



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE CIENCIAS

**Efecto del estado hídrico de *Verbesina virgata* sobre la
estructura de la comunidad de artrópodos asociados en
la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
BIÓLOGA**

P R E S E N T A:

GABRIELA GRANADOS HERNÁNDEZ



DR. VÍCTOR LÓPEZ-GÓMEZ

Cd. Universitaria, D. F. 2014



Universidad Nacional
Autónoma de México



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.

INDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS	iii
RESUMEN	v
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Influencia de la disponibilidad de agua en los organismos	1
1.2. Estrés hídrico en las plantas	2
1.3. Métodos para determinar el estrés hídrico	3
1.4. Efecto del estado hídrico de la planta hospedera sobre la comunidad de artrópodos	4
1.5. Comunidad de artrópodos asociados a <i>Verbesina virgata</i>	6
II. OBJETIVOS E HIPÓTESIS	7
III. MATERIALES Y MÉTODOS	8
3.1. Sitio de estudio	8
3.2. Sistema de estudio	8
3.3. Métodos	9
3.4. Análisis estadísticos	12
3.4.1. Estado hídrico de <i>V. virgata</i>	12
3.4.2 Estructura de la comunidad de artrópodos	12
3.4.3 Efecto del estado hídrico de la planta hospedera sobre la comunidad de artrópodos	13
IV. RESULTADOS	14
4.1. Estado hídrico de <i>V. virgata</i>	14
4.2. Estructura de la comunidad de artrópodos	20

4.3. Efecto del estado hídrico de la planta hospedera sobre la comunidad de artrópodos asociados	24
V. DISCUSIÓN	27
5.1. Estado hídrico de <i>V. virgata</i>	27
5.2. Estructura de la comunidad de artrópodos	28
5.3 Efecto del estado hídrico de la planta hospedera sobre la comunidad de artrópodos asociados	29
VI. CONCLUSIONES	30
VII. LITERATURA CITADA	31

Agradecimientos

Quiero agradecer el apoyo de todas las personas que colaboraron con la realización de esta tesis.

A mi papi adorado que siempre me apoyó e incentivó a continuar mis estudios para ser mejor cada día, ya que sin él no habría llegado a ser quien ahora soy.

A mi amado y precioso hijo, Jordan Beltrán, por ser mi motorcito para seguir luchando.

A mis hermanos, por su cariño y por compartir tantas cosas juntos.

A mi tía Margarita, por todos los cuidados que me brindó desde pequeña.

Al padre de mi precioso hijo, Jonathan Beltrán, por su cariño y apoyo a nivel personal y por incitarme a retomar mi tesis y darle buen término.

A Luz María Núñez, por ser una gran amiga y una cariñosa abuelita para mi pequeño.

Al profesor, amigo y director de esta tesis, el Dr. Víctor López Gómez, quien siempre me brindó confianza, apoyo, accesibilidad, asesoría incondicional, mucha paciencia y una larga espera para dar fin a este trabajo.

Al apreciable Dr. Zenón Cano Santana por asesorar esta tesis como codirector extraoficial de esta tesis. Agradezco también su apoyo, su confianza, su asesoría, y ¿por qué no?, sus palabras de aliento y ánimo para que yo siguiera adelante.

Al M. en C. Iván Castellanos Vargas por el apoyo técnico y la identificación de grillos y mántidos. También le agradezco su acercamiento como amigo, por su apoyo incondicional, sus consejos y su amabilidad en todo momento.

Al Dr. Víctor Barradas por la revisión de mi trabajo y por aceptar formar parte de mi jurado. También quiero agradecerle mucho las facilidades que me brindó para la utilización de la bomba de Schölander, así como para la capacitación en el uso de ésta.

Esta tesis se realizó en el marco del Taller de "Ecología terrestre y manejo de recursos bióticos". Agradezco por ello a todos los profesores de éste, que me formaron académicamente.

Esta tesis se llevó a cabo también dentro del Grupo de "Interacciones y Procesos Ecológicos" del Departamento de Ecología y Recursos Naturales de la Facultad de Ciencias, por lo que agradezco a todos sus integrantes, tanto estudiantes como académicos.

Con cariño especial, le agradezco a la Dra. Patricia Guevara por ofrecerme una linda amistad, por transmitirme sus conocimientos y por aceptar ser parte del jurado.

A la M. en C. Irene Pisanty, le agradezco sus grandiosos comentarios, tanto personales como profesionales, así como su colaboración en la realización de mi tesis.

A la M. en C. Beatriz Zúñiga, por el apoyo técnico para utilizar la cámara de presión de Schölander.

A la M. en C. Patricia Hernández, por su colaboración en la identificación de ejemplares de hormigas.

Al M. en C. Ignacio Vázquez por la ayuda en la identificación de ejemplares de ácaros

Al M. en C. Rafael Gaviño, por la ayuda en la identificación de ejemplares de arañas.

A la M. en C. Aurea Mojica, por la ayuda en la identificación de ejemplares de tisanópteros.

A mis primeros amigos de la carrera con quienes compartí los más bellos momentos en mi paso por la universidad: Leslie Olmedo, María Ayala, Elihú Catalán, Luis Valdez y Fernanda Domínguez.

A mi querido amigo Alberto Durán, por su ayuda en el trabajo de campo y de laboratorio.

A Jonathan Beltrán y a mi hermano Héctor, que me ayudaron en el trabajo de campo, a pesar de los días lluviosos.

A la Universidad Nacional Autónoma de México... por ser mi segunda casa. Mi casa de estudios.

Y a todas aquellas personas que me enseñaron a no dejar de luchar, a pesar de los obstáculos que se presenten en la vida.

