



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO

INSTITUTO DE CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍA

CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS

ÁREA ACADÉMICA DE BIOLOGÍA

LICENCIATURA EN BIOLOGÍA

Germinación y supervivencia de plántulas de *Brahea aculeata*
(Brandegge) H.E.Moore, y su relación con algunas variables
microclimáticas, en una selva baja caducifolia del sur del estado de
Sonora.

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADA EN BIOLOGÍA

P r e s e n t a

YAZMIN PORTILLO CRUZ

DIRECTOR:

DR. LEONEL ARTURO LÓPEZ TOLEDO

CODIRECTORA:

DRA. MARÍA TERESA PULIDO SILVA

MINERAL DE LA REFORMA, HIDALGO 2014



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO
INSTITUTO DE CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍA
 Licenciatura en Biología

M. EN C. JULIO CÉSAR LEINES MEDÉCIPO
 DIRECTOR DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR, UAEH

PRESENTE

Por este conducto le comunico que el Jurado asignado al pasante de Licenciatura en Biología **Yazmin Portillo Cruz**, quien presenta el trabajo recepcional de tesis intitulado **"Germinación y supervivencia de plántulas de *Brahea aculeata* (Brandege) H. E. Moore, y su relación con algunas variables microclimáticas, en una selva baja caducifolia del sur del estado de Sonora"**, después de revisarlo en reunión de sinodales ha decidido autorizar la impresión del mismo, hechas las correcciones que fueron acordadas.

A continuación se anotan las firmas de conformidad de los integrantes del Jurado:

- | | | |
|-------------------|--|--|
| PRESIDENTE: | Dr. Numa Pompilio Pavón Hernández | |
| PRIMER VOCAL: | Dra. Ana Laura López Escamilla | |
| SEGUNDO VOCAL: | Dr. Ignacio Esteban Castellanos Sturemark | |
| TERCER VOCAL: | Dr. Leonel Arturo López Toledo | |
| SECRETARIO: | M. en C. Manuel González Ledesma | |
| PRIMER SUPLENTE: | Dra. Maritza López Herrera | |
| SEGUNDO SUPLENTE: | Dra. María Teresa Pulido Silva | |

Sin otro particular, reitero a usted la seguridad de mi más atenta consideración.

ATENTAMENTE
"AMOR, ORDEN Y PROGRESO"
 Mineral de la Reforma, Hidalgo a 17 de febrero de 2014

M. en C. Miguel Angel Cabral Perdomo
 Coordinador Adjunto de la Licenciatura en Biología



c.c.p. Archivo



AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la organización Nature and Culture International-Sierra Madre el uso de los sitios de estudio dentro de la Reserva Monte Mojino, además de todo el apoyo logístico durante las temporadas de campo, especialmente a Félix García, Alejandro y Ramón.

"Agradezco a la Reserva Sierra de Álamos-Río Cuchujuaqui en especial a la Directora Elvira Rojero y a la DGVS-SEMARNAT los permisos para la colecta de semillas de *Brahea aculeata* (No.SGPA/DGVS/01991/10 and SGPA/DGVS/10652/10) al interior de la Reserva".

También agradezco al Dr. Leonel Arturo López Toledo por haberme dado la oportunidad de trabajar con él. Por toda la atención y confianza que me brindo tanto en el campo como en pequeñas estancias que fueron necesarias para la realización de mi trabajo. Dr. Leonel nunca pensé en encontrar una persona tan sencilla, honesta y distraído como usted es por eso que usted sin duda alguna es un gran ejemplo a seguir. Muchas GRACIAS.

Agradezco a la Dra. María Teresa Pulido Silva por todo ese apoyo y asesorías que me brindo durante un buen tiempo por abrirme las puertas del laboratorio de Etnobiología y a su vez dejarme trabajar con ella , así como la confianza de poder preguntarle ciertas dudas.

Agradezco a mis comité tutorial; Dr. Numa Pompilio Pavón, M. en C. Manuel González, Dra. Ana Laura López, Dr. Ignacio Esteban Castellanos, Dra. Maritza López, por sus opiniones referentes a mi trabajo.

A mis amigos y amigas de la Licenciatura pero en especial a Lupita Casasola, Nalle Trejo, Tanys Rodriguez, Neiel Cerón, Oscar Castelán, Edgar Ojeda y Carlitos Macías por ayudarme y esos ánimos que siempre me dieron y ser mis grandes amigos durante y fuera de la carrera.

A mi mami (Fabi) y papi (Pablo) por apoyarme durante el inicio de la carrera y hasta el final de ella; porque nunca me negaron la oportunidad de terminar este gran sueño que iniciamos juntos y siempre estuvieron a mi lado en las buenas y en las malas. LOS QUIERO MUCHO Y LOS ADORO.



A mis hermanos y hermanas (Luis Ángel, Missita, Meli, Nan); por apoyarme y por estar conmigo día con día, compartir momentos agradables y sobre todo por estar cuando los necesitaba.

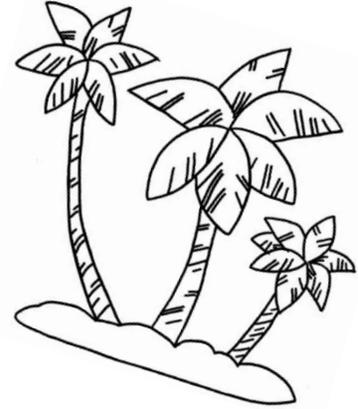
A mi tía Tere, y mi prima Alicia por animarme a tener una carrera universitaria y darme cuenta que la vida es más fácil si te preparas profesionalmente. GRACIAS.

Finalmente, agradezco al Dr. Bryan A. Endress y al Institute for Conservation Research-San Diego Zoo Global el apoyo financiero para la realización de esta tesis a través del proyecto "Ecology and Conservation of Neotropical Forests" a cargo del Dr. Leonel López Toledo.



DEDICATORIA

A la persona más especial que existe en mi vida y en mi mundo, porque siempre confió en mí y nunca me dijo ya no se puede, siempre estuvo a mi lado sin pedir nada a cambio. Eres lo más especial en mi vida y el mejor regalo que dios me pudo haber dado... GRACIAS MAMÍ.



Por todos los sacrificios que hiciste por mí y mis hermanos, por darme la oportunidad y confianza de salir adelante, apoyarme en cada uno paso que daba y sobre todo en este que fue el más difícil de mi vida... GRACIAS PAPI.

A los más pequeños de mi familia a los que les tenía que pagar (y nunca les pague) para que me ayudaran a conseguir bichos, plantas, material que llegaba a ocupar a lo largo de la carrera. Por cada una de sus travesuras y alegrías me han dado... GRACIAS LUIS ANGEL Y MISSAEL.



Por apoyarme durante mi carrera, porque siempre me escuchaban y nunca me dejaron sola, siempre se preocuparon por mí, me apoyaron y me aceptaban con las cosas raras que llevaba a la casa... GRACIAS NANCY Y MELY.



INDICE	
AGRADECIMIENTOS	1
DEDICATORIA	3
RESUMEN	6
1.-INTRODUCCIÓN	7
2.-ANTECEDENTES	9
4.-HIPÓTESIS	13
5.-OBJETIVOS	14
5.1.-Objetivo general.....	14
5.2.-Objetivos particulares.....	14
6.-MATERIAL Y MÉTODOS	15
6.1.-Área de estudio.....	15
6.2.-Diseño experimental.....	17
6.5.-Análisis estadísticos.....	20
7.-RESULTADOS	22
7.1.-Germinación de semillas.....	22
7.2.- Supervivencia de plántulas.....	25
7.2.1.-Supervivencia.....	25
7.2.2.-Temperatura.....	26
7.2.3.-Humedad relativa.....	29
7.2.4.-Intensidad lumínica.....	30
7.3.-Efectos del microclima sobre la germinación.....	33
7.3.1.-Temperatura.....	33
7.3.3.-Intensidad lumínica.....	36



7.4.- Efectos del microclima sobre la supervivencia de plántulas.....	37
8.-DISCUSIÓN	40
8.1.-Germinación y supervivencia	40
8.2.- El papel de los factores microclimáticos sobre la germinación y supervivencia de plántulas.....	42
9.- CONCLUSIONES.....	45
LITERATURA CITADA.....	47
Anexo 1.....	54
Anexo 2.....	55
Anexo 3.....	56



RESUMEN

Brahea aculeata es una palma de importancia económica en la Sierra de Álamos, Sonora. Es una especie endémica y amenazada en el Norte de México. El presente trabajo tuvo como propósito evaluar la germinación y supervivencia de plántulas de *Brahea aculeata* en la Reserva Sierra de Álamos-Rio Cuchujaqui, Sonora, México. Para ello, se estableció un experimento en el cauce de un arroyo dentro de la Reserva. Se seleccionaron seis sitios al azar, separados al menos 300m. En cada sitio se estableció una parcela de 45m x 4m. Cada sitio se dividió en tres posiciones topográficas (PT): base (0-15m), intermedia (15.1 a 30m) y cima (30.1 a 45.0m). En cada posición topográfica se establecieron dos niveles de densidades de semillas: Densidad1 y Densidad10. Se encontró que las posiciones topográficas son un factor que determina la germinación de semillas de *Brahea aculeata*, así como la supervivencia de plántulas. Las tasas de germinación y establecimiento más altas se encontraron en la base que son las áreas más cercanas a la corriente del arroyo (germinación $\bar{x}=0.35 \pm 0.5$ y supervivencia $\bar{x}=0.20 \pm 0.04$). Estos sitios se caracteriza por presentar menor intensidad lumínica ($\bar{x}=883 \pm 160 \text{ lm/ft}^2$) y temperatura ($\bar{x}=20.1 \pm 0.6^\circ\text{C}$) y mayor humedad relativa ($\bar{x}=50.8 \pm 1.8\%$), especialmente durante la época de lluvias. La densidad de semillas es un factor que determina la germinación. Las condiciones microclimáticas fueron diferentes entre posiciones topográficas y se correlacionaron con la germinación de semillas y la supervivencia de plántulas, lo cual indica que a *Brahea aculeata* le favorecen los lugares húmedos y frescos para su establecimiento. Los resultados de esta tesis, pueden contribuir a entender la estructura espacial de la población de *Brahea aculeata*, así como en la restauración de la especie en la Reserva Sierra de Álamos.



1.-INTRODUCCIÓN

La demografía estudia la dinámica de poblaciones biológicas (Piñero y Sarukhán, 1982; Sliva *et al.*, 1999). Algunos estudios han demostrado que la densidad poblacional puede tener un impacto negativo en la germinación de semillas y de plántulas (Augsburger, 1982). Así la estructura de las poblaciones de plantas depende, entre otros factores, de la dispersión de las semillas y de la germinación (Gómez *et al.*, 2006).

La regeneración es un proceso dinámico donde los nuevos individuos se incorporan a la población reproductiva a medida que otros desaparecen. Para que ocurra la regeneración, las semillas producidas u otros propágulos deben superar los filtros selectivos llevados a cabo por el proceso de dispersión, supervivencia, establecimiento de plántulas y llegar a ser un adulto reproductivo. Sin embargo, ese proceso puede estar sometido a cuellos de botella demográficos, que puede limitar la regeneración natural de algunas especies (Meerow, 2000); ejemplos de cuellos de botella bióticos son: la destrucción de las semillas, la herbivoría, la disponibilidad de micorrizas, etc.; los cuellos de botella abióticos son por ejemplo: la sequía, los nutrientes del suelo, la radiación solar, etc. (Jordano *et al.*, 2004). Los procesos de regeneración de las plantas en un bosque se deben a la producción de semillas y el establecimiento exitoso de las plántulas (Wang y Smith, 2002).

Clark y colaboradores (1999a,b) identificaron limitaciones principales para la regeneración de una especie tales como: a) limitación de la producción de propágulos, b) limitación en la dispersión, c) limitación por reclutamiento el cual implica que las semillas dispersadas no lleguen a un lugar exitoso y por lo tanto no logren germinar, y d) limitación del establecimiento de las plantas.

Las semillas representan un papel central en la dinámica de las plantas, tanto en aspectos evolutivos, como en los relacionados con la colonización, la regeneración y la conservación (Jordano *et al.*, 2004).



Estudios demográficos sugieren que la probabilidad de reproducción y producción de semillas incrementa con la edad o altura de los individuos. Además de que estas características están relacionadas con las condiciones ambientales (Piñero y Sarukhán, 1982).

La remoción exitosa de frutos ocurre cuando las semillas llegan a un sitio adecuado para la germinación y a su vez causan un mayor reclutamiento. La llegada de las semillas es ciertamente un evento importante en la fase de establecimiento de germinación de las plantas pero no siempre estos son viables para la supervivencia de las semillas de las plantas (Stoner y Henry, 2008).

La germinación es un proceso que consiste en la absorción de agua, reactivación del metabolismo y la iniciación del crecimiento del embrión de las semillas (Pérez, 2007). La germinación en palmas es un tema poco estudiado (Orozco-Segovia *et al.*, 2003). De las cerca de 100 especies de palmas de México, solo el 5% se ha obtenido información sobre sus condiciones adecuadas para la germinación (Wood y Pritchard, 2000). La supervivencia en plántulas es otro factor importante que determina el reclutamiento de nuevos individuos y por lo tanto es un aspecto biológico de importancia (Harper, 1977).

La presencia de oxígeno, la intensidad lumínica, la temperatura y la humedad relativa son factores que afectan la germinación de semillas (Gómez *et al.*, 2006). La humedad y las condiciones de temperatura, pueden influir en la emergencia y establecimiento (Mari y Galassi, 2010). En estudios relevantes se ha comprobado que en zonas abiertas y luminosas hay más establecimiento de plántulas. Para Beckage y Clark (2003), la supervivencia de plántulas ocurre en zonas con claros que hay un bosque, ya que en los claros se presenta la mayor cantidad de radiación permitiendo un establecimiento exitoso de las plántulas (Mari y Galassi, 2010). No sólo este factor puede determinar el establecimiento de las plántulas en un sitio. Aunque la intensidad lumínica es considerada la condición más impactante para la supervivencia de las plántulas, esto se debe a



que es una limitante para la fotosíntesis y con ello su crecimiento (LUI y Hytteborn, 1991).

En este estudio se evaluó la germinación y supervivencia de plántulas de *Brahea aculeata* Sonora, mediante un experimento bajo condiciones de campo. Esta información será útil para contribuir a restaurar las poblaciones de esta especie endémica de México, que actualmente se encuentra notablemente diezmada debido al cambio de uso del suelo y posiblemente el aprovechamiento inadecuado, entre otros factores.

2.-ANTECEDENTES

Las palmas pertenecen a las monocotiledóneas, orden Arecales, familia Arecaceae (Palmae); son de gran importancia ecológica y económica ya que representan productos forestales no maderables. Ayudan a la conservación de otros recursos como el suelo y el agua (Quero, 1989), además de ser un recurso de importancia como alimento para algunos animales (Scariot, 1999). También el ser humano puede obtener gran variedad de bienes como son sus frutos, fibras y materiales para construcción (Balick, 1989; Bernal, 1992; Durán y Franco, 1992; Borgtoft, 1994, 1996; Vormisto, 2002).

Debido a la abundancia y diversidad que presentan las palmas en varias zonas tropicales americanas, son de gran importancia estructural (Sarukhán, 1984; Martínez-Ramos *et al.*, 1988). Y para el funcionamiento de estos ecosistemas (De Steven, 1989; Durán y Franco, 1992).

