

Introducción

El establecimiento de plántulas en ambientes áridos y semiáridos es un evento raro debido a las condiciones de estrés que imperan en estos ambientes, la regeneración ocurre solamente en años con períodos extraordinarios de precipitación; o bien, en sitios seguros bajo la copa de plantas nodriza, en donde se tiene un microambiente más benigno (temperaturas más bajas y mayor humedad en el suelo).

A las asociaciones de plántulas que se establecen bajo plantas adultas se les llama "interacciones nodriza-protegida", sugiriéndose que son comensalismos en los cuales las plántulas se benefician del microambiente creado por las plantas adultas, y sin efecto alguno para estas últimas (Niering *et al.* 1963; Valiente-Banuet & Ezcurra 1991; Pugnaire *et al.* 1996; Tewksbury & Lloyd 2001; Flores & Jurado 2003; Flores *et al.* 2004). Se piensa que este fenómeno es más frecuente en ambientes con alto estrés ambiental que en ambientes benignos, y que parece ocurrir más frecuentemente en biomas áridos y semiáridos (Pugnaire & Luque 2001; Tewksbury & Lloyd 2001; Flores & Jurado 2003). Se considera que este tipo de interacción es muy importante debido a que influye de forma decisiva en la estructura de las comunidades vegetales desérticas (Nobel *et al.* 1998; Hastwell & Facelli 2003; Armas & Pugnaire 2005).

Las plantas arbustivas son la forma de vida más común entre las nodrizas, debido a diversas causas como la capacidad que tienen para atrapar o detener semillas bajo sus copas, proporcionar nutrimentos, proveer humedad, proteger contra depredadores o contra pisoteo y proporcionar disponibilidad de soporte (Flores & Jurado 2003).

En el noreste de México, a pesar de que gran parte de su territorio es semiárido, no se han realizado estudios sobre el efecto de posibles plantas nodriza en el establecimiento de plántulas de especies nativas.

Sin embargo; de manera experimental se ha encontrado que la sombra, la estación del año y la cobertura, influyen fuertemente en la emergencia y supervivencia de plántulas (Flores & Jurado 1998; Jurado *et al.* 1998; García & Jurado 2003; Jurado *et al.* 2006). Así, con el fin de evaluar el efecto como plantas nodriza de especies arbustivas de esta región, se registró la emergencia y el porcentaje de supervivencia de plántulas bajo tres especies nativas de matorral (*Cordia boissieri* "anacahuita", *Ebenopsis ebano* "ébanos" y *Caesalpinia mexicana* "árbol del potro"). Las plántulas se clasificaron en tres grupos: leñosas, gramíneas y otras herbáceas. El estudio fue realizado en cuatro altitudes 90, 350, 540 y 670 msnm. Dos altitudes (350 y 540 m) dentro del área de distribución actual de las especies nodrizas y dos elevaciones en el límite inferior (90 m) y superior (670 m). Las tres especies estudiadas son nativas del matorral espinoso tamaulipeco, y muestran diferencias en su crecimiento longitudinal. *Ebenopsis ebano* (Mimosaceae) es la especie con mayor altura, pues llega a crecer hasta 10 m (Estrada & Marroquín 1991); *Cordia boissieri* (Boraginaceae) presenta una altura de entre 6 y 8 m (Vines 1984) y *Caesalpinia mexicana* (Caesalpinaceae) es un árbol pequeño que crece entre 2 y 4.5 m (Estrada & Marroquín 1991). Las especies *Ebenopsis ebano* y *Caesalpinia mexicana* pertenecen al orden de las leguminosas, las cuales tienen la capacidad de fijar nitrógeno al suelo mediante la asociación de sus raíces con bacterias del género *Rhizobium* (Niembro 1986; Estrada & Marroquín 1991). Debido a que *Ebenopsis ebano* presenta mayor altura de crecimiento y probable mayor fertilización del suelo, en el presente estudio se plantea que bajo *Ebenopsis ebano* la emergencia y supervivencia de plántulas de los tres grupos funcionales será mayor que bajo *Caesalpinia mexicana* y *Cordia boissieri*.

Objetivos

Los objetivos de este estudio fueron: (i) determinar si la germinación de las semillas de los tres grupos de plantas bajo las tres

especies ocurre de manera similar en los cuatro ambientes; (ii) identificar temporadas de germinación de los tres grupos de plantas en las cuatro elevaciones (iii) determinar diferencias en la supervivencia de plántulas bajo las tres especies en los cuatro ambientes; (iv) identificar temporadas críticas para la supervivencia de plántulas en las cuatro elevaciones.

Métodos

Se registró la emergencia y supervivencia de plántulas bajo la cobertura de *Caesalpinia mexicana* Gray (árbol del potro); *Cordia boissieri* A. DC (anacahuita) y *Ebenopsis ebano* (Berl.) Barneby I J.W. Grimes (ebano), durante un período de dos años, de abril 2003 a marzo 2005, en cuatro sitios del noreste de México, siguiendo un gradiente altitudinal donde se distribuyen normalmente estas especies (Ver Tabla XII). En cada una de los sitios fueron seleccionados 10 árboles de cada especie en un área de cinco hectáreas, a cada árbol se le midió altura y cobertura (Ver Tabla XIII). La emergencia y supervivencia de plántulas fue registrada mensualmente bajo la cobertura de la copa de cada árbol. Las plantas que germinaron fueron identificadas y agrupadas en la categoría de leñosas gramíneas y otras herbáceas.

La toma de datos fue mensual. Las diferencias de los porcentajes de emergencia y porcentaje de supervivencia de plantas de las tres formas de vida bajo la cobertura de las tres especies, entre cada una de las elevaciones, fueron analizados usando un ANOVA ($\alpha= 0.05$) de dos vías y estas fueron elevación (4) y especie nodriza (3). Previo a los ANOVAs, los datos de porcentaje de emergencia y porcentaje de supervivencia de plantas fueron normalizados utilizando la transformación del arcoseno de la raíz cuadrada (Sokal & Rohlf 1995). Para realizar los análisis estadísticos de emergencia de plántulas se utilizaron los promedios mensuales de emergencia registrados en los cuatro ambientes (altitudes). El porcentaje de supervivencia de plantas fue evaluado con los datos

obtenidos en la última medición (a los 24 meses). Se utilizaron pruebas de comparación de medias de Tukey cuando los ANOVAs indicaron diferencias entre especies y altitudes. Se usaron intervalos de confianza ($\alpha = 0.05$) para mostrar diferencias de emergencia y supervivencia de plántulas entre especies y altitudes.

Tabla XII. Localidades objeto de estudio en el noreste de México y vegetación más común en el estrato alto en los sitios de estudio.

Localidades	Coordenadas	Vegetación más común en el estrato alto
Altitud 90 m	22° 51' N, 98° 15' W	<i>Caesalpinia mexicana</i> A. Gray, <i>Ebenopsis ebano</i> (Berl.) Barneby & Grimes, <i>Cordia boissieri</i> A. DC., <i>Havardia pallens</i> (Benth.) Brit & Rose, <i>Randia obcordata</i> Lindley
Altitud 350 m	24°51' N, 99° 35' W	<i>Caesalpinia mexicana</i> A. Gray, <i>Acacia berlandieri</i> , <i>Celtis pallida</i> Torr., <i>Cordia boissieri</i> A. DC., <i>Ebenopsis ebano</i> (Benth.) Coult., <i>Havardia pallens</i> (Benth.) Britton & Rose, <i>Porlieria angustifolia</i>
Altitud 540 m	24°39' N, 99° 40' W	<i>Caesalpinia mexicana</i> A. Gray, <i>Celtis pallida</i> Torr., <i>Cordia boissieri</i> A. DC., <i>Ebenopsis ebano</i> (Benth.) Coult., <i>Havardia pallens</i> (Benth.) Britton & Rose, <i>Porlieria angustifolia</i> , <i>Prosopis laevigata</i> (Humb & Bonpl. ex. Wild.) M.C. Johnston
Altitud 670 m	24°39' N, 99° 45' W	<i>Bernardia myricaefolia</i> , <i>Caesalpinia mexicana</i> A. Gray, <i>Celtis pallida</i> Torr., <i>Cordia boissieri</i> A. DC., <i>Ebenopsis ebano</i> (Benth.) Coult., <i>Havardia pallens</i> (Benth.) Britton & Rose, <i>Zanthoxylum fagara</i>

Tabla XIII. Promedios \pm desviación estándar de altura y cobertura de 10 árboles de tres especies de matorral, en cuatro sitios.

Especies	<i>Caesalpinia mexicana</i>	<i>Cordia boissieri</i>	<i>Ebenopsis ebano</i>
Localidades	Altura-cobertura	Altura-cobertura	Altura-cobertura
Altitud 90 m	2.71 \pm 0.65-4.31 \pm 1.66	3.62 \pm 0.80-5.99 \pm 1.69	4.85 \pm 0.94-6.01 \pm 3.99
Altitud 350 m	3.12 \pm 0.61-5.21 \pm 1.89	3.58 \pm 0.94- 6.01 \pm 1.93	4.90 \pm 0.73-7.22 \pm 4.11
Altitud 540 m	2.53 \pm 0.90-5.35 \pm 2.11	3.49 \pm 0.74- 5.85 \pm 1.89	4.71 \pm 0.80-7.66 \pm 3.66
Altitud 670 m	2.62 \pm 0.95-4.99 \pm 1.77	3.51 \pm 0.95-6.05 \pm 2.11	4.05 \pm 0.87-5.89 \pm 2.89

Resultados y discusión

Emergencia de plántulas

La emergencia de plántulas de los tres grupos de plantas, se presentó posterior a las lluvias de primavera, finales de verano y otoño temprano (Fig. 31 a y b).

Las plántulas de gramíneas y herbáceas emergieron en primavera, en verano y en otoño temprano; las leñosas emergieron en mayor proporción en verano y otoño temprano.

Un total de 42 especies fueron identificadas bajo la cobertura de las tres especies en los cuatro ambientes. Bajo *Caesalpinia mexicana* germinaron 33 especies (Tabla XIV, 6 gramíneas, 20 herbáceas y 7 leñosas), bajo *Cordia boissieri* germinaron un total de 36 especies (Tabla XV, 6 gramíneas, 22 herbáceas y 8 leñosas), bajo *Ebenopsis ebano* germinaron 38 especies (Tabla XVI, 5 gramíneas, 23 herbáceas y 10 leñosas).

Los ANOVAs de dos vías para emergencia de plántulas de los tres grupos funcionales, mostraron diferencias estadísticas significativas entre especies nodrizas ($P < 0.001$; G.L. = 2) y entre altitudes ($P < 0.001$; G.L. = 3). En la interacción altitud X especie para los tres grupos de plantas no se presentaron diferencias estadísticas significativas ($P = 0.25$; G.L. = 6) lo que indica que las especies se comportaron de manera similar en las diferentes elevaciones.

Tabla XIV. Especies que germinaron bajo la copa de *Caesalpinia mexicana* de abril 2003 a marzo 2005 en cuatro altitudes, con el promedio del número de plántulas germinadas y su desviación estándar.

Especies	90 m	350 m	540 m	670 m
PLANTAS				
GRAMÍNEAS				
<i>Aristida</i> sp.	31 ± 12.3	11 ± 6.7	24 ± 10.8	26 ± 13.7
<i>Bouteloua trifida</i> Thurb	21 ± 8.9	32 ± 17.9	29 ± 12.6	0
<i>Botriochloa</i> sp.	25 ± 13.7	0	19 ± 9.9	12 ± 6.5
<i>Cenchrus incertus</i> M.A. Curtis	49 ± 24.8	74 ± 43.7	44 ± 22.1	0
<i>Pennisetum ciliare</i> (L.)Link.	38 ± 16.5	31 ± 14.5	35 ± 15.6	15 ± 7.1
<i>Tridens</i> sp.	19 ± 8.2	21 ± 5.0	42 ± 19.7	19 ± 10.4
PLANTAS				
HERBÁCEAS				
<i>Abutilon</i> sp.	61 ± 12.3	41 ± 6.7	34 ± 10.8	26 ± 13.7
<i>Amaranthus</i> sp.	21 ± 8.9	32 ± 17.9	29 ± 12.6	30 ± 18.9
<i>Argemone echinata</i> Ownb.	49 ± 24.8	74 ± 43.7	44 ± 22.1	0
<i>Botriochloa</i> sp.	38 ± 16.5	31 ± 14.5	35 ± 15.6	15 ± 7.1
<i>Cenchrus echinatus</i> L.	19 ± 8.2	21 ± 5.0	42 ± 19.7	19 ± 10.4
<i>Chenopodium album</i> L.	31 ± 12.3	11 ± 6.7	24 ± 10.8	26 ± 13.7
<i>Chloris submutica</i> H.B.K.	21 ± 8.9	32 ± 17.9	39 ± 17.9	0
<i>Clamatis drummondii</i> T.d G.	125 ± 63.7	0	59 ± 29.9	12 ± 6.5
<i>Convolvulus arvensis</i> L.	89 ± 44.8	74 ± 43.7	44 ± 22.1	40 ± 15.5

<i>Croton torreyanus</i> Muelli. Arg.	38 ± 16.5	31 ± 14.5	35 ± 15.6	35 ± 16.1
<i>Evolvulus alsinoides</i> L.	19 ± 8.2	21 ± 5.0	42 ± 19.7	39 ± 20.4
<i>Helianthus annuus</i> L.	31 ± 12.3	11 ± 6.7	44 ± 13.8	46 ± 23.7
<i>Heliotropium Currassavicum</i> L.	21 ± 8.9	32 ± 17.9	39 ± 17.6	26 ± 13.9
<i>Hibiscus cardiophyllus</i> Gray.	35 ± 23.7	18 ± 7.9	29 ± 11.9	15 ± 7.5
<i>Solanum rostratum</i> Dunn.	38 ± 16.5	31 ± 14.5	35 ± 15.6	25 ± 9.1
<i>Tragia ramosa</i> Torr.	29 ± 9.5	31 ± 5.0	52 ± 29.7	32 ± 12.4
<i>Urtica dioica</i> L.	33 ± 13.3	14 ± 3.7	34 ± 10.8	31 ± 18.7
<i>Verbesina encelioides</i> (cav.) Gray.	23 ± 8.9	34 ± 15.9	19 ± 13.6	26 ± 11.6
<i>Verbesina</i> sp.	28 ± 15.7	15 ± 5.9	23 ± 11.9	16 ± 9.5
<i>Viguiera stenoloba</i> Blake.	39 ± 24.8	74 ± 43.7	44 ± 22.1	9 ± 4.9

PLANTAS LEÑOSAS

<i>Acacia berlandieri</i> , Benth	0	9	6	0
<i>Caesalpinia mexicana</i> A. Gray	0	11	7	0
<i>Condalia hookeri</i> M.C. Johnst.	4 ± 0.5	6 ± 0.9	3 ± 0.4	2 ± 0.4
<i>Celtis pallida</i> Torr.	10 ± 15	36 ± 9.5	32 ± 7.9	11 ± 4.5
<i>Ebenopsis ebano</i> (Berl.) Barneby & Grimes.	3 ± 0.4	8 ± 0.8	9 ± 1.2	2 ± 0.4
<i>Havardia pallens</i> (Benth.) Britton & Rose	7	5 ± 3.8	6 ± 1.9	8 ± 1.6
<i>Randia obcordata</i> Lindley.	12 ± 4.8	0	0	0

Tabla XV. Especies que germinaron bajo cobertura de *Cordia boissieri* de abril 2003 a marzo 2005 en cuatro altitudes, con el promedio del número de plántulas germinadas y su desviación estándar.