Granados, H. G. 2014. Efecto del estado hídrico de *Verbesina virgata* sobre la estructura de la comunidad de artrópodos asociados en la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel. Tesis profesional. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias. No. pp. 40

RESUMEN

La importancia del agua para las plantas es tal que su suministro determina el tipo, la fisonomía de vegetación, la estructura y productividad de las comunidades, así como la distribución de las especies. Por lo que la disminución de la disponibilidad de agua en el suelo genera en las plantas un déficit o estrés hídrico, el cual se ve reflejado a nivel morfológico y fisiológico, éste a su vez afecta la preferencia y funcionamiento de algunas especies de insectos. Estudios previos demuestran que el efecto del estrés hídrico en las plantas altera la composición de la comunidad de artrópodos asociados, debido a que un reducido número de especies de estos organismos toleran la ausencia de agua. *Verbesina virgata* es una planta importante en la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel (REPSA), ya que sirve como fuente de alimento para los insectos, además de que contribuye con la productividad primaria neta aérea del ecosistema. Esta planta alberga una gran diversidad de artrópodos, presentando valores altos de densidad de especies durante la temporada de lluvias en comparación con la temporada seca del año. Aunque ya se conoce la fauna de artrópodos asociada a *V. virgata* y sus cambios a lo largo de año, no se ha descrito el efecto del estado hídrico de la planta sobre la estructura de la comunidad de artrópodos asociadas a *V. virgata*. Es por eso, que el objetivo principal de este trabajo es conocer el efecto del estado de hidratación de la planta sobre la estructura de la comunidad de artrópodos, tomando en consideración los cambios en la planta durante la transición de la época húmeda a la época seca del año, así como los cambios en la comunidad de artrópodos. Se seleccionaron 6 sitios dentro de la REPSA, en cada uno de los cuales se seleccionaron siete plantas cuyas dimensiones fueron medidas. Se realizaron tres colectas de Verbesinas en la época húmeda, y tres colectas en la época seca del año. En cada colecta se extrajeron seis plantas, a las cuales se les midió el potencial hídrico y se le extrajeron los artrópodos. *V. virgata* mostró valores máximos de potencial hídrico en agosto, presentando un menor estrés hídrico, debido a niveles más altos de precipitación. La estructura de la comunidad de artrópodos asociados a *V. virgata* presentó variaciones a lo largo del año, mostrando en la temporada de lluvias (agosto) una mayor riqueza y biomasa de artrópodos. Esto también se pudo observar con la dependencia de la

riqueza, la abundancia y la biomasa de artrópodos a la precipitación acumulada de un día hasta un mes antes de la colecta. Hubo una preferencia de los artrópodos hacia las *V. virgata* con mayor contenido hídrico, particularmente de plantas con tallos y hojas frescas, probablemente debido a que estas plantas representan un hábitat con condiciones más favorables, y un alimento más apetecible. Es importante conocer la relación que existe entre el estado de hidratación de la planta y los organismos asociados a ella, ya que la existencia de la vida animal depende en gran medida de la presencia de las plantas, las cuales sirven como fuente primaria de energía.

Palabras clave: estrés hídrico, potencial hídrico, marchitamiento, disponibilidad de agua

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Influencia de la disponibilidad de agua en los organismos

El agua es un recurso esencial para la existencia de la gran mayoría de los organismos, ya que gracias a ella pueden llevar a cabo sus funciones vitales. En el caso de las plantas, es indispensable para su establecimiento, crecimiento y sobrevivencia, además de jugar un papel muy importante en sus procesos fisiológicos, entre los cuales se encuentran la fotosíntesis, la transpiración y la absorción (Kramer, 1974).

En un ecosistema, la variación temporal del suministro de agua determina el tipo y la fisonomía de la vegetación, así como la estructura, la productividad de las comunidades y la distribución de las especies (Tinoco, 1986). La disponibilidad de agua de un ecosistema depende principalmente de dos factores abióticos: la cantidad de precipitación y la capacidad de retención del suelo (Aber y Melillo, 2001).

Sin embargo, existen más elementos que determinan la presencia o ausencia de los organismos en un hábitat, tales como la humedad, la temperatura, la radiación solar, y la precipitación (Seoáñez, 2002). Al interactuar las condiciones de humedad y de temperatura de un sitio, se presentan oscilaciones en la cantidad de agua disponible en el medio, lo cual determina el clima y la estacionalidad de una región. Por lo que se han distinguido periodos a lo largo del año que poseen características climáticas particulares comúnmente conocidas como estaciones, aunque también suelen denominarse como temporada húmeda o temporada seca del año (Ricklefs, 1976).

Considerando la estacionalidad de un sitio, se puede conocer cómo se modifica el ciclo de vida de los organismos, ya que éstos se adaptan a ciertas condiciones ambientales para poder llevar a cabo sus actividades (Ricklefs, 1976). No obstante, algunos requieren de ciertos intervalos de estas condiciones para poder sobrevivir. Las plantas y los animales adaptan sus procesos fisiológicos y sus patrones de conducta a los cambios climáticos que se producen en el ambiente (Bailey, 1966). Esto se puede encontrar en la mayoría de los insectos, los cuales entran en una

fase latente, dejando sus huevos para que eclosionen en la temporada de lluvias, lo cual resulta favorable para la progenie (Bailey, 1966).

Por su parte, las plantas deben mantener un estado de hidratación dentro de ciertos límites, ya que su estado de hidratación determinará su desarrollo y su establecimiento (Tinoco, 1986).

1.2. Estrés hídrico en las plantas

La disponibilidad de agua para las plantas depende de un sistema de raíces y de propiedades del suelo, tales como conductividad hidráulica, porosidad y capacidad de retención de agua (Lugo y Snyder, 2006). En las plantas, la disminución de la disponibilidad de agua en el suelo genera un déficit o estrés hídrico (Kramer, 1974); este estrés afecta a las plantas en su productividad, en el intercambio de gases e interacción con otras especies; asimismo, puede afectar su crecimiento, alterando su anatomía, morfología, fisiología y bioquímica (Torres *et al.*, 2002).

El estrés hídrico en las plantas está asociado a mecanismos de transpiración, absorción, o bien, a un desbalance entre ambos procesos; entre los cambios morfológicos que presentan las plantas bajo este estado están: el colapso de hojas y raíces, alteraciones estructurales en las hojas (*e. g.*, cutinización, pilosidad), cambios en el grado de apertura de los estomas, e incremento del grosor de las capas en empalizada (Kramer, 1974). Además ocurren cambios fisiológicos como la reducción en el contenido hídrico de la planta, el potencial osmótico, el potencial hídrico (acompañado por una pérdida de turgencia), cierre de estomas, y alteraciones en la fotosíntesis (Kozlowski, 1968; Kramer, 1974).

