



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO

---

---

FACULTAD DE CIENCIAS

Variaciones morfológicas de *Samolus ebracteatus*  
var. *coahuilensis* en diferentes condiciones  
microambientales en el Valle de Cuatrociénegas,  
Coahuila.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

BIÓLOGO

P R E S E N T A:

Gabriel Cervantes Campero



DIRECTOR DE TESIS:  
M. en C. Irene Pisanty Baruch

2015

Ciudad Universitaria, D. F.



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



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

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

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

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

## Hoja de Datos del Jurado

### 1. Datos del Alumno

Cervantes  
Campero  
Gabriel  
5515040293  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Facultad de Ciencias  
Biología  
307065230

### 2. Datos del Tutor

M. en C.  
Irene  
Pisanty  
Baruch

### 3. Datos de Sinodal 1

Dr.  
Carlos  
Martorell  
Delgado

### 4. Datos de Sinodal 2

Dra.  
María Hilda  
Flores  
Olvera

### 5. Datos de Sinodal 3

Dr.  
Ernesto Vicente  
Vega  
Peña

### 6 Datos de Sinodal 4

Dra.  
María del Carmen  
Mandujano  
Sánchez

### 7. Datos del trabajo escrito

Variaciones morfológicas de *Samolus ebracteatus* var. *coahuilensis* en diferentes condiciones microambientales en el Valle de Cuatrociénegas, Coahuila.

77 p.  
2015

## Índice

Agradecimientos	4
Resumen	5
I. INTRODUCCIÓN	6
1.1 Problemática de la zona y transformación del Sistema Churince	6
1.2 Hundimientos diferenciales (abras)	8
1.3 <i>Samolus ebracteatus</i> var. <i>coahulensis</i> en el Sistema Churince	10
1.4 Variaciones morfológicas	12
II. OBJETIVO	16
III. HIPÓTESIS	16
IV. MATERIALES Y MÉTODO	18
4.1 Área de Estudio	18
4.2 Descripción taxonómica de <i>Samolus ebracteatus</i> var. <i>coahuilensis</i>	23
4.3 Selección del área de estudio	24
4.4 Selección de individuos de <i>Samolus ebracteatus</i> var. <i>coahulensis</i>	25
4.5 Altura	27
4.6 Número de tallos	27
4.7 Cobertura	28
4.8 Área foliar	29
4.9 Estructuras reproductivas	29
4.10 Análisis estadísticos: Análisis de varianza de dos vías	30
V. RESULTADOS	32
5.1 Altura	32
5.2 Número de tallos	33
5.3 Cobertura	35
5.4 Estructura de la población (número de tallos)	36
5.5 Área foliar	40
5.6 Estructuras reproductivas	41
5.7 Correlaciones entre variables	43
VI. DISCUSIÓN	45
6.1 Altura	45
6.2 Número de tallos, cobertura y estructura de la población	46
6.3 Área foliar	50
6.4 Estructuras reproductivas	53
6.5 Trueques	55
6.6 Microambientes	56
VII. CONCLUSIONES	60
Referencias	62
Anexo I. Prueba de Tukey de altura	72
Anexo II. Prueba de Tukey de número de tallos	73
Anexo III. Prueba de Tukey de cobertura	74
Anexo IV. Prueba de Tukey de área foliar	75
Anexo V. Promedios, error estándar y coeficientes de variación	76

## **Agradecimientos**

A la M. en C. Irene Pisanty Baruch por la dirección de tesis.

A la DGAPA por el apoyo al proyecto “Formación, dinámica y colonización de hundimientos diferenciales (abras) del Valle de Cuatrociénegas, Coahuila” (PAPIIT IN231811).

A mis sinodales: Dr. Carlos Martorell Delgado, Dra. María Hilda Flores Olvera, Dr. Ernesto Vicente Vega Peña y Dra. María del Carmen Mandujano Sánchez.

Al taller “Ecología Terrestre y Manejo de Recursos Bióticos” de la Facultad de Ciencias. A los profesores del taller: Dra. Mónica Quejeiro, Dr. Zenón Cano, M. en C. Iván Castellanos, Dra. María del Carmen Mandujano, Dr. Israel G. Carrillo, Dr. Jordan Goluvob, Dra. Concepción Martínez y M. en C. Juan Carlos Flores.

Al grupo de Ecología de Poblaciones del Departamento de Ecología y Recursos Naturales de la Facultad de Ciencias, en especial a la Dra. Mariana Hernández, al Dr. Pedro Eloy Mendoza y al Dr. Jaime Zúñiga.

A la Dra. Valeria Souza y a la alianza WWF-Fundación Carlos Slim con el proyecto “Conocimiento y Conservación de la biodiversidad del Churince Cuatro Ciénegas, Coahuila”.

A la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, a la dirección del ANP y en especial Juan Carlos Ibarra. Al Sr. Martin Carrillo por ayuda en la comunidad de Cuatrociénegas.

Al laboratorio de Ecología Fisiológica del Instituto de Ecología de la UNAM. A la Dra. Alma Orozco y a la M. en C. María Esther Sánchez por facilitarme el equipo de laboratorio cuando se necesitó.

A mis compañeras de equipo, Jázmin, Mariana y Andrea, quienes me dieron todo su apoyo en la realización de este trabajo.

A mis papás por todo el apoyo y confianza. A mi hermana Dalila, gracias totales.

A mis compañeros y amigos que me ayudaron con este trabajo en campo y laboratorio: Karina, Eduardo, Luisa, Lidia, Jerónimo, Víctor y Neri.

A mis compañeros y amigos de la Facultad de Ciencias especialmente a José Luis, Hugo, Tonantzi, José, Odette, Luis, Karen y Mariana.

## Resumen

La morfología de las plantas está determinada por varios factores endógenos y exógenos, así como por la interacción entre ellos. Las variaciones morfológicas son una respuesta de los organismos a las variaciones ambientales, pues la morfología de un rasgo puede variar según las condiciones particulares en que se desarrollan las plantas, aunque se encuentren en el mismo sitio. El Sistema Churince del Valle de Cuatrociénegas se encuentra en proceso de desecación, lo que lleva a la formación de hundimientos diferenciales conocidos como abras. Las abras son microambientes que emulan las condiciones de las riberas y representan hábitats alternos para especies ribereñas como *Samolus ebracteatus* var. *coahuilensis* (Primulaceae), una herbácea perenne que se encuentra en las riberas y cerca de los cuerpos de agua. Actualmente, su distribución en el Sistema Churince se ha ampliado a las abras y a la planicie que las circunda. En este estudio se determinaron las variaciones que hay en la altura, número de tallos, cobertura, estructura de la población, área foliar y estructuras reproductivas en esta planta como respuesta a las condiciones de los tres microambientes (borde del río, planicie y abras) en los que crece en la parte terminal del Sistema Churince. Se seleccionaron al azar 150 individuos establecidos en el río, 150 la planicie, y 110 en las abras. Se hicieron mediciones bimestrales desde septiembre de 2012 hasta noviembre de 2013 para obtener medidas de los rasgos señalados. Posteriormente se realizó un análisis de varianza de dos vías para cada variable dependiente. Los factores fueron el tiempo (meses) y el microambiente (río, planicie y abras). Las características analizadas mostraron diferencias significativas entre los microambientes y en el tiempo. Las plantas más altas están en las abras ( $\bar{x}=13.3 \pm 0.3$  cm), que tienen menor disponibilidad de luz. Las más bajas están en la planicie ( $\bar{x}=7.63 \pm 0.1$  cm), donde abunda la luz. Dado que la estructura de la población y la cobertura están determinadas a partir del número de tallos, los factores ambientales que determinan a estos tres rasgos son los mismos. Estos rasgos (número de tallos, estructura de la población y la cobertura) pueden estar determinados por varios factores ambientales: en el borde del río se observó un mayor número promedio de tallos ( $\bar{x}=12.67 \pm 0.5$ ) que en los otros microambientes, probablemente por la mayor disponibilidad de humedad y nutrientes; la planicie presentó un menor número promedio de tallos ( $\bar{x}=5.75 \pm 0.17$ ) que el río, quizá por nutrientes escasos. En las abras hubo un menor número de tallos ( $\bar{x}=4.85 \pm 0.24$ ) que en el río, posiblemente por falta de luz. El área foliar en la planicie ( $\bar{x}=2.26 \pm 0.5$  cm<sup>2</sup>) es menor que en los otros microambientes (río:  $\bar{x}=3.06 \pm 0.6$  cm<sup>2</sup>; abras:  $3.24 \pm 0.07$ cm<sup>2</sup>), posiblemente debido a las condiciones menos favorables de agua y nutrientes y a la mayor incidencia de luz. La mayor proporción de inflorescencias en el río ( $\bar{x}=0.32 \pm 0.0039$ ) puede ser resultado de la mayor cantidad de nutrientes y humedad, mientras que la menor proporción de estas estructuras en las abras ( $\bar{x}=0.22 \pm 0.003$ ) posiblemente se deba a la menor cantidad de luz. Las variaciones que presenta *S. ebracteatus* var. *coahuilensis* en el Sistema Churince responden a las condiciones ambientales que características del valle en general y, en particular, a las de cada uno de los microambientes considerados, y caracterizan el desarrollo de esta planta en ellos.

## I. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Problemática de la zona y transformación del Sistema Churince

La diversidad de ambientes que caracteriza al valle de Cuatrociénegas incluye matorrales xerófilos, pastizales salados, mezquiales, áreas de sotol (*Dasyllirion* spp.), dunas de yeso y un conjunto de sistemas hídricos que incluyen humedales, pozas, arroyos, ríos y dos lagunas terminales (Playitas y Churince o Grande) (INE, 1999) (figura 1.1).



Figura 1.1. Poza Azul del Valle de Cuatrociénegas.

El valle de Cuatrociénegas enfrenta diversos problemas que afectan a la biodiversidad y a la integridad ecosistémica de la zona. El sobrepastoreo, la remoción de la vegetación local, la quema de pastizales, el turismo mal dirigido, la introducción de especies exóticas, la extracción de especies y la sobreexplotación de mantos acuíferos se encuentran entre estos problemas (INE, 1999; DOF, 2011). La sobreexplotación de recursos hídricos para su uso en el riego de cultivos (Pinkava, 1984; INE, 1999; DOF, 2011; Souza *et al.*, 2004), en particular de alfalfares (*Medicago sativa*), es el problema más grave que enfrenta el valle (INE,

1999; Souza *et al.*, 2006; DOF, 2011; Pisanty *et al.*, 2013). Estos recursos hídricos frecuentemente son drenados por canales abiertos que permiten gran evaporación de agua (Minckley, 1969; INE, 1999; Evans, 2005; Pisanty *et al.*, 2013) y que afectan el nivel agua de las pozas y de otros tipos de cuerpos de agua.

La sobreexplotación de los acuíferos afecta a todos los ecosistemas, pero los más perturbados por este proceso son justamente los sistemas hídricos. Uno de los más afectados actualmente es el Sistema Churince, el cual se conforma por las pozas Bonita y Churince, el río Churince, la laguna Intermedia y la Churince (o laguna Grande) (Minckley, 1969). Es uno de los sistemas ecológicamente más importantes del valle no sólo por ser fuente de agua, pues de sus depósitos lacustres depende la formación de las dunas de yeso y también porque en sus aguas habitan especies endémicas del valle como la tortuga bisagra (*Terrapene coahuila*) y mojarra de Mickley (*Herichthys minckleyi*) (Minckley, 1969). En sus riberas, como en otras del valle, se encuentra la planta endémica *Sabatia tuberculata*. Además, originalmente albergaba estromatolitos que son de gran relevancia para el estudio del origen y desarrollo de la vida (Souza, *et al.*, 2006; Pisanty *et al.*, 2013). Este sistema en general, y particularmente su parte terminal, que incluye a la Laguna Churince o Grande, han sido dramáticamente afectados por la desecación (Souza, *et al.*, 2006; INE, 2010; Pisanty *et al.*, 2013). Desde 2005 se ha observado un decremento en la cantidad agua de esta laguna (Pérez y Sosa 2009; Pisanty *et al.*, 2013), que era un cuerpo con variaciones estacionales en el nivel del agua. Sin embargo, actualmente la Laguna Churince o Grande se halla totalmente seca junto con parte de la desembocadura del río del mismo nombre.

La extracción de agua de valles adyacentes como Ocampo, Calaveras y El Hundido (Souza *et al.*, 2006; Pérez y Sosa, 2009) también ha llevado a una sobreexplotación de los acuíferos, y su efecto sobre el valle de Cuatrociénegas no ha quedado claramente establecido, lo cual ha generado confrontaciones que han dificultado la toma de decisiones adecuadas para proteger esta zona. La extracción de agua de El Hundido seguramente es un problema para

Cuatrociénegas, pues algunos estudios sobre la microbiota bacteriana de ambos valles concluyen que hay evidencias biológicas e hidrológicas de la comunicación entre los acuíferos de estos dos valles (Souza *et al.*, 2006; Rodríguez *et al.*, 2007; Wolaver *et al.*, 2008). Esta evidencia indica que la apertura de pozos y la sobreexplotación del agua en El Hundido podrían producir una disminución del nivel del agua en Cuatrociénegas. Sin embargo, también existe un estudio realizado por el gobierno federal (Aldama *et al.*, 2004) que afirma que no existe contacto hídrico entre El Hundido y Cuatrociénegas. La causa de la desecación es un tema abierto y sujeto a polémica entre diversos sectores, pero es ineludible el hecho de que está sucediendo y que la pérdida de este sistema hídrico tan antiguo tendrá efectos importantes y posiblemente irreversibles en todo el valle (Pérez y Sosa, 2009).

## **1.2 Hundimientos diferenciales (abras)**

Los hundimientos diferenciales o abras son estructuras de deformación del suelo y son comunes en los suelos disolubles de las zonas áridas y semiáridas (figura. 1.2). Estos son especialmente frecuentes en suelos ricos en yeso (Heinzen y Arulalandan, 1977; Umesh, *et al.*, 2011), como los que predominan en el sitio de estudio. Las abras están frecuentemente relacionadas con la alteración de los sistemas hídricos, que modifican la cantidad y el flujo de agua, misma que al desplazarse por debajo de la superficie disuelve las sales presentes en el suelo y causa la pérdida de cohesión de éste, lo que se traduce en colapsos que forman las abras (Heinzen y Arulalandan, 1977; Pérez y Sosa, 2009; Umesh, *et al.*, 2011; Rodríguez-Sánchez, 2014). Estos hundimientos se han descrito en el sistema Churince sobre todo en la última parte del río que alimentaba a la laguna del mismo nombre (Pérez y Sosa, 2009; Pisanty *et al.*, 2013; Rodríguez-Sánchez, 2014). Actualmente, son muy numerosos y su formación ha sido muy rápida. Además, tienen mayores dimensiones y persisten más en el tiempo que las hendiduras reportadas por Meyer (1973) para la misma zona. Dado su proceso de formación, la presencia de abras y su progresivo aumento en número es un

indicador de la pérdida de agua en el Sistema Churince (Pisanty *et al.*, 2013; Rodríguez-Sánchez, 2014).



Figura 1.2. Abra de la parte final del Sistema Churince

Las abras son microambientes que emulan las condiciones de las riberas, y representan refugios para las especies ribereñas gracias a sus condiciones de temperatura, luz y humedad, que son más favorables que las que prevalecen en la planicie que las rodea, que representa una matriz árida y salina expuesta a una intensa radiación solar y a los fuertes vientos característicos de esta zona (Pérez y Sosa, 2009; Peralta-García, 2013; García-Rodríguez, 2014; Rodríguez-Sánchez, 2014). En ellas hay una producción probablemente alta de materia orgánica debido a la descomposición de material vegetal, que se acelera por la presencia del agua.

Las abras pueden ser colonizadas a través de un proceso microsucesional por las especies ribereñas (Pisanty *et al.*, 2013). La colonización de las abras de la desembocadura del río Churince se da principalmente por especies característicamente ribereñas (Pinkava, 1984). La especie más frecuente y una de las primeras en colonizar es *Samolus ebracteatus* var. *coahuilensis* Henrickson (Primulaceae), seguida por otras especies como *Bolboschoenus maritimus* (L.) Palla, *Flaveria chlorifolia* A. Gray, *Distichlis spicata* (L.) Greene, *Sabatia*

*tuberculata* J. E. Williams y *Eustoma exaltatum* (L.) Salisb. ex G. Don (Pérez y Sosa, 2009; Pisanty *et al.*, 2013; Rodríguez-Sánchez, 2014).

### **1.3 *Samolus ebracteatus* var. *coahuilensis* en el Sistema Churince**

Villarreal-Quintanilla (2001) reporta a *Samolus ebracteatus* var. *coahuilensis* en los municipios de Cuatrociénegas, Escobedo, Francisco I. Madero, Guerrero, Múzquiz y Saltillo en el estado de Coahuila. Se distribuye cerca de cuerpos de agua en suelos yesosos y dunas (Villarreal-Quintanilla y Encina-Domínguez, 2005), Pinkava (1984) encasilla a esta planta en Cuatrociénegas dentro de hábitats acuáticos y lugares permanentemente inundados. Es una de las especies más frecuentes y abundantes en las zonas ribereñas del valle (Pinkava 1984; Villarreal-Quintanilla y Encina-Domínguez, 2005; Pérez y Sosa, 2009; Pisanty *et al.*, 2013). Esta especie también es conocida como hierba del tejón (García-Dávila, 2000) y los pobladores de Cuatrociénegas la conocen como orejita de ratón.

Recientemente, debido a la desecación del Sistema Churince y a la cantidad de humedad que presenta el suelo por la pérdida subsuperficial del agua del río, se le ha encontrado en nuevos microambientes cercanos a la desembocadura del río y a la laguna Churince. Esta planta es de las primeras especies en iniciar la colonización de microambientes de las abras (Pérez y Sosa, 2009; Pisanty *et al.*, 2013; Rodríguez-Sánchez, 2014). Pérez y Sosa (2009) señaló que es una especie colonizadora muy eficaz pues se dispersa tanto por semillas como por clonación.

La parte terminal del Sistema Churince, donde se han formado las abras a las que nos hemos referido, está rodeada por una planicie, en la cual se también se establece *S. ebracteatus* var. *coahuilensis* gracias al incremento en la humedad del suelo debido al flujo de agua proveniente del río, que se desplaza subterráneamente, pero muy cerca de la superficie del suelo.