Especies	90 m	350 m	540 m	670 m
PLANTAS GRAMÍNEAS				
<i>Aristida</i> sp.	41 ± 17.3	19 ± 7.7	29 ± 12.9	36 ± 15.9
<i>Bouteloua trifida</i> Thurb	21 ± 8.9	32 ± 17.9	29 ± 12.6	12 ± 9.2
<i>Botriochloa</i> sp.	45 ± 17.8	13 ± 6.9	31 ± 11.6	22 ± 9.5
<i>Cenchrus incertus</i> M.A. Curtis	166 ± 64.7	134 ± 65.7	121 ± 60.1	89 ± 59.5
<i>Pennisetum ciliare</i> (L.) Link.	138 ± 46.5	131 ± 14.5	135 ± 15.6	115 ± 57.1
<i>Tridens</i> sp.	119 ± 18.2	121 ± 5.0	142 ± 19.7	119 ± 50.4
PLANTAS HERBÁCEAS				
<i>Abutilon</i> sp.	61 ± 12.3	41 ± 6.7	34 ± 10.8	26 ± 13.7
<i>Amaranthus</i> sp.	21 ± 8.9	32 ± 17.9	29 ± 12.6	30 ± 18.9
<i>Argemone echinata</i> Ownb.	49 ± 24.8	74 ± 43.7	44 ± 22.1	28 ± 7.6
<i>Botriochloa</i> sp.	38 ± 16.5	31 ± 14.5	35 ± 15.6	15 ± 7.1
<i>Cenchrus echinatus</i> L.	19 ± 8.2	21 ± 5.0	42 ± 19.7	19 ± 10.4
<i>Chenopodium album</i> L.	31 ± 12.3	11 ± 6.7	24 ± 10.8	26 ± 13.7
<i>Chloris submutica</i> H.B.K.	21 ± 8.9	32 ± 17.9	39 ± 17.9	45 ± 23.7
<i>Desmanthus virgatus</i> (L.) Will	51 ± 42.3	61 ± 43.7	34 ± 20.8	46 ± 23.7
<i>Justicia runyonii</i> Small	81 ± 9.9	52 ± 27.9	69 ± 37.9	79 ± 23.7
<i>Physalis pubescens</i> L.	99 ± 35.7	92 ± 57.9	109 ± 55.9	112 ± 76.5
<i>Rhynchelitrum repens</i> (Willd) C.E. Hubb.	99 ± 54.9	84 ± 53.7	44 ± 22.1	60 ± 35.5

<i>Ruelia corzoitharp</i> & Barkl.	88 ± 26.5	51 ± 24.5	35 ± 15.6	55 ± 26.1
<i>Ruelia rudiflora</i> (Gray) Urban.	19 ± 8.2	21 ± 5.0	42 ± 19.7	59 ± 30.4
<i>Salvia coccinea</i> Juss.	31 ± 12.3	11 ± 6.7	44 ± 13.8	66 ± 43.9
<i>Sanvitalia ocymoides</i> DC.	21 ± 8.9	32 ± 17.9	39 ± 17.6	46 ± 23.9
<i>Sida neomexicana</i> Gray.	35 ± 23.7	18 ± 7.9	29 ± 11.9	35 ± 9.5
<i>Solanum eleagnifolium</i> Cav.	38 ± 16.5	31 ± 14.5	35 ± 15.6	45 ± 14.1
<i>Tragia ramosa</i> Torr.	29 ± 9.5	31 ± 5.0	52 ± 29.7	82 ± 42.4
<i>Urtica dioica</i> L.	33 ± 13.3	14 ± 3.7	34 ± 10.8	61 ± 28.7
<i>Verbesina encelioides</i> (Cav.) Gray.	23 ± 8.9	34 ± 15.9	19 ± 13.6	56 ± 31.6
<i>Verbesina</i> sp.	28 ± 15.7	15 ± 5.9	23 ± 11.9	16 ± 9.5
<i>Viguiera stenoloba</i> Blake.	88 ± 44.9	66 ± 34.5	78 ± 39.8	69 ± 22.3

PLANTAS LEÑOSAS

<i>Acacia shaffneri</i> (Wats.) Herm.	5 ± 1.5	11 ± 1.9	6 ± 0.7	2 ± 0.3
<i>Bernardia myricaefolia</i> (Scheele) Wats.	6 ± 1.8	13 ± 2.1	7 ± 0.5	3 ± 0.4
<i>Bumelia celastrina</i> Kunth	7 ± 0.5	9 ± 0.9	3 ± 0.4	2 ± 0.4
<i>Caesalpinia mexicana</i> A. Gray	3 ± 0.5	13 ± 2.5	10 ± 7.9	11 ± 4.5
<i>Condalia hookeri</i> M.C. Johnst.	13 ± 0.4	8 ± 0.8	9 ± 1.2	2 ± 0.4
<i>Cordia boissieri</i> A. DC.	11 ± 1.3	5 ± 3.8	6 ± 1.9	8 ± 0.9
<i>Ebenopsis ebano</i> (Berl.) Barneby & Grimes.	7 ± 1.1	5 ± 0.8	6 ± 0.9	9 ± 1.2
<i>Randia obcordata</i> Lindley	9 ± 0.9	5 ± 0.5	4 ± 0.5	0

Tabla XVI. Especies que germinaron bajo la copa de *Ebenopsis ebano* de abril 2003 a marzo 2005 en cuatro altitudes, con el promedio del número de plántulas germinadas y su desviación estándar.

Especies	90 m	350 m	540 m	670 m
PLANTAS GRAMÍNEAS				
<i>Aristida</i> sp.	141 ± 67.6	109 ± 58.9	88 ± 37.8	26 ± 35.7
<i>Bouteloua trifida</i> Thurb	131 ± 76.9	152 ± 67.6	99 ± 52.9	22 ± 17.2
<i>Cenchrus incertus</i> M.A. Curtis	266 ± 95.7	254 ± 75.7	91 ± 40.4	49 ± 59.5
<i>Pennisetum ciliare</i> (L.) Link.	238 ± 89.5	171 ± 74.5	95 ± 45.6	65 ± 57.1
<i>Tridens</i> sp.	219 ± 99.2	181 ± 50.0	92 ± 49.7	79 ± 30.8
PLANTAS HERBÁCEAS				
<i>Abutilon</i> sp.	81 ± 32.3	71 ± 19.7	44 ± 20.9	36 ± 13.9
<i>Amaranthus</i> sp.	41 ± 10.9	42 ± 19.9	39 ± 22.9	25 ± 18.3
<i>Argemone echinata</i> Ownb.	69 ± 44.8	84 ± 53.7	54 ± 22.5	22 ± 9.4
<i>Botriochloa</i> sp.	58 ± 36.5	41 ± 19.5	55 ± 25.6	35 ± 9.1
<i>Cenchrus echinatus</i> L.	39 ± 10.2	51 ± 13.9	52 ± 29.7	29 ± 10.4
<i>Chenopodium album</i> L.	51 ± 14.3	33 ± 16.7	44 ± 20.8	36 ± 16.9
<i>Chloris submutica</i> H.B.K.	41 ± 28.9	50 ± 27.9	49 ± 27.9	35 ± 12.7
<i>Desmanthus virgatus</i> (L.) Will	71 ± 52.3	69 ± 33.7	64 ± 20.8	36 ± 16.7
<i>Justicia runyonii</i> Small	81 ± 59.9	72 ± 28.8	69 ± 37.9	48 ± 20.7
<i>Lantana vellutina</i> Torr	66 ± 29.9	55 ± 18.8	49 ± 20.9	30 ± 10.7
<i>Physalis pubescens</i> L.	109 ± 55.7	99 ± 67.9	129 ± 65.9	0
<i>Rhynchelitrum repens</i> (Willd) C.E. Hubb.	119 ± 74.9	94 ± 59.7	94 ± 52.1	0

<i>Ruelia corzoitharp</i> & Barkl.	108 ± 46.5	91 ± 54.5	105 ± 55.2	35 ± 16.1
<i>Ruelia rudiflora</i> (Gray) Urban.	49 ± 8.2	39 ± 15.0	62 ± 29.1	49 ± 10.4
<i>Salvia coccinea</i> Juss.	61 ± 32.6	44 ± 16.7	33 ± 13.3	26 ± 5.9
<i>Sanvitalia ocyroides</i> DC.	51 ± 11.6	46 ± 27.9	35 ± 17.4	16 ± 4.9
<i>Sida neomexicana</i> Gray.	65 ± 33.6	48 ± 27.9	39 ± 11.6	30 ± 9.5
<i>Solanum eleagnifolium</i> Cav.	68 ± 36.5	51 ± 24.5	35 ± 15.6	40 ± 14.9
<i>Tragia ramosa</i> Torr.	59 ± 29.5	41 ± 15.0	52 ± 29.7	49 ± 16.4
<i>Urtica dioica</i> L.	63 ± 33.3	44 ± 13.7	44 ± 11.9	41 ± 18.7
<i>Verbesina encelioides</i> (Cav.) Gray.	53 ± 18.9	54 ± 20.9	69 ± 23.6	36 ± 11.5
<i>Vigueria stenoloba</i> Blake.	108 ± 64.9	109 ± 54.5	98 ± 49.8	49 ± 11.3

PLANTAS LEÑOSAS

<i>Acacia rigidula</i> Benth	3 ± 0.2	12 ± 1.8	9 ± 0.9	3 ± 0.3
<i>Bernardia myricaefolia</i> (Scheele) Wats.	4 ± 0.2	15 ± 1.8	8 ± 0.9	3 ± 0.4
<i>Bumelia celastrina</i> Kunth	3 ± 0.3	11 ± 1.9	6 ± 1.4	3 ± 0.4
<i>Caesalpinia mexicana</i> A. Gray	4 ± 0.5	12 ± 2.0	12 ± 1.3	2 ± 0.3
<i>Condalia hookeri</i> M.C. Johnst.	5 ± 0.4	9 ± 1.0	11 ± 1.2	2 ± 0.2
<i>Cordia boissieri</i> A. DC.	6 ± 0.3	9 ± 1.1	8 ± 1.3	6 ± 0.8
<i>Ebenopsis ebano</i> (Berl.) Barneby & Grimes.	5 ± 0.4	8 ± 0.9	9 ± 1.2	4 ± 0.5
<i>Portieria angustifolia</i> Engelm. A. Gray	7 ± 0.9	9 ± 1.2	8 ± 0.8	3 ± 0.4
<i>Prosopis laevigata</i> (Humb & Bonpl. ex. Wild.) M.C. Johnston	9 ± 1.5	11 ± 1.3	9 ± 0.9	3 ± 0.4
<i>Randia obcordata</i> Lindley.	8 ± 1.3	7 ± 0.8	8 ± 0.9	0
<i>Zanthoxylum fagara</i> (L.) Sarg.	9 ± 1.2	5 ± 0.7	7 ± 0.8	7 ± 0.5

Los mayores promedios de emergencia de plántulas gramíneas (Tabla XVII, Fig. 32 a-c), se presentaron bajo *Ebenopsis ebano* y *Cordia boissieri* en altitudes de 90, 350 y 540 msnm, los más bajos promedios de emergencia de plántulas fueron registrados bajo *Caesalpinia mexicana* a 540 y 670 m.

Tabla XVII. Promedios de emergencia de plántulas gramíneas herbáceas y leñosas bajo tres especies de matorral.

Especies	<i>Caesalpinia mexicana</i>	<i>Cordia boissieri</i>	<i>Ebenopsis ebano</i>
gramíneas			
Altitud 90 m	10.42 b	15.44 a	17.72 a
Altitud 350 m	10.22 b	15.77 a	16.65 a
Altitud 540 m	7.13 c	14.99 a	15.14 a
Altitud 670 m	7.14 c	10.95 b	8.77 c
otras herbáceas			
Altitud 90 m	29.69 c	39.51 b	46.17 a
Altitud 350 m	27.11 c	37.15 b	44.35 a
Altitud 540 m	26.02 c	35.68 b	44.41 a
Altitud 670 m	18.79 d	34.11 b	22.33 d
plantas leñosas			
Altitud 90 m	1.34 b	2.07 a	2.25 a
Altitud 350 m	1.26 b	2.05 a	2.00 a
Altitud 540 m	0.86 c	2.09 a	2.39 a
Altitud 670 m	0.76 c	2.11 a	1.29 b

Letras distintas indican diferencia estadística significativa, de acuerdo a pruebas de comparación de medias de Tukey ($\alpha = 0.05$).

Los más altos promedios de emergencia de plántulas herbáceas (Tabla XVII, Fig. 33 a-c) se presentaron bajo *Ebenopsis ebano* (altitudes de 90, 350 y 540), fueron intermedios los promedios bajo *Cordia boissieri* y menores bajo *Caesalpinia mexicana*.

Los promedios de emergencia de plantas leñosas (Tabla XVII, Fig. 34 a-c) fueron mayores bajo *Ebenopsis ebano* (altitudes de 90, 350 y 540) y *Cordia boissieri* (altitudes de 90, 350, 540 y 670 m), que bajos bajo *Caesalpinia mexicana* a en las cuatro altitudes.

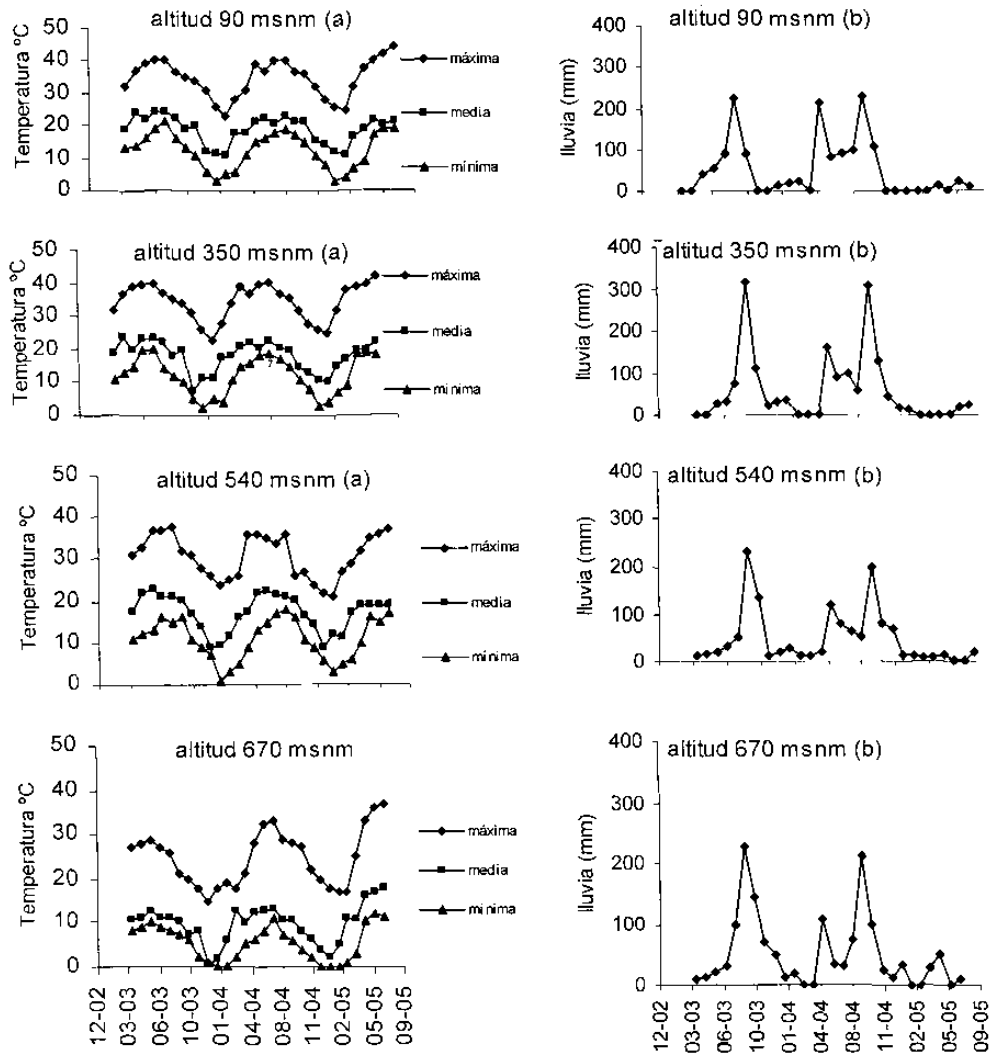


Fig. 31. (a) Promedios de temperaturas, (b) lluvias encontrados en cuatro sitios por dos años, de abril de 2003 a marzo de 2005. Los sitios estuvieron a 90, 350 540 y 700 msnm. Los datos de temperaturas y lluvias fueron proporcionados por la Comisión Nacional del Agua (CNA).

Los promedios de emergencia de plántulas de los tres grupos funcionales fueron mayores bajo *Ebenopsis ebano*, estos resultados son acordes a la hipótesis planteada en la presente investigación. La alta emergencia de gramíneas y leñosas bajo *Cordia boissieri* puede ser el resultado de interacciones (alta densidad de especies vecinas) que esta especie presenta con otras especies del matorral tamaulipeco.

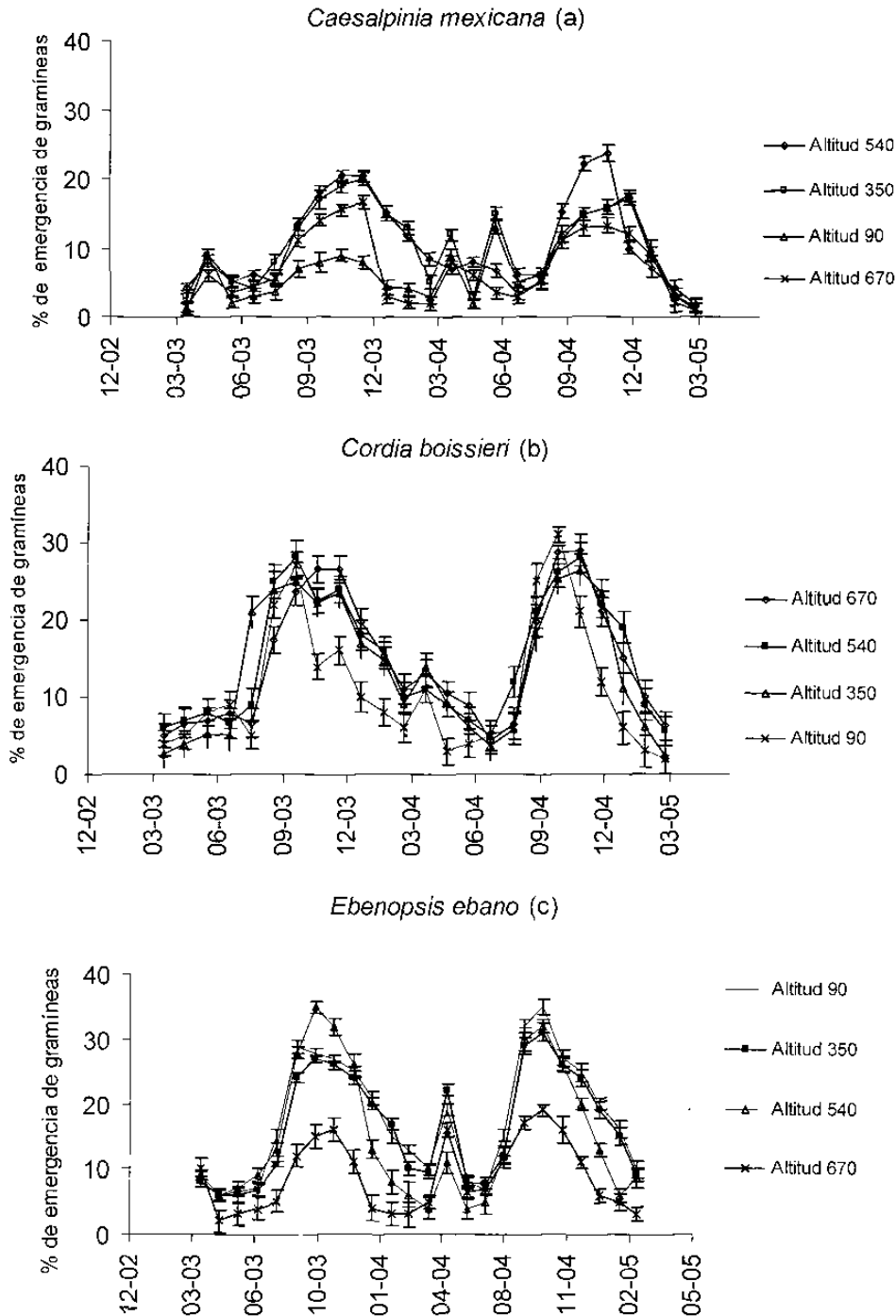


Fig. 32. Porcentaje de emergencia de plántulas gramíneas bajo: (a) *Caesalpinia mexicana*; (b) *Cordia boissieri* y (c) *Ebenopsis ebano*, registrados en cuatro altitudes de 90 a 670 m. Cada punto representa el promedio bajo 10 árboles de cada especie. Las barras de error representan los intervalos de confianza ($\alpha = 0.05$).