Una planta bajo tensión hídrica atraviesa por distintas etapas morfofisiológicas, al principio, presenta un pequeño descenso en su potencial hídrico, continua con un marchitamiento transitorio de los tejidos hasta llegar a un marchitamiento permanente, y finalmente la planta muere por desecación (Kramer, 1974).

El potencial hídrico de las plantas en condiciones naturales varía diariamente, presentando un potencial hídrico máximo al amanecer y mínimo al medio día, del cual se recupera durante la tarde y la noche, alcanzando en la madrugada nuevamente el máximo (Tinoco, 1986). La variación diurna del potencial hídrico es inversa a la variación de la tasa de transpiración, que es mínima al amanecer, máxima al mediodía y disminuye con la puesta del sol. La magnitud de variación del potencial hídrico cambia temporal y espacialmente dependiendo de la disponibilidad de agua en el suelo y del déficit de presión de vapor (Tinoco, 1986).

Algunas plantas presentan potenciales hídricos más bajos durante la temporada seca que durante la época de lluvias. Ejemplo de esto se observa en arbustos de la especie *Piper auritum*, el cual muestra potenciales hídricos más negativos durante la época seca del año (1.05 MPa) (Tinoco, 1986).

En la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel (REPSA) se ha observado que algunas plantas también muestran este patrón, tal es el caso de *Buddleia cordata* que presenta un comportamiento transicional de la temporada húmeda (1.25 MPa) a la temporada seca del año (0.68 MPa) con una tendencia gradual a potenciales hídricos más bajos conforme se presenta la sequía (Pozos, 1991). De igual manera, en *Dododanea viscosa* se observa una variabilidad diurna y estacional de su potencial hídrico, presentando en julio valores de potencial hídrico más altos (-1.27 MPa) que en febrero (-1.83 MPa) (Degollado, 2000).

1.3. Métodos para medir el estrés hídrico

Existen varias formas de determinar el estado hídrico de las plantas a través de su contenido hídrico. Uno de los métodos más utilizados es mediante la diferencia entre peso fresco y peso seco del tejido vegetal, el cual consiste en medir el peso fresco del tejido y su peso seco después de secarse en un horno a 85°C. La diferencia entre ambos pesos nos proporciona la cantidad de agua que presenta la planta (Kozlowski, 1968, Kramer, 1974).

Por otro lado se puede determinar el estado hídrico de la planta con el potencial hídrico (Ψ_w), el cual permite determinar el grado de estrés hídrico que presentan. Generalmente, el potencial

hídrico de una planta se mide utilizando la bomba de presión de Schölander (Kirkham, 2005). El funcionamiento de la bomba consiste en incrementar la presión alrededor del pecíolo de una hoja hasta que la savia del xilema aparezca sobre el corte. Se considera que la cantidad de presión requerida para que el agua salga de las células de las hojas hasta el xilema, está en función del potencial hídrico de las células de la hoja, es decir, la tensión que existe en la columna de agua dentro del xilema. Mientras mayor sea el estrés hídrico de una planta, mayor será la presión que se debe ejercer a la cámara para vencer la tensión en la columna del xilema y lograr el reflujo de savia (Boyer, 1995).

La toma de las medidas del potencial hídrico de las plantas deben ser lo más rápidas posibles y con parámetros estandarizados, como la hora de medición, ya que el potencial hídrico fluctúa a lo largo del día (Kozlowski, 1968). La unidad de presión utilizada para medir el potencial hídrico, es el Pascal, normalmente expresado en megapascales (MPa) (Wang et al.), aunque también se maneja en bares (bar)(Hamlyng, 1992). Los potenciales hídricos por convención son negativos y en la minoría de los casos es igual a cero (Degollado, 2000).

1.4. Efecto del estado hídrico de la planta hospedera sobre la comunidad de artrópodos asociada

La disponibilidad de agua y la temperatura son factores abióticos de gran importancia debido a que determinan la distribución y abundancia de los insectos; ya que están relacionados con su alimentación y el patrón de sus ciclos reproductivos, así como los diferentes tipos de alimento que le puede proporcionar una planta (Ricklefs, 1976).

El estado hídrico que presentan las plantas afecta la preferencia y funcionamiento de algunas especies de insectos. Estudios previos demuestran que el efecto del estrés hídrico en las plantas altera la composición de la comunidad de artrópodos asociados, debido a que un reducido número de especies de estos organismos toleran la ausencia de agua (Talbot *et al.*, 2008).

Con base en la observación del brote de psílicos en árboles de la especie *Eucalyptus* estresados hídricamente, White (1969) formula la hipótesis de la planta estresada (Plant Stress Hypothesis, por sus siglas en inglés PSH), la cual establece que la abundancia de los insectos asociados se debe a los cambios en la fisiología de la planta, y particularmente en su disponibilidad de nitrógeno en periodos de estrés hídrico prolongado. Mediante un sondeo de estudios que evalúan las respuestas de los insectos ante la manipulación experimental de los niveles de déficit hídrico impuesto a sus plantas hospederas, se ha proporcionado evidencia de que los insectos que se alimentan generalmente de la savia, y los consumidores de floema y mesófilo en particular, son afectados negativamente por un estrés hídrico continuo en las plantas (Huberty y Denno, 2004).

Existe una discrepancia entre los efectos positivos de los insectos asociados a plantas estresadas de manera natural y los efectos negativos detectados en muchos estudios experimentales en los que las plantas se encuentran continuamente estresadas, del cual se deriva la hipótesis del estrés intermitente, la cual establece que los periodos de estrés y la recuperación de la turgencia de la planta, permiten a los insectos beneficiarse del incremento de nitrógeno disponible en la planta inducido por el déficit hídrico, por lo que los insectos responden de manera positiva en aquellas plantas que se encuentran bajo un estrés hídrico intermitente, mientras que en plantas estresadas continuamente muestran escaso rendimiento (Huberty y Denno, 2004).