Dadas las características de estos microambientes (borde del río, planicie y abras) se infiere que los factores ambientales de luz, agua y nutrientes varían entre microambientes (Tabla 1.1):

1. El borde del río es el ambiente original de esta especie. Proporciona a las plantas mucha humedad. Es ligeramente más sombreado que la planicie, debido a la irregularidad del sustrato y a la cantidad de plantas que se establecen, pero tiene menos sombra que las abras. Debido a la descomposición de las plantas que mueren en los bordes del río, y al depósito de sedimento fluvial conforme el río se va secando, asumimos que este microambiente contiene más nutrientes que los otros dos.
2. La planicie es el microambiente más seco, pues solo cuenta con el agua subsuperficial proveniente del río Churince y con la que retiene el suelo cuando llueve. No hay mucha materia orgánica por lo que se esperaría poca cantidad de nutrientes. Es un microambiente que está expuesto constantemente a la intensa irradiación que caracteriza a la zona y a otros factores ambientales como el viento. En este microambiente casi no hay irregularidades y las plantas están muy expuestas a la luz
3. Las abras son microambientes sombreados que pueden tener una cantidad considerable de agua acumulada en el fondo. Cuando no se presenta agua, el ambiente en las abras es de todas maneras generalmente húmedo, y la disponibilidad de agua es mayor que en la planicie. Suponemos que también son más ricas en materia orgánica hay más nutrientes en general que en la parte plana, tanto por la humedad como por la presencia de plantas que se establecen y que proporcionan materia orgánica al suelo.

Tabla 1.1 Características cualitativas de los microambientes

	<b>Humedad</b>	<b>Luz</b>	<b>Nutrientes</b>
<b>Río</b>	++	+	++
<b>Planicie</b>	-	++	-
<b>Abras</b>	+	--	+

*S. ebracteatus* var. *coahuilensis* es una especie hidrófila (Pinkava, 1984), por lo que su sola presencia es indicadora de humedad. Generalmente sólo se le encuentra en los bordes de los cuerpos de agua, sin embargo cuando el sistema hídrico se altera y pierde agua a nivel subsuperficial, la distribución de *S. ebracteatus* var. *coahuilensis* se amplía a sitios en los que generalmente no se le encuentra, como la planicie a la que hemos hecho referencia. Por ello, es posible considerarla como indicadora no sólo de humedad sino de la alteración de los sistemas hídricos (Pisanty *et al.*, 2013).

El estudio de las variaciones morfológicas de *S. ebracteatus* var. *coahuilensis* permitirá conocer las respuestas a las condiciones particulares de los microambientes en los que se encuentra actualmente, y entender mejor los mecanismos de colonización y supervivencia que esta planta tiene en los microambientes que ocupa.

#### **1.4 Variaciones morfológicas**

Las variaciones morfológicas de los organismos están determinadas genética y ambientalmente. La plasticidad fenotípica es la propiedad de un genotipo para producir distintos fenotipos como respuesta a condiciones ambientales heterogéneas (Schlichting, 1986; Sultan, 2010; Gianoli, 2004; Pigliucci *et al.*, 2006; Valladares *et al.*, 2007; Palacio-López y Rodríguez-López, 2008; Whitman y Agrawal, 2009). Comúnmente, la plasticidad fenotípica se evalúa mediante el

análisis de las normas de reacción (Schlichting, 1984; Palacio-López y Rodríguez-López, 2008; Whitman y Agrawal, 2009) y se estima el valor adaptativo que tiene para los organismos (Sultan, 2010).

Los cambios morfológicos en las plantas, como la variación entre hojas, flores y frutos, han sido estudiados ampliamente (Sultan, 2010) debido a la importancia ecológica e incluso económica de los efectos de las variables ambientales en su crecimiento y desarrollo (Gianoli, 2004; Paniagua-Ibáñez, 2010). De la misma manera, se ha encontrado que los rasgos de la historia de vida de las plantas así como la expresión del sexo y la fenología también responden a factores ambientales (Sultan, 2010).

El patrón de la asignación diferencial de biomasa está determinada genéticamente pero puede presentar modificaciones dependiendo de las condiciones ambientales (Stearns, 1992; Terradas, 2001). Las plantas tienden a asignar mayor cantidad de biomasa a la estructura de captura cuyo recurso es limitante. Cuando la disponibilidad de algún recurso es limitada, se da un proceso de competencia entre dos o más procesos que se pueden reflejar en la acumulación diferencial de biomasa y en las diferentes estructuras del organismo. Esto es resultado de lo que se conoce como trueque (*trade-off*). Los trueques se deben a que la cantidad de energía de la que dispone un organismo es limitada, lo que implica que el incremento de la cantidad de energía asignada a una parte o a un proceso lleva a la disminución de la asignación a otro, es decir, se produce una asignación diferencial de recursos y biomasa a las diferentes partes (Stearns, 1992). Como ejemplo podemos mencionar que una planta incrementa la biomasa que asigna a las raíces cuando se desarrolla en suelos pobres en nutrientes, y esto le permite tanto explorar el ambiente como adquirir una mayor cantidad de nutrientes, pero deja menos energía disponible para la producción de partes aéreas (Sultan, 2010). Este proceso involucra tanto la captura de recursos vitales como la exploración del ambiente para obtenerlos. Así, la biomasa asignada a cada una de las hojas aumenta cuando una planta se desarrolla en lugares donde la cantidad de luz que le llega es baja, lo que le permite tener una mayor área

foliar, necesaria para la captura de fotones (Palacio-López y Rodríguez-López, 2008; Sultan, 2010). El área foliar, al igual que otros rasgos, se determina tanto genética como ambientalmente (Álvarez-Delgado, 2006). El tamaño y la forma de la hoja pueden variar dependiendo de las condiciones particulares en que se desarrollan las plantas, aunque se encuentren en el mismo sitio (Sala *et al.*, 1994; Paniagua-Ibáñez, 2010), pues la disponibilidad de recursos y el esfuerzo para disponer de ellos varía espacial y temporalmente (Hutchings y de Kroon, 1994; Castro *et al.*, 1997). Se ha encontrado que el área foliar es afectada por varios factores ambientales como la altitud, la temperatura, la luz, la disponibilidad de agua y la fertilidad del suelo (Givnish, 1987; Castro *et al.*, 1997; McDonald *et al.*, 2003; Meier y Leuschner, 2008; Paniagua-Ibáñez, 2010).

En las plantas, la altura de las ramas también puede verse afectada por factores ambientales, pues generalmente las estructuras encargadas de la adquisición de recursos, como raíces, hojas y tallos, pueden orientarse hacia donde el recurso que es limitante está más disponible como resultado de un proceso equivalente al forrajeo (Hutchings y de Kroon, 1994). Cuando la cantidad y/o la calidad de luz son pobres, las plantas responden a través del alargamiento de entrenudos a fin de explorar su entorno y encontrar las mejores condiciones lumínicas para que las hojas realicen la fotosíntesis (Hutchings y de Kroon, 1994; Kleunen *et al.*, 2000; Gonzalez y Gianoli, 2004; Bell y Galloway, 2008; Franklin, 2008; Arboleda, 2011).

Otra característica inducida por el ambiente es la producción de tallos que frecuentemente depende de diversos factores como la cantidad de nutrientes, la incidencia de luz y el régimen de humedad (Daniels, 1986; Furet *et al.*, 2014).

La floración en las plantas está determinada por varios factores endógenos y exógenos, así como sus posibles combinaciones (Bernier *et al.*, 1993; Simpson y Dean, 2002; Ausín *et al.*, 2005; Blázquez, 2005). Ausín *et al.* (2005) consideran que las variaciones que se observan en este proceso pueden considerarse como parte de la plasticidad fenotípica (Ausín *et al.*, 2005) y están determinadas por factores ambientales como la temperatura (Inouye *et al.*, 2003; Ausín *et al.*, 2005;

Blázquez, 2005), el suelo (García *et al.*, 2008) y la humedad (Fournier y Salas, 1966; Inouye *et al.*, 2003), la cantidad y calidad de luz así como su combinación (Fournier y Salas, 1966; Puentes *et al.*, 1993; Simpson y Dean, 2002; Arboleda, 2011). Es de suponerse que estas modificaciones en la morfología de las plantas le permiten a esta especie colonizar exitosamente habitats nuevos resultantes del disturbio del sistema hídrico.

## II. OBJETIVO

Determinar si hay variaciones morfológicas en *Samolus ebracteatus* var. *coahuilensis* entre los tres microambientes (borde del río, abras y planicie) en los que actualmente crece en la parte terminal del Sistema Churince del Valle de Cuatrociénegas, Coahuila.

Los objetivos particulares de este trabajo fueron:

1. Identificar si hay o no variaciones en el área foliar, la altura, el número de tallos arrosados, la cobertura y el patrón de producción de estructuras reproductivas entre individuos de *S. ebracteatus* var. *coahuilensis* que crecen en los tres microambientes.
2. Determinar las características morfológicas (número de tallos, cobertura, altura y área foliar) de *S. ebracteatus* var. *coahuilensis* en los tres microambientes.
3. Comparar el número de tallos, la cobertura, la altura y el área foliar de *S. ebracteatus* var. *coahuilensis* en los tres ambientes.
4. Definir el patrón fenológico de *S. ebracteatus* var. *coahuilensis* en los diferentes microambientes que coloniza esta planta en el Sistema Churince.

## III. HIPÓTESIS

Si la variación morfológica de *S. ebracteatus* var. *coahuilensis* es respuesta a las condiciones ambientales en las que se establecen y desarrollan los individuos, se espera que haya variaciones en la altura, la cobertura, el área foliar, el número de tallos y el patrón de producción de las estructuras reproductivas entre los tres microambientes considerados

### Se espera:

- Mayor altura en las abras y menor altura en la planicie, con valores intermedios en las abras.

- Mayor número de tallos en el río y menor en la planicie, con valores intermedios en las abras.
- Mayor cobertura en el río y menor en la planicie, con valores intermedios en las abras.
- Mayor área foliar en las abras y menor área foliar en la planicie, con valores intermedios en el borde del río.
- Mayor número de inflorescencias e infrutescencias en el río y menor en la planicie, con valores intermedios en las abras.

## IV. MATERIALES Y MÉTODO

### 4.1 Área de Estudio

El valle de Cuatrociénegas se localiza entre las coordenadas 26°45' y 27°00' N y 101°48'49" y 102°17'53" O, en la región central del estado de Coahuila, dentro del desierto Chihuahuense en el noreste de México y pertenece al Municipio Cuatrociénegas de Carranza (INE, 1999). Es un valle intermontano, que se encuentra en el margen oriental de la provincia de la Sierra Madre Oriental, y dentro de la subprovincia de Sierras y Llanuras Coahuilenses (Marsh, 1984; INE, 1999).

La altitud promedio del valle es de 735 m s.n.m. y está delimitado por sierras de hasta 3,000 m de altura (sierra La Madera) (García-Dávila, 2000; Souza *et al.*, 2004; INE, 2011). Las sierras circundantes son La Madera al noroeste, La Menchaca al noreste, La Purísima y San Vicente al este, San Marcos y Pinos al sur y La Fragua al oeste (Mickley, 1969; Pinkava, 1984; INE, 1999; Aldama *et al.*, 2007).

Cuatrociénegas está en la Región hidrológica 24 Bravo-Conchos, forma parte de la Cuenca Presa Falcón-Río Salado y la subcuenca Río Salado-Nadadores, y pertenece a la zona geohidrológica Cuatrociénegas-San Miguel (INE, 1999). La cuenca de Cuatrociénegas cuenta con un complejo sistema hidrológico interconectado formado por diversos cuerpos de agua (Souza *et al.*, 2004; Aldama *et al.*, 2007; INE, 2011). Está constituido por cuerpos de agua permanentes e intermitentes que incluyen a cerca de doscientas pozas, algunas de las cuales albergan manantiales, además de arroyos, ríos, canales, lagunas y humedales, aunque la mayor parte del agua es subterránea (Minckley, 1969; INE, 1999; Souza *et al.*, 2004; Aldama *et al.*, 2007; INE, 2011). Las pozas tienen profundidades que van desde 50 cm hasta 18 m y cuentan con diámetros que van desde unos cuantos centímetros hasta 200 m. Muchas pozas se encuentran conectadas subterráneamente y se hallan cerca de las faldas de la sierra San Marcos y Pinos (INE, 1999; Aldama *et al.*, 2007). Además de tener una gran

relevancia como parte de los recursos hídricos de la zona, las pozas en particular y, en general, los cuerpos de agua de Cuatrociénegas son importantes por la cantidad de organismos que se desarrollan en sus aguas y en sus alrededores.

La región de Cuatrociénegas se encuentra en una zona árida (Minckley, 1969; Marsh, 1984) y según la clasificación climática de Köppen tiene un clima tipo  $BW h w''$ , es decir, es seco de tipo desértico, semicálido con invierno fresco, y la estación más seca en invierno (García-Dávila, 2000; Souza *et al.*, 2004; Aldama *et al.*, 2007; DOF, 2011). La temperatura media anual es de 22 °C (García-Dávila, 2000), la media mensual anual supera los 30 °C y la mínima está por debajo de los 12 °C (INE, 1999). Sin embargo, las temperaturas superiores a los 45 °C son frecuentes en los meses más cálidos, que son junio y julio. En invierno las temperaturas más bajas (menores a los 0 °C) se presentan generalmente en enero, que es el mes más frío (Minckley, 1969; Marsh, 1984; Aldama *et al.*, 2007).

La precipitación media anual es inferior a 200 mm (Marsh, 1984; García-Dávila, 2000; Souza *et al.*, 2006). Las lluvias son predominantemente de verano y ocurren entre mayo y octubre, siendo septiembre es el mes con más precipitación. La temporada de secas va de noviembre a abril, aunque esporádicamente se pueden presentar lluvias en invierno (Minckley, 1969; DOF, 2011; Souza *et al.*, 2004; Aldama *et al.*, 2007) (figura 4.1). La evaporación anual es de 1,960 mm (Aldama *et al.*, 2007) y los vientos van de 8 a 20 km/h en dirección noroeste (García-Dávila, 2000).

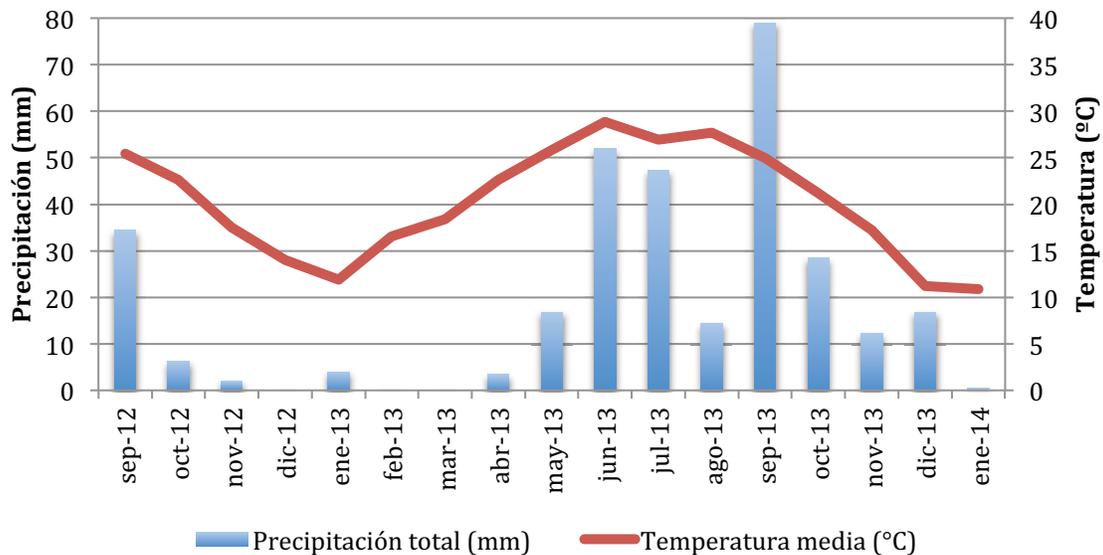


Figura 4.1. Climograma correspondiente al periodo de estudio (de septiembre de 2012 a enero de 2014) del Rancho Pronatura, Cuatrociénegas (26°48'19.10''N, 102°01'04.40''O). Fuente: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP).

Cuatrociénegas alberga el segundo depósito más grande de yeso en forma de dunas en América (RCW, 2014; Ramírez-Sánchez, 2006). Los suelos del Área de Protección de Flora y Fauna Cuatrociénegas presentan un alto grado de karstificación. En el piso de la cuenca se encuentran suelos de tipo aluvial (solonchack, xerosol, regosol y yermosol), con alto contenido de yeso, mientras que en las sierras circundantes predomina el suelo tipo litosol con menos de 10 cm de profundidad que se caracterizan por estar muy poco desarrollados (INE, 1999; García-Dávila, 2000).

Este valle es un lugar de gran interés biológico por la diversidad de ambientes que lo caracteriza, su alta riqueza de especies, la notable cantidad de endemismos existentes en la región y por los múltiples servicios ambientales, así como por la presencia de estromatolitos y comunidades microbianas únicas presentes en el sistema acuático (Souza *et al.*, 2006; INE, 1999). Asimismo es importante en la ruta de organismos migratorios como varias especies de aves y la

mariposa Monarca, pues en este valle encuentran refugio y agua en su ruta por el desierto (CONABIO, 2014; SEMA, 2014).

Las bajas cantidades de nutrientes como el fósforo, y el alto contenido de calcio en las pozas de Cuatrociénegas ha permitido el desarrollo de comunidades bacterianas poco comunes en agua dulce y de estromatolitos (Souza *et al.*, 2004). En este valle se encuentran grupos faunísticos asociados entre sí, como moluscos, peces, crustáceos, otros invertebrados y estromatolitos (Souza *et al.*, 2004). Por estas características se considera que el valle es importante para la investigación sobre el origen de la vida y la astrobiología (Souza *et al.*, 2004). Además, la aridez del valle y la presencia de pozas templadas lo hacen un lugar único para estudiar los ambientes acuáticos en los desiertos de Norteamérica (Minckley, 1969).

La diversidad de especies que existe en el valle es posible gracias a su historia geológica, al aislamiento geográfico, la presencia de diferentes ecosistemas, y la relativa estabilidad ambiental. Además, es importante el papel que tuvo como refugio para varios organismos durante las glaciaciones (INE, 1999; Souza *et al.*, 2004).

La vegetación del Valle de Cuatrociénegas, propia del Desierto Chihuahuense, es heterogénea, (Minckley, 1969; Pinkava, 1984; INE, 1999, García-Dávila, 2000). Se constituye principalmente de asociaciones vegetales como la vegetación halófila, que incluye a pastizales de este tipo, vegetación acuática y semiacuática, vegetación gipsófila, matorral desértico rosetófilo, matorral desértico micrófilo y matorrales de transición (INE, 1999; Vela-Coiffier, 2000).