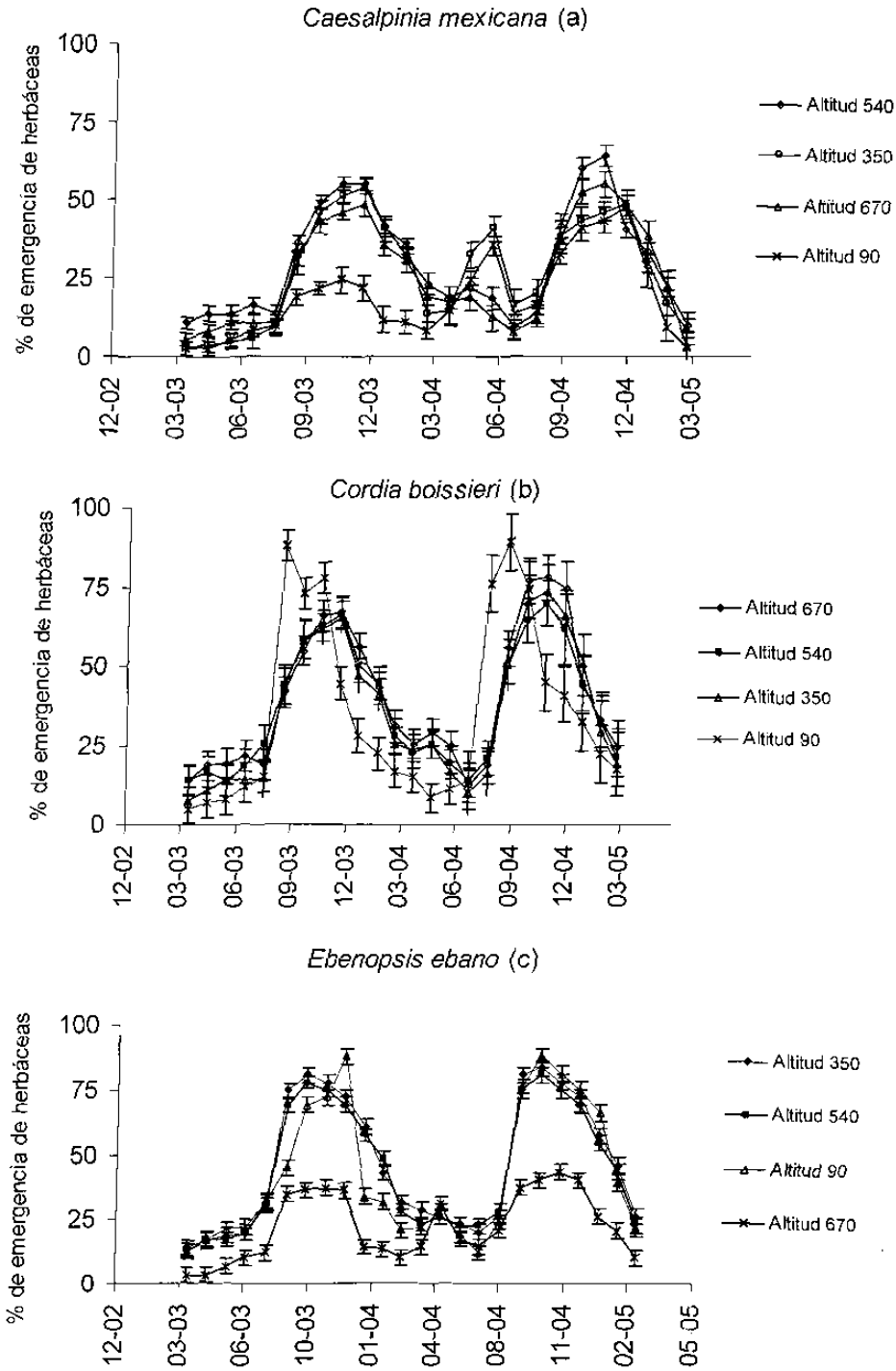


Fig. 33. Porcentaje de emergencia de plántulas herbáceas bajo: (a) *Caesalpinia mexicana*; (b) *Cordia boissieri* y (c) *Ebenopsis ebano*, registrados en cuatro altitudes de 90 a 670 m. Cada punto representa el promedio bajo cobertura de 10 árboles de cada especie. Las barras de error representan los intervalos de confianza ($\alpha = 0.05$).

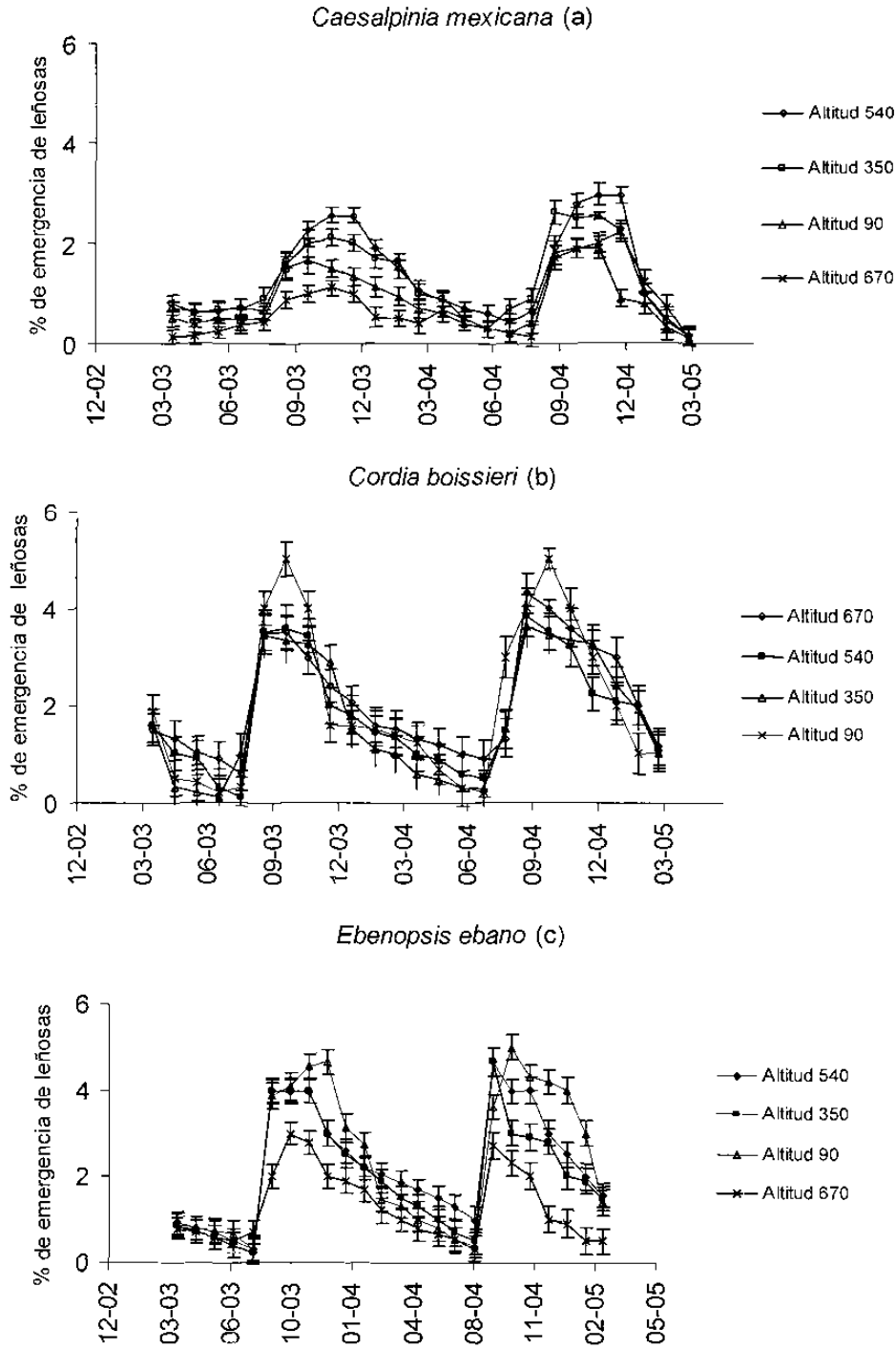


Fig. 34. Porcentaje de emergencia de plántulas leñosas bajo: (a) *Caesalpinia mexicana*; (b) *Cordia boissieri* y (c) *Ebenopsis ebano*, registrados en cuatro altitudes de 90 a 670 m. Cada punto representa el promedio bajo cobertura de 10 árboles de cada especie. Las barras de error representan los intervalos de confianza ($\alpha = 0.05$).

La emergencia de plántulas gramíneas y otras herbáceas ocurrió principalmente en primavera y a finales del verano y otoño temprano, posterior a los periodos de alta precipitación (Fig. 31a y b). Las figuras (Fig. 32, 33 a-c) muestran baja emergencia de plántulas en primavera, y una alta emergencia de plántulas en verano y otoño temprano. La emergencia de plántulas leñosas (Fig. 34 a-c) se presentó principalmente a finales del verano y principios del otoño.

La emergencia de plántulas de los tres grupos de plantas pudo haber sido favorecida por la cobertura de los arbustos. De acuerdo a Vieira *et al.* (1994) los arbustos proveen nutrientes y mejores condiciones microclimáticas para el establecimiento de plántulas. Según el estudio de Jones & Esler (2004) el dosel de la vegetación estimula la germinación de semillas. Además, Armas & Pugnaire (2005) mencionan que en ambientes semiáridos el arbusto *Cistus clusii* favorece el establecimiento de *Stipa tenacissima*.

Los ANOVAs de dos factores para porcentaje de supervivencia de plántulas gramíneas, otras herbáceas y leñosas, mostraron diferencias estadísticas significativas entre nodrizas ($P < 0.001$; G.L. = 2), entre altitudes ($P < 0.001$; G.L. = 3) y en la interacción altitud X especie para los tres grupos de plantas ($P = 0.004$; G.L. = 6) lo que indica que la supervivencia de plantas bajo las tres especies se comportó de modo diferente en altitudes distintas. Las diferencias entre especies, ambientes e interacción fueron determinadas con la prueba de comparación de medias de Tukey.

Los mayores porcentajes de supervivencia de plántulas gramíneas (Tabla XVIII, Fig. 35 a-c) se presentaron bajo *Ebenopsis ebano* (altitudes de 90, 350 y 540), los porcentajes bajo *Cordia boissieri* fueron intermedios y los más bajos porcentajes se presentaron bajo *Caesalpinia mexicana* a 90 y 350 m.

Tabla XVIII. Porcentajes de supervivencia de plántulas gramíneas herbáceas y leñosas bajo tres especies de matorral.

Especies	<i>Caesalpiniamexicana</i>	<i>Cordia boissieri</i>	<i>Ebenopsis ebano</i>
gramíneas			
Altitud 90 m	4.2 d	6.0 c	28.0 a
Altitud 350 m	6.3 d	8.0 c	26.0 a
Altitud 540 m	7.1 c	18.0 b	24.0 a
Altitud 670 m	3.8 c	20.1 b	8.9 c
otras herbáceas			
Altitud 90 m	4.10 c	19.1 b	25.0 a
Altitud 350 m	4.70 c	21.3 a	29.4 a
Altitud 540 m	15.7 b	23.6 a	26.1 a
Altitud 670 m	12.5 b	26.9 a	11.7 b
Plantas leñosas			
Altitud 90 m	3.38 c	19.9 b	28.0 a
Altitud 350 m	4.40 c	20.8 a	29.8 a
Altitud 540 m	5.10 c	21.6 a	31.4 a
Altitud 670 m	3.50 c	22.6 a	10.0 b

Letras distintas indican diferencia estadística significativa, de acuerdo a pruebas de comparación de medias de Tukey ($\alpha = 0.05$).

Los porcentajes de supervivencia de plántulas herbáceas (Tabla XVIII, Fig. 36 a-c) fueron mayores bajo *Ebenopsis ebano* (altitudes de 90, 350 y 540) y *Cordia boissieri* (altitudes de 350, 540 y 670 m), *Caesalpinia mexicana* mostró los más bajos porcentajes de supervivencia de plántulas a 90 y 350 m.

Los mayores porcentajes de supervivencia de plantas leñosas (Tabla XVIII, Fig. 37 a-c) se presentaron bajo *Ebenopsis ebano* (altitudes de 90, 350 y 540) y *Cordia boissieri* (altitudes de 350, 540 y 670 m), los menores promedios los tuvo *Caesalpinia mexicana* en las cuatro elevaciones estudiadas.

Los resultados de supervivencia de plántulas gramíneas, otras herbáceas y leñosas, fueron mayores bajo *Ebenopsis ebano*; estos resultados son acordes a la hipótesis planteada en la presente investigación. La especie *Cordia boissieri* presentó también altos valores de supervivencia de plántulas herbáceas y leñosas debido probablemente a la influencia de la especie y a las condiciones modificadas que provocan la alta densidad de arbustos en su vecindad.

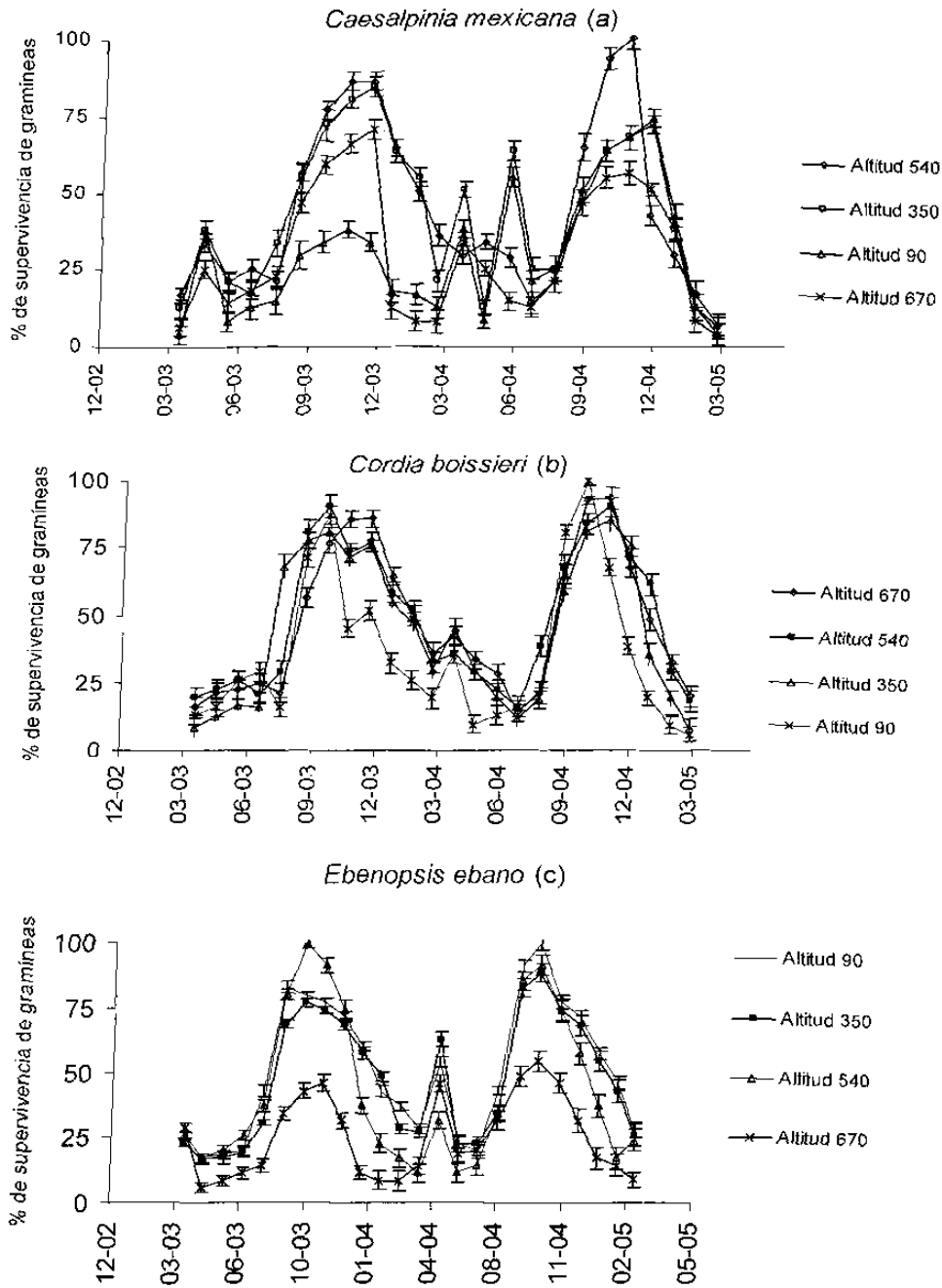


Fig. 35. Porcentaje de supervivencia de plántulas gramíneas bajo: (a) *Caesalpinia mexicana*; (b) *Cordia boissieri* y (c) *Ebenopsis ebano*, registrados en cuatro altitudes de 90 a 670 m. Cada punto representa el promedio bajo cobertura de 10 árboles de cada especie. Las barras de error representan los intervalos de confianza ($\alpha = 0.05$).