Con base en la hipótesis anterior, surge la hipótesis de plantas estresadas intermitentemente (Pulsed Plant Stress Hypothesis, por sus siglas en inglés PPSH), la cual destaca la importancia de la magnitud del estrés hídrico en la mediación de las interacciones entre herbívoros y su planta hospedera, es decir, la intensidad del estrés hídrico en la planta hospedera determina si los efectos son benéficos o adversos para los artrópodos (Mody *et al.*, 2009).

1.5. Comunidad de artrópodos asociados a *Verbesina virgata*

Verbesina virgata Cav. (Asteraceae) es una planta importante en la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel (REPSA) (ubicada en Ciudad Universitaria en la ciudad de México), ya que sirve como fuente de alimento para los insectos folívoros, polínivoros y nectarívoros, además de ser el arbusto más importante en la contribución de la productividad primaria neta aérea de este ecosistema (Cano-Santana, 1994).

Se sabe que *V. virgata* alberga una gran diversidad de artrópodos de la REPSA, registrándose en ella una mayor riqueza de especies en comparación con otras plantas también dominantes como el zacatón *Muhlenbergia robusta* (E.Fourn.) Hitchc., la hierba *Dahlia coccinea*, Cav. y los arbustos *Wigandia urens* (Ruiz y Pavón) H.B.K. y *Pittocaulon praecox* (Cav.) DC. Se han registrado 235 morfoespecies de invertebrados asociados a esta planta, entre las cuales se encuentran el chapulín *Sphenarium purpurascens* (Charpentier 1841-45) (Orthoptera), el escarabajo *Nodonota curtula* (Jacoby, 1890) (Chrysomelidae), la araña lince verde *Peucetia viridans* (Hentz) (Oxyopidae), y la oruga de *Apatelodes amaryllis* (Dyar, 1907) (Lepidoptera); y dentro del gremio de los herbívoros masticadores más importantes asociados a esta planta están el chapulín *S. purpurascens* y las orugas de *Hypocrisias lisoma* (Dyar, 1912) (Lepidoptera: Arctiidae). Los grupos dominantes por su abundancia de artrópodos asociados a *V. virgata*, en orden de importancia son: Homoptera (21%), Coleoptera (17%), Lepidoptera (15%) y Arachnida (14%). Además de registrarse también organismos en una menor proporción pertenecientes a los órdenes Hymenoptera, Hemiptera, Orthoptera, Mollusca, Diplopoda, Odonata, Neuroptera y Psocoptera. En términos de riqueza, los valores más altos se presentaron en los meses de julio (107 especies) y agosto (90 especies), mientras que los valores más bajos fueron encontrados en enero (13 especies) y febrero (16 especies) (Ruvalcaba *et al.*, 2009).

Aunque ya se conoce la fauna de artrópodos asociada a *V. virgata* y sus cambios a lo largo del año, no se ha descrito el efecto del estado hídrico de la planta sobre la estructura de la comunidad de artrópodos asociadas a esta planta.

II. OBJETIVOS E HIPÓTESIS

El objetivo general de este estudio es conocer el efecto del estado hídrico de *Verbesina virgata* (potencial hídrico y contenido hídrico) sobre la estructura de la comunidad de artrópodos asociados (riqueza, abundancia, biomasa y diversidad).

Los objetivos particulares derivados del anterior son:

1. Conocer los cambios morfológicos (biomasa) y fisiológicos (potencial hídrico y contenido hídrico) de *V. virgata* durante la transición de la temporada de secas a la de lluvias de 2009 y 2010.
2. Describir la transición de la temporada de secas (marzo-abril-mayo) a la de lluvias (mayo-junio-agosto) de la estructura de la comunidad de artrópodos asociados a *V. virgata*.

Las hipótesis formuladas son las siguientes:

1. Se espera que aquellas plantas con mayor potencial hídrico y contenido hídrico presenten mayor riqueza, abundancia, biomasa y diversidad de artrópodos asociados a *V. virgata*, ya que representará un alimento más apetecible para los artrópodos.
2. Se espera una mayor riqueza, abundancia, biomasa y diversidad de artrópodos asociados a *V. virgata* cuando están más cerca de la temporada de lluvias (mayo-junio) que cuando se encuentran en la temporada seca (marzo-abril-mayo). Debido a que en la época de lluvias *V. virgata* dispone de mayor cantidad de agua y por tanto se encuentra más hidratada.
3. Se espera que las plantas que estén más cercanas a la época de lluvias presenten una mayor cantidad de tejido vegetal, valores altos de contenido hídrico y de potencial hídrico; en comparación con las plantas cercanas a la temporada seca, ya que la alta disponibilidad de agua en la época de lluvias evitaría el estrés hídrico de las plantas.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Sitio de estudio

Este estudio se llevó a cabo en La Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel (REPSA), ubicada al suroeste de la Ciudad de México (19 17' N, 99 11' O) a una altitud de 2300 m. Presenta clima templado subhúmedo con régimen de lluvias en verano, la temperatura media anual es de 15.5°C y su precipitación promedio anual es de 803 mm (Lot, 2007).

La REPSA posee una vegetación de tipo matorral xerófilo de *Pittocaulon praecox* (Cav.) Rob. & Brettell, con suelo poco desarrollado que presenta arena y limo, además de una gran cantidad de materia orgánica, el sustrato muestra poca profundidad, encontrándose por encima de la roca basáltica. El suelo carece de una buena capacidad de retención de agua, por tanto el desarrollo de algunas plantas es limitado (Meave *et al.*, 1994; Corona, 1999). La heterogeneidad espacial y temporal de la REPSA trae como resultado una gran variabilidad en las condiciones microclimáticas, por lo que se considera que es la principal explicación de una alta riqueza de especies de todos los grupos biológicos (Castillo-Agüero *et al.*, 2007).