El tiempo durante el cual una palma es juvenil antes de alcanzar el dosel es muy variable y depende de la formación de claros, así que puede ser una etapa muy transitoria (Rojas-Robles *et al.*, 2008). *Oenocarpus bataua* es una especie de palma que puede sobrevivir bajo condiciones de poca luz manteniendo un crecimiento lento hasta que haya condiciones óptimas de iluminación, ya que las plántulas de ésta especie son muy susceptibles a la radiación solar en los primeros meses es por eso que su siembra en campo es recomendable realizarla



en la época de lluvias (Balick, 1992; Villachica, 1996). Su propagación por semillas tiene un alto poder germinativo; ya que eliminado la pulpa y remojándola en agua a 50°C de 30 0 60 minutos, se puede lograr a germinar de un 90 a 98% de ellas (Villachica, 1996).

Estudios previos de palmas en ambientes húmedos han demostrado que la distribución de muchas especies de esta familia está fuertemente influenciada por la heterogeneidad del microhábitat, especialmente la topografía y algunos factores edáficos (Clark y Clark, 1995; Svenning, 1999; Svenning *et al.*, 2009). Para bosques secos y ambientes áridos la heterogeneidad del microhábitat ha sido documentada como uno de los factores más importantes que pueden influenciar las poblaciones y comunidades de plantas como resultado de las limitaciones impuestas por la carencia de agua y las altas temperaturas (Arriaga *et al.*, 1993).

Las orillas de los arroyos y ríos pueden ser muy importantes para algunas especies de plantas, ya que estas pueden proveer humedad y sombra que las protege de la radiación solar y la pérdida excesiva de agua. Para las palmas estos ambientes pueden proveer un buen microhábitat para la germinación y el establecimiento de estadios tempranos tales como plántulas (Janzen, 1978). Como fue el caso de *Thrinax radiata* que es una especie amenazada. A través de experimentos de campo se observó que la disponibilidad de agua es un factor que limita su germinación en campo, y únicamente un tercio de las semillas enterradas permanecieron viables después de seis meses. La siembra de esta palma en viveros comunitarios es una alternativa de manejo y conservación (Pérez *et al.*, 2005).

La madurez del fruto se presume de la presencia de inhibidores de la germinación, para los frutos no completamente maduros la germinación podría ser mayor si el pericarpio es removido (Broschat y Donselman, 1987).

Broschat y Donselman, (1986, 1987) consideran que el remojar las semillas de palmas en agua circulante o cambiada diariamente de uno a siete días, antes de



la siembra es un procedimiento recomendado, aunque no todas las especies lleguen a responder favorablemente al tratamiento.

Para *Roystonea oleracea* la madurez del fruto, el remojo, la presencia del pericarpio son factores que afectan la emergencia de sus plántulas; donde los porcentajes de emergencia más altos ocurrieron con las semillas remojadas y sin pericarpio. En este caso, el remojo de los frutos en agua entre dos y cuatro días antes de la siembra es recomendable (Maciel, 2001).

2.1 Especie de estudio

La especie de estudio de esta tesis es *Brahea aculeata* (Brandege) H.E Moore (basionimo de *Erythea aculeata* Brandege). Este es una palma solitaria de hasta 10 m de altura y 25 cm de diámetro del tronco con reproducción hermafrodita. Tiene hojas palmeadas flabeladas con hojas de hasta 150 cm de longitud e inflorescencias desde 80 hasta 150 cm de largo (Figura 1). Los frutos son esféricos y cuando están frescos pueden medir de 2.5-3.0 cm de diámetro, de color verde oscuro, presentan un pericarpio delgado carnoso y se pueden llegar a producir entre 100 y 500 frutos por individuo. Los frutos son unisemillados y las semillas resultantes son de color café, lisas, de forma esférica de 1.5-2.0 cm de diámetro y son recalcitrantes vale la pena explicar un poco qué es eso (Felger *et al.*, 2001) (Figura 2). Al parecer debido a su carácter recalcitrante y las altas de depredación y remoción de semillas, *Brahea aculeata* no presenta un banco de semillas persistente (López-Toledo, com pers).

Brahea aculeata tiene una distribución irregular, desde laderas soleadas montañosas, hasta áreas más sombrías a lo largo de los arroyos en el bosque tropical seco y bosques de pino encino entre los 300-1500 msnm (López-Toledo *et al.*, 2011).



Brahea aculeata es una especie endémica del Norte de México, específicamente de los estados de Sonora, Sinaloa, Chihuahua y Durango. Adicionalmente, es una especie que localmente tiene alto valor de uso y de gran importancia económica porque sus hojas se utilizan para hacer techos de viviendas y para la fabricación de artesanías. *Brahea aculeata* es una especie amenazada y actualmente se encuentra en la Lista Roja de la UICN como "Vulnerable" (A1c) y como "Amenazada" en la Norma Oficial Mexicana (NOM-059-SEMARNAT) (Quero, 1998; Felger *et al.* 2001; SEMARNAT, 2010).



Figura 1. Especie de estudio *Brahea aculeata*



Figura 2. Semillas de *Brahea aculeata*. Color café, redondas, lisas y con un diámetro de 1.5-2.0 cm

3.-JUSTIFICACIÓN

El presente trabajo aportará información sobre la germinación de semillas de *Brahea aculeata* y la supervivencia de sus plántulas bajo condiciones de campo. Esta información es esencial para entender la distribución de las poblaciones y su estructuración en el paisaje. De la misma manera, se pretende explorar el efecto de variables ambientales, sobre la germinación y el establecimiento de sus plántulas, especialmente de estadios tempranos. Esta información ayudará a los biólogos de la conservación y habitantes locales en futuras propuestas de propagación y/o restauración de las poblaciones en su hábitat natural. Los estudios de germinación en *Brahea aculeata* son de gran importancia dado que ésta es endémica de México y sus poblaciones han disminuido en su área de distribución original. Todo lo anterior será útil para contribuir al conocimiento ecológico de la especie y favorecer su conservación.

4.-HIPÓTESIS

Existen pocos estudios de germinación de semillas de palmas en ecosistemas áridos. Sin embargo, por los efectos descritos en otras especies (*Dioon sonorensis*, *Haematoxylon brasiletto*, *Lysiloma watsonii*) de este tipo de ambiente es probable que la germinación y el establecimiento de las poblaciones de palmas en sistemas secos, respondan a los factores micro-ambientales impuestos por la posición topográfica (base, intermedia, cima). Se conoce que la variación topográfica presenta diferencias en las condiciones microclimáticas, tales como humedad relativa, temperatura, intensidad lumínica y otras. Por lo tanto, en este estudio se hipotetiza que la germinación de semillas y el establecimiento de plántulas de *Brahea aculeata* será diferencial dependiendo de la posición topográfica. Esto debido a diferencias microclimáticas, por ejemplo humedad relativa, temperaturas e intensidad lumínica.



5.-OBJETIVOS

5.1.-Objetivo general

Llevar a cabo un análisis de la ecología de la germinación y supervivencia de plántulas de la palma *Brahea aculeata*, y su relación con algunas variables microclimáticas, en una selva baja caducifolia del sur del estado de Sonora.

5.2.-Objetivos particulares

- I. Realizar un estudio de germinación de semillas de *Brahea aculeata*, bajo condiciones de campo.
- II. Evaluar el porcentaje de germinación y supervivencia de semillas en dos diferentes densidades y tres posiciones topográficas del cauce de un arroyo.
- III. Caracterizar algunas de las condiciones microclimáticas (temperatura, humedad relativa, intensidad lumínica) en tres posiciones topográficas de la distribución de *Brahea aculeata*, situadas desde la orilla del arroyo hasta la cima.
- IV. Determinar la relación entre las variables ambientales con la germinación y supervivencia de plántulas.



6.-MATERIAL Y MÉTODOS

6.1.-Área de estudio

El presente estudio se llevó a cabo en el Área de Protección de Flora y Fauna Sierra de Álamos-Río Cuchujaqui (a partir de aquí RSARC ó Reserva Sierra de Álamos-Río Cuchujaqui), en el sureste del Estado de Sonora, dentro del municipio de Álamos ($108^{\circ} 48' 25''$ - $109^{\circ} 5' 00''$ Oeste y $26^{\circ} 88' 02''$ - $27^{\circ} 2' 12''$ Norte") (Figura 3). Esta Reserva es parte de la red de áreas naturales protegidas de la CONANP. La Reserva protege un área de 92.890 hectáreas que abarca altitudes de 300 a 1600 msnm. La Sierra de Álamos presenta características únicas, con una mezcla de comunidades vegetales como la selva baja caducifolia, el matorral espinoso y el bosque de encino y pino-encino. La RSARC cuenta con aproximadamente 1,100 especies de plantas en 566 géneros y 148 familias lo que representa el 67% de las familias conocidas para el país (Trejo, 1999). La RSARC es el área de mayor biodiversidad en el estado de Sonora, debido a sus características naturales únicas (Trejo, 1999).

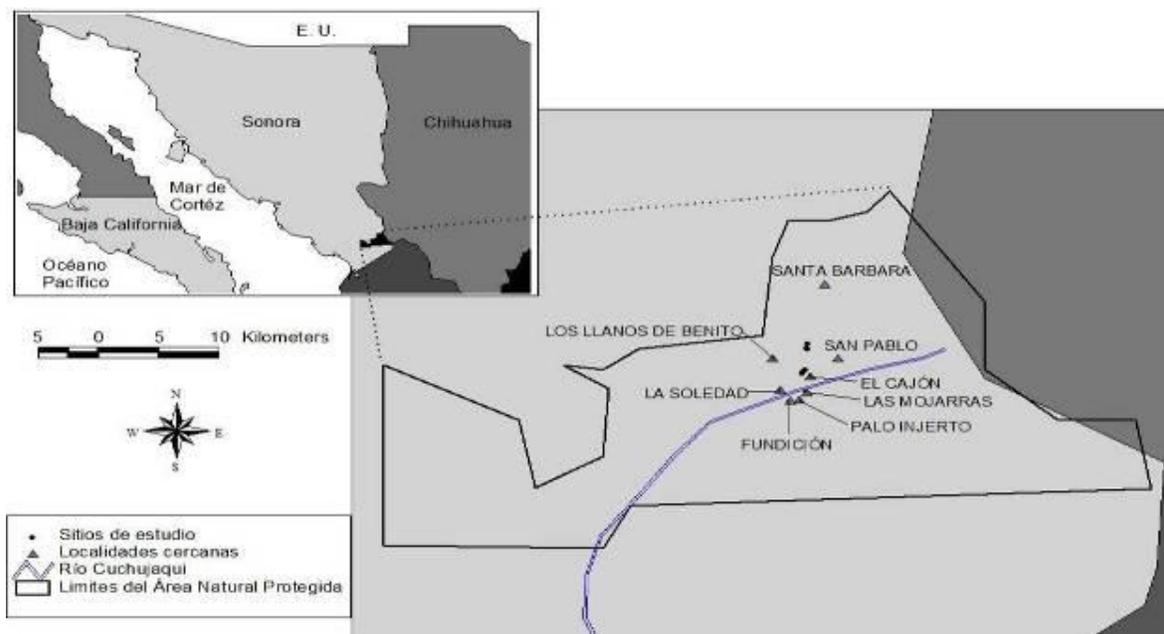


Figura 3. Ubicación del Área Natural Protegida, Sierra de Álamos- Río Cuchujaqui, Sonora.

Vegetación: La vegetación con mayor cobertura en la RSARC es la selva baja caducifolia y bosque de pino-encino (López-Toledo *et al.*, 2011). La selva baja cubre aproximadamente un 64% de la superficie de la reserva y se distribuye desde los 300 msnm hasta los 1000 msnm. Esta selva es una comunidad de 4 a 15 m de altura, donde aproximadamente más del 75% de las plantas presentes pierden sus hojas durante la época de sequía. Este tipo de vegetación está conformado por elementos de origen neártico y neotropical. La estructura vertical forestal se caracteriza por tener árboles como *Bursera* sp., palo de Brasil (*Haematoxylon brasiletto*), que no exceden los 8m de altura. Algunas especies como el pochote (*Ceiba acuminata*) y el tepeguaje (*Lysiloma watsonii*) alcanzan 12-18 m de altura. Las especies de mayor altura están representadas por árboles como el sabino (*Taxodium distichum* var. *mexicanum*), el cedro rojo (*Cedrela odorata*) y algunas higuierillas (*Ficus* spp.) especialmente en cañadas a lo largo de los arroyos (Felger *et al.*, 2001).

Los bosques de encino y pino-encino se localizan, en la parte alta de la Sierra Álamos con altitudes mayores a los 800 msnm y con climas templados representando un 26% de superficie de la RSARC. En este tipo de vegetación predominan *Quercus chihuahuensis*, *Q. hypoleuca*, *Q. subaxilaris* y *Q. subspathulata*; *Pinus arizonica*, *P. duranguensis*, *P. leiophylla* y *P. oocarpa*; en las herbáceas predominan las familias Compositae y Leguminosae (López-Toledo *et al.*, 2011).

Clima: En la región se encuentran diversos tipos de clima, pero el que predomina en la selva baja es el clima BS1 (h') w seco muy cálido con una temperatura media anual >22°C, la del mes más frío >18°C. El régimen de lluvias es de verano de por lo menos 10 veces mayor la cantidad de lluvias en el mes más húmedo de la mitad caliente del año que en el más seco, un porcentaje de lluvias invernal entre el 5 y 10.2% de la total anual (Haro, 2010) (Figura 4).

La temporada de sequía es muy pronunciada con una duración de hasta ocho meses (noviembre-junio). En este periodo hay una precipitación de 25-35% del



total de precipitación anual, en donde más del 75% de las especies de plantas pierden las hojas (López-Toledo *et al.*, 2011). Las precipitaciones medias anuales están en un intervalo de 600 a 700 mm anuales con un rango de 190 - 1,120 mm en el periodo 1960-2000, según la estación meteorológica de la Ciudad de Álamos (López-Toledo *et al.*, 2011). Este clima se distribuye en toda la parte de la planicie central del área natural protegida abarcando la mayor parte del Río Cuchujaqui y en los alrededores en la Sierra de Álamos (Haro, 2010).

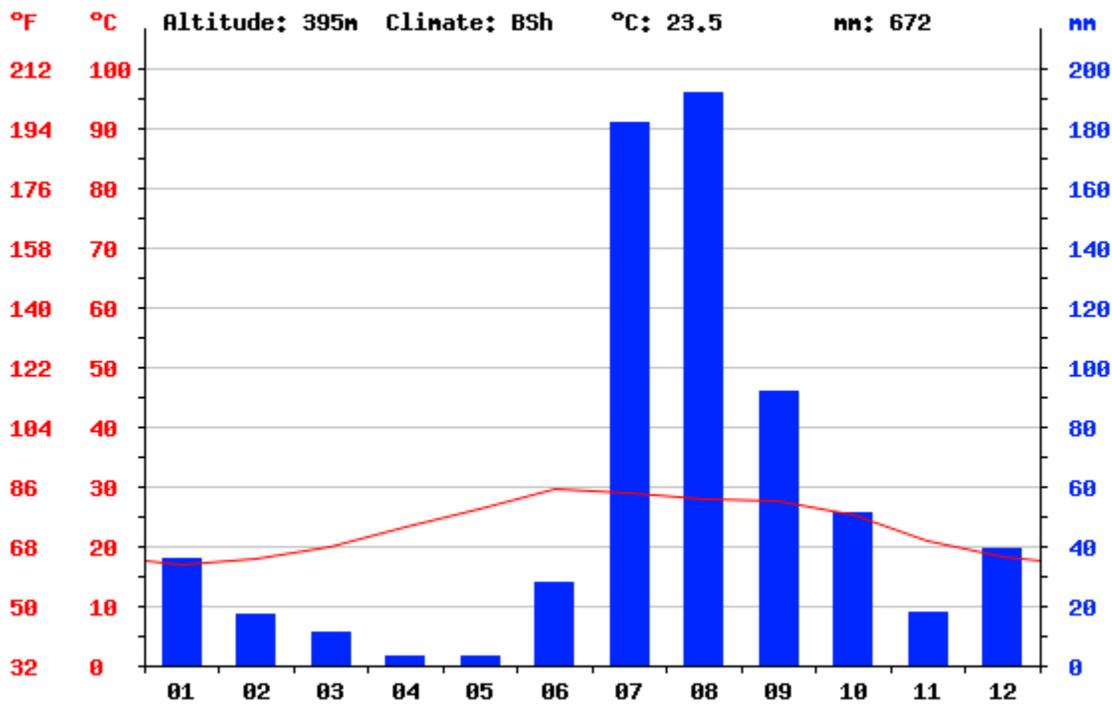


Figura 4. Climograma de Álamos, Sonora. Tomado de: climate-data. 2014

6.2.-Diseño experimental

Para explorar la variación en la germinación de semillas y sus efectos sobre la estructura espacial y los patrones de abundancia de las poblaciones de *B. aculeata*, se estableció un experimento en el cauce de un arroyo dentro la Reserva Sierra de Álamos-Río Cuchujaqui. Dentro de este cauce, se localizaron seis sitios al azar, separado por lo menos 300m, de manera que estos seis sitios

presentaran características similares de humedad, temperatura, y que su suelo fuera homogéneo, por lo que se tomaron como repeticiones. En cada sitio, se estableció una parcela de 45m x 4m ubicada de manera perpendicular al arroyo. Todos los sitios presentaron el mismo tipo de vegetación (selva baja caducifolia) y se ubicaron sobre la ladera norte. El arroyo sobre el cual se escogieron los sitios se seca completamente durante la época de sequía.