El valle de Cuatrociénegas cuenta con un alto nivel de endemismos para la región Neártica, pues alberga a más de 70 especies endémicas (Minckley, 1969; Souza *et al.*, 2006; Desertfishes, 2013). A pesar de la importancia de este valle, 89 especies se encuentran incluidas en la lista de especies amenazadas, en peligro de extinción y sujetas a protección especial NOM-059-ECOL-2001 (Desertfishes,

2013). El valle y las sierras que lo rodean poseen una flora rica y variada, y según Pinkava (1984) la zona cuenta con 860 especies nativas de plantas pertenecientes a 456 géneros de 114 familias. Veintitrés taxa vegetales se reportan como endémicos del valle y ocho especies están en la lista de la NOM-059-ECOL-2001 (Villarreal-Quintanilla y Encina–Domínguez, 2005). Dentro del valle, la zona con mayor número de plantas endémicas es el complejo Laguna Grande o Churince, con 12 taxa endémicos, seguida por la zona de los cañones y bajadas de los cañones de la Sierra de la Madera (10 taxa), y las bajadas y cañones debajo del Pozo Anteojo (dos taxa) (Pinkava, 1984).

Algunos ejemplos de especies animales endémicas representativas son la mojarra de Mickley (*Herichthys minckleyi*) y la tortuga bisagra (*Terrapene coahuila*). La mayoría de las especies de animales que habita en el valle son endémicas, 13 de ellas son de moluscos, siete de crustáceos, nueve de reptiles y 10 de peces (DOF, 1994; Desertfishes, 2013).

Debido al elevado número de endemismos, especialmente de especies animales, y a la gran biodiversidad el siete de noviembre de 1994, por decreto presidencial se declaró la región de Cuatro Ciénegas (84,347 hectáreas) como Área Natural Protegida (ANP), con el carácter de Área de Protección de Flora y Fauna (DOF, 1994).

El Área de Protección de Flora y Fauna Cuatrociéngas está designada como un humedal de importancia internacional por la Convención Ramsar (RCW, 2014). La Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad (CONABIO) lo califica como un sitio prioritario para la conservación y está considerado también como un sitio importante dentro de la Ecorregión Desierto Chihuahuense en la regionalización de Ecorregiones Prioritarias para la Conservación, elaboradas por el Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF, por sus siglas en inglés) (INE, 1999).

#### 4.2 Descripción taxonómica de *Samolus ebracteatus* var. *coahuilensis*

*Samolus ebracteatus* var. *coahuilensis*, perteneciente a la familia Primulaceae, es una planta herbácea, tiene hojas en la base y/o en todo el tallo, son alternas, tienen forma obovada, obovado-oblancooladas a espatulada, mide de 3.5 a 16.5 cm de largo y de 13 a 45 mm de ancho; sus hojas son apiculadas, decurrentes, carnosas y de color verde glauco. Los tallos son simples o ramificados desde la base (Henrickson, 1983; Ocampo, 2000).

Las flores son actinomorfas, poseen ovario semiínfero, los filamentos miden de 0.5 a 1 mm de largo y las anteras van de 0.7 a 1.4 mm de largo (Henrickson, 1983). Se encuentran agrupadas en inflorescencias de tipo umbela de 15 a 45 cm de longitud, con pedúnculos basales áfilos de 12 a 25 cm longitud y pedicelos de 10 a 55 mm de longitud. Son plantas ebracteadas (sin brácteas). El cáliz tiene 5 lóbulos que miden de 1.9 a 2.3 mm de largo y de 1.1 a 1.8 mm de ancho (Henrickson, 1983). La corola es en forma de bandeja, mide de 6.0 a 8.2 mm de largo, y varía en color de tonos rosados desde el casi blanco hasta rosa oscuro o violeta (Henrickson, 1983; Ocampo, 2000). El fruto es una cápsula loculicida, globosa, de color café y de 2.5 a 3.6 mm de diámetro con múltiples semillas de 0.3 a 0.4 mm de largo (Henrickson, 1983) (figura 4.2).



Figura 4.2. *Samolus ebracteatus* var. *coahuilensis*

### 4.3 Selección del área de estudio

Debido a la apertura de nuevos microambientes por la formación de abras y a la abundancia de *S. ebracteatus* var. *coahuensis* en los alrededores de la desembocadura del río Churince, esta zona fue seleccionada como sitio de estudio (26°51'07,61''N 102°08'50,76''O).

Se reconocieron tres ambientes (figura 4.3), que son muy conspicuos, para conocer si existen variaciones morfológicas de *S. ebracteatus* var. *coahuensis*, a saber:

1. El borde del río Churince. Es el habitat natural de esta planta. Fue seleccionado desde la desembocadura, ahora seca, del río en la laguna porque es su ambiente original y en esa zona *S. ebracteatus* var. *coahuensis* es sumamente abundante, y en muchas partes es la única especie presente. Es una zona contigua a las abras.
2. Planicie. Es el área plana que se extiende alrededor de la ribera sur del río en la que se forman las abras. Actualmente *S. ebracteatus* var. *coahuensis* se encuentra con frecuencia en esta zona, debido al incremento en la humedad del suelo por la alteración del sistema hídrico.
3. Los hundimientos diferenciales (abras). Están ubicados al sur del río a lo largo de la planicie, las abras formadas por la desestabilización del suelo representan un nuevo ambiente para la colonización de especies como *S. ebracteatus* var. *coahuensis* pues emulan las condiciones de su hábitat original.

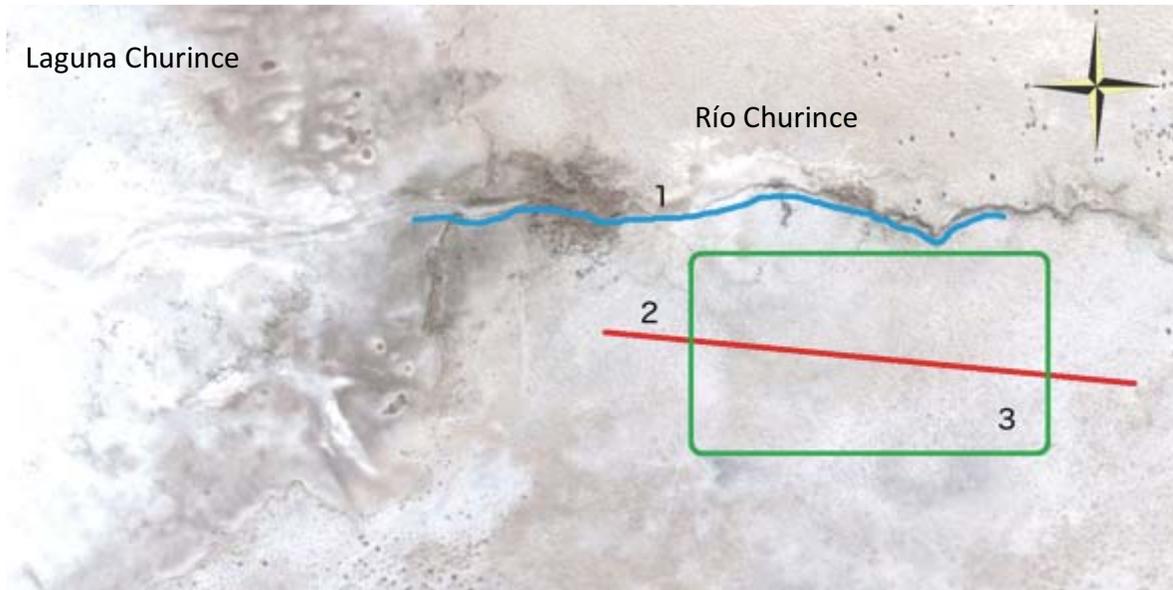


Figura 4.3. Microambientes de la parte terminal del Sistema Churince. 1. Transecto del borde del río (línea azul). 2. Transecto de la planicie (línea roja). 3. Área de distribución de las abras (recuadro verde), que se forman por hundimientos en la planicie). (Google Earth, 2012). Coordenadas: 26°51'07,61'' N 102°08'50,76'' O.

Para explicar las variaciones morfológicas encontradas entre ambientes se consideró a la humedad, a la luz y a los nutrientes, que son variables ambientales que generalmente afectan la morfología de las plantas (Daniels, 1986; Hutchings y de Kroon, 1994; Pedrol *et al.*, 2000; González y Gianoli, 2004; Valladares *et al.*, 2004; García *et al.*, 2008; Meier y Leuschner, 2008; Palacio-López y Rodríguez-López, 2008; Furet *et al.*, 2014). Se asumió cualitativamente la disponibilidad de estas variables ambientales en los microambientes y se comparó su disponibilidad entre ambientes (tabla 1.1).

#### 4.4 Selección de individuos de *Samolus ebracteatus* var. *coahulensis*

1. Para seleccionar los individuos en el borde del río se hizo una muestra aleatoria utilizando un transecto de 150 metros de largo, ubicado, a aproximadamente un metro del borde del río. Se eligieron individuos al azar (por medio del programa *Random #*) siguiendo la línea del transecto. Así, se contaban los individuos a uno y otro lado a un metro de distancia de cada

lado del transecto hasta llegar al individuo con el número aleatorio correspondiente. Una vez hallado el individuo se iniciaba de nuevo con el uno y se repetía el proceso. Se marcaron así 150 plantas independientemente de su tamaño o estadio.

2. Para seleccionar los individuos en la planicie se trazó un transecto de 150 m, paralelo al río y a aproximadamente 25 m de su borde, a lo largo del cual se eligieron los individuos a considerar siguiendo el mismo procedimiento que en el microambiente ya mencionado. Se marcaron 150 plantas.
3. En el tercer microambiente se hizo un censo completo de las abras y se registraron aquellas en las que se encontraba *S. ebracteatus* var. *coahulensis*, que estuvo presente en un total de 92 abras. Se marcaron los individuos *S. ebracteatus* var. *coahulensis* establecidos en ellas. En abras grandes o con muchos individuos se consideraron varias plantas, también elegidas al azar. De esta forma, se incorporaron 110 plantas de las abras.

A cada individuo seleccionado se le midió, con un flexómetro, el alto, el largo y el ancho y se contó el número de tallos verdes (*i.e.*, con hojas no secas) y plantas con estructuras reproductivas (inflorescencias e infrutescencias). Estas medidas se tomaron bimestralmente, desde septiembre de 2012 hasta noviembre de 2013, a fin de poder contar con datos que permitieran describir el comportamiento reproductivo de los individuos seleccionados en cada ambiente y a modo de contar al término del estudio con registros que permitan considerar las variaciones estacionales de cada uno de los parámetros considerados.

A partir de enero de 2013 y hasta enero de 2014 también se midió el área foliar de hojas individuales en plantas de los tres microambientes con el propósito de compararlos. Para este fin se evitó considerar a las plantas a las que se les dio seguimiento en el tiempo, es decir, se utilizaron otras plantas elegidas al azar, con el objetivo de no alterar las mediciones periódicas mencionadas anteriormente.

#### 4.5 Altura

Se midió con un flexómetro la altura en centímetros de cada individuo desde el nivel del suelo hasta la hoja más alejada del mismo.

#### 4.6 Número de tallos

Se contó el número de tallos con hojas verdes (no secas) de todos los individuos seleccionados, que se definen como aquellos tallos ramificados de desde la base de la planta (figura 4.4).



Figura 4.4. Tallos de *Samolus ebracteatus* var *coahuilensis* en una planta madura. Ejemplar con seis tallos verdes y dos secos, y con algunadiunflorescencias. Foto: Irene Pisanty

Para determinar la estructura de la población, las plantas se categorizaron por el número de tallos con hojas verdes que presentaban. Las plantas presentaron desde uno hasta 232 tallos (Tabla 4.1).

Tabla 4.1. Categorización con base en el número de tallos de *Samolus ebracteatus* var *coahuilensis* por microambiente

Categoría	Número de tallos		
	Río	Planicie	Abras
1	1	1	1
2	2	2	2
3	3-5	3-5	3-5
4	6-10	6-10	6-10
5	11-15	11-15	11-15
6	16-45	>16	>16
7	>46	-	-

En el río hubo una mayor cantidad de plantas de las categorías más grandes (con un mayor número de tallos) que en el resto de los microambientes, por lo que se le agregó una categoría más. La categorización de las plantas nos permitió describir la estructura de la población de acuerdo al número de tallos verdes que presentan en cada uno de los microambientes.

#### 4.7 Cobertura

Debido a que la forma de crecimiento de *S. ebracteatus* var. *coahuilensis* frecuentemente le da una cobertura de forma elíptica, la cobertura de cada planta se determinó aproximándola a esta forma. Para ello, se utilizaron el diámetro mayor ( $d_1$ ) y el menor ( $d_2$ ) de la planta, que equivalen a su largo y ancho. La cobertura se calculó como la superficie de una elipse:

$$A = \pi \left[ \left( \frac{d1}{2} \right) * \left( \frac{d2}{2} \right) \right]$$

donde:

A= cobertura

*d1*= diámetro mayor

*d2*= diámetro menor

#### **4.8 Área foliar**

Para reducir el error al momento de comparar el área foliar de diferentes plantas en los tres microambientes se usaron las categorías de tamaño basadas en el número de tallos que tiene una planta. Se eligieron aleatoriamente cinco plantas distintas para cada categoría de tamaño dentro de cada microambiente, utilizando siempre individuos diferentes a las plantas sujetas a otras mediciones en el estudio. En los tres microambientes se colectaron 20 hojas de diferentes plantas en las diferentes categorías de tamaño, siempre de la parte central de los tallos, y se prensaron. En el laboratorio se midió el área foliar de cada una de las hojas con el instrumento *LI-3000C Portable Leaf Area Meter* que proporciona el área foliar en centímetros cuadrados.

#### **4.9 Estructuras reproductivas**

Se registró la presencia de estructuras reproductivas (inflorescencias e infrutescencias) en cada una de las plantas y se señalaron los estadios de desarrollo que presentaban: botón (predominan primordios florares, pre-antesis), flor madura (predominan flores en antesis) y flor senil (predominan flores en post antesis, pre-fructificación); infrutescencia joven (predominan frutos jóvenes), infrutescencia madura (predominan frutos maduros) e infrutescencia senil (predominan frutos seniles).

Con el fin de comparar la proporción de inflorescencias e infrutescencias entre microambientes se realizó un re muestreo tipo *Bootstrap* para poder obtener los datos necesarios para los intervalos de confianza. Para de definir el patrón fenológico de *S. ebracteatus* var *coahuilensis* en cada ambiente (abras, río y planicie) con base en los datos bimestrales obtenidos se construyó un histograma con la proporción de plantas que presentan inflorescencias en cada microambiente a lo largo del tiempo. Se obtuvieron los intervalos para cada mes en cada microambiente, con el fin de comparar entre porcentajes. Lo mismo se hizo con la proporción de infrutescencias.

#### **4.10 Análisis estadísticos: Análisis de varianza de dos vías**

En cada microambiente se obtuvieron los promedios anuales y bimestrales de la altura, el número de tallos, la cobertura y el área foliar. Posteriormente, debido a que hubo muertes de las plantas seleccionadas para el monitoreo, se realizó un análisis de varianza de dos vías con el programa STATISTICA versión 8 para cada variable dependiente (altura, cobertura, número de tallos y área foliar). Los factores considerados en este análisis fueron el tiempo (meses) y el microambiente (río, planicie y abras), con el objetivo de determinar si existen diferencias significativas entre los promedios de los microambientes y en los diferentes meses. Esto nos permitió identificar el efecto que tienen el microambiente, los meses y la interacción mes-ambiente sobre las diferentes variaciones morfológicas. Una vez que detectadas las diferencias significativas se realizó una prueba *post hoc* de Tukey para identificarlas (Zar, 1984).

Se realizó una prueba de  $\chi^2$  por cada bimestre para saber si las estructuras poblacionales determinadas por el número de tallos son diferentes entre los sitios. Las variables fueron microambiente y categorías de tallos.

Se calcularon correlaciones entre las variables medidas (altura, número de tallos, cobertura y área foliar) con el fin de sustentar si existen trueques entre estas.

Adicionalmente, se calculó el coeficiente de variación de los promedios bimestrales en cada microambiente para la altura, el número de tallos, la cobertura, el área foliar, y la proporción de plantas con inflorescencias e infrutescencias.

## V. RESULTADOS

### 5.1 Altura

Se observaron diferencias significativas en las medias de la altura entre los meses considerados ( $F=74.02$ ,  $P < 0.01$ ,  $g. l.=7$ ), así como entre ambientes ( $F=291.28$ ,  $P < 0.01$ ,  $g. l.=2$ ). También hubo diferencias significativas en el promedio de las alturas debido a la interacción ambiente  $\times$  tiempo ( $F=3.28$ ,  $P < 0.01$ ,  $14 g. l.= 14$ ) (figura 5.1).

En general, las plantas de las abras tuvieron la mayor altura promedio ( $\bar{x}= 33.3 \pm 0.3$  cm), mientras que el menor promedio correspondió a las plantas establecidas en la planicie ( $\bar{x}= 7.63 \pm 0.1$  cm), y los valores intermedios correspondieron al borde del río ( $\bar{x}= 11.27 \pm 0.17$  cm),

La altura de las plantas fue menor durante los meses fríos, y alcanzó su mínimo en enero en los tres ambientes considerados (río:  $\bar{x}= 6.76 \pm 0.27$  cm, planicie:  $\bar{x}= 4.74 \pm 0.15$  cm; abras:  $\bar{x}= 7.71 \pm 0.61$  cm). De acuerdo con la prueba de Tukey (anexo I) no hubo diferencias significativas entre el río y la planicie durante enero, y la diferencia entre el promedio de altura de las abras y la planicie fue menor en ese mes que en los otros. A partir de enero, se observó un incremento constante en este parámetro también en los tres microambientes. El incremento en la altura de las plantas posiblemente responde al incremento de la temperatura y, en su momento, a la temporada de lluvias (Figura 5.1).