3.2. Sistema de estudio

Verbesina virgata Cav (Asteraceae) es un arbusto perenne que mide de 1 a 2.5 m de altura, es una planta erecta, más o menos resinosa, posee tallos angostos y alargados y ramas pubescentes. Sus hojas son lanceoladas, anfiestomáticas (con estomas en ambos lados de la hoja) y presentan un tamaño de 4 a 20 cm de largo y 0.5 a 4.5 cm de ancho, así como de un margen aserrado cubierto por tricomas rectos. La disposición de las hojas es alterna y presentan peciolo cortos. Se encuentra ampliamente distribuida en regiones de baja y mediana altitud, además de encontrarse en matorrales, pastizales y claros de los bosques, preferentemente en condiciones de fuerte disturbio desde Zacatecas hasta Oaxaca (Corona, 1999; Ruvalcaba *et al.*, 2009). Esta planta florece de agosto a abril y fructifica de diciembre a mayo. Las cabezuelas florales son paniculadas, sus lígulas son fértiles y amarillas, mientras que las flores del disco poseen corolas

amarillas y pubescentes. Su fruto es un aquenio seco, simple e indehisciente. También es conocida como "teclacote", "lengua de vaca", "romerillo" o "gordolobo de monte" (Rzedowski y Rzedowski, 2001).

3.3. Métodos

A finales de abril de 2009 se seleccionaron seis sitios dentro de la Zona Núcleo Poniente de la REPSA, en los que se encontraron manchones de *V. virgata*, en cada uno de los cuales se marcaron siete plantas (teniendo un total de 42 plantas), las cuales debían presentar tejido vegetal fresco y una altura entre los 130 y 160 cm. A cada una de las plantas se le midió su altura, su perímetro basal, el número de tallos, el diámetro mayor de la cobertura del follaje (D_1) y el diámetro perpendicular al diámetro mayor (D_2), esto último para calcular la cobertura (*Cob*) de cada una de las plantas mediante la siguiente fórmula.

$$Cob = \pi \left(\frac{D_1 + D_2}{4} \right)^2$$

Posteriormente, se realizaron tres colectas en la temporada seca (23 de abril y 9 de mayo de 2009 y 6 de marzo de 2010) y tres colectas en la temporada húmeda (25 de mayo, 11 de junio y 29 de agosto de 2009). En cada colecta se extrajeron seis plantas (una planta de cada sitio seleccionado), a excepción de la colecta de marzo de 2010, en la que se extrajeron 2 plantas por sitio. Todas las plantas se eligieron de manera aleatoria.

Para medir el potencial hídrico de cada planta se estandarizó tanto la hora del día (entre 0900 y 1100 h) como el tamaño de las hojas (entre los 4 y 6 cm de longitud). Se cortaron dos hojas de cada una de las plantas y se procedió a la toma de datos. El instrumento que se utilizó fue una bomba de Schölander (PMS Instrument Company, Modelo 1000). La lectura de datos se tomó en bares y posteriormente fueron transformados a megapascales (Wang *et al.* 2006).

Posteriormente la planta se cubrió totalmente con una bolsa de plástico con el fin de evitar el escape de los organismos asociados a ella. Después de esto, se cortó cada uno de los tallos al nivel del suelo. Finalmente la bolsa fue cerrada para evitar la pérdida de la fauna asociada y el mismo día se trasladó al laboratorio para la extracción de artrópodos.

En el laboratorio, los tejidos vegetales se examinaron cuidadosamente para extraer manualmente a los artrópodos mediante el uso de pinceles y pinzas. Los artrópodos encontrados se colocaron en frascos con etanol al 70%.

Posteriormente, el tejido vegetal de *V. virgata* fue separado en sus diferentes componentes vegetales: tallos, hojas frescas, hojas senescentes y estructuras reproductivas. Cada componente vegetal fue colocado en bolsas de papel y se registró el peso fresco de cada una de las bolsas. Posteriormente se colocaron en un cuarto de secado con una temperatura aproximada de 37°C hasta obtener el peso seco constante, el cual se midió con una balanza analítica (OHAUS \pm 0.005 g). Para determinar el contenido hídrico de cada componente vegetal de la planta se restó el peso seco constante a su peso fresco.

Los artrópodos extraídos fueron clasificados a nivel de orden y después a morfoespecie con ayuda de un microscopio estereoscópico. La comunidad de artrópodos fue descrita con la riqueza, la abundancia, el peso seco (biomasa) y la diversidad, ésta última fue determinada mediante el índice de Shannon-Wiener utilizando la siguiente fórmula (Magurran, 2004):

$$H' = -\sum(pi \ln pi)$$

La biomasa de los artrópodos se determinó de manera indirecta utilizando una ecuación que estima el peso seco a partir de la longitud corporal de los artrópodos, se midió la longitud corporal de cada organismo con un vernier digital y utilizando el siguiente modelo matemático que predice el peso seco de los organismos a partir de su longitud corporal sin considerar apéndices (López-Gómez *et al.*, 2009).

$$pesoseco(g) = 2.84 \times 10^{-5}(\text{longitudcorporal})^{2.4794}$$

Con base en los datos meteorológicos de precipitación y temperatura del Pedregal de San Ángel de abril de 2009 a marzo de 2010, que fueron proporcionados por la estación climatológica del Colegio de Geografía de la Facultad de Filosofía y Letras de la UNAM; se construyó un climograma (Figura 1). El cual muestra que en agosto se presentaron los niveles de precipitación más altos (183.8 mm) y marzo mostró los valores más bajos (4.6 mm) entre abril de 2009 y marzo de 2010). Por su parte, la temperatura promedio fue mayor en abril de 2009 (19.2° C) y menor en marzo de 2010 (17.3°C).