Cada sitio se dividió en tres posiciones topográficas (PT): base (0-15m), intermedia (15.1 a 30m) y cima (30.1 a 45.0m). Se utilizaron dos niveles de densidades de semillas (DS): Densidad1 y Densidad10. En cada una de las tres posiciones topográficas que conformaban un sitio, se seleccionaron cinco lugares diferentes para ubicar a las semillas en Densidad1 y de Densidad10, de tal manera que por ejemplo en la cima habían cinco semillas de Densidad1 y 50 de Densidad10 (55 por área). Por lo anterior, en cada sitio se colocó un total de 165 semillas (15 en Densidad1 y 150 en Densidad10, pues fueron tres posiciones topográficas). Dado que se establecieron seis sitios en todo el experimento, el total de semillas usadas fue de 990 (pues son 165 semillas por sitio en los seis sitios) (Figura 5).

Todas las semillas utilizadas para el experimento se colectaron el mismo año de estudio (Febrero de 2010) y fueron colectadas al azar de 10 individuos de similar tamaño (2-4m de altura) en los alrededores del sitio de estudio. Todas se mezclaron y se colocaron en una tina con agua para que las semillas que no estuvieran huecas se sumergieran y poder usarlas. Las semillas fueron puestas sobre la hojarasca y se protegieron con una trampa hecha de malla de mosquitero. Esta protección se hizo con el fin de evitar la depredación y para poder observar a lo largo del tiempo el destino que tuvieron estas semillas.

A partir del día del establecimiento del experimento se realizó un monitoreo durante 107 días, que abarcó desde el 21 de junio (finales de la época de sequías) hasta el día 6 de octubre (época de lluvias). Después del día 107, la



mayoría de las semillas aun no germinadas se encontraban podridas, por lo que se decidió terminar el experimento.

Una vez que las semillas habían germinado, se monitoreó la supervivencia de las plántulas durante siete meses (06/octubre/2010-06/abril/2011), que abarcaron la época de sequía. A cada sitio se le registró tres diferentes variables microclimáticas (temperatura, humedad relativa e intensidad lumínica). Esto se llevó a cabo en el centro de cada una de las tres posiciones topográficas de cada uno de los seis sitios, por lo que en total se emplearon 18 dataloggers. Se registró la intensidad lumínica (lm / m^2), humedad relativa (%) y la temperatura ($^{\circ}C$) mediante los dataloggers HOBO-U12-001 para la temperatura y la humedad relativa y HOBO-UA-002-64 para la intensidad lumínica. Estas variables microclimáticas se registraron por 7 días cada hora durante la temporada de sequía (mediados de junio) y finales de la temporada de lluvias (principios de diciembre).

Cima	D1	D10	D1=15 D10=150 $\Sigma=165$
	D1	D10	
Intermedia	D1	D10	
	D1	D10	
Base	D1	D10	
	D1	D10	

Figura 5. Distribución de las semillas en los sitios. $\Sigma_{total \text{ de sitio}}=165$. Esto por los 6 sitios que se utilizaron nos proporciona 990 semillas analizadas.



6.5.-Análisis estadísticos

En esta tesis se evaluaron: i) los efectos de la posición topográfica (PT con tres niveles: base, intermedio y cima), densidad de semillas (DS con dos niveles: Densidad1 y Densidad10) y tiempo (T como variable continua) sobre la germinación y supervivencia de plántulas de *Brahea aculeata*, ii) se exploraron las diferencias microclimáticas entre diferentes posiciones topográficas (PT) y iii) cómo estos factores microambientales afectan la germinación de semillas y la supervivencia de plántulas .

La germinación de semillas y supervivencia de plántulas fueron analizadas como una variable binomial (p.e germinación vs no germinación) a través de modelos lineares generalizados (GLM) usando un error de distribución binomial (Crawley, 2007). El análisis inició primero desarrollando modelos saturados que incluyeron todos los factores de interés para cada caso y las interacciones posibles entre los factores. Estos modelos fueron simplificados removiendo gradualmente todas las interacciones y/o factores que no fueran significativos. Los modelos presentados en los resultados son los modelos mínimos adecuados que incluyen únicamente los factores significativos (Crawley, 2007). Para el caso de la germinación se evaluaron los efectos de PT, DS, T. Para la supervivencia únicamente se consideraron PT y DS, ya que nuestra variable de supervivencia no se siguió a través del tiempo.

Las variables microclimáticas (temperatura promedio, temperatura máxima, humedad relativa e intensidad lumínica) se compararon entre posiciones topográficas. Para cada una de las épocas de muestreo se realizaron análisis de varianza (ANOVA) (sequías y lluvias) teniendo a la PT como el único factor. Previo a los análisis se llevaron a cabo pruebas de normalidad y homogeneidad de varianzas (Crawley, 2007).

Finalmente para evaluar la relación entre las variables microclimáticas y la germinación y supervivencia de plántulas se llevaron a cabo correlaciones entre



los promedios de cada variable de cada sitio (seis) y PT (tres) con la proporción final de semillas germinadas y la proporción de la supervivencia de plántulas. En las correlaciones se anotó el valor de r^2 . Estos análisis se llevaron a cabo para cada época de muestreo de las variables microclimáticas (sequías y lluvias). Todos los análisis se realizaron en el programa estadístico R ver 2.13.0 (R Development Core Team 2013).



7.-RESULTADOS

7.1.-Germinación de semillas

El porcentaje de germinación de semillas fue muy bajo, puesto que de las 990 semillas puestas a germinar sólo 52 lo hicieron (Cuadro 1). Por lo tanto, el porcentaje de germinación general fue de 5.2%. Sin embargo, como se explica a continuación, la proporción de germinación varió en función del tiempo, de la densidad de las semillas, así como de la posición topográfica (Cuadro 2).

La germinación varió significativamente a lo largo del tiempo (Cuadro 1 y 2). Las semillas puestas en Densidad10 comenzaron a germinar a partir del día 66, con tres semillas en la base y una semilla en la posición intermedia; posteriormente entre los días 66 a 107 hubo un incremento de germinación de semillas con 21 en la base, nueve en la intermedia y dos en la cima (Cuadro 1) (Figura 5). La misma tendencia general fue observada para las semillas en Densidad1, aunque éstas comenzaron a germinar a partir del día 80, con seis semillas germinadas (Cuadro 1) (Figura 5). En ambos casos el experimento concluyó a los 107 días de observación ya que en ambas densidades se observó un contagio de patógenos que no permitieron su germinación.

La posición topográfica donde se ubicaron a las semillas fue otro factor que afectó su germinación de manera significativa (Cuadro 2). En la base germinó la mayor proporción de semillas, tanto para la Densidad10 (24 semillas) como para la Densidad1 (10 semillas) (Cuadro 1). Así, en la base las semillas Densidad1 la proporción de semillas germinadas fue de 0.33, empezando a partir del día 70, mientras que las semillas de Densidad10 la proporción fue de 0.08, la cual empezó a partir del día 66 (Figura 5). En la posición intermedia la germinación para las semillas Densidad1 fue de 0.2 la cual empezó a partir del día 80, mientras que para las semillas de Densidad10 la proporción de semillas



germinadas fue de un 0.03, empezando a partir del día 66 y se estabilizó desde el día 95. En la parte de la cima, la germinación de semillas en ambos grupos fue escasa donde solo dos semillas germinaron en las de Densidad10.

La densidad de semillas es un factor decisivo para que las semillas germinen (Cuadro 1 y 2). En las semillas Densidad1 la proporción de semillas germinadas en la base fue de 0.33, cuatro veces mayor que en las semillas de Densidad10, donde fue de 0.08. Los resultados muestran que los tres factores individualmente son significativos para la germinación de semillas en estas palmas, y además hubo una interacción significativa entre la densidad y el tiempo (Cuadro 2, Figura 5).

Cuadro 1. Resultado de la $\sum_{total} = 52$ semillas germinadas. Con respecto a los días de censo y las dos densidades de semillas en las posiciones topográficas; en el cauce de un arroyo en la Reserva Sierra de Álamos-Río Cuchujaqui, Sonora, México.

Días	Densidad 10			Densidad 1		
	Base	Intermedia	Cima	Base	Intermedia	Cima
0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0
32	0	0	0	0	0	0
48	0	0	0	0	0	0
66	3	1	0	0	0	0
80	14	4	0	3	0	0
95	21	9	1	7	3	0
107	24	10	2	10	6	0
Total de semillas germinadas	52					



Cuadro 2. Resultados de los análisis de varianza en la proporción de semillas germinadas comparando con la densidad, tiempo y posición topográfica en el cauce de un arroyo en la Reserva Sierra de Álamos-Río Cuchujaqui, Sonora, México. χ^2 = distribución de probabilidad, g.l.= grados de libertad y p= valor de probabilidad. * indica diferencias significativas.

Proporción de semillas germinadas

	χ^2	g.l.	p
Tiempo	285.2	1	<0.001*
Posición topográfica	99.8	2	<0.001*
Densidad	27.8	1	<0.001*
Tiempo: posición topográfica	--	--	--
Tiempo: densidad	3.3	1	<0.1
Posición topográfica: densidad	--	--	-
Tiempo: Posición topográfica: densidad	--	--	--

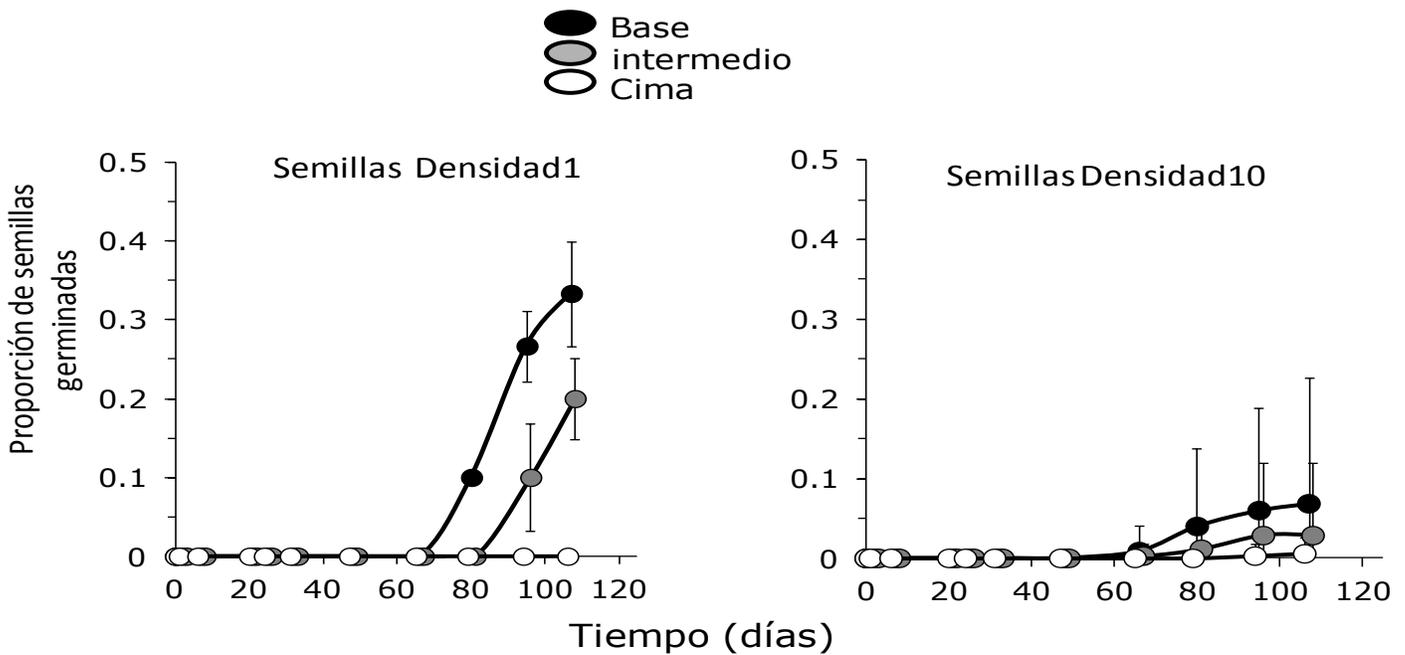


Figura 5. Proporción de semillas germinadas durante su monitoreo en tres diferentes posiciones topográficas sobre el cauce de un arroyo en la Reserva Sierra de Álamos-Río Cuchujaqui.

7.2.- Supervivencia de plántulas

7.2.1.-Supervivencia

La posición topográfica fue un factor que afectó la supervivencia de plántulas de manera significativa (Cuadro 3). En la base ocurrió mayor proporción de plántulas supervivientes con un 0.2 con seis plántulas, para las de Densidad1 que para las Densidad10 que fue de 0.03 con 11 plántulas; en la posición topográfica intermedia fue menor la supervivencia de plántulas, para las de Densidad1 fue 0.13 (cuatro plántulas) y para las de Densidad10 fue de 0.02 (seis plántulas), mientras que en la parte de la cima la supervivencia fue nula para ambas densidades (Figura 6).

La densidad es otro factor que afectó la supervivencia de plántulas (Cuadro 3) dado que para las de Densidad1 hubo una mayor proporción de plántulas supervivientes (con 10 plántulas y una proporción total de 0.33), mientras que en las de Densidad10 hubo una menor proporción (con 17 plántulas y una proporción de 0.05; Figura 6).

Cuadro 3. Resultados de los análisis del promedio de proporción de plántulas sobrevivientes con la densidad, tiempo y área en el cauce de un arroyo en la Reserva Sierra de Álamos-Río Cuchujaqui, Sonora, México. χ^2 = distribución de probabilidad, g.l.= grados de libertad y p= valor de probabilidad.