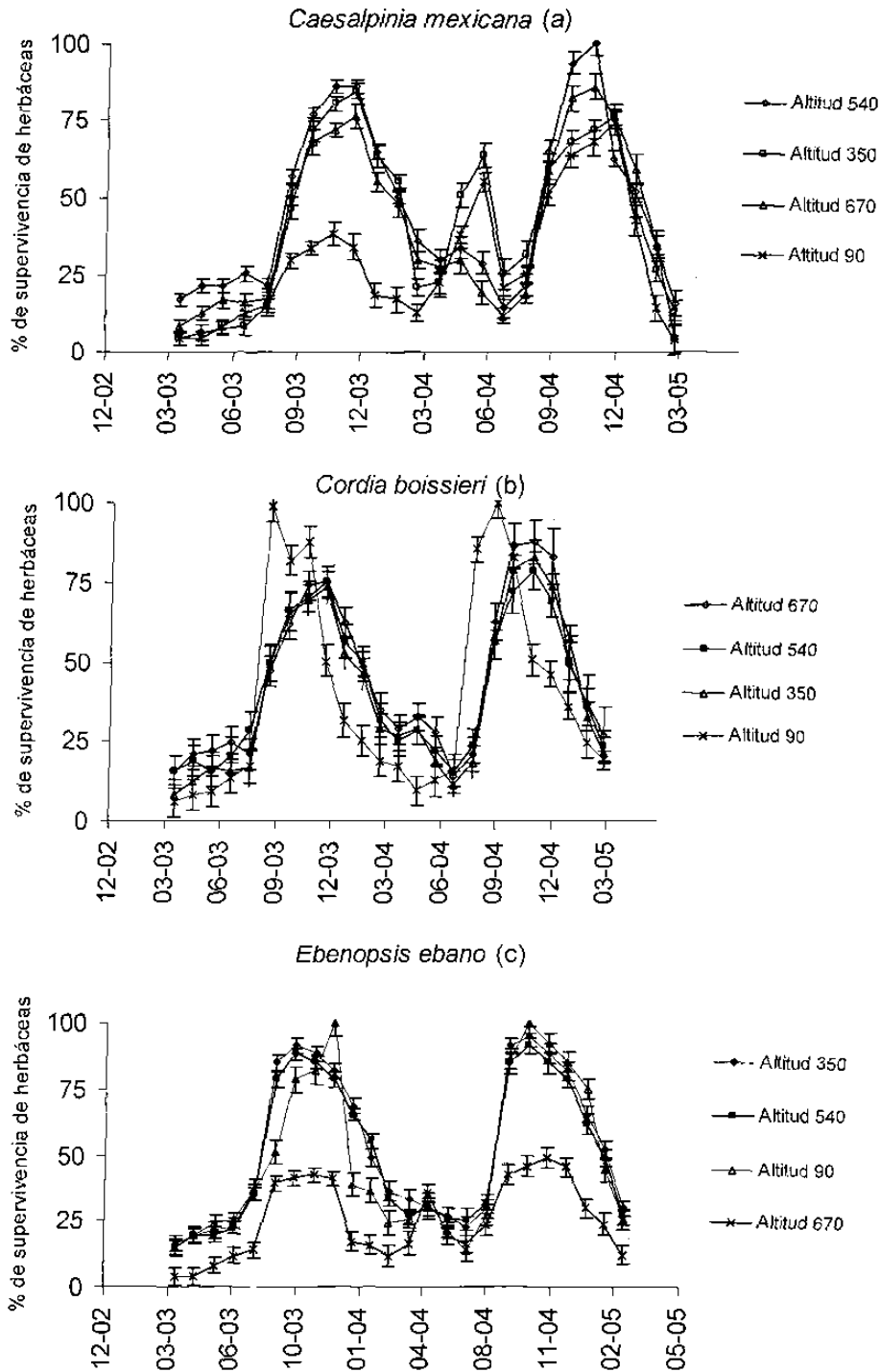


Fig. 36. Porcentaje de supervivencia de plántulas herbáceas bajo: (a) *Caesalpinia mexicana*; (b) *Cordia boissieri* y (c) *Ebenopsis ebano*, registrados en cuatro altitudes de 90 a 670 m. Cada punto representa el promedio bajo cobertura de 10 árboles de cada especie. Las barras de error representan los intervalos de confianza ($\alpha = 0.05$).

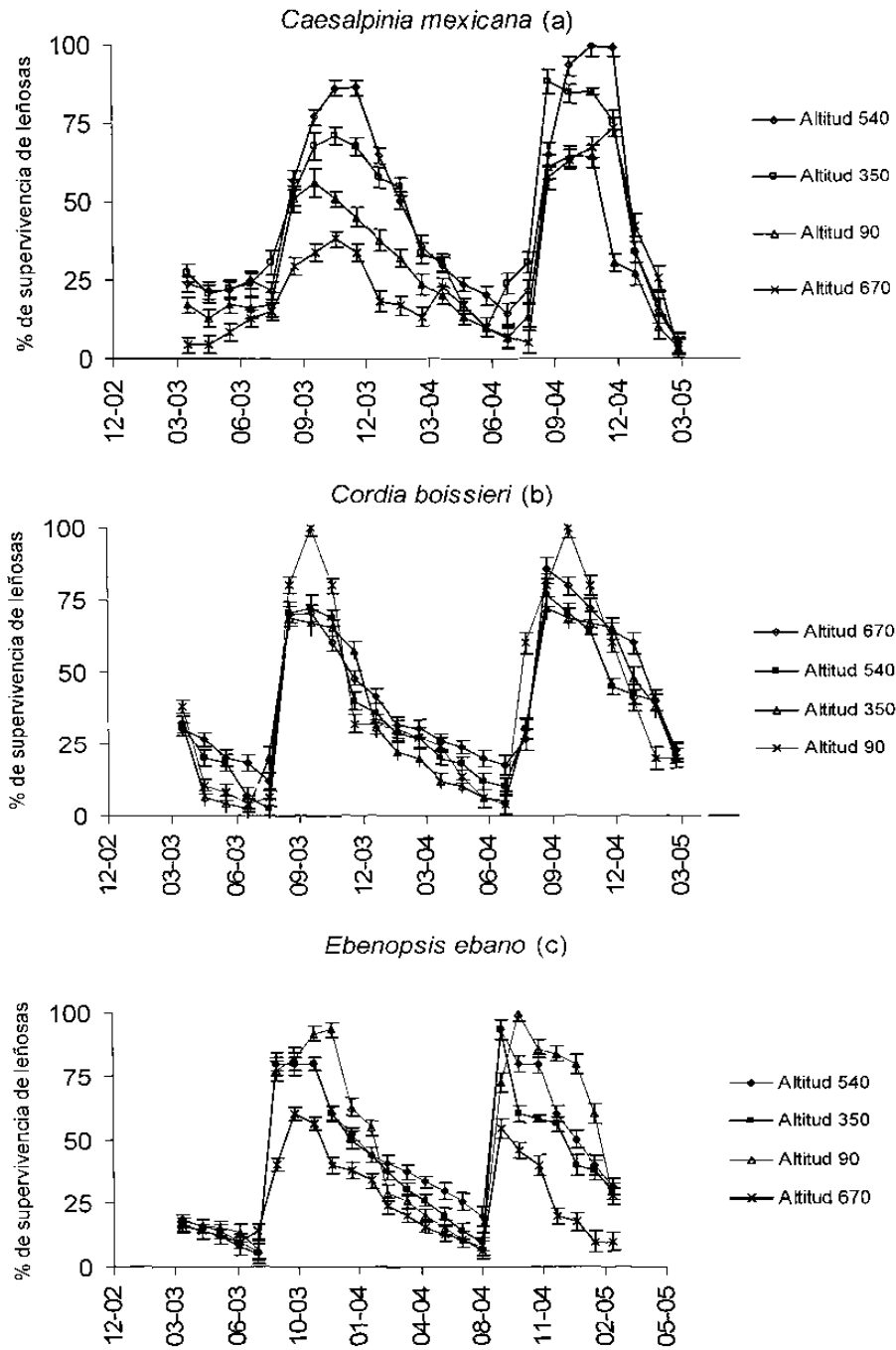


Fig. 37. Porcentaje de supervivencias de plántulas leñosas bajo: (a) *Caesalpinia mexicana*; (b) *Cordia boissieri* y (c) *Ebenopsis ebano*, registrados en cuatro altitudes de 90 a 670 m. Cada punto representa el promedio bajo cobertura de 10 árboles de cada especie. Las barras de error representan los intervalos de confianza ($\alpha = 0.05$).

Las líneas de tendencia de los porcentajes de supervivencia de plántulas de los tres grupos de plantas muestran (Fig. 35, 36, 37 a-c) que

la mortalidad de plantas se presentó en invierno, pero principalmente en verano (Fig. 31a y b), a consecuencia probablemente del estrés abiótico (temperaturas extremas y baja humedad del terreno). De acuerdo con Maestre *et al.* (2005) el estrés abiótico reduce la supervivencia y crecimiento de las plantas. De acuerdo a los estudios de Nobel & Bobich (2002), Castro *et al.* (2004a) y Flores *et al.* (2004) los efectos del estrés abiótico pueden ser reducidos por las plantas nodrizas, los autores mencionan que las plantas nodrizas reducen la mortalidad de plantas debido a que amortiguan los efectos de altas temperaturas y altos niveles de radiación solar. Además el estudio de Fuentes *et al.* (1986) concluyó que en climas secos las plantas nodrizas evitan la desecación del verano y juegan un papel importante para el establecimiento de plantas.

Comparación entre especies nodrizas y elevaciones

Los resultados de emergencia y supervivencias de plántulas gramíneas, herbáceas y leñosas bajo *Caesalpinia mexicana* (Tabla XVII y XVIII) fueron los más bajos de este estudio, debido probablemente a la menor cobertura de planta (Tabla XIII), lo que pudiera provocar mayor incidencia de radiación solar y más estrés ambiental para las plántulas emergidas bajo su cobertura.

La mayor emergencia de plántulas gramíneas bajo *Ebenopsis ebano* y *Cordia boissieri* en las altitudes de 90, 350 y 540 m, sugieren que la cobertura de estos arbustos facilita el establecimiento de este grupo de plantas; sin embargo las especies mostraron diferencias en la supervivencia de plántulas, siendo mayor bajo *Ebenopsis ebano*. Además las plantas gramíneas también juegan el papel de nodrizas. En zonas desérticas facilitan el establecimiento de plántulas (Franco & Nobel 1990). En tierras de pastizales Mandujano *et al.* (1998) mencionan ayudan al establecimiento de *Opuntia rastrera*. Por otra parte el estudio de Jankju-Borzelabad & Griffiths (2006) en tierras áridas mostró que la densidad

inicial de plantas adultas de *Panicum antidotale* favoreció el establecimiento de plántulas de esta especie. Por lo tanto, establecer el papel nodriza-protégido entre gramíneas y arbustos en el noreste de México es complicado.

Los resultados de emergencia y supervivencia de plántulas herbáceas mostraron los más altos valores bajo *Ebenopsis ebano* a 90, 350 y 540 m. Al respecto Tewksbury & Lloyd (2001) mencionan que las plantas nodrizas pueden jugar un papel de facilitador de recursos y una interacción positiva en la estructura de las comunidades de plantas y el crecimiento de la diversidad biológica. La supervivencia de plántulas fue también alta bajo *Cordia boissieri* a 350, 540 y 670 m. A 670 m la supervivencia de plántulas herbáceas bajo *Cordia boissieri* fue mayor que la de *Ebenopsis ebano*, debido probablemente al efecto sobre esta especie de cambios en las interacciones bióticas y abióticas en esta elevación. De acuerdo con Hastwell & Facelli (2003) los cambios en el medioambiente pueden producir modificaciones en las interacciones de las plantas.

Los resultados de emergencia y supervivencia de leñosas muestran altos valores bajo *Ebenopsis ebano* (altitudes 90, 350 y 540 m) y *Cordia boissieri* (altitudes 350, 540 y 670 m) y los más bajos valores para *Caesalpinia mexicana*. Al respecto Castro *et al.* (2004b) menciona que bajo la copa de *Salvia lavandulifolia* se mejoró el establecimiento de *Pinus sylvestris* y *Pinus nigra*, aún cuando los arbustos son comúnmente considerados competidores para el establecimiento de estas especies.

La cobertura de arbustos probablemente favoreció la emergencia y supervivencia de plántulas, pero otro factor importante fue el suelo bajo la copa de cada arbusto. Dadas las diferencias entre los tres arbustos se esperaría que la condición del suelo entre cada especie de arbusto

presentara diferencias, que pudieran reflejarse en mayor eficiencia como arbusto nodriza.

Las diferencias de emergencia y supervivencia entre las tres especies estudiadas entre elevaciones, muestran probables diferencias entre especies nodrizas, como la que reportaron Rousset y Lepart (2000), quienes mencionan que los arbustos nodrizas *Buxus sempervirens* y *Juniperus communis* favorecen el establecimiento y supervivencia de *Quercus humilis*, pero *Juniperus communis* favorece mayor establecimiento y crecimiento de plantas.

Conclusiones

Los mayores promedios de emergencia de plántulas gramíneas se registraron bajo *Cordia boissieri* y *Ebenopsis ebano* a 90, 350 y 540 msnm. La emergencia de plántulas herbáceas fue mayor bajo *Ebenopsis ebano* altitudes de 90, 350 y 540 msnm. La emergencia de plántulas leñosas fue mayor bajo *Cordia boissieri* (altitudes de 90, 350, 540 y 670 m) y *Ebenopsis ebano* (altitudes de 90, 350 y 540).

La emergencia de plántulas gramíneas y herbáceas se presentaron en dos temporadas, primavera y al término del verano y principios de otoño, las plántulas leñosas emergieron principalmente a finales de verano y otoño temprano.

La supervivencia de plántulas gramíneas fue mayor bajo *Ebenopsis ebano* (altitudes de 90, 350 y 540 m). Las plántulas herbáceas sobrevivieron mejor bajo *Ebenopsis ebano* (altitudes de 90, 350 y 540 m) y *Cordia boissieri* (altitudes de 350, 540 y 670 m). La supervivencia de

plántulas leñosas fue mejor bajo *Ebenopsis ebano* (altitudes de 90, 350 y 540 m) y *Cordia boissieri* (altitudes de 350, 540 y 670 m).

Las temporadas críticas para la supervivencia de los tres grupos de plantas, en las cuatro altitudes, se presentaron a lo largo del verano y en invierno.

Capítulo V

Discusión general y conclusiones

Discusión general

En el primer experimento, la humedad y las altas temperaturas que se presentaron al inicio de primavera y que persistieron hasta otoño tardío en el área de distribución natural de las especies (a 90, 350 y 520 m), y hasta el final del verano en los sitios localizados a 1600 y 1960 m, estimularon la germinación y el crecimiento de plantas. Lo que provocó que las especies *Caesalpinia mexicana*, *Cordia boissieri*, *Ebenopsis ebano* y *Melia azederach* presentaran altos promedios de emergencia de plántulas, de crecimiento y de producción de hojas, dentro de su área de distribución natural (a 90, 350 y 520 m) y por encima de ésta (a 1600 m) principalmente en el ensayo de primavera del 2004. En contraste a nuestros resultados de germinación, los estudios de Pérez-García *et al.* (1995), Escudero *et al.* (1997), y Pérez-García & González-Benito (2005); encontraron que las bajas temperaturas (alrededor de 15° C), estimularon la germinación de semillas de especies de plantas del Mediterráneo.

Para los ensayos con riego se pronosticaban altos promedios de germinación, crecimiento de plantas y producción de hojas en los cinco sitios de nuestra investigación, en los cuatro ensayos; acorde a los pronósticos del calentamiento global, los cuales mencionan desplazamiento altitudinal del clima. Sin embargo, las bajas temperaturas, que se presentaron al final del verano a 1600 m pero principalmente a 1960 m fueron el principal factor que limitó la germinación, el crecimiento y la producción de hojas en estas dos elevaciones. Estas dos elevaciones se encuentran fuera del área de distribución natural de las especies. Con

respecto al crecimiento de plantas y producción de hojas, los estudios de Gifford (1992), Myneni *et al.* (1997) y Morison & Lawlor (1999), mencionan que a bajas temperaturas, el crecimiento de la planta podría no ser estimulado por incrementos de CO₂.

De acuerdo a Chuine *et al.* 2000, Chuine & Beaubien (2001) y Phoenix *et al.* (2001), el crecimiento de las plantas y la producción de hojas, son funciones de la fenología, la cual es una característica de las plantas que determina el área de distribución de especies. Por lo tanto; la germinación de plantas, el crecimiento y la producción de hojas de las plantas, dentro de su área de distribución natural (a 90, 350 y 520 m) y por encima de ésta (a 1600 m), muestran el potencial de estas especies para ampliar sus áreas de distribución.

En el segundo experimento, las semillas dependieron de condiciones naturales para su germinación y supervivencia. Por lo tanto; la emergencia de plántulas se presentó asociada a las lluvias de temporada, que se presentaron principalmente a finales del verano y otoño temprano, aunque unas pocas semillas germinaron en primavera. Los mayores porcentajes de emergencia de plantas se presentaron cuando las semillas fueron sembradas en la primavera del 2004, con altos porcentajes en altitudes (90, 350 y 520 m) bajo el área de distribución natural de las especies y por encima a 1600 m. Los resultados de emergencia de plántulas en altitudes (90, 350 y 520 m), bajo el área de distribución natural de las especies, coinciden con lo resultados de los estudios de Flores & Jurado (1998), Jurado *et al.* (1998), Jurado *et al.* (2000), García & Jurado (2003), Jurado *et al.* (2006), los cuales mencionan que una gran proporción de especies de matorral germinan en verano y otoño temprano y algunas en primavera, coincidiendo con los meses de mayor precipitación pluvial. Al respecto Smith *et al.* (2000) menciona que la cantidad de lluvias y duración

determina la emergencia de plántulas. Las temporadas de otoño 2003 y otoño 2004, presentaron menores porcentajes de emergencia de plántulas en todas las elevaciones pero principalmente a 1600 y 1960 m. En estas altitudes las bajas temperaturas inhibieron la germinación, lo que coincide con lo reportado por Thompson & Grime (1983), Hilhorst & Karssen (2000) y Flores & Briones (2001).