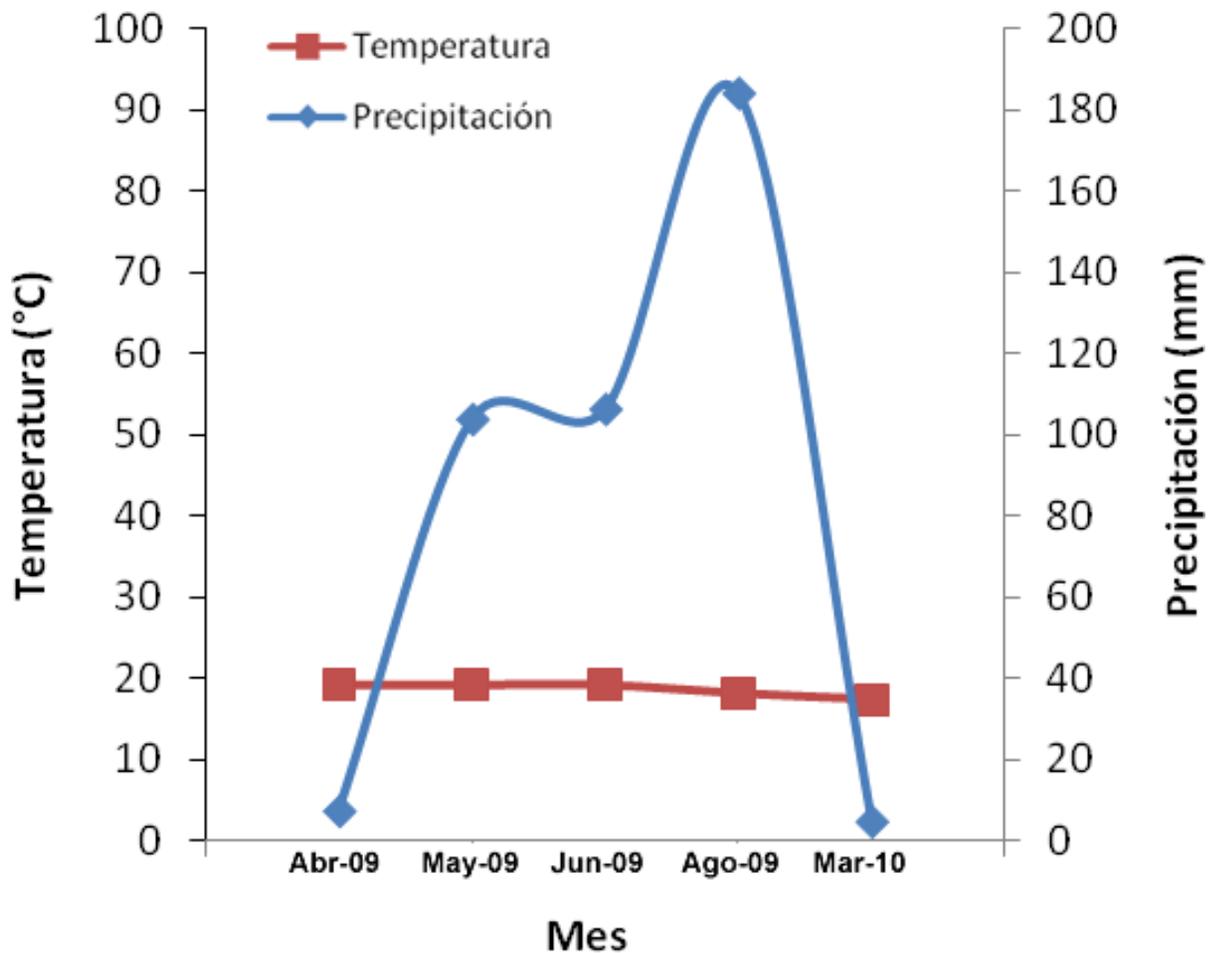


Figura 1. Climograma del Pedregal de San Ángel, de abril de 2009 a marzo de 2010.

3.4. Análisis Estadísticos

3.4.1. Estado hídrico de *V. virgata*

Para determinar los cambios en el potencial hídrico y el contenido hídrico de *V. virgata* durante la transición de la temporada seca a la temporada húmeda en sus diferentes fechas de colecta (23 abril, 9 de mayo [primera mitad de mayo], 26 de mayo [segunda mitad de mayo], 11 de junio, 29 de agosto y 6 de marzo), se realizó un análisis de varianza (ANOVA) de una vía para verificar el efecto de la temporada de colecta sobre cada variable de respuesta.

Además se realizaron ANOVAs para conocer el efecto de la fecha de colecta sobre el contenido hídrico y el peso seco de cada uno de los componentes vegetales (estructuras reproductivas, hojas frescas, hojas secas y tallos).

Para determinar la influencia de los factores climáticos sobre los atributos de *V. virgata*, se hicieron análisis de regresión lineal entre la precipitación acumulada y la temperatura promedio de los días anteriores a la colecta (1, 5, 10, 15 y 30 días) contra el potencial hídrico y el contenido hídrico de la planta.

3.4.2. Estructura de la comunidad de artrópodos

Para conocer el efecto de la transición de la temporada seca a la temporada húmeda, en sus diferentes fechas de colecta (23 de abril, 9 de mayo [primera mitad de mayo], 26 de mayo [segunda mitad de mayo], 11 de junio y 29 de agosto), sobre los diferentes atributos de la comunidad de artrópodos (riqueza, abundancia, diversidad y biomasa), se realizó un ANOVA de una vía para cada variable.

En los ANOVAs que presentaron un efecto significativo de las variables independientes, se realizaron pruebas de comparación múltiple de Tukey para conocer las diferencias entre las medias de los tratamientos (Zar, 2010).

Para determinar la influencia de los factores climáticos sobre los atributos de la comunidad de artrópodos, se hicieron análisis de regresiones entre la precipitación acumulativa y la temperatura promedio de los días anteriores a la colecta (1, 5, 10, 15 y 30 días) contra la riqueza, abundancia, diversidad y biomasa de artrópodos.

Para determinar el nivel de precipitación acumulativa y la temperatura promedio de los días anteriores a la colecta (1, 5, 10, 15 y 30) que tuvieron una mayor influencia sobre las características de la planta y sobre los atributos de los artrópodos, se consideró el coeficiente de determinación (r^2) más alto.

3.4.3. Efecto del estado hídrico de la planta hospedera sobre la comunidad de artrópodos

Para determinar la influencia del estado hídrico de la planta sobre los atributos de la comunidad de artrópodos, se realizaron análisis de regresión lineal entre el potencial hídrico y el contenido hídrico contra la riqueza, abundancia, diversidad y biomasa.

Todos los atributos de la comunidad de artrópodos y el contenido hídrico total, así como de cada una de las estructuras vegetales, fueron divididas entre el peso seco total de la planta, esto se hizo para eliminar el efecto del tamaño de la planta sobre las variables medidas.

En todos los análisis, las variables de la abundancia y riqueza de artrópodos fueron transformadas con la fórmula $X' = \sqrt{X + 0.5}$, ya que son variables discretas (Zar, 2010).