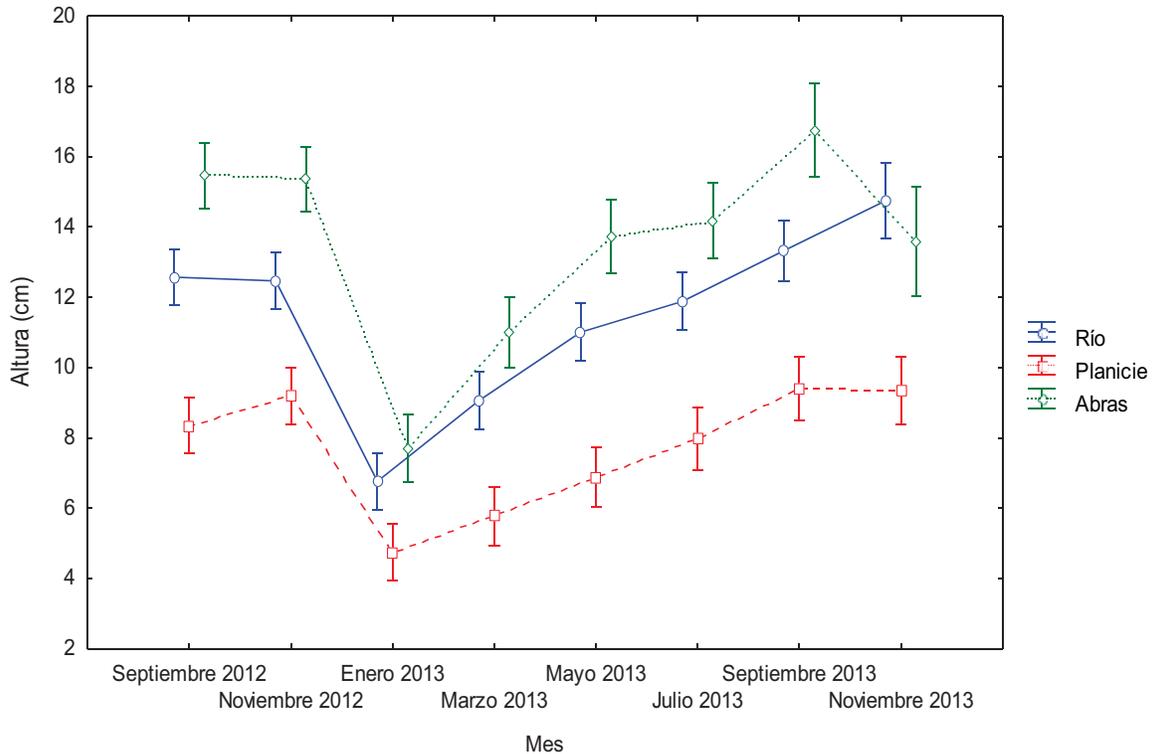


Figura 5.1. Promedio de altura de *Samolus ebracteatus* var. *coahuilensis* en cada microambiente (río, abra y planicie) entre septiembre 2012 y noviembre de 2013. Las barras verticales indican los intervalos de confianza. Mes:  $F=74.02$ ,  $P<0.01$ ,  $g. l.=7$ ; Ambiente:  $F=291.28$ ,  $P<0.01$ ,  $g. l.=2$ ; Mes  $\times$  ambiente:  $F=3.28$ ,  $P<0.01$ ,  $14 g. l.=14$ .

Los coeficientes de variación de la altura de *S. ebracteatus* var. *coahuilensis* más bajos se encontraron en la planicie (C.V.= 41.08) y los más altos en las abras (C.V.= 57.99) (anexo V).

## 5.2 Número de tallos

De acuerdo al análisis hubo diferencias significativas entre meses ( $F=8.77$ ,  $P<0.01$ ,  $g. l.=7$ ), microambientes ( $F=142.43$ ,  $P<0.01$ ,  $g. l.=2$ ) y la interacción ambiente  $\times$  mes ( $F=2.011$ ,  $P<0.01$ ,  $g. l.=14$ ). El número promedio de tallos de las plantas del río ( $\bar{x}= 12.67 \pm 0.5$  tallos) fue mayor durante todo el estudio que el de las plantas de la planicie ( $\bar{x}= 5.57 \pm 0.17$  tallos) y de las abras ( $\bar{x}= 4.85 \pm 0.24$  tallos). Asimismo, no hubo diferencias significativas entre las plantas establecidas en las abras y la planicie (figura 5.2).

El análisis de varianza muestra que las diferencias significativas a lo largo del tiempo del número de tallos en los tres ambientes fueron pocas (anexo II). En el río, el número promedio de tallos durante enero de 2013 ( $\bar{x}=8.34 \pm 0.71$  tallos) fue significativamente menor a encontrado en el resto del año ( $P < 0.01$ ,  $g. l.= 14$ ) (figura 5.2). En las otras dos zonas no se observaron diferencias significativas.

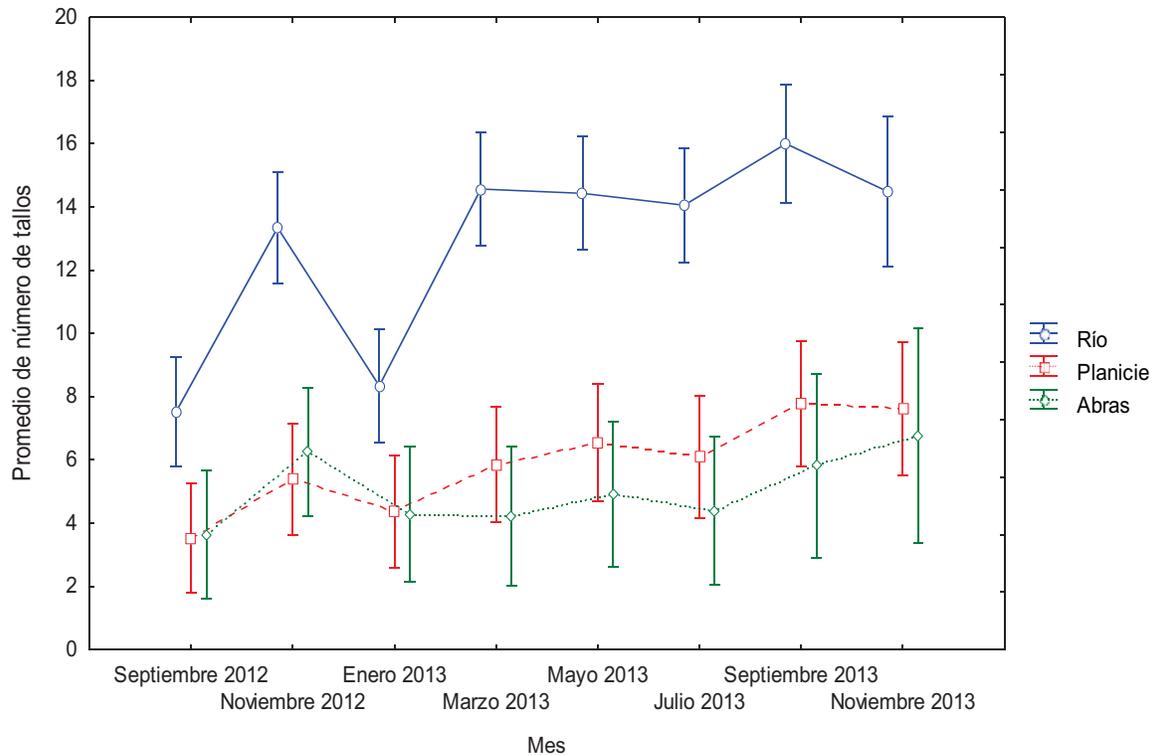


Figura 5.2. Promedio de número tallos de *Samolus ebracteatus* var *coahuilensis* en cada microambiente (río, abra y planicie) entre septiembre 2012 y noviembre de 2013. Mes:  $F=8.77$ ,  $P<0.01$ ,  $g. l.=7$ ; Ambiente:  $F=142.43$ ,  $P<0.01$ ,  $g. l.=2$ ; Mes  $\times$  ambiente:  $F=2.011$ ,  $P<0.01$ ,  $g. l.=14$ .

Los coeficientes de variación más bajos para el número de tallos se encontraron en la planicie (C.V.= 93.82), mientras que los más altos correspondieron a las abras (C.V.= 129.10) (anexo V).

### 5.3 Cobertura

El análisis mostró que tanto el mes ( $F= 6.55$ ,  $P< 0.01$ ,  $g. l.= 7$ ) como el ambiente ( $F= 175.28$ ,  $P< 0.01$ ,  $g. l.= 2$ ) influyen en la cobertura de las plantas. De la misma manera, en la interacción ambiente  $\times$  mes se encontraron diferencias significativas entre las medias ( $F= 2.5$ ,  $P< 0.05$ ,  $g. l. =14$ ) (figura 5.3).

Según la prueba de Tukey (anexo III), no hubo diferencias significativas entre la cobertura de las plantas establecidas en las abras ( $\bar{x}= 147 \pm 7.07 \text{ cm}^2$ ) y las de la planicie ( $\bar{x}=137 \pm 4.66 \text{ cm}^2$ ), pero sí entre las plantas en el río ( $\bar{x}=442 \pm 19.63 \text{ cm}^2$ ) y las plantas en los otros dos microambientes durante todo el estudio.

En la figura 5.3 se muestra como prácticamente no existieron cambios en las medias de cobertura a lo largo de los muestreos en cada uno de los microambientes desde septiembre de 2012 hasta septiembre de 2013, cuando la cobertura de las plantas en el río aumentó considerablemente respecto a los meses anteriores ( $\bar{x}= 709.55 \pm 108.23 \text{ cm}^2$ ).

El promedio del número de tallos y la cobertura tuvieron comportamientos parecidos.

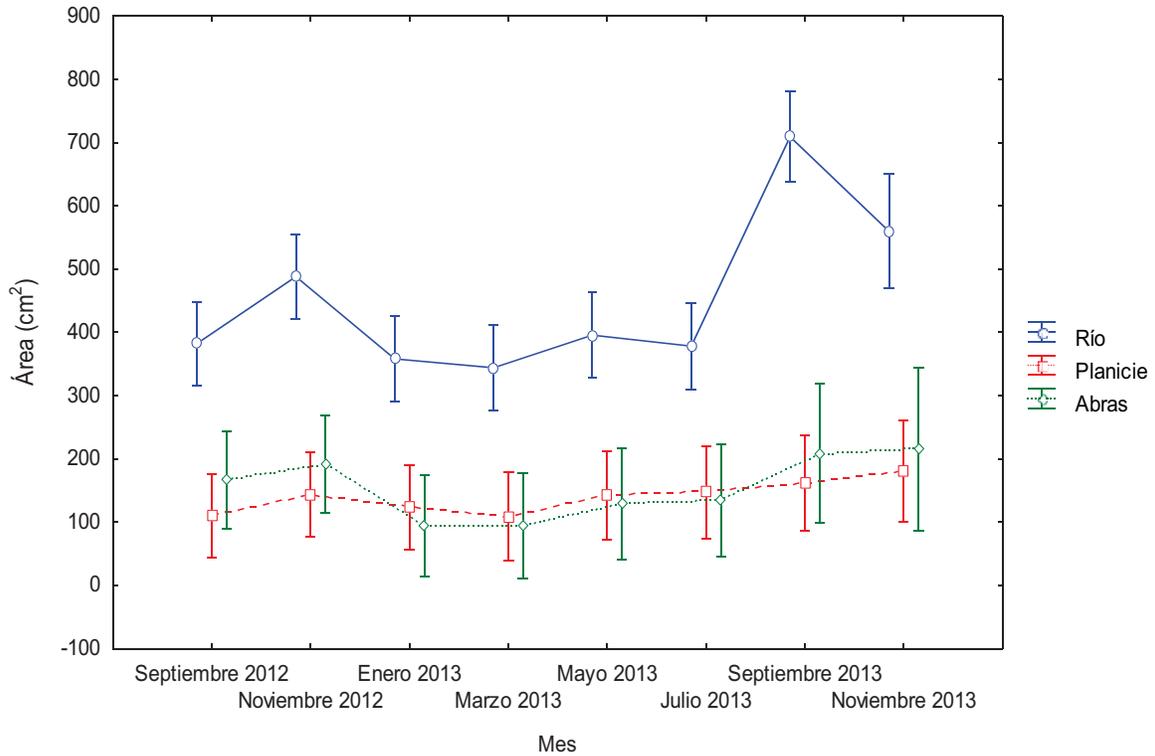


Figura 5.3. Promedio de cobertura de *Samolus ebracteatus* var. *coahuilensis* en cada microambiente (río, abra y planicie) entre septiembre 2012 y noviembre de 2013. Mes:  $F=6.55$ ,  $P<0.01$ ,  $g. l.= 7$ ; Ambiente:  $F=175.28$ ,  $P<0.01$ ,  $g. l.= 2$ ; Mes  $\times$  ambiente:  $F=2.5$ ,  $P< 0.05$ ,  $g. l.=14$ .

Los coeficientes de variación de la cobertura de *S. ebracteatus* var. *coahuilensis* más bajos (C.V.= 4.66) se encontraron en la planicie, mientras que los más altos estuvieron en el río (C.V.= 19.63) (anexo V)

#### 5.4 Estructura de la población (número de tallos)

Las pruebas de  $\chi^2$  durante todos los meses demostraron que la estructura poblacional determinada con base en el número de tallos es diferente en los distintos sitios (tabla 5.2).

Tabla 5.2. Resultados bimestrales de la prueba de  $\chi^2$  para las variables microambiente y categoría de tallos. 12 g. l. en cada mes mostrado.

Mes	$\chi^2$	P
Septiembre 2012	73.92	<0.001
Noviembre 2012	73.10	<0.001
Enero 2013	68.92	<0.001
Marzo 2013	117.51	<0.001
Mayo 2013	96.32	<0.001
Julio 2013	104.44	<0.001
Septiembre 2013	53.17	<0.001
Noviembre 2013	32.38	0.039

El porcentaje de individuos de cada categoría determinada con base en el número de tallos varió a lo largo del tiempo en los tres microambientes.

En el río, las plantas con las categorías tres (de 3 a 5 tallos) y cuatro (de 6 a 10 tallos), que son intermedias, fueron las más frecuentes de septiembre de 2012 a enero de 2013. A partir de marzo la categoría cuatro y la categoría seis (de 16 a 45 tallos) se volvieron las más frecuentes, mientras que las plantas con mayor (categoría 7 con más de 46 tallos) y menor número de tallos (categoría uno con un solo tallo) fueron las menos frecuentes durante todos los meses (figura 5.4A).

En la planicie, las plantas de categoría tres fueron predominantes durante casi todos los meses, seguidas por la categoría cuatro. La categoría seis, que agrupa a las plantas con más tallos (>16 tallos) fue la menos frecuente, pero aun así se encontró en todos los meses. En este ambiente no se observaron individuos de categoría siete (figura 5.4B).

Por último, la categoría tres también fue la más frecuente en las abras durante el transcurso del tiempo. Sin embargo, a diferencia de lo que ocurrió en los otros dos microambientes, en las abras las plantas de un solo tallo (categoría uno) tuvieron gran relevancia pues esta categoría fue la segunda más común, antecedida sólo por la tres. La categoría siete estuvo ausente en este ambiente (figura 5.4C).

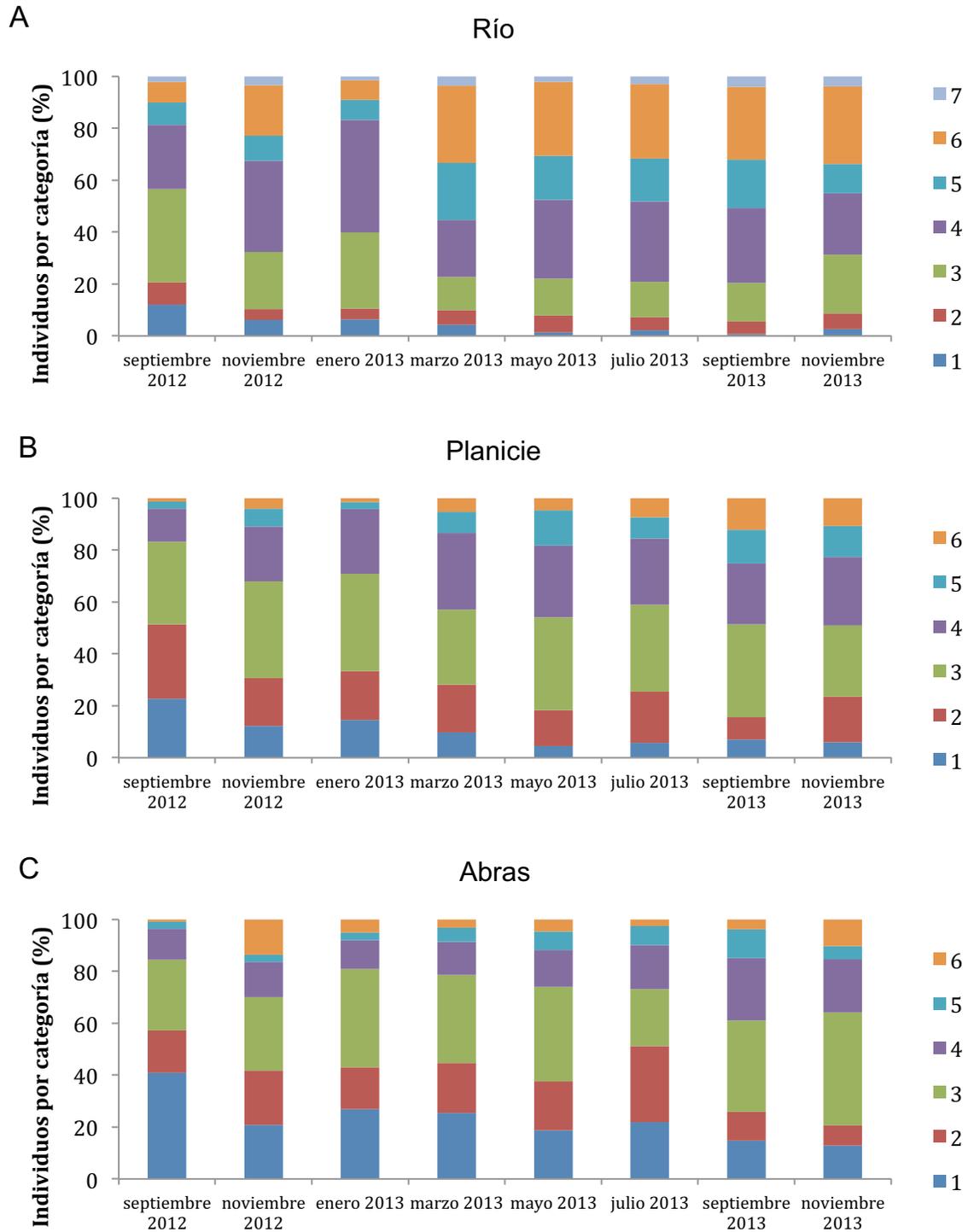


Figura 5.4. Estructura de la población *Samolus ebrateatus var coahuilensis* en el borde del río (A), la planicie (B) y las abras (C). Las categorías se hicieron con base en el número de tallos verdes: 1: un tallo, 2: dos tallos; 3: de tres a cinco tallos; 4: de cinco a 10 tallos, 5: de 11 a 15 tallos; 6: de 16 a 45 tallos; 7: igual o mayor a 46 tallos.