Después de la emergencia, las plántulas deberán transitar hacia su establecimiento. El periodo de tiempo entre germinación de semilla y establecimiento de planta, es considerado uno de los más vulnerables en el ciclo de vida de las plantas (Harper 1977; Kitajima & Fenner 2000), debido a factores abióticos y bióticos que pueden afectar el establecimiento de especies, tales como: sitios seguros en el hábitat (Harper 1977; Grime 1979; Oswald & Neuenschwander 1993; Flores *et al.* 2004); variación del ambiente (Tilman 1982; Davis 1991), cantidad de mantillo (Facelli & Pickett 1991; Molofsky & Augspurger 1992), luz (Kobe *et al.* 1995; Nicotra *et al.* 1999), temperatura y agua aprovechable (Collingham *et al.* 2000), microtopografía (Augspurger 1984; Huenneke & Sharitz 1986), características físicas y químicas del suelo (Herrera 2002), arribo de semillas (Dalling *et al.* 2002; Russo & Augspurger 2004), presión por herbívoros (Ostfeld & Canham 1993; Gómez *et al.* 2003; Valiente-Banuet & Ezcurra 1991) y patógenos (Augspurger 1983; Packer & Clay 2000), competencia con herbáceas (De Steven 1991), cantidad de lluvias y duración (Smith *et al.* 2000).

De acuerdo a Hulme (2005), se espera que bajo los efectos del cambio climático los ecosistemas semiáridos (como el noreste de México) sean especialmente sensibles a cambios en los regimenes de lluvias; pues en estos ecosistemas el agua aprovechable determina la productividad de la vegetación (Mwalyosi 1992; O'Connor 1994; Robertson *et al.* 2001). El establecimiento de plántulas es un suceso raro y ocasional, debido principalmente a las rigurosas condiciones del

ambiente, como temperaturas extremas, alta intensidad de la radiación solar y bajas precipitaciones (Nobel 1980, 1988; Franco & Nobel 1989; Valiente-Banuet & Ezcurra 1991; Flores & Jurado 2003), además de la depredación por herbívoros (Suzán *et al.* 1994; Mandujano *et al.* 1998; Flores *et al.* 2004) y a la competencia con otras plantas (McAuliffe 1984; Van Auken & Bush 1990; Swank & Oechel 1991; Callaway & Walker 1997). Todo lo anterior convierte la supervivencia de plántulas en una etapa crítica para el establecimiento de la planta. Nuestros resultados muestran mayor supervivencia de plántulas de las semillas sembradas durante la primavera de 2004; debido principalmente a que en esta temporada se presentaron mayores precipitaciones. En nuestro estudio la supervivencia de plántulas estuvo limitada por las altas temperaturas y la probable falta de humedad en el terreno en el verano, y la combinación de bajas temperaturas y carencia de humedad en invierno. Según Clark *et al.* (1998) y Beckage & Clark (2005), la falta de precipitaciones limitan la supervivencia de plantas. Además; Schupp & Frost (1989), Notman *et al.* (1996), Flores *et al.* (2004), mencionan que la supervivencia de plántulas es altamente dependiente del hábitat, aunque las preferencias de hábitat difieren entre especies, lo que pudiera explicar las diferencias de supervivencia entre las especies del presente estudio. Los resultados del presente estudio muestran que además del agua (Valiente-Banuet & Ezcurra 1991; Flores *et al.* 2004), otros factores que determinaron la supervivencia de plántulas de este estudio y al mismo tiempo limitaron el establecimiento de plantas fueron: las altas temperaturas (Nobel 1980; Potter *et al.* 1986; Baskin & Baskin 1998), y la alta radiación solar (Salisbury 1942, 1974; Baker 1972; Nobel 1980, 1988; McAuliffe 1984; Franco & Nobel 1989; Valiente-Banuet & Ezcurra 1991; Jurado & Westoby 1992; Flores *et al.* 2004).

En la década de los 80s, los estudios publicados mostraban que el enriquecimiento del CO₂ atmosférico tendría un impacto benéfico en el

crecimiento y desarrollo de las plantas (Kimball 1983; Sionit & Kramer 1986; Eamus & Jarvis 1989). En contraste, estudios posteriores han reportado que las plantas no pueden mantener las aceleradas tasas de la fotosíntesis por largos periodos de tiempo, y reducciones sustanciales de la fotosíntesis, pueden ocurrir días o semanas después de la exposición inicial a altos niveles de CO₂ (Arp 1991; Bowes 1991; Thomas & Strain 1991; Sage 1994). Además, los estudios realizados por Bazzas (1990) y Julkunen *et al.* (1993), mostraron que las elevadas concentraciones de CO₂, alteran la composición de los tejidos de las plantas y sus secreciones, y causan *modificaciones en las características fisiológicas de las plantas.*

En el presente estudio, el crecimiento de plantas y la producción de hojas de las especies estudiadas presentaron altos promedios en las áreas de distribución de las especies (90, 350 y 520 m) en los cuatro ensayos, pero principalmente en el ensayo de primavera de 2004. Por otra parte, el crecimiento y la producción de hojas fueron limitados por las bajas temperaturas, que afectaron principalmente las plántulas que germinaron en otoño de 2003 y 2004, en las altitudes de 1600 y 1960 m. Con relación a lo anterior, los estudios de Gifford (1992), Pinter *et al.* (1996, 1997), Myneni *et al.* (1997), mencionan que los efectos del cambio climático pueden afectar la longitud del crecimiento estacional y de acuerdo a lo encontrado por Callaway *et al.* (1994) y Jitla *et al.* (1997), afectar también los patrones de asignación de biomasa. Nuestros resultados muestran altos promedios de crecimiento y producción de hojas de las cuatro especies estudiadas a 1600 m, en el ensayo de primavera de 2004, debido probablemente a la combinación de lluvias de verano y altas temperaturas que fueron declinando hasta que se presentaron temperaturas templadas, que de acuerdo a Rawson (1988), estimulan el crecimiento y la producción de hojas.

Nuestras expectativas de los dos experimentos anteriores fueron: encontrar mayores promedios de emergencia de plántulas, supervivencia,

crecimiento y producción de hojas por encima de las áreas de distribución natural de las especies estudiadas. Tales expectativas, de acuerdo a los resultados encontrados en ambos experimentos, no se cumplieron. No obstante; los promedios de germinación, supervivencia, crecimiento y producción de hojas a 1600 m de las especies nativas, indican que el desplazamiento de las especies hacia mayores elevaciones es probable. Sin embargo, los bajos porcentajes de germinación registrados, y la alta mortalidad de plántulas del segundo estudio, sugieren que no es recomendable el establecimiento de plantaciones por semillas directamente sembradas en el suelo, en las cinco elevaciones estudiadas.

Las interacciones entre las plantas determinan en gran proporción la composición y estructura de las comunidades de plantas (Roughgarden & Diamond 1986). Estas interacciones incluyen una serie de efectos positivos y negativos que ejercen las plantas en forma simultánea (Aguiar *et al.* 1992; Pugnaire *et al.* 1996; Holzapfel & Mahall 1999). La magnitud de las interacciones puede cambiar de acuerdo al estadio de vida de la planta (Valiente-Banuet *et al.* 1991; Aguiar *et al.* 1992; Rousset & Lepart 2000), o por la intensidad de severos factores abióticos del ecosistema (Bertness & Callaway 1994; Holzapfel & Mahall 1999; Tielbörger & Kadmon 2000; Tewksbury & Lloyd 2001; Callaway *et al.* 2002), como los que se presentan en ambientes áridos y semiáridos. En estos ambientes, el establecimiento de plántulas está limitado por las condiciones extremas del ambiente; o bien, el establecimiento de plántulas sucede en sitios seguros bajo la copa de plantas nodriza, en donde se tiene un microambiente más benigno (Tielbörger & Kadmon 2000; Tewksbury & Lloyd 2001). Este fenómeno parece ocurrir más frecuentemente en ambientes áridos y semiáridos (Pugnaire & Luque 2001; Tewksbury & Lloyd 2001; Flores & Jurado 2003) como los del noreste de México.

En el tercer experimento, la emergencia de los tres grupos de plantas bajo las tres plantas nodrizas presentó dos tendencias. En la primera, la emergencia para plántulas gramíneas y otras herbáceas

ocurrió principalmente en primavera y a finales del verano y otoño temprano, posterior a los periodos de alta precipitación. En la segunda, la emergencia de plántulas leñosas se presentó principalmente a finales del verano y principios del otoño, similar a la emergencia de plántulas del capítulo III de esta tesis. Esto indica al menos dos estrategias entre las tres formas de vida para iniciar su germinación y establecimiento. Estos resultados concuerdan con lo encontrado por Jurado *et al.* (1998) y García & Jurado (2003), para estas tres formas de vida del matorral tamaulipeco.

El efecto nodriza-protégida favoreció la mayor emergencia de plántulas leñosas, gramíneas y otras herbáceas bajo la copa de la planta nodriza *Ebenopsis ebano* en las altitudes de 90, 350 y 540 m. El arbusto probablemente favoreció el desarrollo y el crecimiento de las plántulas que germinaron bajo su copa. De acuerdo al estudio de Franco & Nobel (1988), las plantas adultas facilitan la germinación y establecimiento de otra especie debido a que los suelos bajo plantas nodrizas comúnmente tienen más nutrientes que en áreas abiertas, lo que genera condiciones benignas para emergencia y supervivencia de plantas (García-Moya & McKell 1970; Pugnaire *et al.* 2004; Tirado & Pugnaire 2003). Además, la sombra bajo la planta nodriza reduce la temperatura y la evaporación de agua del suelo (Domingo *et al.* 1999; Nobel 1980; Fuentes *et al.* 1984; Vetaas 1992; Moro *et al.* 1997; Flores *et al.* 2004).

La alta emergencia de gramíneas (altitudes de 90, 350 y 540 m) y leñosas (altitudes de 90, 350, 540 y 670 m) bajo *Cordia boissieri*, pudo ser el resultado de asociaciones con otras especies del matorral, lo que provocó traslape de follaje en el espacio aéreo (observación personal), con probables interacciones bajo el suelo. Estas asociaciones pudieron incrementar la cantidad de agua o los nutrientes aprovechables (Bertness & Callaway 1994; Callaway & Walker 1997; Brooker & Callaghan 1998), y generar condiciones favorables en el terreno para la germinación y el establecimiento de plántulas.

Los más bajos promedios de emergencia y supervivencia de plántulas de los tres grupos de plantas se presentaron bajo *Caesalpinia mexicana*, debido probablemente a menor cobertura y altura de planta, lo que pudiera provocar mayor incidencia de radiación solar y más estrés ambiental para las plántulas emergidas bajo su copa.

La supervivencia de plántulas gramíneas fue mayor bajo *Ebenopsis ebano* (altitudes de 90, 350 y 540 m). Las plántulas herbáceas sobrevivieron mejor bajo *Ebenopsis ebano* (altitudes de 90, 350 y 540 m) y *Cordia boissieri* (altitudes de 350, 540 y 670 m). La supervivencia de plántulas leñosas fue mejor bajo *Ebenopsis ebano* (altitudes de 90, 350 y 540 m) y *Cordia boissieri* (altitudes de 350, 540 y 670 m). Las variaciones del ambiente y la sequía principalmente fueron los factores involucrados en la mortalidad de plántulas, lo cual coincide con los resultados de los estudios de Turner (1990), Canham (1989), Briede & McKell (1992), Jones & Sharitz (1998) y Escudero *et al.* (1999). La mortalidad de plántulas de los tres grupos de plantas pudo ser limitada por los efectos positivos de germinar bajo la copa de plantas nodrizas arbustivas, debido probablemente a los efectos positivos de las plantas nodrizas sobre la sobrevivencia de plántulas (Egerton *et al.* 2000; Tewksbury & Lloyd 2001; Pugnaire *et al.* 1996, Holzapfel & Mahall 1999).

Las diferencias mostradas entre *Ebenopsis ebano* y *Cordia boissieri*, para favorecer la emergencia y supervivencia de plantas de los tres grupos de plantas entre elevaciones, muestran probables diferencias entre especies nodrizas, como la que encontró Rousset & Lepart (2000), entre los arbustos *Buxus sempervirens* y *Juniperus communis*.

Se esperaba que bajo *Ebenopsis ebano*, por su gran aporte de materia orgánica del suelo, se presentara mayor germinación y supervivencia de los tres grupos de plantas, sin embargo esto no sucedió

principalmente a 670 m. Los bajos promedios de emergencia de plántulas gramíneas, otras herbáceas y leñosas bajo *Ebenopsis ebano* a 670 m, pudieron deberse a menores promedios de altura y cobertura que esta especie presentó en esta altitud.

Conclusiones

Capítulo II

¿La germinación de semillas de las cuatro especies a los 45 días ocurre de manera similar en sus áreas de distribución actual y en altitudes superiores a estas?

Se encontraron diferencias entre especies. Para *Caesalpinia mexicana* los mayores promedios de emergencia de plántulas se presentaron a 90, 350, 520 y 1600 msnm. La especie *Cordia boissieri* alcanzó mayores promedios de emergencia de plántulas a 520 y 1600 m. El mayor promedio de emergencia de plántulas de *Ebenopsis ebano* se presentó a 350 msnm. Mientras que *Melia azederach* presentó mayores promedios de emergencia de plántulas a 90 y 520 msnm.

¿El crecimiento y la producción de hojas por especie, se presenta de manera similar en todas las elevaciones?

Se encontraron diferencias entre especies. La especie *Caesalpinia mexicana* presentó los más altos valores de crecimiento y producción de hojas a 90, 350, 520 y 1600 msnm. Las plantas de *Cordia boissieri* fueron más altas a 350 y 520 m, y produjeron más hojas a 90, 350, 520 y 1600 m. El crecimiento de plántulas de *Ebenopsis ebano* fue mayor en las altitudes de 90, 350, 520 y 1600 m, y la producción de hojas de esta especie fue alta en las cinco elevaciones estudiadas. El crecimiento de plántulas de *Melia azederach* fue superior a 90, 350 y 520 m, y la producción de hojas fue mayor a 520 m. En general el crecimiento de plántulas y la producción de hojas se presentaron principalmente dentro del área de distribución natural de las especies (altitudes de 90, 350 y 520 m) y por encima a 1600 m.

¿Cuáles son las altitudes con potencial para el establecimiento de plantaciones de estas especies?

Las altitudes dentro del área de distribución de especies (90, 350 y 520 m), presentaron condiciones aptas para la producción de plantas, las cuales pudieran utilizarse en programas de reforestación y restauración de ecosistemas. La producción de plantas puede iniciar en primavera hasta verano. A 1600 m es recomendable el inicio de producción de plantas en primavera. A 1960 m no se recomienda la producción de plantas de estas especies como plantaciones forestales.

Capítulo III

¿Dónde se presenta mayor emergencia de plántulas de las cuatro especies? ¿En sus áreas de distribución actual? ¿En elevaciones superiores a sus áreas actuales de distribución? ¿Dónde se presentan los porcentajes más bajos de emergencia de plántulas? ¿Cuál es la temporada de emergencia de plántulas de las cuatro especies en las cinco elevaciones?

Se encontraron diferencias entre especies. Para *Cordia boissieri* los mayores porcentajes de germinación se presentaron en las elevaciones de 90, 350, 520 y 1600 msnm. Las especies *Caesalpinia mexicana* y *Ebenopsis ebano* presentaron mayor germinación a 90, 350, 520 y 1600 msnm, y *Melia azederach* presentó mayores promedios de germinación a 90, 350 y 520 msnm. Los menores porcentajes de emergencia de plántulas se registraron a 1960 m. En general, la emergencia de plántulas de las cuatro especies se presentó en verano y otoño temprano. La mejor temporada de emergencia de plantas la presentaron las semillas que fueron sembradas durante la primavera de

2004, cuyas semillas registraron la mayor emergencia de plántulas en verano y otoño temprano.

¿Dónde se presentan mayores porcentajes de sobrevivencia de plántulas de las cuatro especies? ¿En sus áreas de distribución actual? ¿En elevaciones superiores a sus áreas actuales de distribución?

Se encontraron diferencias entre especies. La supervivencia de plántulas de *Caesalpinia mexicana* y *Ebenopsis ebano* fue mayor a 90, 350, 520 y 1,600 msnm. Las especies *Cordia boissieri* y *Melia azederach* presentaron mayor supervivencia de plantas a 520 y 1,600 msnm. Las cuatro especies presentaron mayor supervivencia de plántulas en sus áreas actuales de distribución. Las especies *Cordia boissieri* y *Melia azederach* presentaron también alta supervivencia a 1600 m.

¿Dónde se presenta mayor crecimiento de plantas y producción de hojas por especie? ¿En sus áreas de distribución actual? ¿En elevaciones superiores a sus áreas actuales de distribución?

Se encontraron diferencias entre especies. Para *Caesalpinia mexicana* el crecimiento fue mayor a 90, 350, 520 y 1600 msnm, y presentó mayor producción de hojas a 520 y 1600 m. La especie *Cordia boissieri* alcanzó mayor longitud a 1600 m y produjo más hojas a 520 y 1600 m. El crecimiento y la producción de hojas de *Ebenopsis ebano* fueron mayores a 90, 350, 520 y 1600 msnm, mientras que *Melia azederach* presentó mayores promedios de longitud de planta y producción de hojas a 520 y 1600 msnm.

¿Es conveniente realizar plantaciones de las especies estudiadas con semillas sembradas? ¿En sus áreas de distribución originales? ¿O por encima de sus elevaciones originales?

Los porcentajes de germinación registrados y la alta mortalidad de plántulas del presente estudio sugieren que el establecimiento de plantaciones por semilla sembrada al suelo, en las cinco elevaciones estudiadas, en condiciones de campo, no es recomendable.

Capítulo IV

¿La emergencia de semillas de los tres grupos funcionales de plantas (gramíneas, otras herbáceas y leñosas) ocurre de manera similar bajo la cobertura de las tres especies en las cuatro elevaciones?

Se encontraron diferencias entre especies. Los mayores promedios de emergencia de plántulas gramíneas se registraron bajo *Cordia boissieri* y *Ebenopsis ebano* a 90, 350 y 540 msnm. La emergencia de plántulas herbáceas fue mayor bajo *Ebenopsis ebano* en altitudes de 90, 350 y 540 msnm. La emergencia de plántulas leñosas fue mayor bajo *Cordia boissieri* (altitudes de 90, 350, 540 y 670 m) y *Ebenopsis ebano* (altitudes de 90, 350 y 540).