Proporción de plántulas supervivientes			
	χ^2	g.l.	p
Posición Topográfica	24.1	2	<0.001
Densidad	16.8	1	<0.001



Plántulas supervivientes

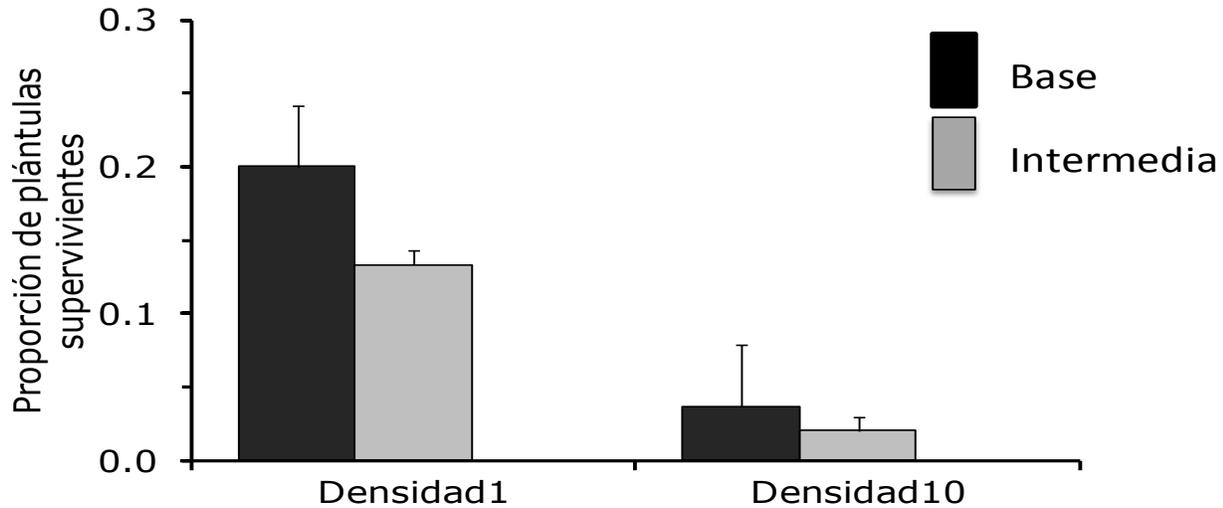


Figura 6. Proporción de plántulas supervivientes en dos diferentes densidades de semillas (D1 Y D10), en tres áreas topográficas (base, intermedia, cima) en el cauce de un arroyo en la Reserva Sierra de Álamos-Río Cuchujaqui.

7.2.2.-Temperatura

La temperatura registrada tuvo una fuerte variación a lo largo del día tanto en la época de sequía como en la época de lluvias. La menor temperatura se registró alrededor de las 6:00-8:00 hrs, mientras que las más altas se registraron alrededor de las 12:00-16:00 hrs (Anexo 1). Sin embargo, se pudieron observar diferencias importantes entre épocas, ya que para la sequía el rango fue de 24.5-43.8°C, mientras que para las lluvias fue de 7.5-36.3°C. Además la variación entre sitios fue muy baja para la época de sequía, mientras que para las lluvias se presentó mayor variación. Otro patrón importante a resaltar es también las diferencias entre posiciones topográficas. En la época de sequía la temperatura fue en general similar para las tres posiciones; por el contrario en la época de lluvias se presentaron mayores diferencias entre posiciones topográficas (Figura 7) (Cuadro 5).



La temperatura promedio fue diferente entre las dos épocas analizadas. Con temperatura mayor en general para la época de secas con un promedio de hasta 34.3 °C. Por el contrario, para la época de lluvias sólo alcanzó hasta 20.3°C. Los análisis estadísticos para la época de sequía indican que la temperatura promedio fue diferente entre posiciones topográficas (Cuadro 4). La menor temperatura promedio fue registrada en la base ($\bar{x} = 33.4 \pm 0.3^{\circ}\text{C}$), mientras que la mayor fue registrada en la cima con una temperatura 0.9°C mayor que en la base. La posición intermedia no fue diferente significativamente de la base ni de la cima (Figura 7a). La temperatura promedio para la época de lluvias siguió la misma tendencia que en la época de secas con temperaturas menores en la base y mayores en la cima (Figura 7b). Sin embargo, la temperatura fue en general mayor en la época de sequía que en lluvias con 14.0 y 15.6°C de diferencia para la base y la cima, respectivamente (Figuras 7a; 7b).

La temperatura máxima siguió siendo diferente comparando las dos épocas analizadas. Con una temperatura mayor por lo general en la época de sequía con una temperaturas de hasta 45.7°C en la cima. Por lo contrario, para la épocas de lluvias solo alcanzó una temperatura de 37.1°C (Figuras 7c; 7d).



La temperatura máxima en la época de sequía no fue estadísticamente diferente entre las posiciones topográficas (Cuadro 4) y se registraron temperaturas máximas mayores a 44°C en las tres posiciones topográficas (Figura 7c). La temperatura máxima en la época de lluvia presentó un cambio importante en la tendencia en comparación con la época de secas y fue estadísticamente diferente entre las posiciones topográficas (Cuadro 4). Para la base, se registró una temperatura de 30.8°C ± 2.19, mientras que en Intermedio y Cima la temperatura fue de alrededor de 37.4°C (Figura 7d). La temperatura máxima se registró en la época de sequía con 8.5-13.5°C mayor que en la época de lluvia (Figuras 7c; 7d).

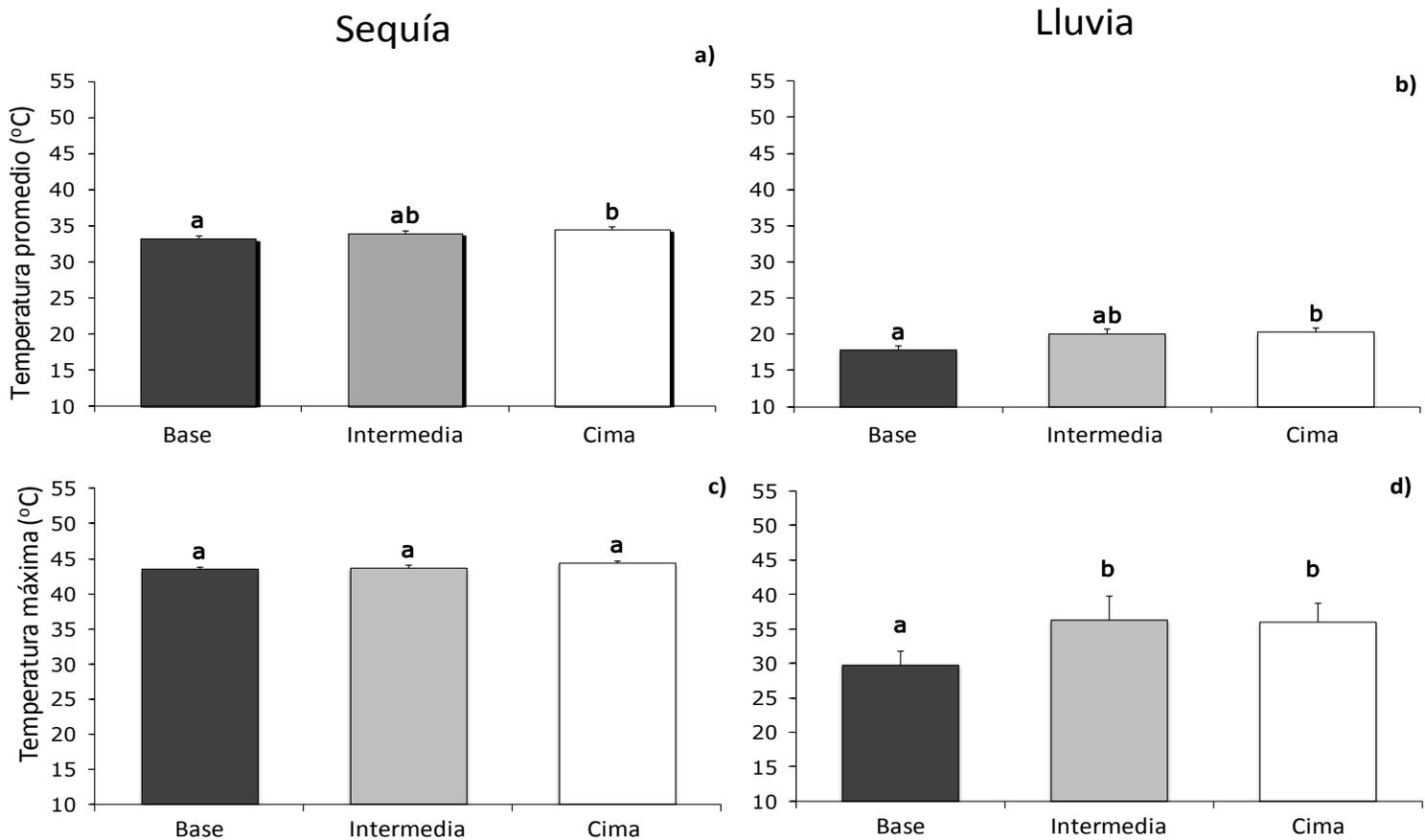


Figura 7. Temperatura promedio (°C) (7a; 7b) y temperatura máxima (7c; 7d) en tres diferentes posiciones topográficas sobre el cauce de un arroyo en la Reserva Sierra de Álamos-Río Cuchuajaqui. Las barras de error representa un error estándar, mientras que las letras sobre las barras indican diferencias significativas de acuerdo a una prueba a posteriori de Tukey ($p < 0.05$).



7.2.3.-Humedad relativa

La humedad relativa con mayor registro se dio en la época de lluvias con un 75% a las 10:00 am, a lo largo del día esta fue disminuyendo para las tres posiciones topográficas (Anexo 2). En la época de sequía la humedad relativa registrada en las tres posiciones topográficas fue la misma donde la más baja fue de 15% para las tres posiciones. En ambas épocas siguió el mismo patrón.

Los análisis estadísticos para la humedad relativa en la época de sequía indican diferencias significativas entre posiciones topográficas (Cuadro 4). La humedad relativa registrada en la base ($\bar{x}=38.61\%\pm 2.66$), fue mayor que aquella registrada en la posición intermedia (35.2%) y la cima (35.8%) (Figura 8a). En cuanto a la humedad relativa en la época de lluvias tuvo una tendencia similar que en la época de sequía, registrando mayor humedad relativa en la base y menores en la intermedia y la cima (Figura 8b) (Cuadro 5).

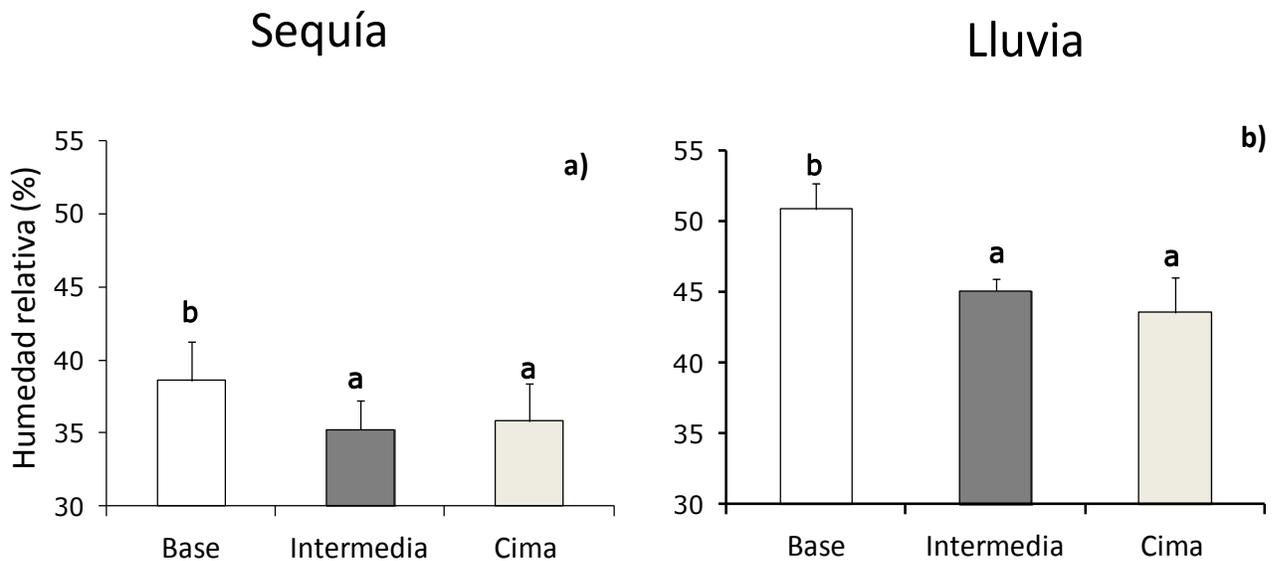


Figura 8. Humedad Relativa (%) en tres diferentes posiciones topográficas sobre el cauce de un arroyo en la Reserva Sierra de Álamos-Río Cuchujaqui. Las barras de error representa un error estándar, mientras que las letras sobre las barras indican diferencias significativas de acuerdo a una prueba a posteriori de Tukey ($p < 0.05$).



7.2.4.-Intensidad lumínica

La intensidad lumínica registrada tanto para la época de sequías como de lluvias fue desde 8:00 am hasta las 19:00 (Anexo 3). La menor intensidad lumínica registrada fue en la época de lluvias donde se observó una gran variación en las tres posiciones topográficas. En la base fue donde se registro la menor intensidad lumínica de 2000 lm/m^2 . Mientras que en la época de sequías la intensidad lumínica no varió ya que en las tres posiciones topográficas se presentó de la misma manera siendo de 11500 lm/m^2 .

La intensidad lumínica fue mayor en la época de sequía que en la de lluvias, con un promedio general de 2891 lm/m^2 que fue 2.2 veces mayor que en lluvias (Figura 9). Sin embargo, la intensidad lumínica varió en función de la posición topográfica para cada época. Los análisis estadísticos para la sequía indican diferencias significativas (Cuadro 4), con la menor intensidad para la Base ($\bar{x}=2448.1 \text{ lm}/\text{m}^2 \pm 0.387$), mientras que la mayor fue registrada en la cima con un promedio de 3367.6 lm/m^2 . La posición intermedia no fue diferente significativamente de la base ni de la cima (Figura 9a). La intensidad lumínica en la época de lluvia siguió la misma tendencia que la época de sequía, con valores menores en base y los mayores para la cima. De la misma manera, intensidad lumínica no fue diferente significativamente de la base y de la cima (Figura 9b) (Cuadro 5).



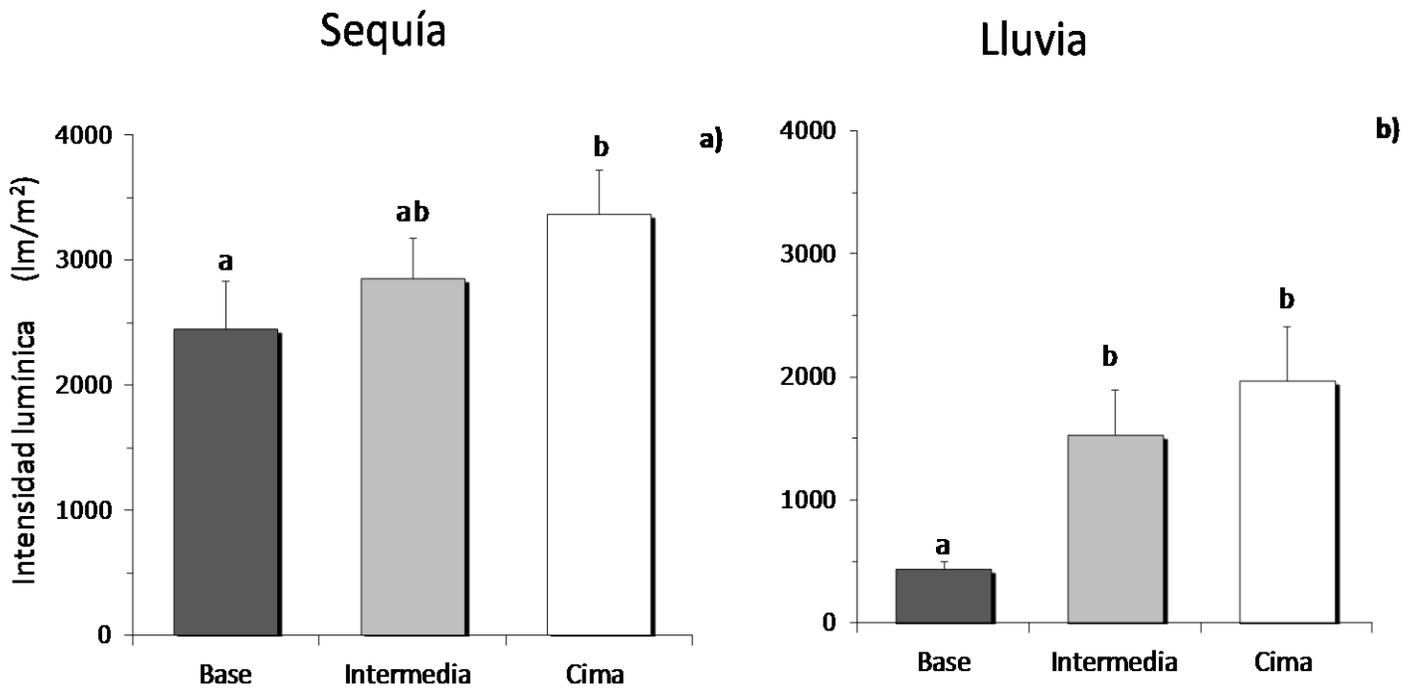


Figura 9. Intensidad lumínica (lm/m²) en tres diferentes posiciones topográficas sobre el cauce de un arroyo en la Reserva Sierra de Álamos-Río Cuchujaqui. Las barras de error representa un error estándar, mientras que las letras sobre las barras indican diferencias significativas de acuerdo a una prueba a posteriori de Tukey ($p < 0.05$).

