American Journal of Botany*. 94:362-381.
- Parker, I. M. 2000. Invasion dynamics of *Cytisus scoparius*: a matrix model approach. *Ecological Applications* 10:726-743.
- Pheloung, P., a. Tye, J. Mader y C. Buddenhagen. 2007. Weed risk assessment-Galápagos. <http://www.hear.org/iwraw/2007/presentations/iwraw2007buddenhagen.pdf>
- Priestley, D.A. 1986. *Seed Aging*. Cornell University Press. p. 344.
- Pysek, P. 1998. Is there a taxonomic pattern to plant invasions?. *Oikos*, 82:282-294.
- Radford, A. E., W. C., Dickison, J. R., Massey, y C. R. Bell. 1974. *Vascular Plant Systematics*. Harper & Row Publishers, Nueva York.
- Radosevich, S. R., J. Holt, and C. M. Ghera. 1997. *Weed Ecology, Implications for Management*. New York. J. Wiley. pp. 114-160.
- Radosevich, S. R. 2003. Plant invasions process and patterns. *Weed Science*. 51:254-259.
- Randall, R.P. 2002. *A gobal compendium of weeds*. R.G. & F. J. Richardson Publishers, Victoria, Australia.
- Rejmanek, M. y D.M. Richardson. 1996. What attributes make some plant species more invasive?. *Ecology* 77:1655-1661.
- Rzedowski, J. 1957. Algunas asociaciones vegetales de los terrenos del lago de Texcoco. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*. 21: 19-33.
- Rzedowski, J. 1975. Flora y vegetación de la cuenca del Valle de México. In: *Memoria de las obras del drenaje profundo del Distrito Federal*, tomo I, pp. 81-134.

- Rzedowski, J. y Rzedowski C.G. 2001. Flora fanerogámica del Valle de México. CONABIO, Instituto de Ecología. p. 115.
- Rzedowski, J. y Rzedowski C.G. 2004. Manual de malezas de la región de Salvatierra, Guanajuato. CONABIO-Instituto de Ecología, CONACYT. p. 19.
- Sauer, J. D. 1988. Plant Migration. The Dynamics of Geographic Patterning in seed plant species. Berkeley, C.A: University California Press. p.3.
- Schemske, D. W., B. C. Husband, M. H. Ruckelshaus, C. Goodwillie, I. M. Parker, and J.G. Bishop. 1994. Evaluating approaches to the conservation of rare and endangered plants. *Ecology* 75:584-606.
- Shea, K., y D. Kelly. 1998. Estimating biocontrol agent impact with matrix models: *Cardus nutans* in New Zeland. *Ecological Applications* 8:824-832.
- Silvertown, J. 1987. Introduction to plant population. Ecology. Longman, London.
- Silvertown, J. y M. Franco. 1993. Plant demography and habitat: a comparative approach. *Plant Species Biology* 8:67-73.
- Silvertown, J.W. and J. Lovett-Doust. 1993. Introduction to Plant Population Biology. London. Blackwell Scientific. pp. 107-115.
- Sims, P. L., J. S.Singh, W. K. Lauenroth. 1978. The structure and funtion of ten Western North American grasslands. I: Abiotic and vegetational characteristics. *Journal of Ecology*. 66: 251-285.
- Smith, R. y Smith T. 2006. Ecología 4ª ed. Pearson Addison Wesley. p.165-166, 275.
- Stiling, P. 1999. Ecology, theory and applications. 3rd. Ed. Prentice Hall. New Jersey. 638 p.
- Strasburger, E., F. Noll, H. Schenck y A. F. W. Schimper. 1994. Tratado de Botánica 8ª edición castellana. Ediciones Omega, Barcelona, España. p.179.
- Sugiyama . T., Schmitt M. R., Ku S. B. , Edwards, G. E.1979. Differences in cold lability of pyruvate, Pi dikinase among C₄ species. *Plant Cell Physiol*. 20: 965-971.
- Tovar, S. H. 1994. Producción subterránea del zacate salado (*Distichlis spicata*) en el ex-lago de Texcoco, México. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Texcoco-México. 109 p.
- Tovar-Soto, H. M., E., García, M. y A. Romero M. 2007. Producción Primaria Neta de un Zacatal Salado en el ex-lago de Texcoco México de 1984 a 2004. Cartel expuesto en el 4º Simposium Internacional de Pastizales. San Luis Potosí México.

Troughton, A. 1957. The underground organs of herbage grasses. Commonwealth of agricultural Bureaux. Technical communication No. 44. Hurley, Berkshire. Great Britain. 163 p.

Van Noordwijk, M., P. De Willigen. 1987. Agricultural concepts of roots: from morfogenic to functional equilibrium between root and shoot growth. Netherlands Journal of Agricultural Sciences. 35: 487-496.

Vilá, M. y J. Weiner. 2004. Are invasive plant species better competitors than native plant species? - evidence from pair-wise experiments. *Oikos* 105:229-238.

Villaseñor, J. L. y F. J. Espinosa García, 1998. Catálogo de malezas de México. Universidad Nacional Autónoma de México, Consejo Nacional Consultivo Fitosanitario y Fondo de Cultura Económica, México, D. F.

Villaseñor, J. L. y F. J. Espinosa-García. 2004. The alien flowering plants of Mexico. *Diversity and Distributions* 10:113-123.

Villaseñor, J. L. y Magaña P. 2006. Plantas introducidas en México, *Ciencias-UNAM*. 82:38-40.

Villarreal, J. 1983. Malezas de Buenavista, Coahuila, Saltillo, México. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. 70-71p.

Waisel, Y. 1972. Biology of halophytes. Academic. New York. USA. 395p.

Weaver, J. E. 1958. Summary and interpretation of underground development in natural grassland communities. *Ecological Monographs*. 28: 55-78.

Williamson, M. 1996. Biological invasions. Chapman Et Hall, London.

Willson, F. M. 1983. Plant reproductive ecology. Wiley-Interscience Publication. United States of America. p. 14-23.

Winemiller, K. O. 1992. Life-history strategies and the effectiveness of sexual selection. *Oikos*, 63, 318-327.