¿Cuáles son las temporadas de emergencia de plántulas de los tres grupos de plantas en las cuatro elevaciones?

La emergencia de plántulas gramíneas y otras herbáceas se presentó en dos temporadas, en primavera y al término del verano y principios de otoño. Las plántulas leñosas emergieron principalmente a finales de verano y otoño temprano.

¿La supervivencia de plántulas de los tres grupos de plantas ocurre de manera similar bajo la cobertura de las tres especies, en los cuatro ambientes?

Se encontraron diferencias entre especies. La supervivencia de plántulas gramíneas fue mayor bajo *Ebenopsis ebano* (altitudes de 90, 350 y 540 m). La supervivencia de plántulas herbáceas fue más alta bajo *Ebenopsis ebano* (altitudes de 90, 350 y 540 m) y *Cordia boissieri* (altitudes de 350, 540 y 670 m). La mayores porcentajes de supervivencia de plántulas leñosas se presentaron bajo *Ebenopsis ebano* (altitudes de 90, 350 y 540 m) y *Cordia boissieri* (altitudes de 350, 540 y 670 m).

¿Cuales son las temporadas críticas de supervivencia de plántulas de los tres grupos de plantas?

Las temporadas críticas para la supervivencia de los tres grupos funcionales de plantas bajo las tres especies en las cuatro altitudes, se presentaron a lo largo del verano y en invierno.

Referencias

- Abu-Asab, M.S., Peterson, P.M., Shetler, S.G. & Orli, S.S. (2001) Earlier plant flowering in spring as a response to global warming in the Washington, DC, area. *Biodiversity and Conservation*. 10 (4), 597-612.
- Aguiar, M.R., Soriano, A. & Sala, O.E. (1992) Competition and facilitation in the recruitment of seedlings in Patagonian steppe. *Functional Ecology*, 6, 66 –70.
- Alanís, G. (1981) Aprovechamiento de la flora nativa en el estado de Nuevo León. In: González Vicente, C.E., Casas Días, I. & Padilla Ibarra, R. (Editores). Memoria de la Primera Reunión sobre Ecología, Manejo y Domesticación de Plantas Útiles del Desierto. Instituto Nacional De Investigaciones Forestales, SARH, Monterrey. Publicación Especial 31:220-227.
- Alig, R.J., Adams, D.M. & McCarl, B.A. (2002) Projecting impacts of global climate change on the US forest and agricultural sectors and carbon budgets. *Forest Ecology and Management*, 169, 3–14.
- Alvarado, M.A., Foroughbakhch, P.R., Jurado, E. & Rocha, A. (2002) El cambio climático y la fenología de las plantas. *Ciencia UANL*. V, (4), 493–500.
- Anónimo, (2000) Fires in the Southern Cape Peninsula, Western Cape Province, South Africa January 2000. *IFFN*, 22, April: 69-75.
- Anónimo, (1995) Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) Climate change 1995: The Science of Climate Change Houghton, J.T. et al. eds) Cambridge University Press.
- Armas, C. & Pugnaire, F.I. (2005) Plant interactions govern population dynamics in a semi-arid plant community. *Journal of Ecology* 93 (5), 978-989.
- Arntzen, J., Downing, T., Leemans, R., Malcolm, J., Reynard, N., Ringrose, S. & Rogers, D. (1996) Climate Change and Southern Africa: An exploration of some potential impacts in the SADC region. 104 pp. World Wildlife Fund, Climatic Research Unit.
- Arp, W.J. (1991) Effects of source-sink relations on photosynthetic acclimation to elevated CO₂. *Plant Cell and Environment* 14, 869–875.

- Arrhenius, S. (1896) on the influence of carbonic acid in the air upon the temperature of the ground *Philosophy Magazine* 41, 237-276.
- Augspurger, C. (1984) Seedling survival of tropical tree species: interactions of dispersal distance, light-gaps, and pathogens. *Ecology*, 65, 705–1712.
- Augspurger, C. (1983) Seed dispersal of the tropical tree, *Platypodium elegans*, and the escape of its seedlings from fungal pathogens. *Journal of Ecology*, 71, 759–771.
- Baker, H.G. (1972) Seed weight in relation to environmental conditions in California. *Ecology* 53, 997-1010.
- Bannister, P., Maegli, T., Dickinson, K.J.M., Halloy, S.R.P., Knight, A., Lord, J.M., Mark, A.F. & Spencer, K.L. (2005) Will loss of snow cover during climatic warming expose New Zealand alpine plants to increased frost damage? *Oecologia* (144), 2, 245-256.
- Barry, J. Baxter, C., Sagarin, R. & Gilman, S. (1995) Climate related, long-term faunal changes in a Californian rocky intertidal community. *Science* 267, 672-675.
- Baskin, C.C., & Baskin, J.M. (1998) *Seeds: Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination*. San Diego: Academic Press. 666 pp.
- Bazzas, F.A. (1990) The response of natural ecosystems to the rising global CO₂ levels. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 21, 167-196.
- Bazzas, F.A., Jasiensky, M., Thomas, S.C. & Wayne, P. (1995) Microevolutionary responses in experimental populations of plants to CO₂-enriched environments: parallel results from two model systems. *Proceedings of the national Academy of Science USA*, 92, 8161-8165.
- Beckage, B. & Clark, J.S. (2005) Does predation contribute to tree diversity? *Oecologia*, 143, 458–469.
- Beebee, T. (1995) Amphibian breeding and climate. *Nature* 374, 219-220.
- Beerling, D.J. & Woodward, F.I. (1996) In situ gas exchange responses of boreal vegetation to elevated CO₂ and temperature: first season results. *Global Ecology and Biogeography Letters*, 5, 117–127.

- Beniston, M. (1997) Variations of snow depth, and duration in the Swiss Alps over the last 50 years: links to changes in the large scale climatic forcings. *Climatic Change*, 36, 281-300.
- Bertness, M.D. & Callaway, R.M. (1994) Positive interactions in communities. *Trends in Ecology and Evolution*, 9, 191– 193.
- Boer, M.M., Koster, E.A. & Lundberg, H. (1990) Greenhouse impact in Fennoscandia – preliminary findings of a European workshop on the effects of climatic change. *Ambio*, 19, 2 –10.
- Bowes, G. (1991) Growth at elevated CO₂: photosynthetic responses mediated through Rubisco. *Plant, Cell and Environment* 14, 795–806.
- Bret-Harte, M.S., García, E.A., Sacré, V.M., Whorley, JR., Wagner J.L., Lippert, S.C. & Chapin III, S. (2004) Plant and soil responses to neighbour removal and fertilization in Alaskan tussock tundra. *Journal of Ecology*, 92:635–647.
- Briede, J.W., & McKell, C.M. (1992) Germination of seven perennial arid land species, subjected to soil moisture stress, *Journal of Arid Environments*, 23, 263-270.
- Brooker, R.W. & Callaghan, T.V. (1998) The balance between positive and negative plant interactions and its relationship to environmental gradients: a model. *Oikos*, 81, 196 –207.
- Callaghan, T.V. & Jonasson, S. (1995) Arctic terrestrial ecosystems and environmental change. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London A*, 352, 259–276.
- Callaway, R.M., Brooker, R.W., Choler, P., Kikvidze, Z., Lortie, C.J., Michalet, R., Paolini, L., Pugnaire, F.I., Newingham, B., Aschehoug, E.T., Armas, C., Kikodze, D. & Cook, B.J. (2002) Positive interactions among alpine plants increase with stress. *Nature*, 417, 844–848.
- Callaway, R.M. & Walker, L.R. (1997) Competition and facilitation: a synthetic approach to interactions in plant communities. *Ecology*, 78, 1958–1965.
- Callaway, R.M., DeLucia, E.H., Thomas, E.M. & Schlesinger, W.H. (1994) Compensatory responses of CO₂ exchange and biomass allocation and their effects on the relative growth rate of ponderosa pine in different CO₂ and temperature regimes. *Oecologia* 98, 159-166.

- Canham, C.C. (1989) Different responses to gaps among shade-tolerant tree species. *Ecology*, 70, 548-550.
- Carter, D.R. & Peterson, K.M. (1983) Effect a CO₂-enriched atmosphere on the growth and competitive interaction of a C₃ and C₄ grass. *Oecologia*, 58, 188-193.
- Castro, J., Zamora, R., Hódar, J.A. & Gómez, J.M. (2004a) Seedling establishment of a boreal tree species (*Pinus sylvestris*) at its southernmost distribution limit: consequences of being in a marginal Mediterranean habitat. *Journal of Ecology*, 92, 266-277.
- Castro, J., Zamora, R., Hódar, J.A., Gómez, J.M. & Gómez-Aparicio, L. (2004b) Benefits of Using Shrubs as Nurse Plants for Reforestation in Mediterranean Mountains: A 4-Year Study. *Restoration Ecology* 12 (3), 352-358.
- Ceulemans, R. & Mousseau, M. (1994) Tansley review no. 71: effects of elevated atmospheric CO₂ on woody plants. *New Phytologist* 127, 425-446.
- Chuine, I. & Beaubien, E.G. (2001) Phenology is a major determinant of tree species range. *Ecology Letters* 4 (5), 500-510.
- Chuine, I., Belmonte, J. & Mignot, A. (2000) A modelling analysis of the genetic variation of phenology between tree populations. *Journal of Ecology* 88 (4), 561-570.
- Clark, J.S. (1998) Why trees migrate so fast: confronting theory with dispersal biology and the paleorecord. *American Naturalist* 152, 204-224.
- Clark, J.S., Macklin, E. & Wood, L. (1998) Stages and spatial scales of recruitment limitation in southern Appalachian forests. *Ecological Monographs*, 68, 213-235.
- Coats, R., Perez-Losada, J., Schladow, G., Richards, R. & Goldman, C. (2006) The Warming of Lake Tahoe. *Climatic Change* (76), 1-2, 121-148.
- Coe, M.T. & Foley, J.A. (2001) Human and natural impacts on the water resources of the Lake Chad basin, *Journal of Geophysical Research* (Atmospheres), 106, D4; 3349-3356.
- Coley, P.D. (1998) Possible Effects of Climate Change on Plant/Herbivore Interactions in Moist Tropical Forests. *Climatic Change*, (39), 2-3, 455-472.

- Collingham, Y.C., Wadsworth, R.A., Willis, S.G., Huntley, B. & Hulme, P.E. (2000) Predicting the spatial distribution of alien riparian species: issues of spatial scale and extent. *Journal of Applied Ecology*, 37 (Supplement 1), 13–27.
- Cornelissen, J.H.C., Callaghan, T.V., Alatalo, J. M., Michelsen, A., Graglia, E., Hartley, A.E., Hik, D.S., Hobbie, S.E., Press, M.C., Robinson, C.H., Henry, G.H.R., Shaver, G.R., Phoenix, G.K., Gwynn Jones, D., Jonasson, S., Chapin, F.S., Molau, U., Neill, C., Lee, J.A., Melillo, J.M., Sveinbjörnsson, B. & Aerts, R. (2001) Global change and arctic ecosystems: is lichen decline a function of increases in vascular plant biomass? *Journal of Ecology*, 89 (6), 984–994.
- Crick, H.C., Dudley, D.G. & Thomson, D. (1997) UK birds are laying eggs earlier. *Nature* 388, 526.
- Cullen, L.E., Stewart, G.H., Duncan, R.P. & Palmer, J.G. (2001) Disturbance and climate warming influences on New Zealand *Nothofagus* tree-line population dynamics. *Journal of Ecology*, 89 (6), 1061–1071.
- Curtis, P.S. & Wang, X. (1998) A meta-analysis of elevated CO₂ effects on woody plant mass, form, and physiology. *Oecologia* 113, 299–313.
- Curtis, P.S. (1996) A meta-analysis of leaf gas exchange and nitrogen in trees grown under elevated carbon dioxide. *Plant, Cell and Environment* 19, 127–137.
- Curtis, P.S., Drake, B.G., Leadley, P.W., Arp, W.J. & Whigham, D.F. (1989) Growth and senescence in plant communities exposed to elevated CO₂ concentrations on an estuarine marsh. *Oecologia*, 78, 20–26.
- Dalling, J.W., Muller-Landau, H.C., Wright, S.J. & Hubbell, S.P. (2002) Role of dispersal in the recruitment limitation of neotropical pioneer species. *Journal of Ecology*, 90, 714–727.
- Davis, M., Pritchard, S., Mitchell, R., Prior S., Rogers, H. & Runion, B. (2002) Elevated atmospheric CO₂ affects structure of a model regenerating longleaf pine community. *Journal of Ecology*, 90, 130–140.
- Davis, M.B. (1986) Climatic instability, time lags and community disequilibrium. *Community Ecology* (eds J. Diamond & T. J. Case), pp. 269–284. Harper & Row, New York.
- Davis, S. D. (1991) Lack of niche differentiation in adult shrubs implicates the importance of the regeneration niche.- *Trends in Ecology and Evolution*. 6: 272–274.

- De Steven, D. (1991) Experiments on mechanisms of tree establishment in old-field succession: seedling survival and growth. *Ecology*, 72, 1076–1088.
- Díaz, S., Fraser, L.H., Grime, J.P. & Falczuk, V. (1998) The impact to elevated CO₂ on plant-herbivore interactions: experimental evidence of moderating effects at the community level. *Oecologia* 117, 177-186.
- Dirnböck, T., Dullinger, S. & Grabherr, G. (2003) A regional impact assessment of climate and land-use change on alpine vegetation. *Journal of Biogeography*, 30, 401-417.
- Domingo, F., Villagarcía, L., Brenner, A.J. & Puigdefábregas, J. (1999) Evapotranspiration model for semi-arid shrub-lands tested against data from SE Spain. *Agricultural and Forest Meteorology*, 95, 67–84.
- Dorrepaal, E., Cornelissen, J.H.C., Aerts, R., Wallén, B. & Van Logtestijn, R.S.P. (2005) Are growth forms consistent predictors of leaf litter quality and decomposability across peatlands along a latitudinal gradient. *Journal of Ecology*, 93 (4), 817-828.
- Eamus, D. & Jarvis, P.G. (1989) The direct effects of increase in the global atmospheric CO₂ concentration on natural and commercial temperate trees and forests. *Advances in Ecological Research* 19, 1–55.
- Egerton, J.J.G., Banks, J.C.G., Gibson, A., Cunningham, R.B. & Ball, M.C. (2000) Facilitation of seedling establishment: Reduction in irradiance enhances winter growth of *Eucalyptus pauciflora*. *Ecology* 81, 1437–1449.
- Epstein, P., Diaz, H., Elías, S.G., Grabherr, G., Graham, N., Martens, W., Thompson, E.M. & Susskind, J. (1998) Biological and physical signs of climate change: focus on mosquito borne diseases. *Bulletin of the American Meteorological Society* 79, 409-417.
- Epstein, P. (1997) Climate, ecology and human health. *Consequences* 3, 319.
- Escudero, A., Somolinos, R.C., Olano, J.M. & Rubio, A. (1999) Factors controlling the establishment of *Hellianthemum squamatum* and edemic gypsophile of semi-arid Spain. *Journal of Ecology*, 87, 290-302.

- Escudero, A., Carnes, L.F. & Pérez-García, F. (1997) Seed germination of gypsophytes and gypsums in semi-arid central Spain. *Journal of Arid Environment* 36, 487-497.
- Estrada, E. & Marroquín, J. (1991) Leguminosas en el centro-sur de Nuevo León. Facultad de Ciencias Forestales. UANL. Rep. Cient. No. 10 (especial), Linares N.L. México, 258 pp.
- Facelli, J.M. & Pickett, S.T.A. (1991) Plant litter: its dynamics and effects on plant community structure. *Botanical Review*, 57, 1-25.
- Fenner, M. & Thompson, K. (2005) *The Ecology of Seeds*. Cambridge University Press, Cambridge. 250 pp.
- Fischer, M., Matthies, D. & Schmidet, B. (1997) Responses of rare calcareous grassland plants to elevated CO₂: a field experiment with *Gentianella germanica* and *Gentiana cruciata*. *Journal of Ecology* 85, 681-691.
- Flores, J., Briones, O., Flores, A. & Sánchez-Colón, S. (2004) Effect of predation and solar exposure on the emergence and survival of desert seedlings of contrasting life-forms. *Journal of Arid Environments*. 58, 1-18.
- Flores, J. & Jurado, E. (1998) Germination and early growth traits of 14 plant species native to northern Mexico. *Southwestern Naturalist* 43, 40-46.
- Flores, J. & Jurado, E. (2003) Are nurse-protége interactions more common among plants from arid environments? *Journal of Vegetation Science*, 14, 911-916.
- Flores, J. & Briones, O. (2001) Plant life-form and germination in a Mexican inter-tropical desert: effects of soil water potential and temperature. *Journal of Arid Environment* 47, 485-497.
- Floros, C.D., Samways, M.J. & Armstrong, B. (2004) Taxonomic patterns of bleaching within a South African coral assemblage. *Biodiversity and Conservation* 13 (6), 1175 - 1194.
- Foroughbakhch, P.R. (1989) Tratamiento a la semilla de catorce especies de uso múltiple de zonas de matorral y su influencia en la germinación. Rep. Cient. No. 11, Facultad de Ciencias Forestales, UANL, Linares N.L. México. 20 pp.
- Fowbert, J.A. & Smith, R.I.L. (1994) Rapid population increases in native vascular plants in the Argentine Islands, Antarctic Peninsula. *Arctic and Alpine Research*, 26, 3, 290-296.