## 5.5 Área foliar

Como se muestra en la Figura 5.5, se encontraron diferencias significativas entre las medias del área foliar de los tres ambientes (río, planicie y abras) ( $F= 80.62$ ,  $P < 0.01$ ). Generalmente las hojas que se desarrollaron en la planicie tuvieron menor área foliar ( $\bar{x}= 2.26 \pm 0.5 \text{ cm}^2$ ) que las plantas en los otros dos microambientes (río:  $\bar{x}= 3.06 \pm 0.6 \text{ cm}^2$ ; abras:  $3.24 \pm 0.07 \text{ cm}^2$ ) (anexo IV). Las áreas foliares medias de cada microambiente fueron significativamente diferentes entre sí a lo largo del tiempo ( $F= 47.98$ ,  $P < 0.01$ ,  $g. l.= 6$ ), y las hojas registradas en julio y septiembre tuvieron las hojas más pequeñas en los tres microambientes (anexo V). Lo mismo sucede con la interacción mes  $\times$  ambiente ( $F= 3.46$ ,  $P < 0.01$ ,  $g. l.= 12$ ), que también tuvo un efecto significativo sobre el área foliar.

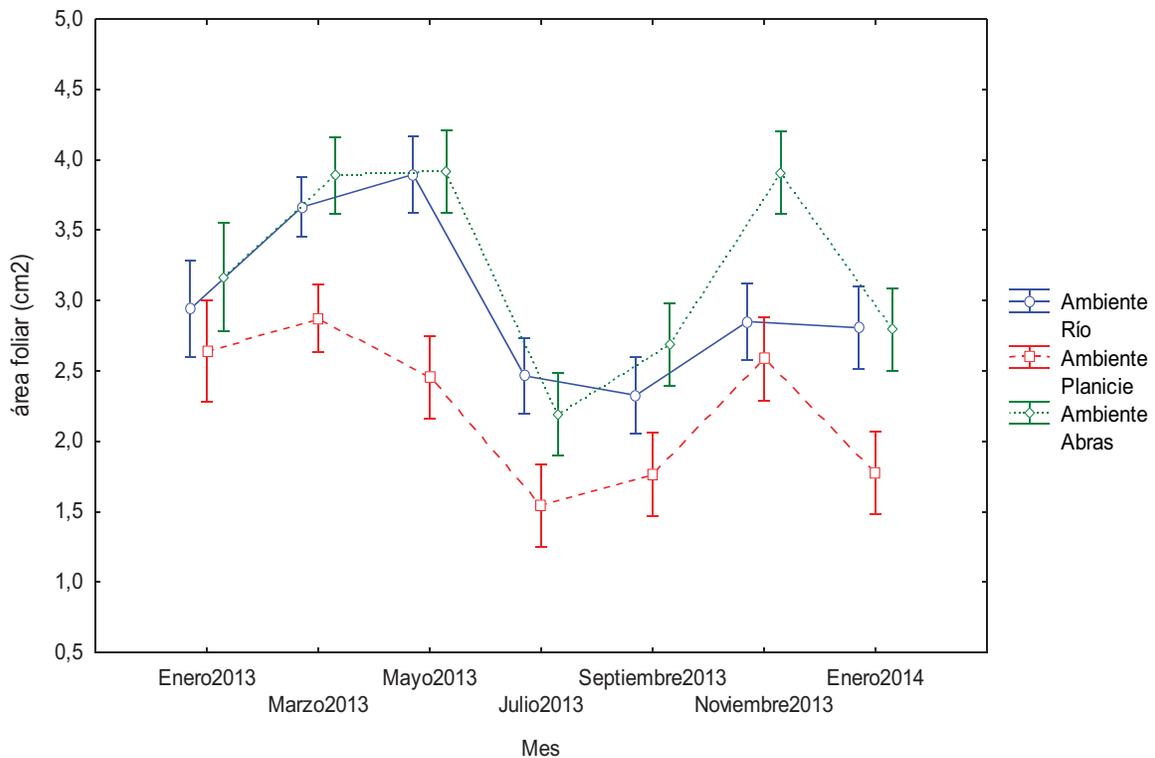


Figura 5.5. Áreas foliares de *Samolus ebracteatus* var. *coahuilensis* en cada microambiente (río, abra y planicie) entre enero de 2013 y enero de 2014. Las barras verticales indican los intervalos de confianza (0.95). Mes:  $F=47.98$ ,  $P < 0.01$ ,  $g. l.=6$ ; Ambiente:  $F=80.62$ ,  $P < 0.01$ ,  $g. l.=2$ ; Mes  $\times$  ambiente:  $F=3.46$ ,  $P < 0.01$ ,  $g. l.=12$

Los coeficientes de variación del área foliar de *S. ebracteatus* var. *coahuilensis* más bajos (C.V.= 58.66) se encontraron en la planicie, y los más altos en el río(C.V.= 60.04) y las abras(C.V.= 60.88) (anexo V).

### 5.6 Estructuras reproductivas

El porcentaje más alto de plantas con una o más inflorescencias se observó en marzo, pues se observaron en 0.92 de los individuos considerados en río, 0.80 en planicie y 0.65 en abras. Las inflorescencias registradas en este mes poseían botones y flores en antesis. Después de este pico de floración la presencia de inflorescencias disminuye hasta noviembre de 2013, cuando ya muy pocos individuos las exhiben y todas son seniles (figura 5.6).

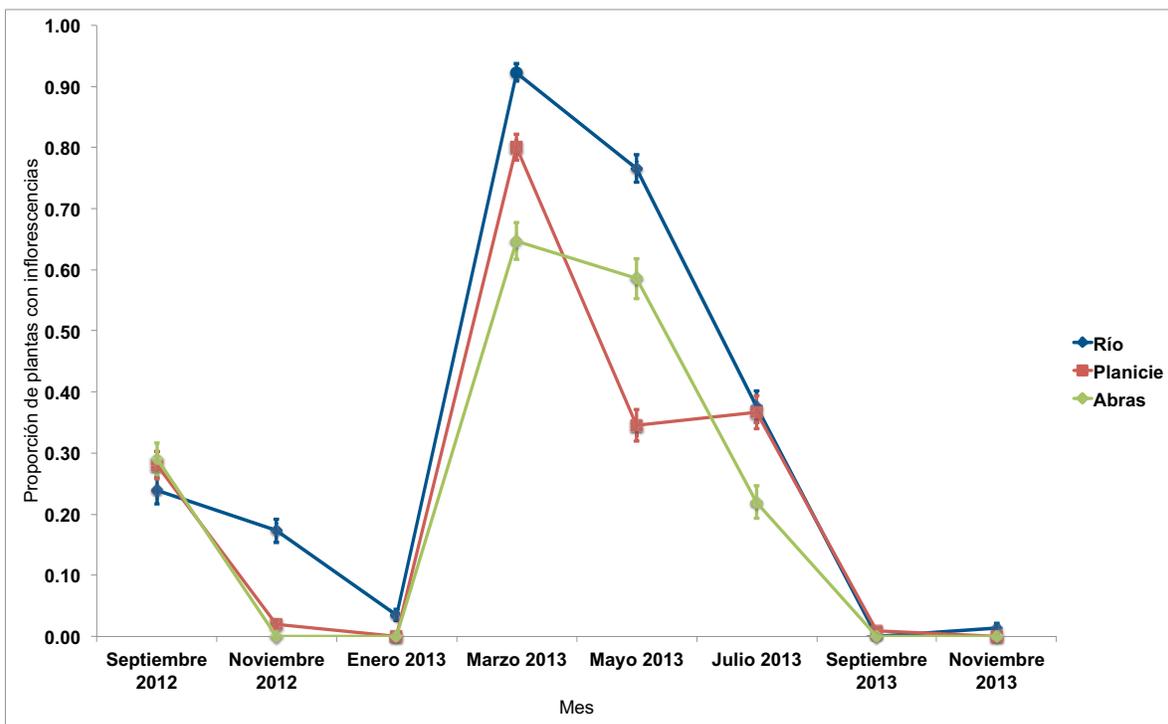


Figura 5.6 Proporción de *Samolus ebracteatus* var. *coahuilensis* con inflorescencias entre septiembre de 2012 y noviembre de 2013 en tres microambientes del Sistema Churince : río, planicie y abras. . Las barras verticales indican los intervalos de confianza.

En general, el porcentaje de individuos con estructuras reproductivas (infrutescencias e inflorescencias) fue mayor en el borde del río que en los otros dos ambientes, mientras que en las abras se encontró el menor porcentaje de estas estructuras.

Al dar inicio este estudio, en septiembre de 2012, se encontraron infrutescencias en muchas plantas. La gran mayoría de las infrutescencias observadas en este mes provinieron del periodo reproductivo anterior y los frutos ya eran seniles, por lo que el porcentaje de plantas con estas estructuras disminuyó con el tiempo hasta marzo. A partir de mayo se presentó una nueva cohorte, es decir, los frutos encontrados eran jóvenes o maduros y no seniles como los registrados en los meses anteriores. Así, el mayor número de estas estructuras fue registrado en mayo. En el río se presentaron infrutescencias en el 0.91 de las plantas, en la planicie en el 0.91 y en las abras en el 0.87, sin que se presentaran diferencias significativas entre microambientes. En el río la producción continuó hasta julio, cuando el 0.96 de plantas contaban con por lo menos una infrutescencia. La proporción de plantas con infrutescencias descendió, en los tres ambientes, hasta noviembre de 2013 (0.18 en río, 0.63 en planicie y 0.20 en abras) (figura 5.7).

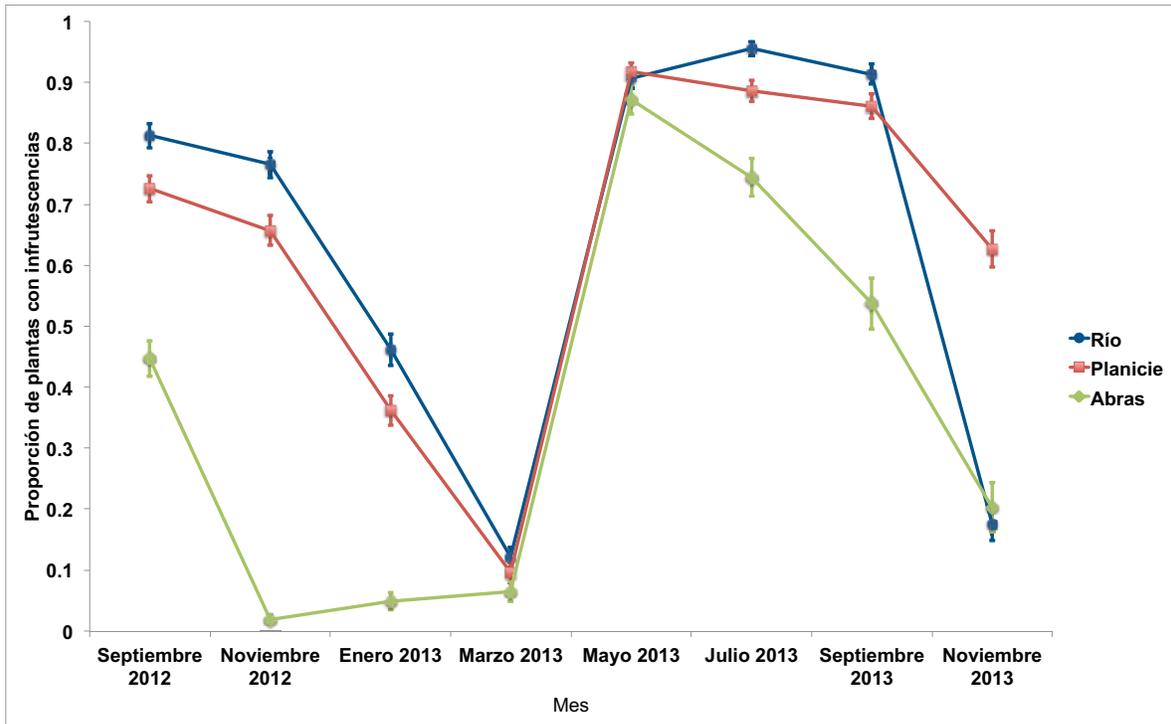


Figura 5.7. Proporción de *Samolus ebracteatus* var. *coahuilensis* con infrutescencias entre septiembre de 2012 y noviembre de 2013 en tres microambientes del Sistema Churince: río, planicie y abras. . Las barras verticales indican los intervalos de confianza.

## 5.7 Correlaciones entre variables

El análisis realizado demostró que hay una correlación positiva entre el número de tallos y la cobertura ( $r = 0.78$ ,  $P < 0.05$ , tabla 5.2). Esta correlación es la más grande entre las variables analizadas. Hubo una correlación positiva baja entre la altura y el número de tallos ( $r = 0.039$ ,  $P < 0.05$ , tabla 5.2), así como entre la altura y la cobertura ( $r = 0.41$ ,  $P < 0.05$ , tabla 5.3).

Tabla 5.3. Correlación ( $r$ ) entre las variables analizadas (altura, cobertura, número de tallos y área foliar) de *Samolus ebracteatus* var. *coahuilensis*. Los números representan el valor de  $r$ . En rojo se resaltan los valores significativos,  $P < 0.05$ .

	Altura	Cobertura	Número de tallos	Área foliar
Altura	1.00	0.41	0.39	0.03
Cobertura	0.41	1.00	0.78	0.11
Número de tallos	0.39	0.78	1.00	0.10
Área foliar	0.03	0.11	0.10	1.00

## VI. DISCUSIÓN

### 6.1 Altura

Cuando las plantas se desarrollan en condiciones de poca luz presentan características ahiladas o de etiolación, que se caracteriza por la ausencia de clorofila y por la presencia de tejidos vasculares y de soporte escasamente desarrollados, así como por el incremento la longitud de los tallos (Bidwell, 1993), lo que permite la ubicación de las hojas en lugares más favorables, donde la incidencia de luz es mejor (Hutchings y de Kroon, 1994, Kleunen *et al.*, 2000; González y Gianoli, 2004; Bell y Galloway 2008; Franklin, 2008; Arboleda, 2011). Frecuentemente también hay un incremento simultáneo del área foliar, un alargamiento de peciolo y una reducción del número de ramas (Huber, 1996; Hutchings y de Kroon, 1994; Gianoli, 2001; Bell y Galloway 2008; Arboleda, 2011). Estos rasgos se observaron en el presente estudio en las plantas establecidas en las abras. En respuesta a las diferencias en la incidencia de luz, la morfología de *S. ebracteatus* var. *coahuilensis* se ve afectada y los tallos pueden tener diferentes longitudes como parte de su variabilidad, (Hutchings y de Kroon, 1994). Así, la respuesta de *S. ebracteatus* var. *coahuilensis* a la sombra varía dependiendo de la incidencia de luz. Durante casi todos los registros las abras tuvieron en promedio plantas más altas debido a la baja incidencia de luz en este microambiente, lo que obliga a los tallos a elongarse en su busca (Hutchings y de Kroon, 1994). Las segundas más altas fueron las plantas establecidas en el río, donde la incidencia de luz es mayor que en las abras pero menor que en la planicie, que alberga a las plantas con menor altura. Cabe mencionar que las plantas del borde de río son altas por el abundante número de ramas que llegan a presentar y no por tener tallos elongados como los observados en los individuos que crecen en las abras.

El alargamiento de los entrenodos como respuesta a la disponibilidad de luz ha sido ampliamente documentada (Smith, 1982; Mitchell y Woodward, 1988; Jerling, 1988; Huber, 1996; Cipollini y Schultz 1999; Gianoli, 2001; Gianoli, 2003; González y Gianoli, 2004; Bell y Galloway 2008; Arboleda, 2011). Aunque

generalmente se ha estudiado en plantas establecidas bajo doseles (Bell y Galloway 2008; Kozuka *et al.*, 2010; Arboleda, 2011), es posible extrapolar lo que se sabe a las abras, muchas de las cuales están muy sombreadas (García-Rodríguez, 2014), por lo que la mayor altura de los tallos en este microambiente posiblemente se deba a su profundidad, a los bordes que tienen y muchas veces a la vegetación que en ellas se establece (Peralta-García, 2013). El establecimiento de plantas grandes puede contribuir a la disminución en la incidencia de luz, tal como sucede en comunidades con un dosel arbóreo.

La altura de las plantas presentó variaciones en el tiempo, describiendo un patrón estacional en los tres microambientes. La menor altura correspondió a la temporada fría y la mayor a la cálida. La menor altura en los meses fríos, principalmente en enero, se puede explicar porque en estos meses *S. ebracteatus* var. *coahuilensis* pierde una importante proporción de sus hojas y tallos. Aquellos tallos que se registraron en enero eran jóvenes y empezaban a reemplazar a los secos, por lo que el promedio de altura fue el menor registrado debido a la pérdida de tallos. Durante enero de 2013 se registró la menor altura en los tres microambientes posiblemente debido a que sucedía el mismo fenómeno en el río, la planicie y las abras. Posteriormente el promedio de la altura de las plantas se incrementó hasta septiembre de 2013, dado que en la temporada cálida las condiciones ambientales fueron más favorables para el crecimiento de las plantas.

## **6.2 Número de tallos, cobertura y estructura de la población**

La cobertura de *Samolus ebracteatus* var. *coahuilensis* está correlacionada con el número de tallos ( $r= 0.78$ ,  $P<0.05$ ), por lo que su patrón en los microambientes es similar al encontrado en el análisis del número de tallos. La categorización de la población se realizó con base en el número de tallos por lo que los factores que afectan a esta variable determinan las variaciones en la .