Cuadro 4. Resultados de los análisis de varianza comparando variables microclimáticas entre posiciones topográficas en dos diferentes épocas de estudio en el cauce de un arroyo en la Reserva Sierra de Álamos-Río Cuchujaqui, Sonora, México. F= estadístico del anova, g.l.= grados de libertad y p= valor de probabilidad. * indica diferencias significativas, mientras que *ns* indica que no hubieron diferencias significativas.

	Junio			Diciembre		
	F	g.l.	p	F	g.l.	p
Temperatura promedio	7.07	2	0.02*	6.25	2	0.04*
Temperatura máxima	4.46	2	0.12 ^{ns}	7.04	2	0.03*
Humedad relativa	13.4	2	0.001*	7.8	2	0.02*
Intensidad lumínica	58.8	2	0.001*	8.1	2	0.02*



Cuadro 5. Promedio de las variables microclimáticas con su error estándar, en dos diferentes épocas de estudio en el cauce de un arroyo en la Reserva Sierra de Álamos-Río Cuchujaqui, Sonora, México.

Posiciones topográficas							
		Base	Error estándar	Intermedia	Error estándar	Cima	Error estándar
	Épocas						
Temperatura promedio	Sequía	33.4°C	0.37	34.0°C	0.26	34.3°C	0.89
	Lluvia	17.8°C	0.61	20.1°C	0.59	20.3°C	0.54
Temperatura máxima	Sequía	44.3°C	0.09	44.7°C	0.40	45.7°C	0.44
	Lluvia	28.2°C	2.19	38.3°C	3.52	35.2°C	3.07
Humedad relativa	Sequía	38.6%	2.66	35.2%	1.94	35.7%	2.57
	Lluvia	50.8%	1.87	45.0%	0.85	43.5%	2.47
Intensidad luminica	Sequía	2448 lm/m ²	0.82	2860 lm/m ²	0.52	3367 lm/m ²	0.68
	Lluvia	434 lm/m ²	122.01	1523 lm/m ²	638.94	1966 lm/m ²	768.08

7.3.-Efectos del microclima sobre la germinación

7.3.1.-Temperatura

Se encontró que algunas variables microclimáticas tuvieron un efecto importante sobre la germinación de las semillas. Específicamente la temperatura promedio durante la época de lluvias tuvo una correlación negativa significativa con la proporción de las semillas germinadas. Es decir la proporción de semillas germinadas disminuyó en función de la temperatura promedio (Figura 10b). Sin embargo, esta relación varió ligeramente dependiendo de la densidad de semillas, ya que el coeficiente de correlación para la Densidad1 fue mayor, que para la Densidad10. Además para esta última, la correlación no fue significativa (Figura 10b). Para el caso de la temperatura promedio de la época de secas no se encontró ninguna relación tanto para la Densidad1 como para la Densidad10 (Figura 10a).

Contrario a la temperatura promedio, para la temperatura máxima en época de secas sí se encontró una correlación. Específicamente para la Densidad1 esta fue significativa, pero extrañamente no lo fue para la Densidad10 (Figura 10c). En comparación, la temperatura máxima de la época de lluvias tuvo una correlación significativa para las de Densidad10, mientras que para las Densidad1 no significativa (Figura 10d).



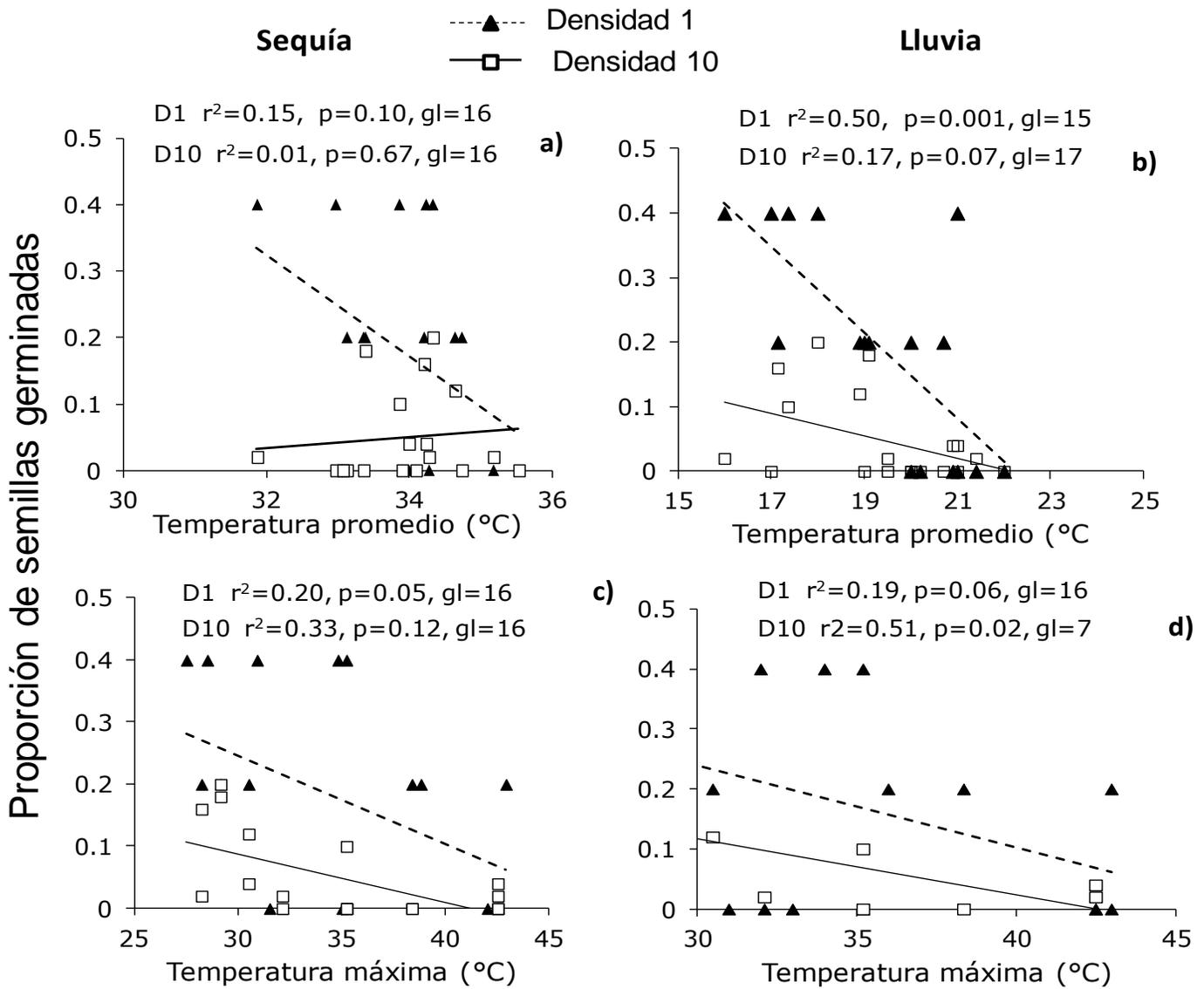


Figura 10. Correlación entre la proporción total de semillas germinadas con la temperatura promedio (a, b) y la temperatura máxima (c, d) medida durante la época de secas y de lluvias en el cauce de un arroyo en la Reserva Sierra de Álamos-Río Cuchujaqui.

7.3.2.-Humedad relativa

Para la humedad relativa se encontró una correlación positiva con la proporción de semillas germinadas para la época de lluvias, pero no para la de secas (Figura 11). En especial durante la época de lluvias la proporción de semillas germinadas fue mayor (0.4) con valores de humedad relativa altos (58%). Esto sucedió tanto para las semillas de Densidad1 y Densidad10 (Figura 11b).

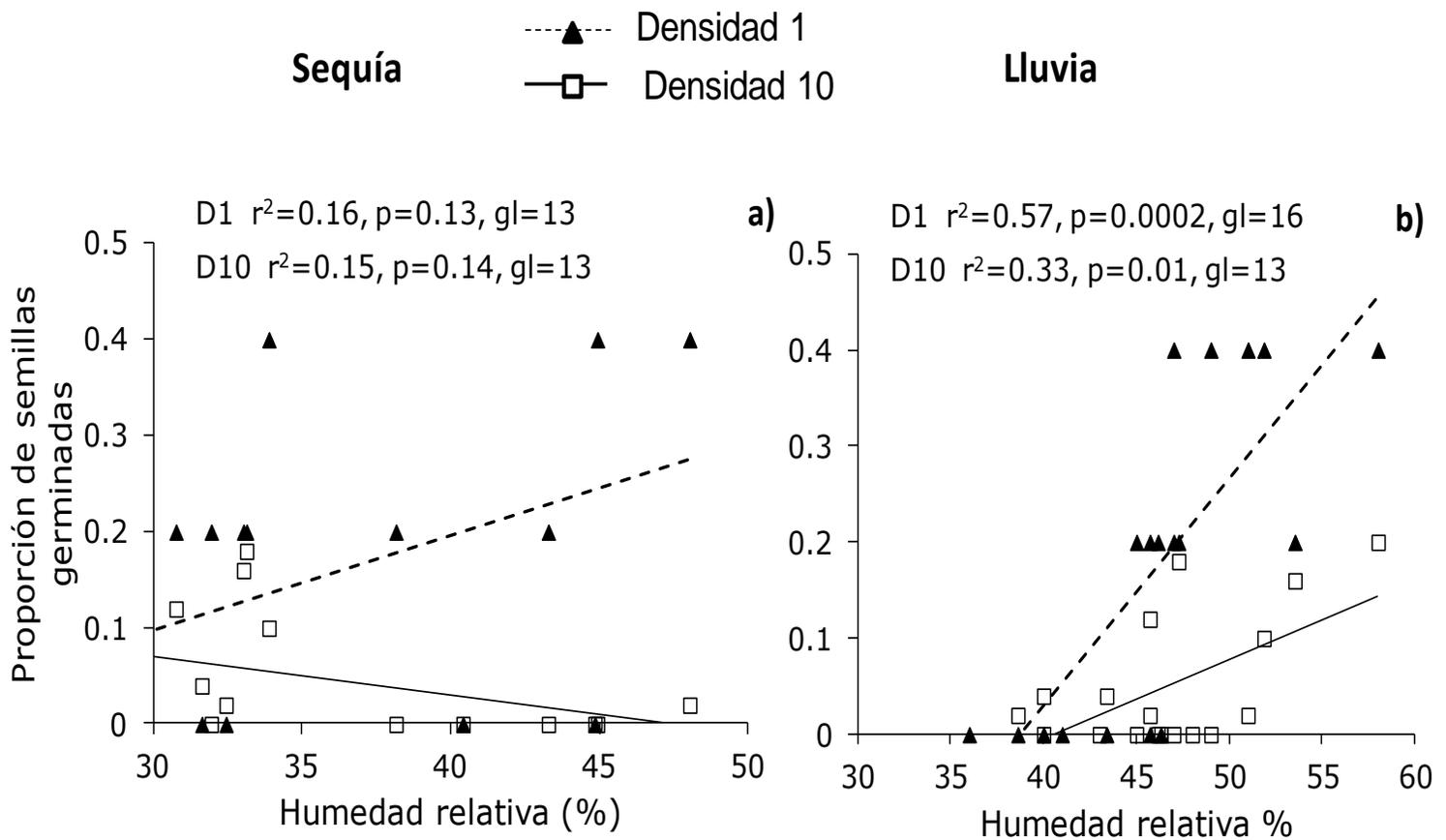


Figura 11. Correlación entre proporción de semillas germinadas con la humedad relativa (%) en la época de secas y de lluvias en el cauce de un arroyo en la Reserva Sierra de Álamos-Río Cuchujaqui.



7.3.3.-Intensidad lumínica

La intensidad lumínica fue otra variable ambiental con la que se realizó una correlación con la proporción de semillas germinadas. Especialmente se encontró que para las dos épocas la correlación fue negativa, aunque solo fue significativa para la época de lluvias (Figura 12). Ambas densidades de semillas estuvieron correlacionadas con la intensidad lumínica.

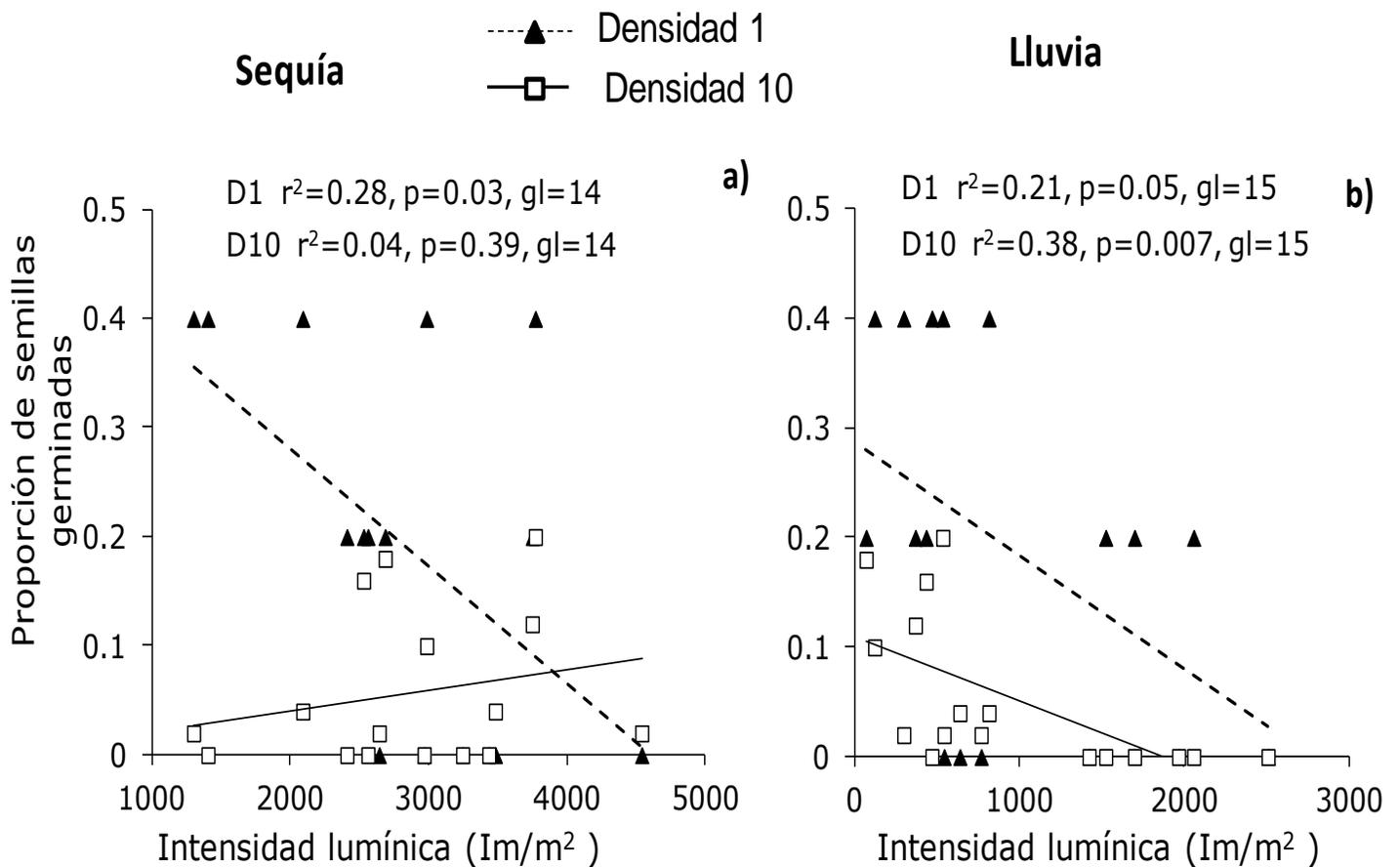


Figura 12. Correlación entre la proporción de semillas germinadas con la variable ambiental intensidad lumínica (Im/m^2) la época de secas y de lluvias en el cauce de un arroyo en la Reserva Sierra de Álamos-Río Cuchujaqui.