- Franco, A.C. & Nobel, P.S. (1988) Interactions between seedlings of *Agave deserti* and the nurse plant *Hilaria rigida*. *Ecology*, 69, 1731–1740.
- Franco, A.C. & Nobel, P.S. (1989) Effect of nurse plants on the microhabitat and growth of cacti. *Journal of Ecology* 77, 870-886.
- Franco, A.C. & Nobel, P.S. (1990) Influences of root distribution and growth on predicted water uptake and interspecific competition. *Oecologia* 82 (2), 151 – 157.
- Frenot, Y., Gloaguen, J.C., Picot, G., Bougère, J. & Benjamin, D. (1993) Azorella selago Hook. used to estimate glacier fluctuations and climatic history in the Kerguelen Islands over the last two centuries. *Oecologia* (95), 1, 140-144.
- Fuentes, E.R., Otaiza, R.D., Alliende, M.C., Hoffmann, A. & Poiani, A. (1984) Shrub clumps of the Chilean matorral vegetation: structure and possible maintenance mechanisms. *Oecologia*, 62, 405–411.
- Fuentes, E.R., Hoffmann, A.J., Poiani, A. & Alliende, M.C. (1986) Vegetation change in large clearings: Patterns in the Chilean matorral. *Oecologia* 68 (3), 358 – 366.
- Gamache, I. & Payette, S. (2005) Latitudinal response of subarctic tree lines to recent climate change in eastern Canada. *Journal of Biogeography* 32 (5), 849-862.
- Gamache, I. & Payette, S. (2004) Height growth response of tree line black spruce to recent climate warming across the forest-tundra of eastern Canada. *Journal of Ecology* 92 (5), 835-845.
- García, J. & Jurado, E. (2003) Influence of plant cover on germination in matorral in northeastern Mexico. *Forest Ecology and Management*, 177, 11-16.
- García-Moya, E. & McKell, C.M. (1970) Contribution of shrubs to the nitrogen economy of a desert-wash plant community. *Ecology*, 51, 81– 88.
- Ghannoum, O., Von Caemmerer, S., Barlow, E.W.R. & Conroy, J.P. (1997) The effect of CO₂ enrichment and irradiance of the growth morphology and gas exchange of a C₃ (*Panicum laxum*) and a C₄ (*Panicum antidotale*) grass. *Australian Journal of Plant Physiology* 24, 227-237.

- Gifford, R.M. (1992) Interaction of carbon dioxide with growth limiting environmental factors in vegetation productivity: implications for the global carbon cycle. *Advances in Bioclimatology* 1, 24-58.
- Gómez, J.M., García, D. & Zamora, R. (2003) Impact of vertebrate acorn- and seedling-predators on a Mediterranean *Quercus pyrenaica* forest. *Forest Ecology and Management*, 180, 125–134.
- González, M., Jurado E., González, S., Aguirre, O., Jiménez, J. & Navar, J. (2003) Cambio climático mundial, origen y consecuencias. *Ciencia UANL* VI, (3), 377–385.
- Grabherr, G., Gottfried, M., Gruber, A. & Pauli, H. (1995) Patterns and current changes in alpine plant diversity. In: Chapin FS III, Körner Ch (eds) *Arctic and Alpine Biodiversity*. Springer, Berlin Heidelberg New York, pp 167–181.
- Grabherr, G., Gottfried, M. & Pauli, H. (1994) Climate effects on mountain plants. *Nature* 369, 448.
- Grace, J. (1997) The oceanic tree-line and the limit for tree growth in Scotland. *Botanical Journal of Scotland*, 49, 223–236.
- Graetz, R.D. (1991) The nature and significance of the feedback of changes in terrestrial vegetation on global atmospheric and climatic change. *Climatic Change*, (18), 2-3, 147-173.
- Grime, J.P. (1979) *Plant strategies and vegetation processes*. Chichester/NY: Wiley. 222 pp.
- Gunderson, C.A. & Wullschleger, S.D. (1994) Photosynthetic acclimation in trees to rising atmospheric CO₂: a broader perspective. *Photosynthesis Research* 39, 369–388.
- Haeberly, W. & Beniston, M. (1998) Climate change and its impacts on glaciers and permafrost in the alps. *Ambio* 27, 258-265.
- Hanley, M.E. & Fenner, M. (1997) Seedling growth of four fire-following Mediterranean plant species deprived of single mineral nutrients. *Functional Ecology* 11 (3), 398-405.
- Harper, J.L. (1977) *Population Biology of Plants*. Academic Press, London.
- Harrington, R., Wolwood, L.I. & Sparks, T. (1999) Climate change and trophic interactions. *Trends in Ecology and Evolution* 14, 146-150.

- Hastwell, G.T. & Facelli, J.M. (2003) Differing effects of shade-induced facilitation on growth and survival during the establishment of a chenopod shrub. *Journal of Ecology* 91, (6), 941-950.
- Heiseke, D. & Foroughbakhch, R. (1985) El Matorral Como Recurso Forestal. Reporte Científico No. 1. Facultad de Silvicultura y Manejo de Recursos Naturales, U.A.N.L., Linares N.L. México, 31 pp.
- Hepper, F.N. (2003) Phenological records of English garden plants in Leeds (Yorkshire) and Richmond (Surrey) from 1946 to 2002. An analysis relating to global warming. *Biodiversity and Conservation*, 12 (12), 2503 – 2520.
- Herrera, C.M. (2002) Topsoil properties and seedling recruitment: stage-dependence and spatial decoupling of influential parameters. *Oikos*, 97, 260 –270.
- Hewitt, N. & Kellman, M. (2002) Tree seed dispersal among forest fragments: I. Conifer plantations as seed traps. *Journal of Biogeography* 29, 337–349.
- Higgins, S.I., Clark, J.S., Nathan, R., Hovestadt, T., Schurr, F., Fragoso, J.M.V., Aguiar, M.R., Ribbens, E. & Lavorel, S. (2003) Forecasting plant migration rates: managing uncertainty for risk assessment. *Journal of Ecology* 91, 341-347.
- Hilhorst, H.W.M. & Karssen, C.M. (2000) Effect of chemical environment on seed germination. En: M. Fenner (Editor), *Seeds: the Ecology of Regeneration in plant communities*, 2nd edn, pp.293-310. CAB International Publishing, Wallingford, UK.
- Hofgaard, A. (1997) Inter-relationships between treeline position, species diversity, land use and climate change in the central Scandes Mountains of Norway. *Global Ecology and Biogeography Letters*, 6, 357– 368.
- Holten, J.I. & Carey, P.D. (1992) Responses of climate change on natural terrestrial ecosystems in Norway. NINA Forskningsrapport, 29, 1–59.
- Holtmeier, F.K. & Broll, G. (2005) Sensitivity and response of northern hemisphere altitudinal and polar treelines to environmental change at landscape and local scales. *Global Ecology & Biogeography* 14 (5), 395-410.

- Holzappel, C. & Mahall, B.E. (1999) Bidirectional facilitation and interference between shrubs and annuals in the Mojave desert. *Ecology*, 80, 1747–1761.
- Houghton, J.T., Callander, B.A. & Varney, S.K. (1990) *Climate Change: The IPCC Scientific Assessment*. Cambridge University Press. pp. 365.
- Houghton, J.T., Callander, B.A. & Varney, S.K. (1992) *Climate Change 1992: The Supplemental Report to the IPCC Scientific Assessment*. Cambridge University Press. pp. 200.
- Houghton, J.E.T., Ding, Y., Griggs, D.J., Noguera, M., Van Der Linden, P.J., Dai, X., Maskell, K. & Johnson, C.A. (2001) *Climate Change 2001. The Scientific Basis*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Huenneke, L.F. & Sharitz, R.R. (1986) Microsite abundance and distribution of woody seedlings in a South Carolina cypress-tupelo swamp. *American Midland Naturalist*, 115, 328–335.
- Hughes, L. (2000) Biological consequences of global warming: is the signal already apparent? *Trends in Ecology and Evolution* 15, 56-61.
- Hulme, P.E. (2005) Adapting to climate change: is there scope for ecological management in the face of a global threat? *Journal of Applied Ecology*, 42, 784–794.
- Hunt, R., Hand, D.W., Hannah, M.A. & Neal, A.M. (1993) Further responses to CO₂ enrichment in British herbaceous species. *Functional Ecology*, 7, 661-668.
- Idso, K.E. & Idso, S.B. (1994) Plant responses to atmospheric CO₂ enrichment in the face of environmental constraints: a review of the past 10 years' research. *Agricultural and Forest Meteorology* 69, 153–203.
- Jankju-Borzelabad, M. & Griffiths, H. (2006) Competition for pulsed resources: an experimental study of establishment and coexistence for an arid-land grass. *Oecologia*. 148 (4) 555-563.
- Jensen, M.W. (2003) Consensus on ecological impacts remains elusive. *Science* 299:38.
- Jifon, J.L., Friend, A.L. & Berrang, P.C. (1995) Species mixture and soil-resource availability affect the root growth response of tree seedling to elevated atmospheric CO₂. *Canadian Journal of Forest Research*, 25, 824-832.

- Jitla, D.S., Rogers, G.S., Seneweera, S.P., Oldfield, R.F. & Conroy, J.P. (1997) Accelerated early growth of rice at elevated CO₂- Is it related to developmental changes in in the shoot apex? *Plant Physiology* 115, 15-22.
- Johnson, S.L. & Stefan, H.G. (2006) Indicators of Climate Warming in Minnesota: Lake ICE Covers and Snowmelt Runoff. *Climate Change* 75 (4), 421-453.
- Jones, R.H. & Sharitz, R.R. (1998) Survival and growth of woody plant seedlings in the understory of floodplain forest in South Carolina. *Journal of Ecology*, 86: 574-587.
- Jones, F.E. & Esler, K.J. (2004) Relationship between soil-stored seed banks and degradation in eastern Nama Karoo rangelands (South Africa). *Biodiversity and Conservation* 13 (11), 2027-2053.
- Julkunen-Tiitto, R., Tahvanainen, J. & Silvola, J. (1993) Increased CO₂ and nutrient status changes affect phytomass and the production of plant defensive secondary chemicals in *Salix myrsinifolia* (Salisb.). *Oecologia*, 95, 495-498.
- Jurado, E., García, J.F., Flores, J. & Estrada, E. (2006) Leguminous seedling establishment in Tamaulipan thornscrub of Northeastern Mexico. *Forest Ecology and Management*, 221, 133-139.
- Jurado, E., Aguirre, O., Flores, J., Navar, J., Jiménez, J., Villalón, H. & Wester, D. (2000) Germination in Tamaulipan thornscrub of northeastern México. *Journal of Arid Environments*, 46, 413-424.
- Jurado, E., Flores, J., Navar, J. & Jiménez, J. (1998) Seedling establishment under native tamaulipan thornscrub and *Leucaena leucocephala* plantation. *Forest Ecology and Management*, 105, 151-157.
- Jurado, E. & Westoby, M. (1992) Seedling growth in relation to seed size among species of arid Australia. *Journal of Ecology*, 80, 407-416.
- Jump, A.S. & Peñuelas, J. (2005) Running to stand still: adaptation and the response of plants to rapid climate change. *Ecology Letters*, 8, 1010-1020.
- Kart, T.R. & Night, R.W. (1998) Secular trends of precipitation amount, frequency and intensity in the United states. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 78, 231-241.

- Kattenberg, A., Giorgi, F., Grassl, H., Meehl, G.A., Mitchell, J.F.B., Stouffer, R.J., Tokioka, T., Weaver, A.J. & Wigley, T.M.L. (1996) *Climate models – projections of future climate*. In *Climate Change 1995* (eds J.T. Houghton, L.G. Meira Filho, B.A. Callendar, N. Harris, A. Kattenberg y K. Maskell.) pp. 285-357, IPCC, Cambridge University Press, Cambridge.
- Kimball, B.A. (1983) Carbon dioxide and agricultural yield: an assemblage and analysis of 430 prior observations. *Agronomy Journal* 75, 779–788.
- Kirschbaum, M.U.F. (1994) The sensitivity of C₃ photosynthesis to increasing CO₂ concentration: a theoretical analysis of its dependence on temperature and background CO₂ concentration. *Plant, Cell and Environment* 17, 747–754.
- Kitajima, K. & Fenner, M. (2000) Ecology of seedling regeneration. *Seeds: the Ecology of Regeneration in Plant Communities*, 2nd edn (ed. M. Fenner), pp. 331–359. CAB International, Wallingford.
- Klanderud, K. & Totland, Ø. (2005) The relative importance of neighbours and abiotic environmental conditions for population dynamic parameters of two alpine plant species. *Journal of Ecology* 93 (3), 493-501.
- Klanderud, K. (2005) Climate change effects on species interactions in an alpine plant community. *Journal of Ecology* 93 (1), 127-137.
- Kobe, R.K., Pacala, S.W., Silander, J.A. & Canham, C.D. (1995) Juvenile tree survivorship as a component of shade tolerance. *Ecological Applications*, 5, 517–532.
- Kocin, P.W., Gartner, W. & Graf, D. (1998) The 1996-97 snow season. Pages 47-54. *Weatherwise*.
- Koike, T., Lei, T.T., Maximov, T.C., Tabuchi, R., Takahashi, K. & Ivanov, B.I. (1996) Comparison of the photosynthetic capacity of Siberian and Japanese birch seedlings grown in elevated CO₂ and temperature. *Tree Physiology* 16, 381–385.
- Körner, C. (1998) Tropical Forests in a CO₂-Rich World *Climatic change* (39), 2-3, 297-315.
- Körner, C. (1993) CO₂ fertilization: The great uncertainty in future vegetation development. *Vegetation Dynamics. Vegetation Dynamics and Global Change* pp 53-70. Chapman & Hall New York.

- Kullman, L. (2002) Rapid recent range-margin rise of tree and shrub species in the Swedish Scandes. *Journal of Ecology*, 90 (1), 68-77.
- Kuokkanen, K., Niemelä, P., Matala, J., Julkunen-Tiitto, R., Heinonen, J., Rousi, M., Henttonen, H., Tahvanainen, J. & Kellomäki, S. (2004) The effects of elevated CO₂ and temperature on the resistance of winter-dormant birch seedlings (*Betula pendula*) to hares and voles. *Global Change Biology* 10 (9), 1504-1512.
- Leadley, P.W. & Körner, C. (1996) Effects to elevated CO₂ on plant species dominance in a highly diverse calcareous grassland. *Carbon Dioxide. Populations, and Communities*. pp. 159-173. Academic Press, San Diego.
- Lehner, B., Döll, P., Alcamo, J., Thomas, H.T. & Frank, K.F. (2006) Estimating the Impact of Global Change on Flood and Drought Risks in Europe: A Continental, Integrated Analysis. *Climatic Change*, 75 (3), 273-299.
- Lenton, T.M. (2006) Climatic Change to the End of the Millennium. *Climatic Change* 76 (1-2), 7-29.
- Levitus, J., Antonov, I., Boyer, T.P. & Stephens, C. (2000) Warming of the World Ocean. *Science*, 287: 2225-2229.
- Lilley, J.M., Bolger, T.P. & Gifford, R.M. (2001) Productivity of *Trifolium subterraneum* and *Phalaris aquatica* under warmer, high CO₂ conditions. *New Phytologist* 150 (2), 371-383.
- Lindroth, R.L., Kinney, K.K. & Platz, C.L. (1993) Responses of deciduous trees to elevated atmospheric carbon dioxide: productivity phytochemistry and insect performance. *Ecology*, 74. 763-777.
- Lloret, F., Peñuelas, J. & Estiarte, M. (2004) Experimental evidence of reduced diversity of seedlings due to climate modification in a Mediterranean-type community. *Global Change Biology* 10 (2), 248-258.
- Loik, M.E., Redar, S.P. & Harte, J. (2000) Photosynthetic responses to a climate-warming manipulation for contrasting meadow species in the Rocky Mountains, Colorado, USA. *Functional Ecology* 14 (2), 166-175.
- Long, S.P. (1991) Modification of the response of photosynthetic productivity to rising temperature by atmospheric CO₂ concentrations: Has its importance been underestimated? *Plant, Cell and Environment* 14, 729-739.

- Luckman, B.H. & Kavanagh, T. (2000) Impact of climate fluctuations on mountain environments in the Canadian Rockies. *Ambio*, 29, 371–380.
- Maestre, F.T., Valladares, F. & Reynolds, J.F. (2005) Is the change of plant–plant interactions with abiotic stress predictable? A meta-analysis of field results in arid environments. *Journal of Ecology*, 93 (4), 748-757.
- Mandujano, M.C., Montaña, C. Mendez, I. & Golubov, J. (1998) The relative contributions of sexual reproduction and clonal propagation in *Opuntia rastrera* from two habitats in the Chihuahuan Desert. *Journal of Ecology*, 86: 911-921.
- McAuliffe, J.R. (1984) Sahuaro nurse tree associations in the Sonoran Desert: competitive effects of sahuaros. *Oecologia*, 64, 319-321.
- McLeman, R. & Smith, B. (2006) Migration as an Adaptation to Climate Change. *Climatic Change* (76), 1-2, 31-53.
- Mohan, J.E., Clark, J. & Schlesinger, W.H. (2004) Genetic variation in germination, growth, and survivorship of red maple in response to subambient through elevated atmospheric CO₂. *Global Change Biology*, 10, 233-247.
- Molau, U. & Larsson, E.L. (2000) Seed rain and seed bank along an alpine altitudinal gradient in Swedish Lapland. *Canadian Journal of Botany*, 78, 728 –747.
- Molofsky, J. & Augspurger, C.K. (1992) The effect of leaf litter on early seedling establishment in a tropical forest. *Ecology*, 73, 68 –77.
- Morison, J.I.L. & Lawlor, D.W. (1999) Interactions between increasing CO₂ concentration and temperature on plant growth. *Plant, Cell and Environment*, 22:659-682.
- Moro, M.J., Pugnaire, F.I., Haase, P. & Puigdefábregas, J. (1997) Effect of the canopy of *Retama sphaerocarpa* on its understorey in a semiarid environment. *Functional Ecology*, 11, 425–431.
- Morse, S.R. & Bazzas, F.A. (1994) Elevated CO₂ and temperature alter recruitment and size hierarchies in C₃ and C₄ annuals. *Ecology* 75, 966-975.
- Mortensen, L.M. (1997) Effects of carbon dioxide concentrations on three grass species grown in mixture in two soil types at different ozone concentrations or temperatures. *Acta Agriculturae Scandinavica* 47, 14-19.