*Río.* La proliferación de ramas en el río puede ser consecuencia de la mayor disponibilidad de nutrientes en ese microambiente, que se debe a la

materia orgánica acumulada en los bordes de los cuerpos de agua. Diferentes estudios han concluido que el aumento de nutrientes, principalmente del nitrógeno, promueve el desarrollo de ramas (Aspinall, 1961; Martínez *et al.*, 1980; Daniels, 1986; Room, 1988; Benner, 1988; Hutchings y de Kroon, 1994; Schlichting y Pigliucci, 1995; Lortie y Aarssen, 1997; Miyawaki *et al.*, 2004; Cline *et al.*, 2006; Furet *et al.*, 2014). Si además consideramos que el río es el microambiente más húmedo y que el aumento de este factor favorece el crecimiento de ramas en las plantas (McIntyre, 1987; Hutchings y de Kroon, 1994; Lortie y Aarssen, 1997), podemos concluir que el mayor número de ramas responde a una combinación de factores que favorecen el crecimiento en general y la producción de estas estructuras en particular.

La producción de tallos nuevos y más largos contribuye a aumentar la cobertura de la planta, por lo que la mayor cantidad de nutrientes y de humedad que hay en el borde del río también explica el mayor tamaño de las plantas respecto a los otros dos microambientes durante todo el periodo de estudio (Bidwell, 1993 ; Hutchings y de Kroon, 1994).

La mayor cobertura observada en el borde del río evidenció que el crecimiento de *S. ebracteatus* var. *coahuilensis* se ve favorecido en ambientes húmedos y bien iluminados. Adicionalmente, en esta especie la germinación de las semillas, que son quiescentes, está determinada por la disponibilidad de agua (Peralta-García, 2013), lo que constata el carácter hidrófilo de la especie en general (Lichvar, 2013) y de la variedad en particular. En este sentido, *S. ebracteatus* var. *coahuilensis* es un buen ejemplo de cómo las especies que habitan en los ambientes ribereños de las zonas áridas y semiáridas presentan adaptaciones a diversas presiones de selección, que incluyen la aridez climática, la inundación de los microsítios que habitan (con las consecuentes variaciones en la disponibilidad de oxígeno), la salinidad de los suelos y la pobreza de nutrientes, así como, en algunos casos como el que nos ocupa, el alto contenido de yeso de los suelos (Capon y Dowe, 2006)

En septiembre de 2013 se observó un incremento considerable en la cobertura de las plantas del río. Durante este mes fue cuando el río Churince, seco durante el resto de los meses abarcados por este estudio, recuperó temporalmente el agua y se encontró con el cauce casi lleno. Como respuesta a este evento, que no es periódico, la cobertura promedio de las plantas establecidas en este microambiente aumentó, a pesar de que el promedio de número de tallos y la estructura de la población no se modificaron considerablemente respecto a registros anteriores. Este resultado aparentemente contradictorio se obtuvo porque únicamente se contaron tallos verdes para determinar la estructura de la población, y no se consideraron los tallos secos que permanecían entre las ramas vivas pero que contribuían a la cobertura.

Las categorías intermedias y grandes (4, 5 y 6) son las mejor representadas en el borde del río debido a la mayor disponibilidad agua y nutrientes en esta zona, como ya se dijo arriba (McIntyre, 1977; Hutchings y de Kroon, 1994; Lortie y Aarssen, 1997). Como consecuencia de la disminución del número de tallos en enero, las categorías intermedias (3 y 4) dominaron en el río.

*Abras.* Se ha encontrado que la cantidad de luz comúnmente modifica la ramificación de las plantas, que generalmente presentan menos ramas cuando se desarrollan en condiciones de sombra que cuando están establecidas en condiciones de plena luz (Daniels, 1986; Hutchings y de Kroon, 1994; Huber y Stuefer, 1997; Jerling, 1988; González y Gianoli, 2004; Arboleda, 2011). Esto puede explicar el reducido número de tallos en *S. ebracteatus* var. *coahuilensis* en las abras. Además, la morfología observada en las abras coincide con las respuestas típicas de las plantas a la baja disponibilidad de luz (aumento del área foliar y el adelgazamiento y la elongación de los tallos) como se mencionó anteriormente (Daniels, 1986; Hutchings y de Kroon, 1994; Gianoli, 2001; González y Gianoli, 2004; Palacio-López y Rodríguez-López, 2008). La ramificación en las abras también se ve limitada por el tamaño de las mismas.

La estructura de la población determinada por el número de ramas es diferente en las abras con respecto a los otros dos microambientes, porque en

aquéllas las categorías dominantes son las pequeñas y medianas (1, 2 y 3). A pesar de esto no existen diferencias significativas entre la cobertura de estas plantas y las establecidas en la planicie. En las abras profundas el factor más limitante generalmente es la luz, y por esta razón observamos que el número de tallos es menor (Daniels, 1986; Hutchings y de Kroon, 1994; Huber y Stuefer, 1997; Jerling, 1988; Gianoli, 2001; González y Gianoli, 2004; Furet *et al.*, 2014), con lo que la cobertura es la más baja.

*Planicie.* El promedio de número de ramas de las plantas en las abras es, sin embargo, similar al promedio de ramas en la planicie, aunque éste es el microambiente más expuesto a la luz, por lo que esta característica puede ser consecuencia de otros factores, además de la incidencia luz. Posiblemente el número de tallos registrado en la planicie está definido por la baja cantidad de nutrientes disponibles en el suelo de ese microambiente pues las plantas en suelos pobres frecuentemente reducen su ramificación (Martínez *et al.*, 1980; Room, 1988; Schlichting y Pigliucci, 1995; Lortie y Aarssen, 1997; Miyawaki *et al.*, 2004; Furet *et al.*, 2014).

Por otro lado, podemos observar que a pesar de que las condiciones no son las más favorables para *S. ebracteatus* var. *coahuilensis* en la planicie, las plantas sí pueden establecerse debido a la presencia de agua a nivel subsuperficial. Las categorías dominantes son las intermedias (3 y 4) de manera similar a lo encontrado en las abras, pero hay grandes diferencias morfológicas entre las plantas de las dos zonas. Como se mencionó en los resultados, en la planicie el área foliar es más reducida que en el río y las abras, pero esto no se traduce en diferencias de cobertura entre las plantas de la planicie y las de las abras. La cobertura responde más al número de tallos que al tamaño de las hojas. En este microambiente a pesar de la disponibilidad de espacio es poco frecuente observar plantas de más de 10 tallos (que corresponden a las categorías 5, 6 y 7) como respuesta a las condiciones poco favorables para el crecimiento (Martínez *et al.*, 1980; Room, 1988; Schlichting y Pigliucci, 1995; Lortie y Aarssen, 1997; Miyawaki, 2004 *et al.*, Furet *et al.*, 2014).

Durante el periodo de estudio, el número promedio de tallos demostró tener pocos cambios en los tres microambientes. En enero de 2013 el promedio de tallos de las plantas del río disminuyó considerablemente y ya no se observaron diferencias significativas con los otros dos microambientes. La disminución en el número de tallos posiblemente es el resultado de las bajas temperaturas que inhiben el crecimiento y que afectan a los tres microambientes en enero, que es el mes más frío (Pisanty *et al.* 2013). Aunque no se encontró decremento de número de tallos en la planicie y el río.

### **6.3 Área foliar**

A lo largo de periodo de estudio, el promedio de área foliar de las plantas que se encuentran en la planicie fue significativamente menor a los otros dos microambientes (abras y río). La planicie es el microambiente con menor disponibilidad de agua y probablemente también de nutrientes en el suelo, y tiene mayor incidencia de luz. Estos factores posiblemente tuvieron efecto negativo en el tamaño de la hoja. Algunos estudios han encontrado que el área foliar en una flora se ve influida directamente por la precipitación, y que el tamaño de la hoja disminuye a medida que la precipitación se reduce (Smith, 1978; Dolph y Dilcher, 1980). Esta tendencia ha sido observada por Ogaya y Peñuelas (2007), que encontraron que el área foliar en *Quercus ilex* fue menor en sitios más secos (con menor precipitación anual) que en los húmedos, con lo que tenían menor superficie de transpiración. Varios estudios han señalado la disminución de área foliar en condiciones de escasez de agua (Grier y Running, 1977; Floret *et al.*, 1990; Sala *et al.*, 1994; Pedrol *et al.*, 2000; Meier y Leuschner, 2008). La disminución de la disponibilidad de agua puede influir directamente en la reducción del crecimiento celular de la hoja y por lo tanto en el área foliar (Sala *et al.*, 1994). La relación de la humedad con el área foliar fue estudiada por Givnish (1984), quien propone un modelo para el tamaño óptimo de la hoja buscando el mayor beneficio al menor costo, considerando a la transpiración como costo y a la fotosíntesis como beneficio. Así, el área de las hojas y la superficie de

transpiración que representa tiende a disminuir en ambientes secos y a aumentar en ambientes húmedos. De acuerdo a lo anterior, el menor tamaño de las hojas de las plantas en la planicie posiblemente corresponde a un tamaño óptimo que evita el exceso de transpiración en un ambiente donde el agua puede ser un factor limitante. De la misma manera, el mayor tamaño de las hojas en el río y en las abras responde a las condiciones ambientales predominantes y a la disponibilidad de recursos.

La incidencia de luz es otro factor importante que puede determinar el tamaño de la hoja (Gianoli, 2004; Paniagua-Ibañez, 2010). Frecuentemente se observa que el área foliar en plantas expuestas a la luz es menor, y que las hojas son más gruesas y contienen menos clorofila que las plantas en ambientes sombreados donde el área foliar es más grande (Sala *et al.*, 1994; Ryser y Eek, 2000; Valladares *et al.*, 2004; Palacio-López y Rodríguez-López 2008). Gratani (2006), por ejemplo, reportó una disminución en el área foliar de *Quercus ilex*, *Phillyrea latifolia* y *Pistacia lentiscus* expuestas a la luz, y concluyó que la variación del área foliar (y de otras características de la hoja) puede ser una ventaja en ambientes variables. Esta tendencia se ve como una respuesta de las hojas a la sombra pues al incrementar la superficie foliar también aumenta el área de captura de fotones, maximizando así la captura de la luz en ambientes en los que su disponibilidad es limitada (Ryser y Eek, 2000; Gianoli, 2004; Valladares *et al.*, 2004). Así, los bajos valores de área foliar en los individuos de *S. ebracteatus* var. *coahulensis* establecidos en la planicie pueden también ser el resultado de la constante exposición a la intensa irradiación a la que están expuestos, y los valores más altos en las plantas de las abras a la menor disponibilidad de la misma.

La reducción del área foliar en la planicie también se puede explicar por la baja disponibilidad de nutrientes en ese microambiente, pues se ha observado que cuando los suelos contienen pocos nutrientes el área foliar es reducida (Ashton y Hall, 1992; Knops y Reinhart, 2000; McDonald *et al.*, 2003; Meier y Leuschner, 2008). Givnish (1987) sugiere que la escasez de nutrientes produce hojas

pequeñas pues el costo de la absorción de nutrientes del suelo es mayor y restringe la producción de células y enzimas fotosintéticas. Sin embargo, este patrón no siempre se observa y la respuesta de este rasgo a la escasez de nutrientes puede variar entre especies y estar influida por otras condiciones ambientales que ejercen presión al mismo tiempo (Meier y Leuschner, 2008; Castro *et al.*, 1997).

En el caso del río, las plantas ahí establecidas tienen áreas foliares grandes que en general no difieren significativamente de las de las abras, probablemente debido tanto a la disponibilidad del agua como a que sobre todo en las plantas grandes las ramas se sombrean unas a las otras. Cabe mencionar que a partir de septiembre de 2013 una parte de los individuos del borde del río quedaron cubiertos de agua, y murieron al poco tiempo. Este proceso de deterioro de los individuos sumergidos explica, al menos parcialmente, el decremento del área foliar que presentaron a partir de esta fecha.

Es difícil saber cuáles son los factores más influyentes en el tamaño de la hoja de *S. ebracteatus* var. *coahulensis* pues aún hacen falta datos de la interacción entre los factores ambientales específicos en los tres microambientes. Sin embargo, gracias a los valores cualitativos asignados a los factores de los microambientes se puede proponer que la variación morfológica observada es producto de alguno de estos factores (humedad, disponibilidad de luz y nutrientes en el suelo) o de la combinación de éstos. La asignación diferencial de biomasa en las diferentes condiciones requiere de estudios posteriores porque seguramente hay diferencias que corresponden a las diferentes condiciones que caracterizan a cada uno de los ambientes considerados en este trabajo.

En julio de 2013 se observaron los valores más bajos de área foliar en los tres microambientes debido a que en esta temporada se observó un incremento de producción de hojas nuevas. Las hojas colectadas en esa temporada, por lo tanto, fueron muy pequeñas e hicieron que el registro del promedio de área foliar en julio sea el menor registrado durante el estudio.

#### 6.4 Estructuras reproductivas

Durante el periodo abarcado por este trabajo, la floración mostró un patrón claramente estacional en las plantas establecidas en las abras, el río y la planicie. El porcentaje de plantas con inflorescencias mostró diferencias entre microambientes en marzo y mayo, cuando estas estructuras son más abundantes en los tres microambientes. En estos meses también se encontraron la mayoría de las flores en antesis, mientras que en el resto de los registros se reportaron principalmente flores seniles y no hubo diferencias significativas entre microambientes. Esto concuerda con la literatura que sitúa a la floración de *S. ebracteatus* var. *coahuilensis* entre primavera y otoño (SEINet), demostrando que los microambientes no modifican el inicio de la floración.

La influencia de las condiciones ambientales como la luz (calidad y cantidad) y la temperatura en la producción y desarrollo de las estructuras reproductivas está bien documentada (Bernier *et al.*, 1993; Inouye *et al.*, 2003; Ausín *et al.*, 2005; Blázquez, 2005; Dahlgren *et al.*, 2007; García *et al.*, 2008). En marzo la producción de inflorescencias respondió a las condiciones de cada uno de los microambientes estudiados, como se esperaba, y se observó que las plantas en las abras tenían la menor producción de inflorescencias de los tres microambientes. Esto es posiblemente una respuesta a la baja cantidad de luz que incide en las abras, y probablemente también a su calidad (Puentes *et al.*, 1993; Arboleda, 2011).

En marzo, las plantas de la planicie tuvieron una proporción intermedia de inflorescencias con respecto a los otros dos microambientes, sin embargo en mayo esta proporción disminuyó hasta que fue la más baja, posiblemente como consecuencia de las condiciones menos favorables de humedad y nutrientes que existen en ese microambiente, y de la exposición a factores externos que son más intensos en la planicie que en los otros microambientes como, por ejemplo, el fuerte viento que puede desprender las estructuras.

Debido al elevado número de tallos que se observó en el borde del río, las plantas en este microambiente mostraron una gran cantidad de estructuras reproductivas. La disponibilidad de nutrientes y de humedad frecuentemente son determinantes en la producción de flores (Inouye *et al.*, 2003; García *et al.*, 2008), lo que explicaría la mayor producción de estructuras reproductivas en este microambiente.

Para determinar qué factores son los responsables de las diferencias en la producción floral entre microambientes son necesarios estudios posteriores sobre el efecto de factores como humedad, nutrientes y luz, que generalmente determinan la diferencia en la floración entre ambientes.

En los tres microambientes analizados se observó un patrón estacional claro en la formación de infrutescencias. La formación de frutos se llevó a cabo primordialmente en mayo, cuando se registró la mayor cantidad de infrutescencias maduras en los tres microambientes, aunque también se presentaron algunos frutos jóvenes y seniles. La presencia de infrutescencias decreció con el tiempo, y a partir de julio se observaron principalmente frutos seniles sin semillas, es por eso que la proporción de infrutescencias no decae abruptamente, aun cuando su presencia no implique la existencia continua o reiterada de semillas. No obstante, los frutos maduros se mantuvieron en menor proporción hasta julio, especialmente en el borde del río y en la planicie, donde mantuvieron las proporciones más altas de infrutescencias, que presentaban frutos maduros y seniles. Sin embargo, en noviembre de 2013, cuando varias plantas establecidas en el borde del río se encontraban cubiertas por el agua, la proporción de infrutescencias disminuyó en ese microambiente, pues muchas de estas se desprendieron de las plantas por esta. La entrada temporal pero repentina del agua al río afectó directamente al comportamiento de las plantas consideradas en este estudio que se encontraban en el borde del río.

La proporción máxima de plantas con infrutescencias observada en mayo es consecuencia de la proporción máxima de plantas con inflorescencias de dos meses atrás (marzo), ya que las inflorescencias de marzo se desarrollaron en

frutos. Este aumento de infrutescencias previo a la época de lluvias favorece que las semillas germinen durante la temporada más favorable del año para este fin (Mott y McComb, 1975; Simpson y Dean, 2002), pues como ya se dijo *S. ebracteatus* var. *coahuilensis* es una planta quiescente y el agua es principal factor para su germinación (Peralta-García, 2013).

En mayo no se registraron diferencias significativas en la proporción de infrutescencias entre microambientes a pesar de que en marzo sí hubo diferencias entre inflorescencias. Este efecto puede deberse a la frecuencia de las observaciones. Si bien el crecimiento y las variaciones en el tamaño de las hojas se pueden observar bien bimestralmente, es probable que los procesos reproductivos pudieran ser mejor estudiados con intervalos más cortos de tiempo.

Durante casi todo el estudio la proporción de plantas con infrutescencias fue significativamente menor en las abras que en los otros dos microambientes, lo cual es coherente con la menor proporción de inflorescencias durante marzo en ese microambiente. En este sentido, este trabajo representa un primer acercamiento a la fenología de las estructuras reproductivas de *S. ebracteatus* var. *coahuilensis* en los microambientes considerados pero, sin embargo, faltan estudios más detallados que tengan en cuenta el número de inflorescencias y de flores por planta y su destino, así como la cuantificación de los efectos de factores ambientales específicos.

### **6.5 Trueques**

Las correlaciones obtenidas entre los diferentes parámetros son todas positivas, por lo que no señalan directamente ningún trueque en específico, a pesar de que se esperaba que lo hicieran. La cobertura, por ejemplo, incrementa con el número de tallos, como sería de esperarse, pero no aumenta a expensas del área foliar. Los trueques son de esperarse en ambientes limitantes como el que se encuentra en Cuatrociénegas, pero no parecen presentarse entre los aspectos considerados.

La asignación de recursos a los tallos posiblemente causó una disminución en la asignación a la biomasa de las estructuras reproductivas, como trueque de asignación de biomasa a la parte vegetativa en lugar de la reproductiva (Reekie y Avila-Sakar, 2005), aunque esta correlación no pudo ser comprobada.

No se cuenta con datos sobre la presencia de trueques en estas plantas y la confirmación de su existencia requiere de estudios adicionales que consideren la distribución diferencial de biomasa entre las diferentes partes de la planta, incluyendo las subterráneas, en los distintos microambientes y a lo largo del año, pues es de esperarse que haya diferencias estacionales.