7.4.- Efectos del microclima sobre la supervivencia de plántulas

Los análisis para explorar el efecto de las variables ambientales sobre la supervivencia de las plántulas indican en general una relación baja. Específicamente, las correlaciones más claras fueron únicamente de la supervivencia de las plántulas de Densidad10 con la intensidad lumínica de la temporada de lluvias (Figuras 13,14,15). La temperatura promedio de las dos épocas y la máxima de las secas presentaron una correlación positiva nuevamente con la supervivencia de la Densidad10 (Figura 13). El resto de las variables no tuvieron ninguna correlación en ninguna de las dos épocas y con ninguna de las dos densidades (Figuras 13,14,15).



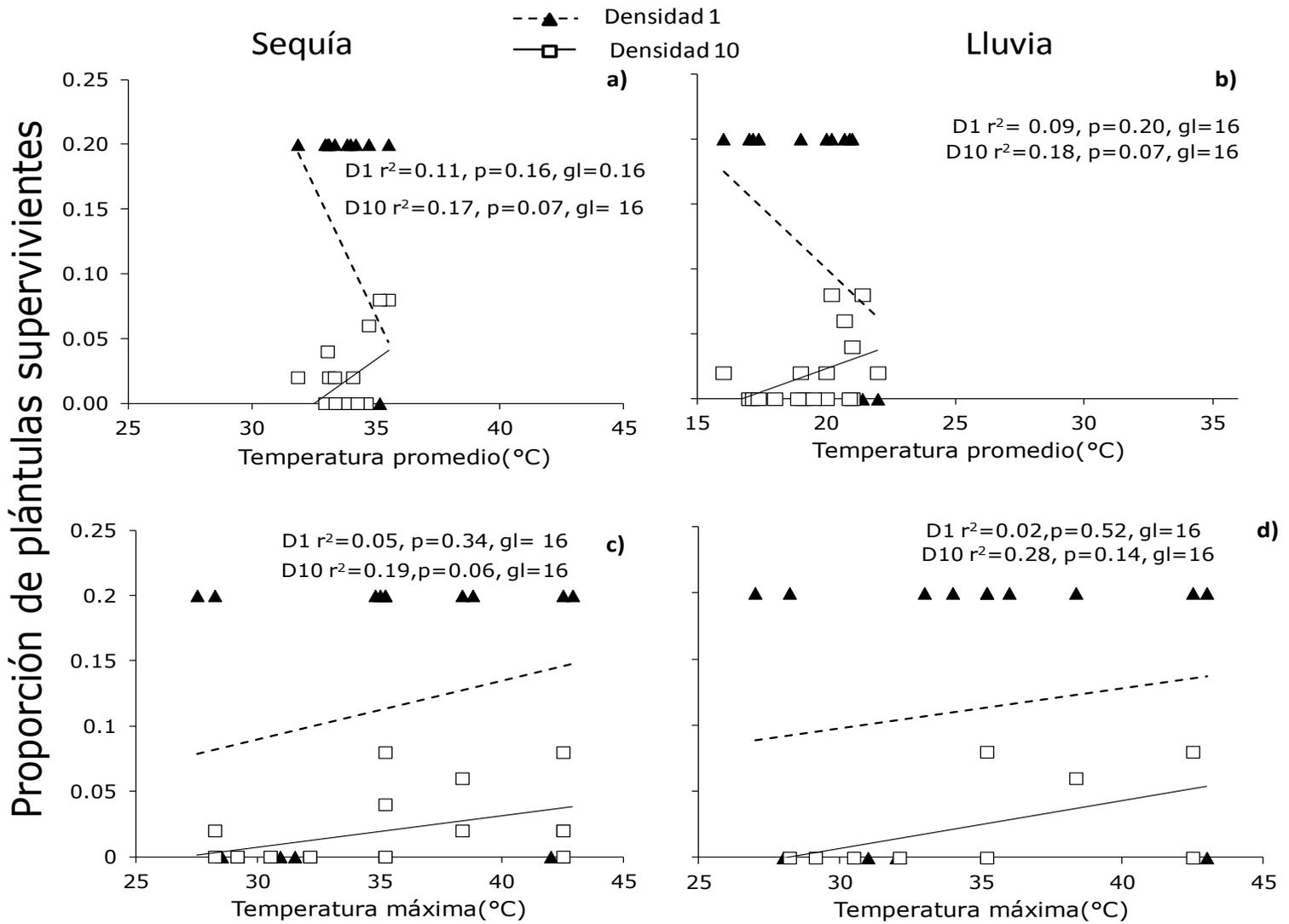


Figura 13. Correlación entre la proporción total de plántulas supervivientes con la temperatura promedio (a,b) y la temperatura máxima (c,d) medida durante la época de secas y de lluvias en el cauce de un arroyo en la Reserva Sierra de Álamos-Río Cuchujaqui.

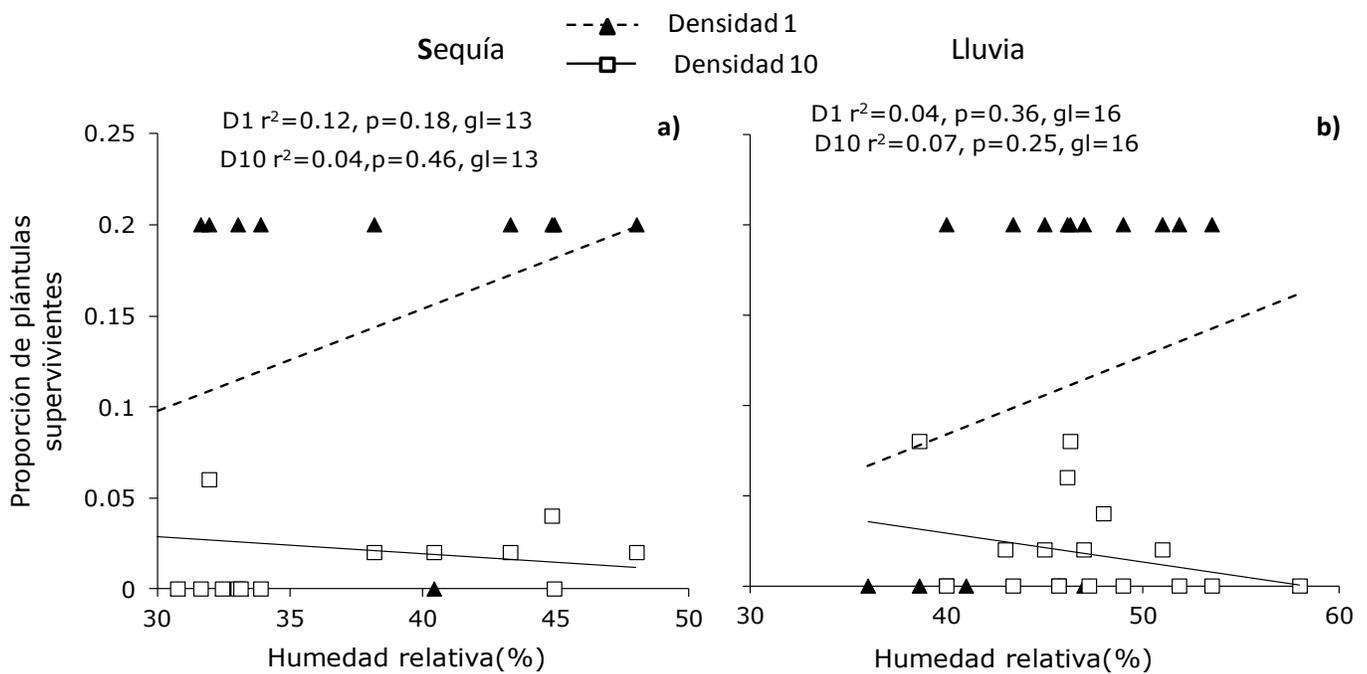


Figura 14. Correlación entre proporción de plántulas supervivientes con la humedad relativa (%) en la época de secas y de lluvias en la cauce de un arroyo en la Reserva Sierra de Álamos-Río Cuchujaqui.

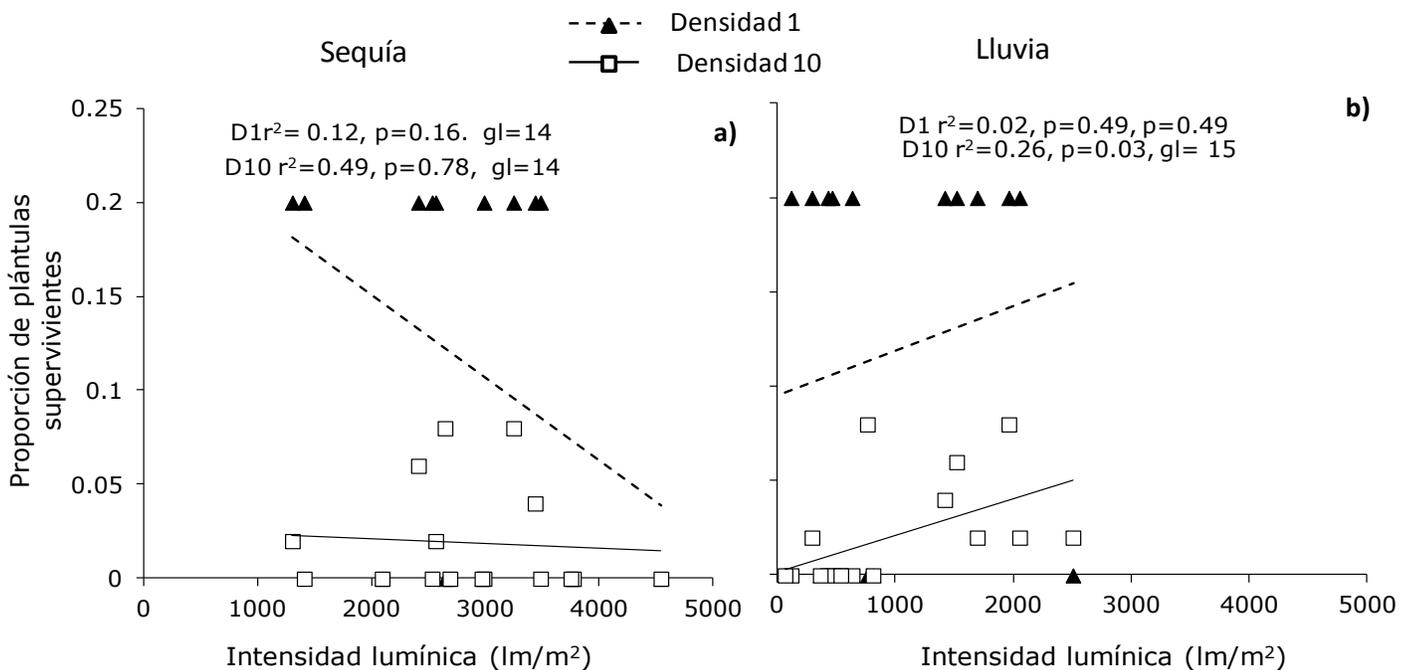


Figura 15. Correlación entre proporción de plántulas supervivientes con la intensidad lumínica (lm/m²) en la época de secas y de lluvias en el cauce de un arroyo en la Reserva Sierra de Álamos-Río Cuchujaqui.

8.-DISCUSIÓN

8.1.-Germinación y supervivencia

La germinación registrada para *Brahea aculeata* fue baja, puesto que en total sólo el 5.2% de las semillas germinaron. Comparando estos resultados con otros estudios en campo, se puede decir que algunas palmas tienen bajas tasas de germinación (Pérez *et al.*, 2005). Por ejemplo, estudios con la palma *Thrinax radiata* en la Península de Yucatán han encontrado tasas de germinación de entre 7 y 15%, donde la variación se debió al tiempo de almacenamiento de las semillas, el cual disminuyó la tasa de germinación y viabilidad (Pérez *et al.*, 2005). Por el contrario, en estudios en laboratorio se han reportado tasas de germinación de hasta 90% o más. En otro experimento con la especie *Livistona australis* en condiciones naturales se observó una tasa de germinación aún más baja (5%) (Maciel y Mogollón, 1995; Jones, 1999). Sin embargo, se observó que removiendo el mesocarpo y enterrando las semillas puede favorecer la germinación y se puede alcanzar hasta un 53% (Maciel y Mogollón, 1995, Jones, 1999).

De la misma manera, en estudios recientes con *Brahea aculeata* se ha reportado altos porcentajes de germinación (de un 50-60%) al enterrar las semillas sobre la hojarasca durante la época de lluvias a una profundidad de 5 cm, aunque bajo condiciones de vivero aumenta hasta 90%, debido al riego continuo (Martínez-Rivera, S/F). Es decir, al parecer la viabilidad fisiológica de las palmas para germinar es alta, aunque la viabilidad ecológica es baja. Esto implica que hay condiciones ambientales e interacciones bióticas que pueden afectar esta alta viabilidad fisiológica, tales como la depredación por insectos y el ataque de patógenos, entre otros (Tomlinson, 1990).



Las estrategias de germinación de las plantas son de gran importancia para la dinámica de las poblaciones. Un aspecto muy importante es la densidad en las que éstas se dispersan y posteriormente germinan. Por ejemplo, en algunas especies, cuando las semillas se encuentran agrupadas, existe un bajo porcentaje de germinación (Murray, 1998; Lortie y Turkington, 2002; Grundy *et al.*, 2003), este es el caso de la cactácea *Isolatocereus dumortieri* (Flores y Jurado, 2009). Por el contrario, también se ha registrado que puede haber un incremento de germinación en semillas agrupadas (Waite y Huitchings, 1978; McMurray *et al.*, 1997). La densidad de semillas se debe principalmente a la forma en que estas fueron dispersadas (Traveset, 1998). La germinación y la emergencia de plántulas se debe a factores ambientales más que la densidad de semillas en un lugar y la dispersión (Flores *et al.*, 2004).