- Mousseau, M. & Saugier, B. (1992) The direct effect of increased CO₂ on gas exchange and growth of forest tree species. *Journal of Experimental Botany* 43, 1121–1130.
- Mwalyosi, R.B.B. (1992) Influence of livestock grazing on range condition in south-west Masailand, Northern Tanzania. *Journal of Applied Ecology*, 29, 581–588.
- Myneni, R.B., Keeling, C.D., Tucker, C.J., Asrar, G. & Nemani, R.R. (1997) Increased plant growth in the northern high latitudes from 1981 to 1996. *Nature* 386, 698-702.
- Naeem, S., Thompson, L.J., Lawler, S.P., Lawton, J.H. & Woodfin, R.M. (1994) Declining biodiversity can alter recruitment and size hierarchies in C₃ and C₄ annuals. *Ecology*, 75, 966-975.
- Nicotra, A.B., Chazdon, R.L. & Iriarte, S.V.B. (1999) Spatial heterogeneity of light and woody seedling regeneration in tropical wet forests. *Ecology*, 80, 1908 –1926.
- Niembro, R.A. (1986) Árboles y Arbustos Útiles de México. Limusa. 206 p.
- Niering, W.A., Whittaker, R.H. & Lowe, C.H. (1963) The saguaro: a population in relation to environment. *Science* 142 (3588), 15-23.
- Nobel, P.S. (1988) *Environmental Biology of Agaves and Cacti*. Cambridge University Press. Cambridge. 270 pp.
- Nobel, P.S. (1980) Morphology, nurse plant, and minimum apical temperatures for young *Carnegiea gigantea*. *Botanical Gazette*, 141, 188-191.
- Nobel, P.S., Zhang, H., Sharifi, R., Castaneda, M. & Greenhouse, B. (1998) Leaf expansion, net CO₂ uptake, Rubisco activity, and efficiency of long-term biomass gain for the common desert shrub *Encelia farinosa*. *Photosynthesis Research* 56, 67-73.
- Nobel, P.S., & Bobich, E.G. (2002) Plant frequency, stem and root characteristics, and CO₂ uptake for *Opuntia acanthocarpa*: elevational correlates in the northwestern Sonoran Desert. *Oecologia*, 130 (2), 165 – 172.
- Norby, R.J., Wullschleger, S.D., Gundersen, C.A., Johnson, D.W. & Ceulemans, R. (1999) Tree responses to rising CO₂ in field experiments: implications for the future forest. *Plant, Cell and Environment* 22, 683–714.

- Norby, R.J., Wullshleger, S.D. & Gunderson, C.A. (1996) Tree responses to elevated CO₂ and implication for forests. In *Carbon Dioxide and Terrestrial Ecosystems* (eds G.W. Koch & H.A. Moony), pp. 1–21. Academic Press, New York.
- Notman, E., Gorchov, D.L. & Cornejo, F. (1996) Effect of distance, aggregation, and habitat on levels of seed predation for two mammal-dispersed neotropical rain forest tree species, *Oecologia*, 106, 221-227.
- O'Connor, T.G. (1994) Composition and population responses of an African savanna grassland to rainfall and grazing. *Journal of Applied Ecology*, 31, 155–171.
- Osborne, C.P., Chuine, I., Viner, D. & Woodward, F.I. (2000) Olive phenology as a sensitive indicator of future climatic warming in the Mediterranean. *Plant, Cell and Environment* 23 (7), 701-710.
- Ostfeld, R.S. & Canham, C.D. (1993) Effects of meadow vole population density on tree seedling survival in old fields. *Ecology*, 74, 1792–1801.
- Oswald, B.P. & Neuenschwander, L.F. (1993) Microsite variability and safe site description for western larch germination and establishment. *Bulletin of the Torrey Botanical Club*, 120, 148-156.
- Packer, A. & Clay, K. (2000) Soil pathogens and spatial patterns of seedling mortality in a temperate tree. *Nature*, 404, 278–281.
- Parmesan, C. (1996) Climate and species' range. *Nature* 382, 765-766.
- Parmesan, C. & Yohe, G. (2003) A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. *Nature* 421, 37-42.
- Pérez-García, F. & González-Benito, M.E. (2005) Seed germination of five Helianthemum species: Effect of temperature and presowing treatments. *Journal of Arid Environment* 65 (4), 688-693.
- Pérez-García, F., Iriondo, J.M., González-Benito, M.E., Carnes, L.F., Tapia, J., Prieto, C., Plaza, R. & Pérez, C. (1995) Germination studies in endemic plant species of the Iberian Peninsula. *Israel Journal of Plant Science* 43, 239-247.
- Peterson, D., Rochefort, R., Little, R. & Woodward, A. (1994) Changes in sub-alpine tree distribution in western North America: a review of climatic and other causal factors. *The Holocene* 4: 89-100.

- Phoenix, G.K., Gwynn-Jones, D., Callaghan, T.V., Sleep, D. & Lee, J.A. (2001) Effects of global change on a sub-Arctic heath: effects of enhanced UV-B radiation and increased summer precipitation. *Journal of Ecology* 89 (2), 256-267.
- Pinter, P.J.Jr., Kimball, B.A., Garcia, R.L., Wall, G.W., Hunsaker, D.J. & LaMorte, R.L. (1996) Free-air CO₂ enrichment of cotton and wheat crops. In: *Carbon Dioxide and Terrestrial Ecosystems* (eds G.W. Koch & H.A. Mooney), pp. 215-250. Academic Press, San Diego, CA.
- Pinter, P.J.Jr., Kimball, B.A., Wall, G.W., LaMorte, R.L., Adamsen, F. & Hunsaker, D.J. (1997) Effect of elevated CO₂ and soil nitrogen fertilizer on final grain yields of spring wheat. Annual Research Report, pp. 71-74. US Water Conservation Laboratory, Phoenix, AZ.
- Polunin, O. & Stainton, A. (1984) *Flowers of the Himalayas*. Oxford University Press, Oxford 547 p.
- Poorter, H. (1993) Interspecific variation in the growth response of plants to an elevated ambient CO₂ concentration. *Vegetation*, 104/105, 77-97.
- Postel, S.L., Daily, G.C. & Ehrlich, P.R. (1996) Human appropriation of renewable fresh water. *Science*, 271, 785-788.
- Potter, R.J., Ueckert, D.N., Peterson, J.L. & McFarland, M.L. (1986) Germination of fourwing saltbush seeds: interaction of temperature, osmotic potential, and pH. *Journal of Range Management*, 39, 43-46.
- Pounds, J.A., Fogden, M.P.L. & Campbell, J.H. (1999) Biological response to climate change on a tropical mountain. *Nature*, 398, 611-615.
- Pugnaire, F.I., Armas, C. & Valladares, F. (2004) Soil as a mediator in plant-plant interactions in a semi-arid community. *Journal of Vegetation Science*, 15, 85-92.
- Pugnaire, F.I. & Luque, M. (2001) Changes in plant interactions along a gradient of environmental stress. *Oikos*, 93, 42-49.
- Pugnaire, F.I., Haase, P. & Puigdefábregas, J. (1996) Facilitation between higher plant species in a semiarid environment. *Ecology*, 77, 1420-1426.
- Rawson, H.M. (1988) Effect of high temperatures on the development and yield of wheat and practices to reduce deleterious effects. In *Wheat*

Productions Constraints in Tropical Environments (ed. A.R. Klatt)
pp 44-63. CIMMYT, México D.F.

- Reccie, E.G. & Bazzas, F.A. (1989) Competition and patterns of resource use among seedlings of five tropical trees grown at ambient and elevated carbon dioxide. *Oecologia*, 79, 212-222.
- Rehfeldt, G.E., Tchebakava, N.M., Parfenova, Y.I., Wykoff, W.R., Kuzmina, N.A. & Milyutin, L.I. (2002) Intraspecific responses to climate in *Pinus sylvestris*. *Global Change Biology* 8, 912–929.
- Reid, N., Marroquín, J. & Beyer-Münzel, P. (1990) Utilization of shrubs and trees for browse, fuelwood and timber in the Tamaulipan thornscrub, Northeastern México. *Forest Ecology and Management* 36, 61-79.
- Robertson, A.I., Bacon, P. & Heagney, G. (2001) The responses of floodplain primary production to flood frequency and timing. *Journal of Applied Ecology*, 38, 126 –136.
- Rodo, X. Pascual, M. Fuchs, G. & Faruque, A.S.G. (2002) ENSO and cholera: A nonstationary link related to climate change? *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 99, 20: 12901-12906.
- Roughgarden, J. & Diamond, J. (1986) The role of species interactions in community ecology. *Community Ecology* (eds Diamond, J. & Case, T.J.), pp. 333 –343. Harper & Row Publishers Inc, New York.
- Rousset, O. & Lepart, J. (2000) Positive and negative interactions at different life stages of a colonizing species (*Quercus humilis*). *Journal of Ecology*, 88, 401– 412.
- Russo, S.E. & Augspurger, C.K. (2004) Aggregated seed dispersal by spider monkeys limits recruitment to clumped patterns in *Virola calophylla*. *Ecology Letters*, 7, 1058– 1067.
- Saebo, A. & Mortensen, L.M. (1995) Growth and regrowth of *Phleum pratense*, *Lolium perenne*, *Trifolium repens* and *Trifolium pratense* at normal and elevated atmospheric CO₂ concentration. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 55, 29-35.
- Sage, R.F. (1994) Acclimation of photosynthesis to increasing atmospheric CO₂: the gas exchange perspective. *Photosynthesis Research*, 39, 351–368.
- Salisbury, E.J. (1942) *The Reproductive Capacity of Plants*. Bell, London.

- Salisbury, E.J. (1974) Seed size and mass in relation to environment. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B.* 186: 83-88
- Schlesinger, W.H. (1991) *Biogeochemistry. An Analysis of Global Change.* Academic Press, San Diego.
- Serreze, M.C., Walsh, J.E., Chapin III, F.S., Osterkamp, T., Dyurgerov, M., Romanovsky, M.V., Oechel, V.W.C., Morison, J., Zhang, T. & Barry, R.G. (2000) Observational Evidence of Recent Change in the Northern High-Latitude Environment. *Climatic change*, (46), 1-2, 159-207.
- Schupp, E.W. & Frost, E.J. (1989) Differential predation on *Welfia georgii* seeds in trefall gaps and the forest understory. *Biotropica*, 21, 200-203.
- Sionit, N. & Kramer, P.J. (1986) Woody plants reactions to carbon dioxide enrichment. In: *Carbon Dioxide Enrichment of Greenhouse Crops* (eds H.Z. Enoch & B.A. Kimball), pp. 69-85. CRC Press, Boca Raton, Fl.
- Smith, S.E., Riley, E., Tiss, J.L. & Fendenheim, D.M. (2000) Geographical variation in predictive seedling emergence in a perennial desert grass. *Journal of Ecology*, 88 (1), 139-149.
- Sokal, R.R. & Rohlf, J.H. (1995) *Biometry; the Principles and Practice of Statistics in Biological Research.* W.H. Freeman, New York, 887 pp.
- Stanisci, A., Pelino, G. & Blasi, C. (2005) Vascular plant diversity and climate change in the alpine belt of the central Apennines (Italy). *Biodiversity and Conservation* 14 (6), 1301-1318.
- Suzán, H., Nabhan, G. & Patten, D.T. (1994) Nurse plant and floral biology of a rare night-blooming *Cereus*, *Peniocereus striatus* (Brandege) F. Buxbaum. *Conservation Biology* 8, 461-470.
- Swank, S.E. & Oechel, W.C. (1991) Interactions among the effects of herbivory, competition, and resource limitation on chaparral herbs. *Ecology*, 72, 104-115.
- Tape, K., Sturm, M. & Racine, C. (2006) The evidence for shrub expansion in Northern Alaska and the Pan-Arctic. *Global Change Biology*, 12, 686-702.
- Téllez, R. & Foroughbakhch, R. (1990) Plantas aprovechadas por el ganado caprino en una zona de matorral mediano espinoso del

Noreste de México. Reporte Científico No. 21, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León. 37 pp.

- Tewksbury, J.J. & Lloyd, J.D. (2001) Positive interactions under nurse-spatial scale, stress gradients and benefactor size. *Oecologia*, 127, 425–434.
- Theurillat, J.P. & Guisan, A. (2001) Potential Impact of Climate Change on Vegetation in the European Alps: A Review. *Climatic Change* 50 (1-2), 77-109.
- Thomas, C.D., Bodsworth, E.J., Wilson, R.J., Simmons, A.D., Davies, Z.G., Musche, M. & Conradt, L. (2001) Ecological and evolutionary processes at expanding range margins. *Nature* 411, 577-581.
- Thomas, R.B. & Strain, B.R. (1991) Root restriction as a factor in photosynthetic acclimation of cotton seedlings grown in elevated carbon dioxide. *Plant Physiology* 96, 627–634.
- Thompson, K. & Grime, J.P. (1983) A comparative study of germination responses to diurnally-fluctuating temperatures. *Journal of Applied Ecology* 20, 141-156.
- Tielbörger, K. & Kadmon, R. (2000) Temporal environmental variation tips the balance between facilitation and interference in desert plants. *Ecology*, 81, 1544 –1553.
- Tillman, D. (1993) Carbon dioxide limitation and potential direct effects of its accumulation on plant communities. *Biotic Interactions And Global Changes*. pp. 333-346.
- Tilman, D. (1982) Resource competition and community structure. – Monographs in Population Biology 17. Princeton Univ. Press. Princeton NJ.
- Tirado, R. & Pugnaire, F.I. (2003) Shrub spatial aggregation and consequences for reproductive success. *Oecologia*, 136, 296 –301.
- Tischler, C.R., Polley, H.W., Johnson, H.B. & Pennington, R.E. (2000) Seedling Response to elevated CO₂ in five epige species. *International Journal of Plant Sciences*, 161 (5): 779-783.
- Tjoelker, M.G., Oleksyn, J. & Reich, P.B. (1998) Temperature and ontogeny mediate growth response to elevated CO₂ in seedlings of five boreal tree species. *New Phytologist* 140, 197– 210.
- Turner, R.M. (1990) Long-term vegetation change of a fully protected Sonoran Desert site. *Ecology*, 71, 464-477.

- Udvardy, M.D.F. (1975) A classification of the biogeographical provinces of the world. IUCN, Morges, 446 Switzerland, Occas. Paper No. 18, 48 pp.
- Usami, T., Lee, J. & Oikawa, T. (2001) Interactive effects of increased temperature and CO₂ on the growth of *Quercus myrsinaefolia* saplings. *Plant, Cell and Environment* 24, 1007-1019.
- Valiente-Banuet, A., Vite, F. & Zavala-Hurtado, J.A. (1991) Interaction between the cactus *Neobuxbaumia tetetzo* and the nurse shrub *Mimosa luisana*. *Journal of Vegetation Science*, 2, 11–14.
- Valiente-Banuet, A. & Ezcurra, E. (1991) Shade as a cause of the association between the cactus *Neobuxbaumia tetetzo* and the nurse plant *Mimosa luisana* in the Tehuacan Valley, Mexico. *Journal of Ecology*, 9, 961-971.
- Van Auken, O.W. & Bush, J.K. (1990) Influence of light levels, soil nutrients, and competition on seedling growth of *Baccharis neglecta* (Asteraceae). *Bulletin of the Torrey Botanical Club*, 17, 438-444.
- Vaughan, D.G. & Drake, C.S.M. (1996) Recent atmospheric warming and retreat of ice shelves on the Antarctic Peninsula. *Nature* 379, 328-331.
- Vetaas, O.R. (1992) Micro-site effects of trees & shrubs in dry savannas. *Journal of Vegetation Science*, 3, 337– 344.
- Vieira, I.C.G., Uhl, C. & Nepstad, D. (1994). The role of the shrub *Cordia multispicata* Cham. as a 'succession facilitator' in an abandoned pasture, Paragominas, Amazonia. *Vegetatio*, 115, 91– 99.
- Viet, R. A., McGowan, J.A., Ainley, D.G., Wahl, T.R. & Pyle, P. (1997) Apex marine predator declines ninety percent in association with changing oceanic climate. *Global Change Biology* 3, 23-28.
- Vines, R.A. (1984) Trees, shrubs and woody vines of the southwest. University of Texas Press, Austin. pp.881-882.
- Vitousek, P.M., Money, H.A., Lubchenco, J. & Melillo, J.M. (1997) Human domination of Earth's ecosystems. *Science* 277, 494-499.
- Volder, A., Edwards, E.J., Evans, J.R., Robertson, B.C., Schortemeyer, M. & Gifford, R.M. (2004) Does greater night-time, rather than constant, warming alter growth of managed pasture under ambient and elevated atmospheric CO₂? *New Phytologist* 162 (2), 397-411.

- Walkovsky, A. (1998) Changes in phenology of the locust tree (*Robinia pseudoacacia* L.) in Hungary. *Internacional Journal of Biometeorology*, 41: 155-160.
- Walther, G.R., Post, E., Convey, P., Menzel, A., Parmesan, C., Beebee, T.J.C., Fromentin, J.M., Hoegh-Guldberg, O. & Bairlein, F. (2002) Ecological responses to recent climate change. *Nature* 416, 389-395.
- Ward, J.K. & Strain, B.R. (1999) Elevated CO₂ studies: past, present and future. *Tree Physiology* 19, 211-220.
- Wilkinson, C., Linden, O., Cesar, H., Hodgson, G., Rubens, J. & Strong, A.E. (1999) Ecological and socioeconomic impacts of 1998 coral mortality in the Indian Ocean: An ENSO impact and a warning of future change? *Ambio* 28, 188-196.
- Zamarripa, R. (2002) Propiedades físicas y físico mecánicas del canelón *Melia azederach* L. bajo dos condiciones de crecimiento. Tesis, FCF-UANL. pp. 11-12.
- Zangerl, A.R. & Bazzas, F.A. (1984) The response of plants to elevated CO₂ II. Competitive interactions among annual plants under varying light and nutrients. *Oecologia*, 62, 412-417.
- Ziska, L.H. & Bunce, J.A. (1997) Influence of increasing carbon dioxide concentration on the photosynthetic and growth stimulation of C₄ crops and weeds. *Photosynthesis Research* 54, 199-208.