## **6.6 Microambientes**

Los sistemas hídricos del valle de Cuatrociénegas actualmente se encuentran cambiando, como lo denotan la desecación del río y la laguna Churince y la apertura de abras. Estos cambios pueden modificar el hábitat original de varias especies que se desarrollaban en los ambientes acuáticos, subacuáticos y ribereños. Pinkava (1984) ubicó a *S. ebracteatus* var. *coahuilensis* en ambientes acuáticos y permanentemente inundados, sin embargo, en este trabajo pudimos constatar que ha expandido su hábitat al colonizar exitosamente nuevas zonas como las abras y la planicie. Estas zonas han funcionado como nuevos microambientes favorables para *S. ebracteatus* var. *coahuilensis* pues, como las hemos descrito antes, son zonas con disponibilidad de agua y nutrientes, factores ambientales necesarios para el establecimiento de esta planta. Sin embargo la disponibilidad de estos factores varía entre microambientes. Como respuesta a esta variabilidad ambiental, *S. ebracteatus* var. *coahuilensis* muestra distintas variaciones morfológicas. Estas variaciones posiblemente han permitido la colonización de diferentes ambientes por parte de esta especie. Así, la variación que presenta *S. ebracteatus* var. *coahuilensis* en el Sistema Churince responde a las limitantes ambientales que presenta cada microambiente y a mayor escala el valle en general.

El río tiene las condiciones ambientales más favorables de los tres microambientes analizados, que influyen positivamente en el número de tallos, cobertura, inflorescencias e infrutescencias (tabla 6.1). Este microambiente presentó los coeficientes de variación más altos para cobertura pues en ese microambiente se pueden encontrar plantas que tienen de un solo tallo hasta 232, lo que probablemente también denota diferentes edades de las plantas establecidas tanto sexual como vegetativamente.

La planicie es el microambiente con menos agua y menos nutrientes de los tres analizados. La radiación solar que llega a las plantas en ese microambiente es muy alta. Estos tres factores posiblemente son los responsables de la menor área foliar en este microambiente. La menor cantidad de nutrientes lleva a la menor producción de número de tallos y menor cobertura. La alta radiación de luz provoca menor altura en las plantas (tabla 6.1). Es el microambiente con los coeficientes de variación más bajo, esto es posiblemente porque es un microambiente físicamente muy homogéneo.

A las abras llega la menor cantidad de luz de los tres microambientes. Esto tiene consecuencias negativas en la altura, el número de tallos, la cobertura y el porcentaje de plantas con inflorescencias e infrutescencias (tabla 6.1). La altura en las abras tuvo los coeficientes de variación más altos pues las abras son muy diferentes entre sí debido a que tienen edades, tamaños, profundidades y formas distintas (Pisanty *et al.*, 2013).

Tabla 6.1. Estado relativo de las variables de *Samolus ebracteatus* var. *coahuilensis* de acuerdo a la disponibilidad de los factores analizados en cada microambiente (río, planicie y abras)

Variable	Microambiente	Factor	Disponibilidad del factor en el microambiente	Estado de la variable en el microambiente
Área foliar	Planicie	Luz	+	-
		Nutrientes	-	-
		Humedad	-	-
Altura	Abras	Luz	-	+
	Planicie	Luz	+	-
Número de tallos/cobertura	Río	Nutrientes	+	+
		Humedad	+	+
	Planicie	Nutrientes	-	-
	Abras	Luz	-	-
Inflorescencias / infrutescencias	Río	Nutrientes	+	+
		Humedad	+	+
	Abras	Luz	-	-

Como se mencionó desde un principio, todas las variaciones reportadas en este estudio pueden ser expresión de la plasticidad fenotípica de la especie que nos ocupa, pero si se considera dicha plasticidad en sentido estricto es necesario reconocer que se requieren estudios posteriores para confirmarla. Igualmente, podemos adelantar la hipótesis de que las respuestas de *S. ebracteatus* var. *coahuilensis* a los diferentes ambientes en los que se establece observadas en este estudio pueden tener un valor adaptativo, pero se requerirá de estudios experimentales posteriores para determinar con precisión qué efecto tienen sobre la adecuación de los individuos. Así, los resultados de este estudio deben interpretarse como parte de la variación morfológica producida como respuesta a condiciones ambientales específicas que pueden ser parte de un patrón de plasticidad adaptativa o no. Las variaciones reportadas adquieren particular relevancia dado que el hábitat natural de *S. ebracteatus* var. *coahuilensis* hace que esta especie requiera de agua al mismo tiempo que tolera temperaturas

ambientales extremas, típicas de los desiertos, y que además se pueda establecer sobre suelos salinos o ricos en yeso. Es de esperarse que haya diferentes respuestas a cada una de estos factores (Capon y Dowe, 2006)

## VII. CONCLUSIONES

- Existen variaciones morfológicas de los individuos que crecen en cada uno de los ambientes considerados para el estudio.
- El área foliar en la planicie es significativamente menor a la observada en los otros microambientes.
- Las plantas más altas se encontraron dentro de las abras y las más bajas en la planicie.
- El promedio del número de tallos en el río fue significativamente mayor al de las abras y la planicie, los cuales no fueron distintos entre sí.
- La cobertura depende del número de tallos, por lo que las diferencias de este rasgo entre microambientes y sus causas pueden ser las mismas que determinan el número de tallos.
- *Samolus ebracteatus* var. *coahuilensis* es una planta hidrófila, por lo que presenta mayor tamaño (número de tallos) y más estructuras reproductivas mientras más disponibilidad de agua encuentra.
- Además de su carácter hidrófilo, esta especie puede tolerar altas temperaturas ambientales y concentraciones variables de sales y de yeso en particular, por lo que la influencia de estos aspectos en las variaciones morfológicas merecen un análisis adicional al presentado en este trabajo.
- La producción de las estructuras reproductivas es marcadamente estacional, y se concentra en la primavera. Las condiciones del borde del río son más favorables para la producción de estructuras reproductivas, mientras que las abras son el ambiente menos favorables.
- Las variaciones observadas pueden favorecer la colonización exitosa de los tres microambientes por parte de *Samolus ebracteatus* var. *coahuilensis*
- Hacen falta estudios cuantitativos del efecto de factores ambientales como luz, humedad y contenido de nutrientes para poder realizar correlaciones

cuantitativas, pero este trabajo aporta un primer acercamiento para el análisis de comportamiento morfológico de esta planta, que es indicadora de humedad en el Sistema Churince en particular, y en el valle de Cuatrociénegas en general.

- Por ello, los cambios en su distribución dentro del valle y las modificaciones en parámetros como su tamaño y su patrón fenológico pueden considerarse como indicadores de cambios ambientales en el tiempo, sobre todo en lo que a la disponibilidad del agua se refiere.
- El cambio en la distribución original de esta especie indica la presencia de humedad donde antes no la había, por lo que puede considerarse como indicadora de pérdida de agua a nivel subsuperficial y, como tal, como una alerta temprana de modificaciones en los sistemas hídricos del valle de Cuatrociénegas aún antes de que éstas sean evidentes en el volumen superficial de los cuerpos de agua.

## REFERENCIAS:

- Aldama A., J. Aparicio, C. Gutiérrez, M. Martínez, L. González., G. Herrera, I. Mata, M. Mejía, G. Ortiz, P. Gallardo, R. Lobato, J.L. Pérez, G. Reza, P. Fritz y Ramírez J. 2004. Estudio hidrogeológico de los acuíferos El Hundido y Cuatrociénegas, Coahuila. *Anuario del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Ed. CONAGUA.*
- Aldama A., J. Aparicio, C. Gutiérrez, M. Martínez, L. González., G. Herrera, I. Mata, M. Mejía, G. Ortiz, P. Gallardo, R. Lobato, J.L. Pérez, G. Reza, P. Fritz, J. Ramírez y A. Cardona. 2007. Comportamiento hidrogeológico de los acuíferos Cuatrociénegas y El Hundido, Coahuila, México. *Ingeniería hidráulica en México*, **22**: 37-60.
- Álvarez-Delgadillo, A. 2006. Análisis de la estructura morfológico foliar de *Quercus crassifolia* asociada a diferentes microambientes dentro del parque nacional El Chico, Hidalgo. Tesis profesional de Licenciatura. instituto de Ciencias Básicas e ingeniería Área Académica de Biología, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
- Arboleda, M. E. 2011. Efecto de la irradiancia en el crecimiento y desarrollo de *Aptenia cordifolia* (Lf) Schwantes como cobertura ornamental. *Bioagro*, **23**:175-184.
- Ashton, P. S. y Hall, P. 1992. Comparisons of structure among mixed dipterocarp forests of north-western Borneo. *Journal of Ecology*. **80**: 459-481.
- Aspinall, D. 1961. The Control of Tillering in the Barley Plant 1. The Pattern of Tillering and its Relation to Nutrient Supply. *Australian Journal of Biological Sciences*, **14**: 493-505.
- Ausín, I., Alonso-Blanco, C. y Martínez-Zapater, J. 2005. Environmental regulation of flowering. *International Journal of Developmental Biology*, **49**: 689-705.
- Bell, D. L., y Galloway, L. F. 2008. Population differentiation for plasticity to light in an annual herb: adaptation and cost. *American Journal of Botany*, **95**: 59-65.
- Benner, B. L. 1988. Effects of apex removal and nutrient supplementation on branching and seed production in *Thlaspi arvense* (Brassicaceae). *American Journal of Botany*, **75**: 645-651.
- Bernier, G., Havelange, A., Houssa, C., Petitjean, A. y Lejeune, P. 1993. Physiological signals that induce flowering. *The Plant Cell*, **5**: 1147-1 155.
- Bidwell, R. G. S. 1993. Fisiología Vegetal. AGT Editor. D.F., México. 784 pp.

- Blázquez, M. A. 2005. The right time and place for making flowers. *Science, New York*, **309**: 1024-1025.
- Capon, S. y Dowe, J.L. 2006. Diversity and dynamics of riparian vegetation Pp 3-33, en: S. Lovett y P. Price. (eds.). *Principles of Riparian Land Management*. Land and Water. Australia.
- Castro-Diez, P., Villar-Salvador, P., Pérez-Rontomé, C., Maestro-Martínez, M., y Montserrat-Martí, G. 1997. Leaf morphology and leaf chemical composition in three *Quercus* (Fagaceae) species along a rainfall gradient in NE Spain. *Trees*, **11**:127-134.
- Cline, M. G., Thangavelu, M., y Dong-Il, K. 2006. A possible role of cytokinin in mediating long-distance nitrogen signaling in the promotion of sylleptic branching in hybrid poplar. *Journal of plant physiology*, **163**: 684-688.
- Cipollini, D. F., y Schultz, J. C. 1999. Exploring cost constraints on stem elongation in plants using phenotypic manipulation. *The American Naturalist*, **153**: 236-242.
- CONABIO, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 2014. Naturalista, Área de Protección de Flora y Fauna Cuatro Ciénegas, Coahuila, México <<http://naturalista.conabio.gob.mx/places/area-de-proteccion-de-flora-y-fauna-cuatro-cienegas>> Consultado el 8 de mayo de 2015.
- Dahlgren, J. P., von Zeipel, H. y Ehrlén, J. 2007. Variation in vegetative and flowering phenology in a forest herb caused by environmental heterogeneity. *American Journal of Botany*, **94**: 1570-1576.
- Daniels, R. E. 1986. Studies in the growth of *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn (bracken). 2. Effects of shading and nutrient application. *Weed research*, **26**: 121-126.
- DesertFishes. 2013. *Cuatrociénegas. A unique desert aquatic ecosystem*. Disponible en <<http://www.desertfishes.org/cuatroc/index.php>> Consultado en septiembre de 2014.
- Diario Oficial de Federación (DOF). 1994. *Decreto de declaración como área natural protegida, con el carácter de área de protección de flora y fauna, de la región conocida como Cuatrociénegas*. CONANP. Disponible en línea en <<http://www.conanp.gob.mx/sig/decretos/apff/Cuatrociénegas.pdf>> Consultado septiembre 2014
- Diario Oficial de la Federación (DOF). 2011. *Aviso por el que se informa al público en general que la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, ha concluido la elaboración del Programa de Manejo del Área Natural Protegida con*

el carácter de área de protección de flora y fauna, la región denominada Cuatrociénegas, ubicada en el municipio del mismo nombre, Estado de Coahuila, la cual fue establecida por Decreto Presidencial publicado el 7 de noviembre de 1994. Disponible en línea en [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=2052745&fecha=31/12/1969](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=2052745&fecha=31/12/1969) Consultado septiembre 2014.

Dolph, G. E., y Dilcher, D. L. 1980. Variation in leaf size with respect to climate in Costa Rica. *Biotropica*, **12**: 9f1-99.

Evans, S. 2005. *Using chemical data to define flow systems in Cuatrociénegas, Coahuila, Mexico*. Tesis profesional de maestría. Universidad de Texas. EE. UU., Austin.

Floret, C., Galan, M. J., LeFloc'h, E., Orshan, G., y Romane, F. 1990. Growth forms and phenomorphology traits along an environmental gradient: tools for studying vegetation?. *Journal of Vegetation Science*, **1**: 71-80.

Fournier, L. A., y Salas, S. 1966. Algunas observaciones sobre la dinámica de la floración en el bosque tropical húmedo de Villa Colón. *Revta. Biol. Trop.*, **14**:75-85.

Franklin KA. 2008. Shade avoidance. *New Phytol*, **179**:930–944.

Furet P. M., Lothier J., Demotes-Mainard S., Travier S., Henry C., Guérin V. y Vian A. . 2014. Light and nitrogen nutrition regulate apical control in *Rosa hybrida* L. *Journal of Plant Physiology*. **171**: 7–13.

García-Dávila, A. 2000. Las Plantas del Valle de Cuatrociénegas, Coahuila, México. Lista Actualizada, Complementada y Reordenada Alfabéticamente. Tesis de Licenciatura-monografía. Universidad Agraria Autónoma Antonio Narro, División de Ciencia Animal, Saltillo, Coahuila.

García, O. J., Dueñez, E. Y., Fischer, G., Chaves, B. y Quintero, O. 2008. Efecto del nitrato de potasio, fosfato de potasio y ethephon en la inducción floral de la feijoa o goiabeira serrana (*Acca sellowiana* [O. Berg] Burret). *Revista Brasileira de Fruticultura*, **30**: 577-584.

García Rodríguez, L. 2014. Efectos de los factores abióticos sobre la germinación de *Flaveria Chlorifolia*, Asteraceae, en las abras del Sistema Churince del Valle de Cuatrociénegas, Coahuila. Tesis profesional de licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.

Gianoli, E. 2001. Lack of differential plasticity to shading of internodes and petioles with growth habit in *Convolvulus arvensis* (Convolvulaceae). *International Journal of Plant Sciences*, **162**: 1247-1252.

- Gianoli, E. 2003. Phenotypic responses of the twining vine *Ipomoea purpurea* (Convolvulaceae) to physical support availability in sun and shade. *Plant Ecology*, **165**: 21-26.
- Gianoli E. 2004. Plasticidad fenotípica adaptativa en plantas. Pp. 13-26, en : H. M. Cabrera (ed.). *Fisiología Ecológica en Plantas*. Editorial de la Universidad Católica de Valparaíso, Valparaíso.
- Givnish, T. J. 1984. Leaf and canopy adaptations in tropical forests. Pp. 51-85, en: E. Medina, H. A. Mooney y C Vázquez-Yánes (eds.). *Physiological ecology of plants of the wet tropics* . Springer Netherlands.
- Givnish, T. J. 1987. Comparative studies of leaf form: assessing the relative roles of selective pressures and phylogenetic constraints. *New Phytologist*, **106**:131-160.
- González, A. V., y Gianoli, E. 2004. Morphological plasticity in response to shading in three *Convolvulus* species of different ecological breadth. *Acta Oecologica*, **26**: 185-190.
- Gratani, L., Covone, F., y Larcher, W. 2006. Leaf plasticity in response to light of three evergreen species of the Mediterranean maquis. *Trees*, **20**: 549-558.
- Grier, C. G., y Running, S. W. 1977. Leaf area of mature northwestern coniferous forests: relation to site water balance. *Ecology*, **58**: 893-899.
- Heinzen, R.T. y K. Arulalandan. 1977. Factors influencing dispersive clays and methods of Identification. *ASCE Geotechnical Division*, **102**:69-87.
- Henrickson J. 1983. A revision of *samolus ebracteatus* (sensu lato) (primulaceae). *The Southwestern Naturalis*. **28**: 303-314.
- Huber H. 1996. Plasticity of Internodes and Petioles in Prostrate and Erect *Potentilla* Species. *Functional Ecology*, **10**: 401-409.
- Huber, H., y Stuefer, J. F. 1997. Shade-induced changes in the branching pattern of a stoloniferous herb: functional response or allometric effect?. *Oecologia*, **110**: 478-486.
- Hutchings, M. J., y de Kroon, H. 1994. Foraging in plants: the role of morphological plasticity in resource acquisition. *Advances in ecological research*, **25**: 159-238.
- Inouye, D. W., Saavedra, F., y Lee-Yang, W. 2003. Environmental influences on the phenology and abundance of flowering by *Androsace septentrionalis* (Primulaceae). *American Journal of Botany*, **90**: 905-910.