Basándose en la bibliografía existente para el caso de palmas, no existen estudios sobre los efectos de la densidad en la germinación. Los estudios en palmas están más enfocados en evaluar el efecto de la densidad sobre la dispersión de las semillas y la supervivencia de las plántulas resultantes (Howe, 1984). En el caso de *Brahea aculeata* se observaron bajas tasas de germinación, donde a mayor densidad hubo menor germinación en las diferentes posiciones topográficas. Las observaciones en campo indican ocurrió que a partir del día 107 hubo importante ataque de patógenos en las semillas que no habían germinado. Posiblemente el aumento de la densidad puede causar a una transmisión más rápida de patógenos entre semillas y el ataque de otros organismos, lo que impide su germinación, como observó Flores *et al.*, 2004.

Lo anterior tiene fuertes implicaciones sobre la dinámica de las poblaciones, ya que la probabilidad de establecimiento será muy baja. Es posible entonces que este tipo de especies tengan diferentes estrategias para mantener poblaciones viables. Una posible estrategia es la producción masiva de semillas, que es lo que se observa en *Brahea aculeata*, donde dependiendo del tamaño de la planta



puede llegar a producir una gran cantidad de semillas (hasta 2000). Otra posible estrategia podría ser establecer relación con los dispersores, que contribuyan a su distribución espacial. Los dispersores pueden aumentar la distancia entre semillas y disminuir el riesgo de ataque por patógenos, lo que se podría reflejar en un aumento de su supervivencia (Janzen, 1970). La supervivencia de plántulas de *Brahea aculeata* fue muy baja, aunque se observaron diferencias significativas entre las densidades, siendo mayor para las semillas solas. Siguiendo la teoría de Janzen-Connell se puede pensar en un efecto denso dependiente, es decir, con el aumento de la densidad de plántulas puede haber mayor transmisión de patógenos, mayor competencia por nutrientes, agua y luz, lo que se refleja en una menor supervivencia en densidades altas de individuos (Janzen, 1970; Connell, 1971).

8.2.- El papel de los factores microclimáticos sobre la germinación y supervivencia de plántulas

La humedad, la luz y la temperatura y otros factores ambientales son indispensables durante las primeras fases de la vida de una planta (Arista, 1994). Específicamente, el proceso de germinación depende de condiciones microclimáticas (Maciel y Mogollón, 1995). El sotobosque de los bosques tropicales presenta características ambientales muy particulares impuestas principalmente por la apertura del dosel y características del suelo tales como la estructura y riqueza de nutrientes. Específicamente la apertura del dosel es muy importante ya que de ésta depende la cantidad y calidad de radiación solar que llegará al sotobosque (Chazdon y Pearcy, 1991). Además esta puede tener una importante variación a lo largo del día, especialmente en bosques secos. También es importante mencionar que la intensidad de radiación solar puede tener efectos sobre otros factores microclimáticos tales como la temperatura y la humedad



relativa del suelo y del ambiente (Dalling y Hubbell, 2002). La variación en el sotobosque de estos y otros factores resultará en diferentes microhábitats, a los cuales las plantas podrían responder fisiológica y morfológicamente de diferente manera, lo que incluso podría influir sobre los patrones demográficos y la dinámica de las poblaciones (Del Valle, 1996).

La germinación de semillas es un proceso que responde a esta variación entre microhábitats. Así, se ha encontrado en diferentes estudios, que varios factores microambientales y su interacción pueden determinar la variación en las tasas de germinación. Por ejemplo, en un estudio con *Chamaedorea bartlingiana* se encontró que la combinación de humedad alta y alta radiación solar provocan las mayores tasas de germinación durante la época de lluvias (Del Valle, 1996). En el presente estudio con *Brahea aculeata* se encontró que efectivamente las condiciones microclimáticas afectan las tasas de germinación. Específicamente se encontró mayor germinación en áreas con menores temperaturas promedio y máximas, mayor humedad relativa y menor intensidad lumínica.

La posición topográfica y las propiedades del suelo, que incluye el contenido de agua, la temperatura y la humedad tiene un papel fundamental en la germinación de semillas e incluso en la dinámica de poblaciones de plantas (Silva-Matos y Watkinson, 1998). Por ejemplo, en el Sureste de Brasil se realizó un estudio con la palma *Euterpe edulis*, donde las tasas de germinación más altas se encontraron en suelos húmedos (Silva-Matos y Watkinson, 1998).

Como es el caso del sitio de estudio de esta tesis, es muy conocida la heterogeneidad de los ecosistemas secos en cuanto a las características ambientales (Arriaga *et al.*, 1993). Esto puede determinar parches de micro-sitios adecuados para la germinación de *B. aculeata*, la cual se distribuye irregularmente con mayores densidades de plántulas y juveniles cerca de arroyos y reduce gradualmente su densidad en la parte superior de las cuencas de los arroyos. La alta correlación de la germinación de semillas con la temperatura y la



humedad puede ayudar a explicar el patrón de distribución espacial observado. Los arroyos proporcionan un ambiente más sombrío, más fresco y más húmedo, que protegen las semillas de la radiación solar, y la pérdida excesiva de agua (Sacchi y Price, 1992).

Para *B. aculeata*, este microhábitat ofrece buenas condiciones para la germinación, que luego contribuyen a explicar la estructura espacial de la población (López-Toledo *et al.*, 2011). Como los resultados del presente estudio indican, las mejores condiciones para germinar se encuentran cerca de la corriente del arroyo, lo que contribuye al patrón de abundancia de *B. aculeata* en la RSARC.

Siete meses después de haber terminado el experimento de germinación de semillas, en general, se observó una baja supervivencia de plántulas. Esta varió entre las posiciones topográficas con mayor supervivencia en aquellas áreas con menor intensidad lumínica, menor temperatura y mayor humedad relativa, es decir, cerca de ríos o arroyos. Estos resultados pueden indicar que las plántulas de *B. aculeata* tienen respuestas fisiológicas que las hacen supervivir mejor en aquellos sitios sombreados y con mayor humedad. Para algunas especies de palmas se ha demostrado que algunas características del microclima, como por ejemplo la baja disponibilidad de luz, influye notoriamente sobre la fotosíntesis, el intercambio de gases, el crecimiento y la supervivencia (dos Santos *et al.*, 2012).



9.- CONCLUSIONES

En el presente trabajo se llevó a cabo un estudio sobre la ecología de la germinación y supervivencia de plántulas de *Brahea aculeata* en campo, al interior de la Reserva Sierra de Álamos en el Estado de Sonora. Este estudio provee información para entender la estructuración espacial de la población de *Brahea aculeata*, así como información que puede ser útil en futuros programas de restauración de la especie en la Reserva Sierra de Álamos.

Específicamente se determinó que:

- ✓ El tiempo de germinación para ambas densidades fue similar. La densidad de semillas es un factor que determina la germinación. Las semillas de Densidad1 fue donde se presentó mayor proporción de semillas germinadas. Por otra parte, la posición topográfica es un factor que determina la germinación de semillas de *Brahea aculeata*, ya que en la base hubo una mayor germinación, seguida por la intermedia, mientras que en la cima la germinación fue mínima. De la misma manera, la supervivencia de las plántulas fue mayor en la posición de la base, seguida de la intermedia para ambas densidades de semillas.
- ✓ Las condiciones microclimáticas en las posiciones topográficas dentro de la distribución de *Brahea aculeata* son diferentes, específicamente se nota un gradiente que va desde la base hasta la cima; donde la base es donde se presenta menores temperaturas e intensidad lumínica y mayor humedad relativa. Posteriormente en la posición intermedia se observó la misma tendencia solo que esta fue menor y en la cima se presentaron mayores temperaturas e intensidad lumínica y menor humedad relativa, esto se registró para las dos épocas analizadas.



- ✓ El microhábitat es muy importante en la germinación y supervivencia de las plántulas, ya que algunas de las variables analizadas tuvieron alguna correlación con éstas. Específicamente, la temperatura y la intensidad lumínica tuvieron una correlación negativa sobre la germinación, mientras que para la humedad relativa fue positiva. Para el caso de la supervivencia la única relación significativa fue con la temperatura, especialmente para la Densidad10.



LITERATURA CITADA

- Arista, M. 1994. Supervivencia de las plántulas de *Abies pinsapo* Boiss, en su hábitat natural. Anales del Jardín Botánico de Madrid 51:193-198.
- Arriaga, L. Maya Y., Díaz S y Cansino J. 1993. Association between cacti and nurse perennials in a heterogeneous tropical dry forest in northwestern Mexico. Journal of Vegetation Science 4:349-356.
- Augspurger, C.K. 1982. A cue for synchronous flowering. En: Leigh, E.G., Rand, A.S. y Windsor, D.M. eds. The ecology of a tropical forest Smithsonian Inst. Press, Washington, D.C. 133-150 p.
- Balick, M. 1989. Native neotropical palms: a resource of global interest. En: Wickens, G.E., Haq, N. y Day, P. New crops for food and industry. Chapman and Hall, Londres, Reino Unido. 323-332 p.
- Beckage, B. y Clark, J.S. 2003. Seedling survival and growth of southern Appalachian forest tree species: the role of spatial heterogeneity. Ecology 84:1849-1861.
- Bernal, R. 1992. Colombian palm products. En: Plotkin, M. y Famolare, L. eds. Sustainable harvest and marketing of rain forest products. Island, Washington, Columbia, EE.UU. 158-172 p.
- Borgtoft, H. 1994. Mocado palm-fibers: use and management of *Astrocaryum standleyanum* (Arecaceae) in Ecuador. Economic Botany 48:310-325.
- Borgtoft, H. 1996. Production and harvest of fibers from *Aphandra natalia* (Palmae) in Ecuador. Forest Ecology Management 80:155-161.
- Broschat, T.K. y Donselman, H. 1986. Effects of fruit maturity, storage, presoaking, and seed cleaning on germination in three species of palms. Journal of Environmental Horticulture 5:6-9.



- Broschat, T.K. y Donselman, H. 1986. Factors affecting storage and germination of *Chrysalidocarpus lutescens* seeds. *Journal of American Society for Horticultural Science* 111:872-877.
- Chazdo, R.L. y Pearcy, R.W. 1991. The importance of sunflecks for forest Understory Plants. *Biociencia* 41:760-766.
- Clark, D.A. y Clark, D.B., 1995. Edaphic and human effects on landscape-scale distributions of tropical rain forest palms. *Ecology* 76:2581–2594.
- Clark, J.S., Beckage, B., Camill, P., Cleveland, B., HilleRisLambers, J., Lichter J., McLachlan, J., Mohan, J. y Wycoff, P. 1999a. Interpreting recruitment limitation in forests. *American Journal of Botany* 86:1-16.
- Clark, J.S., Silman, M., Kern, R., Macklin, E. y Hilleris-Lambers, J. 1999b. Seed dispersal near and far: Patterns across temperate and tropical forests. *Ecology* 80:1475-1494.
- Connell, J.H. 1971. On the role of natural enemies in preventing competitive exclusion in some marine animals and in rain forest trees. En: Boer, P.J.D. y Gradwell, G. eds. *Dynamics of Populations* Centre for Agricultural Publishing and Documentation, Wageningen, The Netherlands. 298–312 p.
- Crawley, M.J., 2007. *The R Book*. John Wiley and Sons Ltd., Chichester. 1076 p.
- Dalling, J.W y Hubbell S.P. 2002. Seed size, growth rate and gap microsite conditions as determinants of recruitment success for pioneer species. *Journal of Ecology* 90:557-568.
- De Steven, D. 1989. Genet and ramet demography of *Oenocarpus mapora* spp. mapora, a clonal palm of Panamanian tropical moist forest. *Journal of Ecology* 77:579- 596.
- Del Valle, J.I. 1996. Los bosques de guandal del delta del río Patía. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 20:475-489.



- dos Santos, M.L.S., Franca S., Gomes F.P. y do Nascimento J.L. 2012. Low light availability affects leaf gas exchange, growth and survival of *Euterpe edulis* seedlings transplanted into the understory of an anthropic tropical rainforest. *A Journal of Forest Science* 74:167-174.
- Durán, R. y R. Franco. 1992. Estudio demográfico de *Pseudophoenix sargentii*. *Bulletin de Institut Francais Etudes Andines* 21:609-621.
- Felger, R.S., Johnson, M.B. y Wilson, M.F., 2001. *The Trees of Sonora, Mexico*. Oxford University Press, USA. Arizona.
- Flores, J. y Jurado, E. 2009. Efecto de la densidad de semillas en la germinación de *Isalotocereus dumortieri* y *Myrtillocactus geometrizans*, cactáceas columnares endémicas de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 80:141-144.
- Flores, J., Briones, O., Flores, A. y Sánchez-Colón, S. 2004. Effect of predation and solar exposure life-forms. *Journal of Arid Environments* 58:1-18.
- Gómez, P.B., Válio, I.F.M. y Martínez, F.R. 2006. Germination of *Geonoma brevispatha* (Arecaceae) in laboratory and its relation to the palm spatial distribut Ion in a swamp forest. *Aquatic Botany* 85:16-20.
- Grundy, A.C., Mead, A. y Burston, S. 2003. Modeling the emergence response of weed seeds to burial depth: interactions with seed density, weight and shape. *Journal of Applied Ecology* 40:757-770.
- Haro, J.M.E. 2010. *Sierra Mayo- Yaqui, Sonora y Chihuahua*.
- Harper, J.L. 1977. *Population Biology of Plants*. Academic Press, London. New York. 981 p.
- Howe, H.F. 1984. Implications of seed dispersal by animals for tropical reserve management. *Biodiversity and Conservation* 30:261-281.
- Janzen, D.H. 1970. Herbivores and the number of tree species in tropical forests. *The American Naturalist* 104:501-528.



- Janzen, D.H. 1978. Seedling patterns in tropical trees. En: Tomlinson, P.B. y M. Zimmerman, eds. Tropical trees as living systems Cambridge University Press, London. 82-128 p.
- Jones, D. L. 1999. Palmeras del Mundo. Omega. Barcelona.
- Jordano P., Pulido F., García-Castaño, J.L. y García-Fayos, P. 2004. Procesos de limitación demográfica. En: Valladares, F. Ecología del Bosque Mediterráneo es cambiante Mundo ONU. Ministerio de Medio Ambiente, España Organismo Autónomo de Parques Nacionales Madrid. 229-248 p.
- LIU, Q. y H. Hytteborn. 1991. Gaps structure, disturbance and regeneration in a primeval *Picea abies* forest. Journal of Vegetation Science 2:391-402.
- López-Toledo, L., Horn, C. y Endress, B.A. 2011. Distribution and population patterns of the threatened palm *Brahea aculeata* in a tropical dry forest in Sonora, Mexico. Forest Ecology and Management 261:1901–1910.
- Lortie, C.J. y Turkington, R. 2002. The effect of initial seed density on the structure of a desert annual plant community. Journal of Ecology 90:435-445.
- Maciel, N y Mogollón, N. 1995. Variaciones de la emergencia de semillas germinadas de seis palmas ornamentales. Bioagro 7:10.
- Maciel, N. 2001. Emergencia de la palma real venezolana (*Roystonea oleraceae* (Jacq.) O.F. Cook) en función de condiciones variables de fruto y la semilla. Bioagro 13:105-110.
- Mari, E. K. A. y Galassi, M.E. 2010. ¿Factores ambientales o herbivoría controlan la emergencia de plántulas en un bosque fluvial del río Paraná?. Interciencia 35:605-612.
- Martínez-Ramos, M., Sarukhan, J. y Piñero, D. 1988. The demography of tropical trees in the context of forestal gap dynamics; the case of *Astrocaryum mexicanum* at Los Tuxlas tropical rain forest. En: Davy, A., Hutchings, M. y Watkinson, A. eds. Plant Population Ecology. The 28th



Symposium of the British Ecological Society. Blackwell Scientific Publications. Oxford. 293-313 p.