IV. RESULTADOS

4.1. Estado hídrico de *V. virgata*

Se encontró un efecto significativo de la fecha de colecta sobre el potencial hídrico ($F = 4.08$; g.l. = 5, 30; $P < 0.01$) y el contenido hídrico ($F = 3.43$; g.l. = 5, 30; $P = 0.01$) de *V. virgata*. Las pruebas de comparación múltiple de Tukey señalan que el potencial hídrico fue significativamente mayor en las colectas de junio y agosto que en la colecta de abril (Figura 2). Por su parte, el contenido hídrico de la planta fue significativamente mayor en agosto que en las colectas de abril, marzo y la primera mitad de mayo (Figura 3).

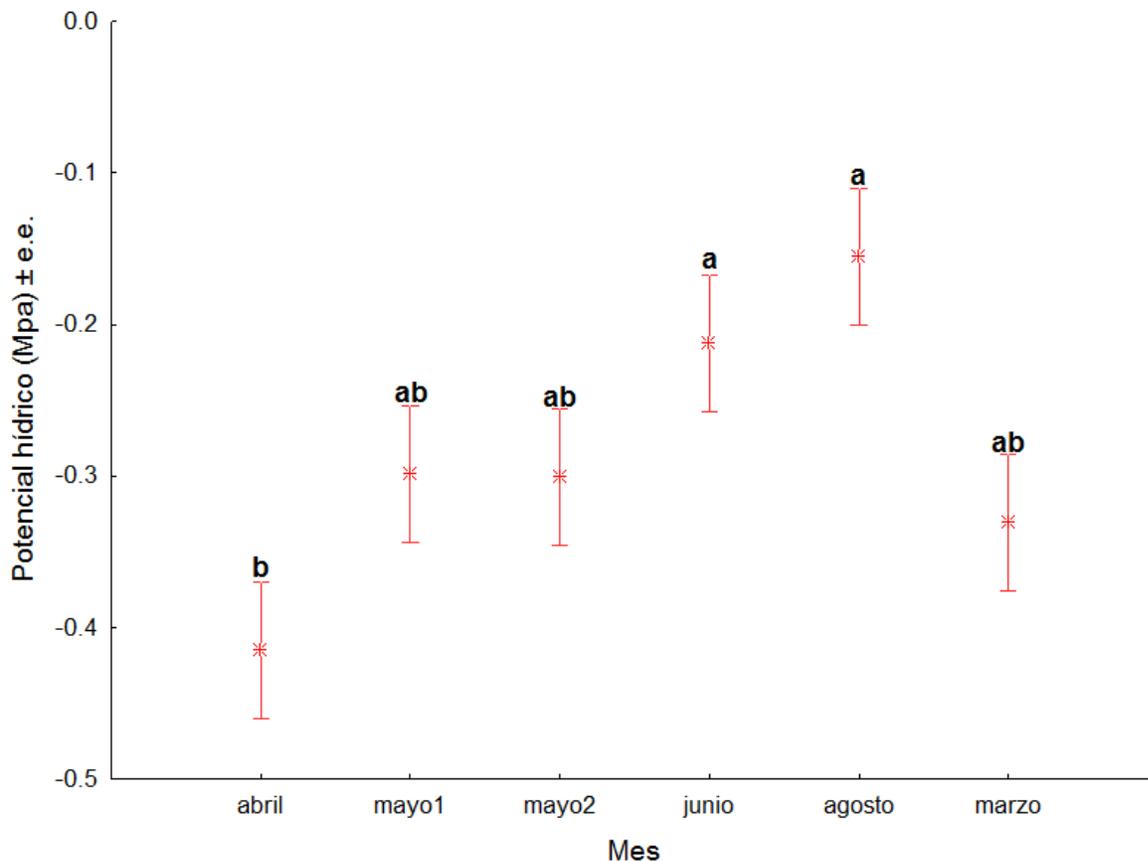


Figura 2. Potencial hídrico promedio de *V. virgata* durante la transición de la temporada seca a la húmeda de 2009 y 2010. Letras diferentes denotan diferencias significativas $P < 0.05$.