- Instituto Nacional de Ecología (INE). 1999. *Programa de manejo del Área de protección de flora y fauna Cuatrociénegas*. México. 166 pp.
- Instituto Nacional de Ecología (INE). 2011. Análisis de la variación de los principales cuerpos de agua de Cuatrociénegas <<http://www.ine.gob.mx/con-eco-cuatrociénegas>> Consultado el 16 de marzo de 2011.
- Jerling, L. 1988. Clone dynamics, population dynamics and vegetation pattern of *Glaux maritima* on a Baltic sea shore meadow. *Vegetatio*, **74**: 171-185.
- Kleunen, M. V., Fischer, M. y Schmid, B. 2000. Costs of plasticity in foraging characteristics of the clonal plant *Ranunculus reptans*. *Evolution*, **54**: 1947-1955.
- Knops, J. M., y Reinhart, K. 2000. Specific leaf area along a nitrogen fertilization gradient. *The American Midland Naturalist*, **144**: 265-272.
- Kozuka, T., Kobayashi, J., Horiguchi, G., Demura, T., Sakakibara, H., Tsukaya, H., y Nagatani, A. 2010. Involvement of auxin and brassinosteroid in the regulation of petiole elongation under the shade. *Plant physiology*, **153**:1608-1618.
- Lichvar, R. W. 2013. The National wetland Plant List: 2013 wetland ratings. *Phytoneuron*. **49**:1-241
- Lortie, C. J. y Aarssen, L. W. 1997. Apical dominance as an adaptation in *Verbascum thapsus*: effects of water and nutrients on branching. *International Journal of Plant Sciences*, **158**: 461-464.
- Marsh, P. C. 1984. Biota of Cuatro Ciénegas, Coahuila, Mexico: Preface/Biota de Cuatro Ciénegas, Coahuila, Mexico: Prologo. *Journal of the Arizona-Nevada Academy of Science*, **19**: 1-2.
- Martínez-Carrasco, R., Pérez, P., y Sánchez de la Puente, L. 1980. Influencia de la aplicación tardía de nitrógeno en el ahijamiento, área verde y peso seco del trigo. *Anuario del Centro de Edafología y Biología Aplicada del Consejo Superior de Investigaciones Científicas*, **6**: 307-323.
- McDonald, P. G., Fonseca, C. R., Overton, J., y Westoby, M. 2003. Leaf-size divergence along rainfall and soil-nutrient gradients: is the method of size reduction common among clades?. *Functional Ecology*, **17**: 50-57.
- McIntyre, G.I. 1987. Studies on the growth and development of *Agropyron repens*: interacting effects of humidity, calcium and nitrogen on growth of the rhizome apex and lateral buds. *Can. J. Bot.* **65**: 1427-1432.

- Meier, I. C., y Leuschner, C. 2008. Leaf size and leaf area index in *Fagus sylvatica* forests: competing effects of precipitation, temperature, and nitrogen availability. *Ecosystems*, **11**: 655-669.
- Meyer, E.R. 1973. Late-Quaternary paleoecology of the Cuatrociénegas Basin, Coahuila, México. *Ecology*, **54**: 982-995.
- Minckley, W. L. 1969. Environments of the Bolson of Cuatro Ciénegas, Coahuila, México. Texas Western Press. *El Paso Science Series*, **2**:1-65.
- Mitchell, P. L., y Woodward, F. I. 1988. Responses of three woodland herbs to reduced photosynthetically active radiation and low red to far-red ratio in shade. *The Journal of Ecology*, **76**: 807-825.
- Miyawaki, K., Matsumoto-Kitano, M. y Kakimoto, T. 2004. Expression of cytokinin biosynthetic isopentenyltransferase genes in *Arabidopsis*: tissue specificity and regulation by auxin, cytokinin, and nitrate. *The Plant Journal*, **37**: 128-138.
- Mott, J. J., y McComb, A. J. 1975. The role of photoperiod and temperature in controlling the phenology of three annual species from an arid region of Western Australia. *The Journal of Ecology*, **63**: 633-641.
- Ocampo, G. 2000. Flora del Bajío y Regiones Adyacentes. Instituto de Ecología A.C. Centro Regional del Bajío. Pátzcuaro. 1-21.
- Ogaya, R., y Peñuelas, J. 2007. Leaf mass per area ratio in *Quercus ilex* leaves under a wide range of climatic conditions. The importance of low temperatures. *Acta Oecologica*, **31**:, 168-173.
- Palacio-López, K. y N. Rodríguez-López. 2008. Plasticidad fenotípica en *lippia alba* (verbenaceae) en respuesta a la disponibilidad hídrica en dos ambientes lumínicos. *Acta Biológica Colombiana*, **13**:187-198.
- Paniagua-Ibáñez, M. 2010. Variación morfológica de *Cosmos bipinnatus* Cav. (Asteraceae) en el Eje Neovolcánico Transversal. Tesis profesional de maestría. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Pedrol, N., Ramos, P. y Reigosa, M. J. 2000. Phenotypic plasticity and acclimation to water deficits in velvet-grass: a long-term greenhouse experiment. Changes in leaf morphology, photosynthesis and stress-induced metabolites. *Journal of plant physiology*, **157**: 383-393.
- Peralta-García, C. 2013. Germinación de cinco especies de plantas colonizadoras de los hundimientos diferenciales (ABRAS) del Sistema Churince, Cuatrociénegas,

Coahuila. Tesis profesional de licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.

Pérez y Sosa, M.C. 2009. *Dinámica de la colonización de hundimientos diferenciales (abras) en el Sistema Churince del valle de Cuatrociénegas, Coahuila*. Tesis profesional de Licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma México, México.

Pigliucci, M., C. J. Murren y C. D. Schlichting. 2006. Phenotypic plasticity and evolution by genetic assimilation. *Journal of Experimental Biology*. **209**:2362–2367.

Pinkava, D. J. 1984. Vegetation and Flora of the Bolson of Cuatro Ciénegas Region, Coahuila, Mexico: IV, Summary, Endemism and Corrected Catalogue. *Journal of the Arizona-Nevada Academy of Science*, **19**: 23-47.

Pisanty I., Pérez y Sosa, C y Gálvez G. 2013. Agriculture, Water Mismanagement and Ecosystem Transformations in the Cuatrociénegas Valley in the Chihuahuan Desert. Pp. 199-216, en: Kurt Schwabe, J. Albiac. J. D. Conor, R.M Hassan, y , L. Meza González (eds.). *Drought in Arid and Semiarid Regions. A multidisciplinary and Cross-Country Perspective*. Springer Science Bussiness Media. Dordrecht, 199-216 pp.

Puentes, D. A., de Armas, J. H., y Almirall, A. L. 1993. Fenología y estructura floral de *Trichilia havanensis* Jacq.(Meliaceae). *Annals of the Missouri Botanical Garden*, **80**: 862-869.

Ramírez-Sánchez, S. E. 2006 Análisis Ecológico de la Vegetación Gypsófila del Valle de Cuatrociénegas Coahuila, México. Tesis profesional de Maestría. División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo, México.

Reekie, E. G. y G. Avila-Sakar. 2005. *The shape of the Trade-off Function between Reproduction and Growth*. 189-214, en: Reekie, E., y Bazzaz, F. A. (Eds.). *Reproductive allocation in plants*. Academic Press, Londres.

Rodríguez. J. M., Souza, V. y Arriaga, L. 2007. Effect of the overexploitation of the aquifer of the Hundido valley and the impact on the ecological reserve of Cuatrociénegas, Coahuila. *Ciencia FIC. Universidad Autónoma de Nuevo León*, **1**: 32-38

Rodríguez-Sánchez, M. 2014. Análisis de la dinámica de los hundimientos diferenciales en la zona del Churince en Cuatro Ciénegas, Coahuila. Tesis profesional de licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.

- Room, P. M. 1988. Effects of temperature, nutrients and a beetle on branch architecture of the floating weed *Salvinia molesta* and simulations of biological control. *The Journal of Ecology*, **76**: 826-848.
- Ryser, P., y Eek, L. 2000. Consequences of phenotypic plasticity vs. interspecific differences in leaf and root traits for acquisition of aboveground and belowground resources. *American Journal of Botany*, **87**: 402-411.
- Sala, A., Sabaté, S., Gracia, C., y Tenhunen, J. D. 1994. Canopy structure within a *Quercus ilex* forested watershed: variations due to location, phenological development, and water availability. *Trees*, **8**: 254-261.
- SEMA, Secretaría de Medio Ambiente. 2014. Especies de Fauna de Coahuila. <<http://www.sema.gob.mx/SRN-DC-RN-LIS-FAUNA.html>> Consultado el 8 de mayo de 2015.
- Schlichting, C. D. 1986. The evolution of phenotypic plasticity in plants. *Annual review of ecology and systematics*. **17**: 667-693.
- Schlichting, C. D. y Pigliucci, M. 1995. Lost in phenotypic space: environment-dependent morphology in *Phlox drummondii* (Polemoniaceae). *International Journal of Plant Sciences*, **156**: 542-546.
- Simpson, G. G., y Dean, C. 2002. Arabidopsis, the Rosetta stone of flowering time?. *Science*, **296**: 285-289.
- Smith, W. K. 1978. Temperatures of desert plants: another perspective on the adaptability of leaf size. *Science*, **201**: 614-616.
- Smith, H. 1982. Light quality, photoperception, and plant strategy. *Plant Physiology*. **33**:481–518.
- Southwest Environmental Information Network (SEINet). *Flora of North America. Samolus ebracteatus Kunth.* Disponible en línea en <<http://swbiodiversity.org/seinet/taxa/index.php?taxon=18678>> Consultado el 8 de febrero de 2015.
- Souza V., Espinoza A.E, Espinoza L., Valera A., Cruz A., Eguiarte E., Pichel F.G., Elser J. 2004. Cuatro Ciénegas un laboratorio natural de astrobiología. Universidad Nacional Autónoma de México. Distrito Federal, México. *Revista Ciencias*, **75**: 4-12.
- Souza V., Espinosa-Asuar I., Escalante A.E., Eguiarte L.E, Farmer J., Formaner L., Lloret L. Rodríguez- Martínez J.M Soberon X., Dirzo R., Elser J.J. 2006. An endangered

oasis of aquatic microbial biodiversity in the Chihuahuab desert. Proceedings of the national academy sciences (PNAS), **103**: 6565- 6570.

Stearns, S. C. 1992. *The evolution of life histories*. Oxford University Press, Oxford.

Sultan, S. E. 2000. Phenotypic plasticity for plant development, function and life history. *Trends in plant science*. **5**: 537-542.

Terradas, J. 2001. *Ecología de la vegetación: de la ecofisiología de las plantas a la dinámica de comunidades y paisajes*. Omega, Barcelona.

The Ramsar Convention on Wetlands (RCW). 2014. *The Annotated Ramsar List: Mexico*. Disponible en línea en <[http://www.ramsar.org/cda/es/ramsar-documents-list-annotated-mexico/main/ramsar/1-31-218%5E16517\\_4000\\_2\\_\\_](http://www.ramsar.org/cda/es/ramsar-documents-list-annotated-mexico/main/ramsar/1-31-218%5E16517_4000_2__)> Consultado en septiembre 2014.

Umesh, T.S., Dinesh S.V y Sivapullaiah P.V. 2011. Characterization of Dispersive Soils. *Materials Sciences and Applications*, **2**: 629-633.

Valladares, F., Aranda, I., y Sánchez-Gómez, D. 2004. La luz como factor ecológico y evolutivo para las plantas y su interacción con el agua. Pp. 335-370, en: F. Valladares (ed.) *Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante*. Organismo Autónomo de Parques Nacionales. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid.

Valladares, F., E. Gianoli, y J. Gómez. M. 2007. Ecological limits to plant phenotypic plasticity. *New Phytologist*. Tansley Review. **176**: 749-763.

Vela-Coiffier, M. P. 2000. Distribución Vegetal en el Área de Protección de Flora y Fauna de Cuatrociénegas, Coahuila, México. Tesis profesional de maestría. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores Monterrey, Monterrey.

Villarreal-Quintanilla, J. A. 2001. *Flora de Coahuila. Listado florísticos de México XXIII*. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. 138 pp.

Villarreal-Quintanilla, J. A. y Encina-Domínguez J. 2005. Plantas vasculares endémicas de Coahuila y algunas áreas adyacentes, México. *Acta Botánica Mexicana* **70**: 1–46.

Whitman, D. W., y A. A. Agrawal. 2009. What is phenotypic plasticity and why is it important? , en: Whitman, D.W. y T.N. Ananthakrishnan (eds.) *Phenotypic plasticity of insects: mechanisms and Consequences*. Science Publishers. Enfield. Pp. 1-63

Wolaver, B. D., Sharp, J. M., Rodriguez, J. M. e Ibarra Flores, J. C. 2008. Delineation of regional arid karstic aquifers: an integrative data approach. *Groundwater*, **46**: 396-413.

Zar, J. H. 1984. *Biostatistical Analysis*. Prentice-Hall Inc., EE. UU. 719 pp.









## Anexo V

### Promedios, error estándar y coeficientes de variación

Cuadro 4. Promedio, error estándar y coeficiente de variación bimestrales de la altura, número de tallos, la cobertura y el área foliar en los tres microambientes analizados (río, planicie y abras).

Mes	Altura			Número de tallos			Cobertura			Área Foliar		
	Promedio	± e.e.	Coeficiente de variación	Promedio	± e.e.	Coeficiente de variación	Promedio	± e.e.	Coeficiente de variación	Promedio	± e.e.	Coeficiente de variación
Septiembre 2012	12.57	0.39	37.95	7.53	0.78	126.64	382.59	42.89	137.31	-	-	-
Noviembre 2012	12.47	0.45	43.87	13.42	1.64	147.35	488.40	52.08	128.40	-	-	-
Enero 2013	6.76	0.27	48.57	8.34	0.71	102.32	358.23	43.40	144.86	2.94	0.23	73.31
Marzo 2013	9.06	0.34	44.88	14.57	1.26	102.96	344.09	32.65	112.68	3.66	0.13	53.65
Mayo 2013	11.01	0.51	54.66	14.43	1.80	148.05	395.76	34.44	103.34	3.90	0.19	57.92
Julio 2013	11.88	0.43	42.27	14.06	1.17	98.34	378.45	36.65	114.17	2.47	0.09	43.33
Septiembre 2013	13.33	0.40	34.26	16.00	1.77	125.08	709.55	108.23	172.57	2.33	0.11	56.65
Noviembre 2013	14.75	0.69	41.91	14.49	1.71	105.46	559.89	65.76	105.04	2.85	0.11	46.91
Enero 2014	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.81	0.17	65.10
Total	11.27	0.17	48.14	12.67	0.50	128.13	442.33	19.63	144.96	3.06	0.06	60.04
Septiembre 2012	8.35	0.23	33.94	3.53	0.26	90.49	109.97	11.10	123.58	-	-	-
Noviembre 2012	9.20	0.26	33.64	5.38	0.44	99.97	144.10	12.01	101.04	-	-	-
Enero 2013	4.74	0.15	36.71	4.37	0.27	73.19	123.56	10.94	106.24	2.64	0.21	69.54
Marzo 2013	5.78	0.17	33.34	5.85	0.47	92.91	109.43	9.35	99.26	2.88	0.11	49.24
Mayo 2013	6.89	0.18	30.60	6.54	0.47	82.76	142.07	12.06	97.17	2.46	0.12	52.33
Julio 2013	7.98	0.24	33.09	6.09	0.48	86.86	147.52	14.99	112.24	1.54	0.06	40.61
Septiembre 2013	9.40	0.31	35.89	7.77	0.63	86.61	161.35	16.84	111.95	1.77	0.09	56.73
Noviembre 2013	9.34	0.34	36.32	7.62	0.69	91.21	181.17	19.20	107.04	2.59	0.10	41.35
Enero 2014	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.78	0.11	67.19
Total	7.63	0.10	41.08	5.75	0.17	93.82	137.56	4.66	109.56	2.26	0.05	58.66
Septiembre 2012	15.45	0.82	55.74	3.64	0.69	199.97	167.02	22.41	140.71	-	-	-
Noviembre 2012	15.36	0.83	56.96	6.26	0.77	129.70	191.27	22.67	124.32	-	-	-
Enero 2013	7.71	0.61	78.65	4.28	0.52	122.07	94.32	13.59	144.05	3.17	0.22	58.78
Marzo 2013	11.01	0.62	54.45	4.22	0.49	112.09	94.13	9.69	99.76	3.89	0.18	54.73
Mayo 2013	13.73	0.73	48.92	4.92	0.56	104.31	128.78	12.18	87.17	3.92	0.19	53.52
Julio 2013	14.18	0.74	46.93	4.40	0.53	109.13	134.11	15.82	106.81	2.19	0.10	50.54
Septiembre 2013	16.76	0.97	42.62	5.81	0.80	101.55	209.10	24.90	87.51	2.69	0.16	65.50
Noviembre 2013	13.59	0.89	40.93	6.77	1.19	109.42	215.04	37.96	110.24	3.91	0.18	50.98
Enero 2014	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.79	0.17	66.72
Total	13.30	0.30	57.99	4.85	0.24	129.10	147.35	7.07	124.62	3.24	0.07	60.88

## Anexo V. (Continúa)

Mes	Proporción de plantas con inflorescencias			Proporción de plantas con infrutescencias		
	Promedio	± e.e.	Coefficiente de variación	Promedio	± e.e.	Coefficiente de variación
Rio						
Septiembre 2012	0.24	0.0011	14.87	0.81	0.0010	4.03
Noviembre 2012	0.17	0.0010	18.04	0.77	0.0011	4.62
Enero 2013	0.04	0.0005	44.59	0.46	0.0013	8.97
Marzo 2013	0.92	0.0007	2.48	0.12	0.0009	22.68
Mayo 2013	0.77	0.0011	4.74	0.91	0.0008	2.80
Julio 2013	0.38	0.0013	11.10	0.96	0.0006	1.84
Septiembre 2013	0	0	0	0.91	0.0008	2.82
Noviembre 2013	0.01	0.0004	97.33	0.18	0.0014	24.93
Enero 2014	-	-	-	-	-	-
Total	0.32	0.0039	104.73	0.64	0.001	50.01
Planicie						
Septiembre 2012	0.28	0.0011	12.92	0.73	0.0011	4.85
Noviembre 2012	0.02	0.0004	57.41	0.66	0.0013	6.06
Enero 2013	0	0	0	0.36	0.0012	10.87
Marzo 2013	0.80	0.0011	4.29	0.10	0.0008	27.28
Mayo 2013	0.35	0.0013	11.94	0.92	0.0008	2.71
Julio 2013	0.37	0.0014	12.05	0.89	0.0009	3.18
Septiembre 2013	0.01	0.0003	97.00	0.86	0.0010	3.73
Noviembre 2013	0.00	0	0	0.63	0.0015	7.62
Enero 2014	-	-	-	-	-	-
Total	0.23	0.0034	117.12	0.64	0.003	41.88
Abrás						
Septiembre 2012	0.29	0.0013	14.65	0.45	0.0015	10.56
Noviembre 2012	0	0	0	0.02	0.0004	68.12
Enero 2013	0	0	0	0.05	0.0007	45.74
Marzo 2013	0.65	0.0016	7.60	0.06	0.0008	40.52
Mayo 2013	0.59	0.0017	8.99	0.87	0.0012	4.41
Julio 2013	0.22	0.0014	19.65	0.74	0.0016	6.75
Septiembre 2013	0	0	0	0.54	0.0021	12.63
Noviembre 2013	0	0	0	0.20	0.0021	32.13
Enero 2014	-	-	-	-	-	-
Total	0.22	0.003	87.30	0.37	0.004	85.63