- Martínez-Rivera. S/F. Instituto Tecnológico de Sonora. Tesis de licenciatura en proceso.
- McMurray, M.H.S., Jenkiens y Longland, W.S. 1997. Effects of seed density on germination and establishment of a native and introduced grass species dispersed by granivorous rodents. *American Midland Naturalist* 138:322-330.
- Meerow, A.W. 2000. Palm Seed Germination. University of Florida IFAS Cooperative Bulletin 274:1-10.
- Murray, B.R. 1998. Density-dependent germination and the role of leachate. *Australian Journal of Ecology* 23:411-418.
- Orozco-Segovia, A., Batis A., Rojas-Aréchiga M. y Mendoza A. 2003. Seed biology of palms: a review. *Palms* 47:79-94.
- Pérez, E., Ceballos-González, G. y Calvo-Irabién, L.M. 2005. Germinación y supervivencia de semillas de *Thrinax radiata* (Arecaceae), una especie amenazada en la Península de Yucatán. *Boletín de la Sociedad Botánica México* 77:9-20.
- Pérez, P.C.J. 2007. Germinación de semillas de *Mimosa aculeaticarpa* var. *biuncifera* (benth) Barneby (Fabaceae). Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. 31 p.
- Piñero, D. y Sarukhán, J. 1982. Reproductive behaviour and its individual variability in a tropical palm *Astrocaryum mexicanum*. *Journal of Ecology* 70:461-472.
- Quero, H. 1989. Flora Genérica de Arecáceas de México. Tesis de Doctorado. Facultad de Ciencias, UNAM. México.
- Quero, H.J. 1998. *Brahea aculeata*. En: IUCN 2010. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2010.2. Downloaded on 25 August 2010.



- Rojas-Robles, R., Correa, A. y Serna-Sánchez, E. 2008. Sombra de semillas, supervivencia de plántulas y distribución espacial de *Oenocarpus bataua* (Arecaceae) en un bosque Andes Colombianos. *Actualidades Biológicas* 30:137-150.
- Sacchi, C.F. y Price, P.W. 1992. The relative roles of abiotic and biotic factors in seedling demography of arroyo willow (*Salix lasiolepis*: Salicaceae). *American Journal of Botany* 79:395-405.
- Sarukhán, J. 1984. The analysis of demographic variability at the individual level and its population consequences. En: Dirzo, R. y Sarukhán eds J. *Perspectives in Plant Population Ecology*. Sinauer, Sunderland, MA USA. 83-106 p.
- Scariot, A. 1999. Forest fragmentation effects on palm diversity in central Amazonia. *Journal of Ecology* 87:66-76.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2010 Norma Oficial Mexicana. NOM-059- SEMARNAT-2010. Protección ambiental Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación. Segunda Sección. 30 de diciembre de 2010. México
- Silva-Matos, D.M. y Watkinson, A.R. 1998. The fecundity, seed, and seedling ecology of the edible palm *Euterpe edulis* in Southeastern Brazil. *Biotropica* 30:595-603.
- Sliva, D.M., Freckleton, R.P., y Watkinson, A.R. 1999. The role of density dependence in the population dynamics of a tropical palm. *Ecology* 80:2635-2650.
- Stoner K.E y Herny, M. 2008. Seed dispersal and frugivory in tropical ecosystems. *Encyclopedia of Life Support Systems*. Eolss Publishers, Oxford.



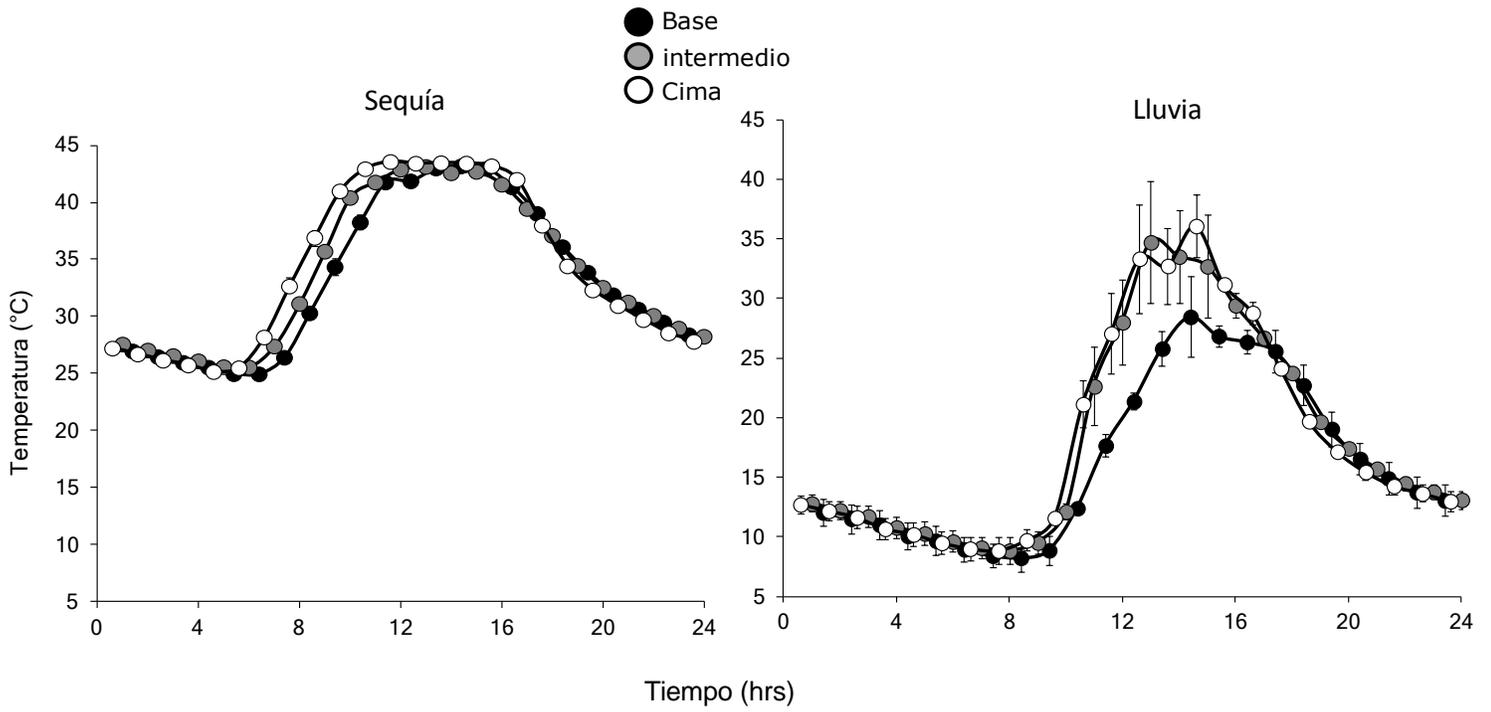
- Svenning, J., Harlev, D., Sorensen, M.M. y Balslev, H. 2009. Topographic and spatial controls of palm species distributions in a montane rain forest, southern Ecuador. *Biodiversity and Conservation* 18:219–228.
- Svenning, J.C. 1999. Microhabitat specialization in a species-rich palm community in Amazonian Ecuador. *Journal of Ecology* 87:55–65.
- Tomlinson, P.B. 1990. *The Structural Biology of Palms*. Clarendon Press Oxford. London.
- Traveset, A. 1998. Effect of seed passage through vertebrate frugivores guts on germination a review. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* 1:151-190.
- Trejo, V.I. 1999. El clima de la selva baja caducifolia en México. *Investigaciones Geográficas (Mx)*, 39:40-52.
- Villachica, H. 1996. *Frutales y hortalizas promisorios de las amazonas*. Lima, Perú. Tratado de Cooperación Amazónica. 367 p.
- Vormisto, J. 2002. Making and marketing chambira hammocks and bags in the village of Brillo Nuevo, northeastern Peru. *Economic Botany* 56:27-40.
- Waite, S. y Huitchings, M.J. 1978. The effects of sowing density, salinity and substrate upon the germination of seed of *Plantago coronopus* (Apiaceae). *Austral Ecology* 28:161-172.
- Wang, B.C. y Smith, T.B . 2002. Closing the seed dispersal loop. *Trends in Ecology and Evolution* 17: 379-385.
- Wood, C.B., Pritchard, H.W. y Amritphale, D. 2000. Desiccation induced dormancy in papaya (*Carica papaya* L.) seeds is alleviated by heat shock. *Seed Science Research* 10:135–145.

Literatura internet:

- <http://es.climate-data.org/location/32531/-28/Enero/2014-12:59 pm>

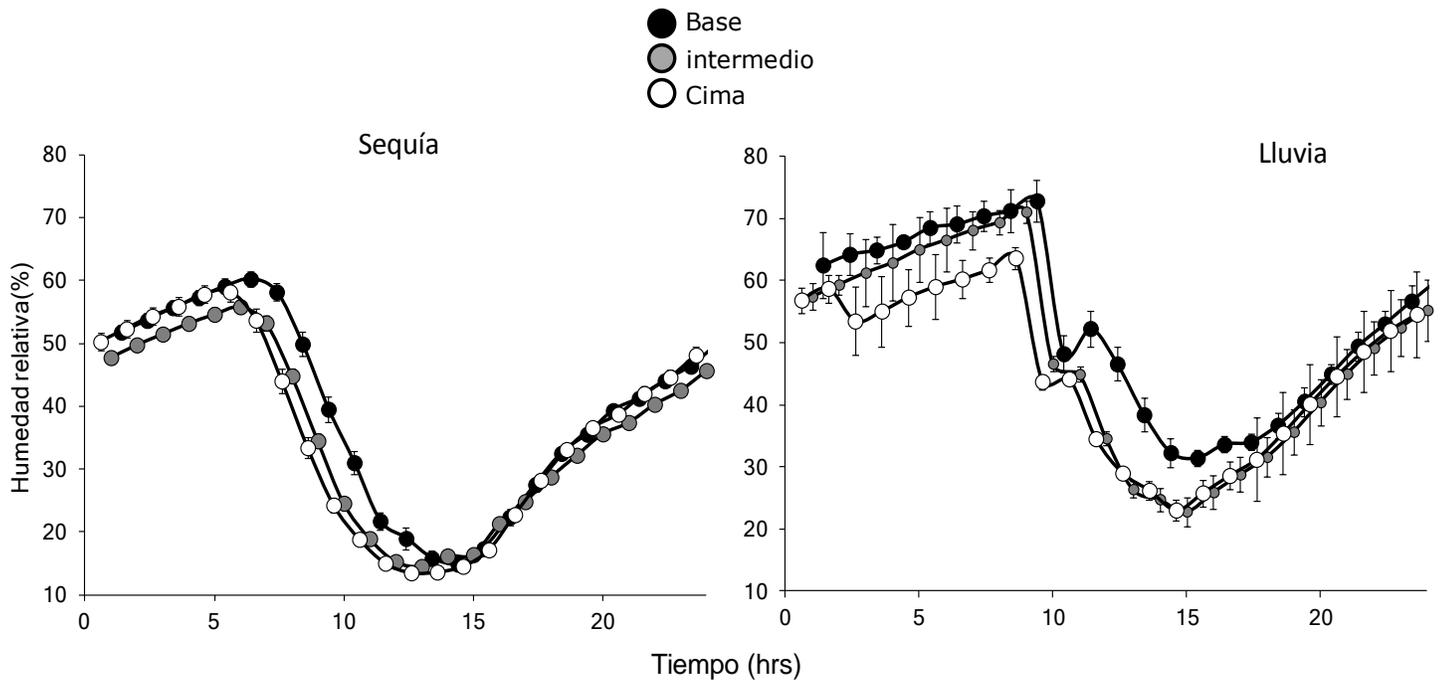


ANEXO 1



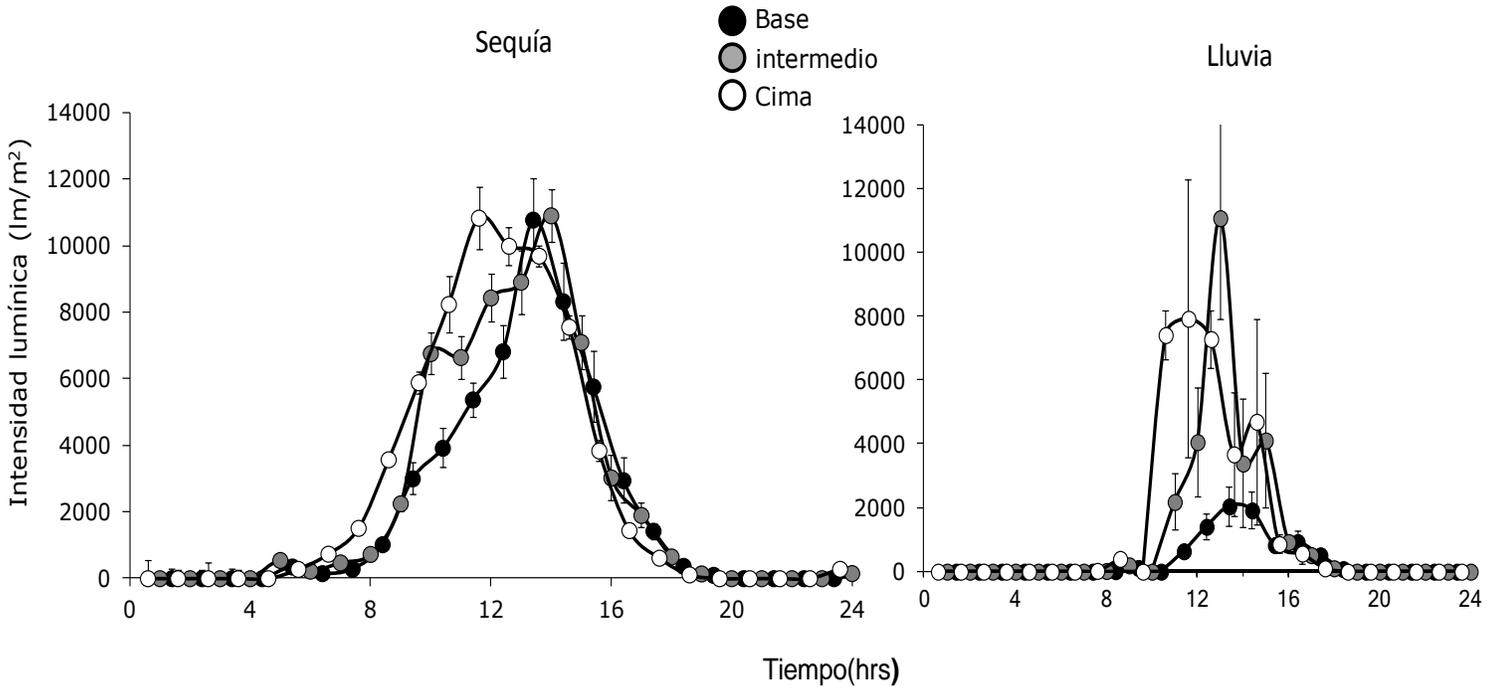
Temperatura (°C) en época de sequía y lluvias, en tres diferentes posiciones topográficas sobre el cauce de un arroyo en la Reserva Sierra de Álamos-Río Cachujaqui.

ANEXO 2



Humedad relativa (%) en época de sequía y lluvias, en tres diferentes posiciones topográficas sobre el cauce de un arroyo en la Reserva Sierra de Álamos-Río Cuchujaqui.

ANEXO 3



Intensidad lumínica (lm/m^2) en época de sequía y lluvias, en tres diferentes posiciones topográficas sobre el cauce de un arroyo en la Reserva Sierra de Álamos-Río Cuchujaqui.