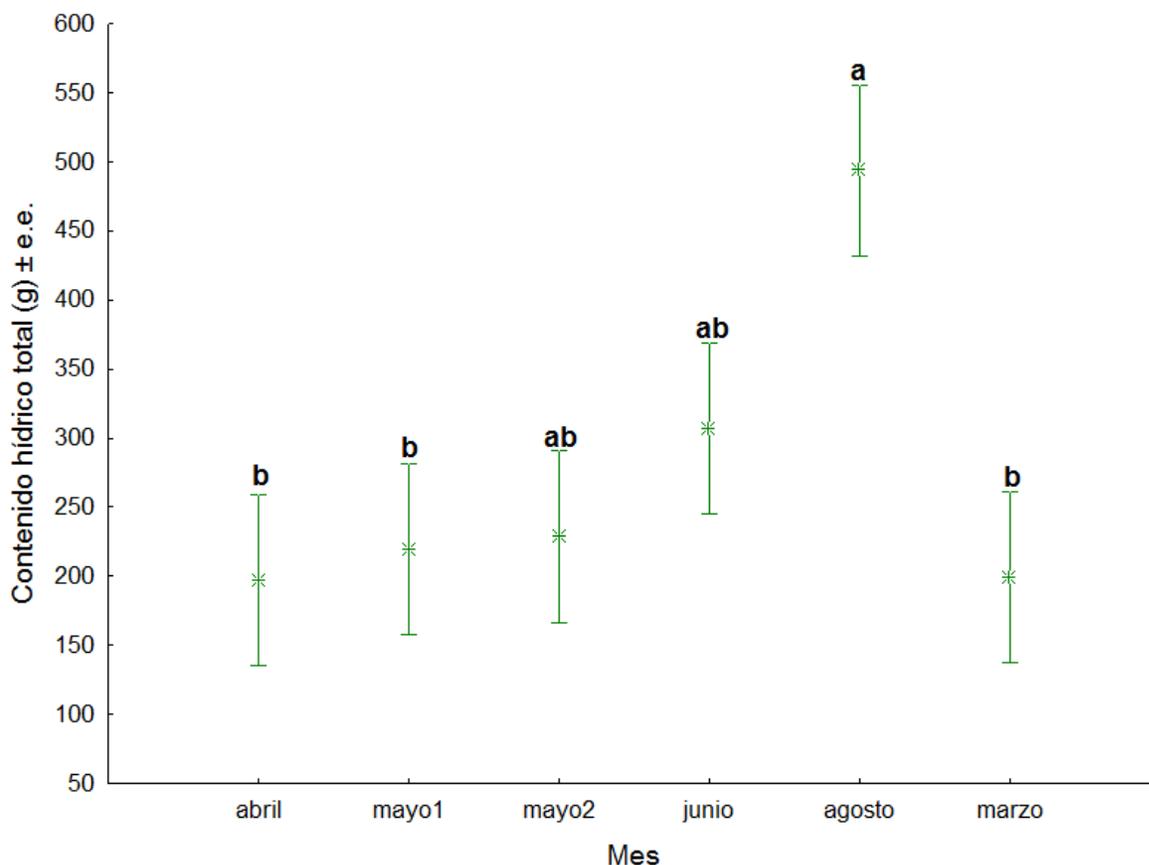


Figura 3. Contenido hídrico promedio de *V. virgata* durante la transición de la temporada seca a la húmeda de 2009 y 2010. Letras diferentes denotan diferencias significativas $P < 0.05$.

La fecha de colecta tuvo un efecto significativo sobre el contenido hídrico de las hojas frescas ($F = 10.67$; g.l. = 5, 30; $P < 0.01$) y las hojas secas ($F = 2.95$; g.l. = 5, 30; $P = 0.02$), así como en el contenido hídrico total de la planta ($F = 3.43$; g.l. = 5, 30; $P = 0.01$), sin embargo, no se encontró un efecto significativo de la fecha de colecta sobre el contenido hídrico de las estructuras reproductivas ($F = 1.35$; g.l. = 5, 30; $P = 0.26$) ni sobre los tallos ($F = 1.09$; g.l. = 5, 30; $P = 0.38$).

Las pruebas de Tukey señalaron que las hojas frescas de agosto presentan un contenido hídrico significativamente mayor que en marzo, abril y las dos colectas de mayo (Figura 4), mientras que el contenido hídrico de las hojas secas fue significativamente mayor en la colecta de agosto respecto a la colecta de la segunda mitad de mayo y la de junio (Figura 5).

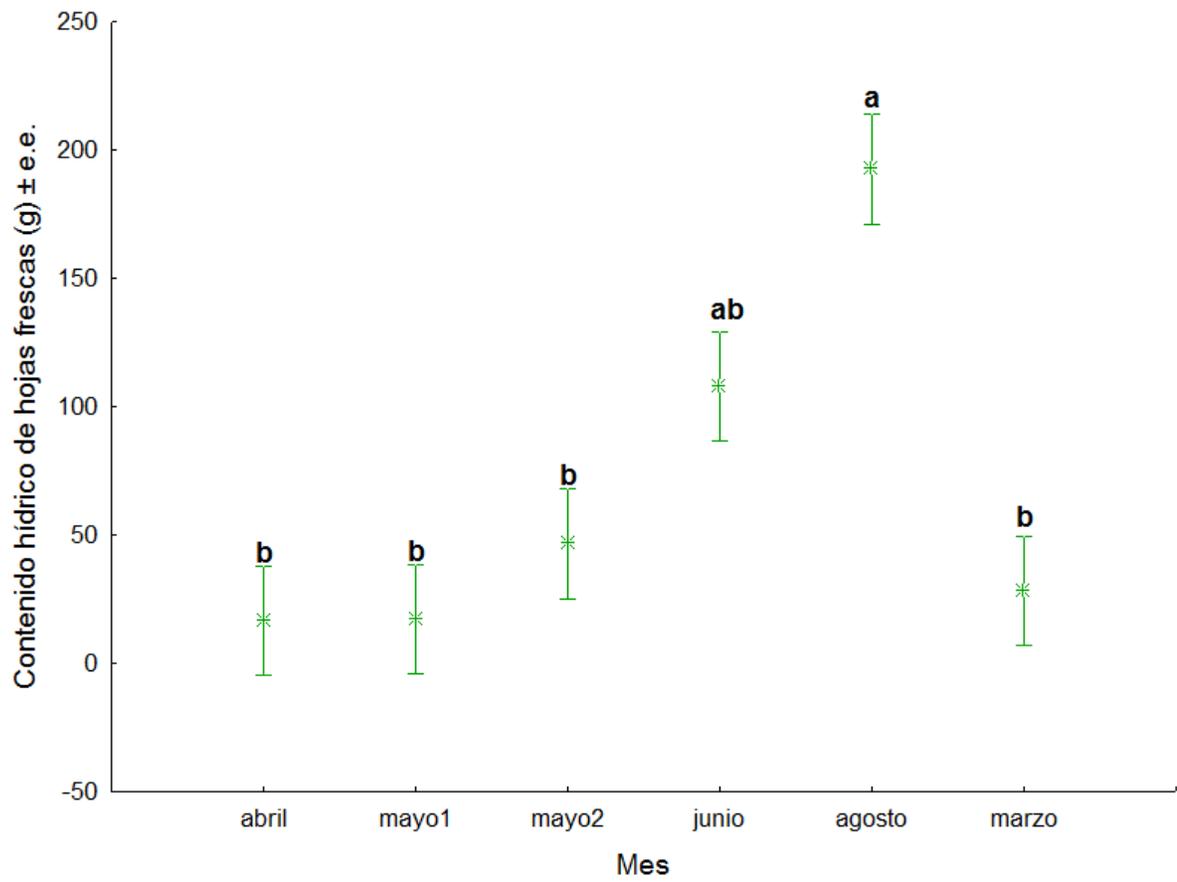


Figura 4. Contenido hídrico promedio de las hojas frescas de *V. virgata* durante la transición de la temporada seca a la húmeda de 2009 y 2010. Letras diferentes denotan diferencias significativas $P < 0.05$.

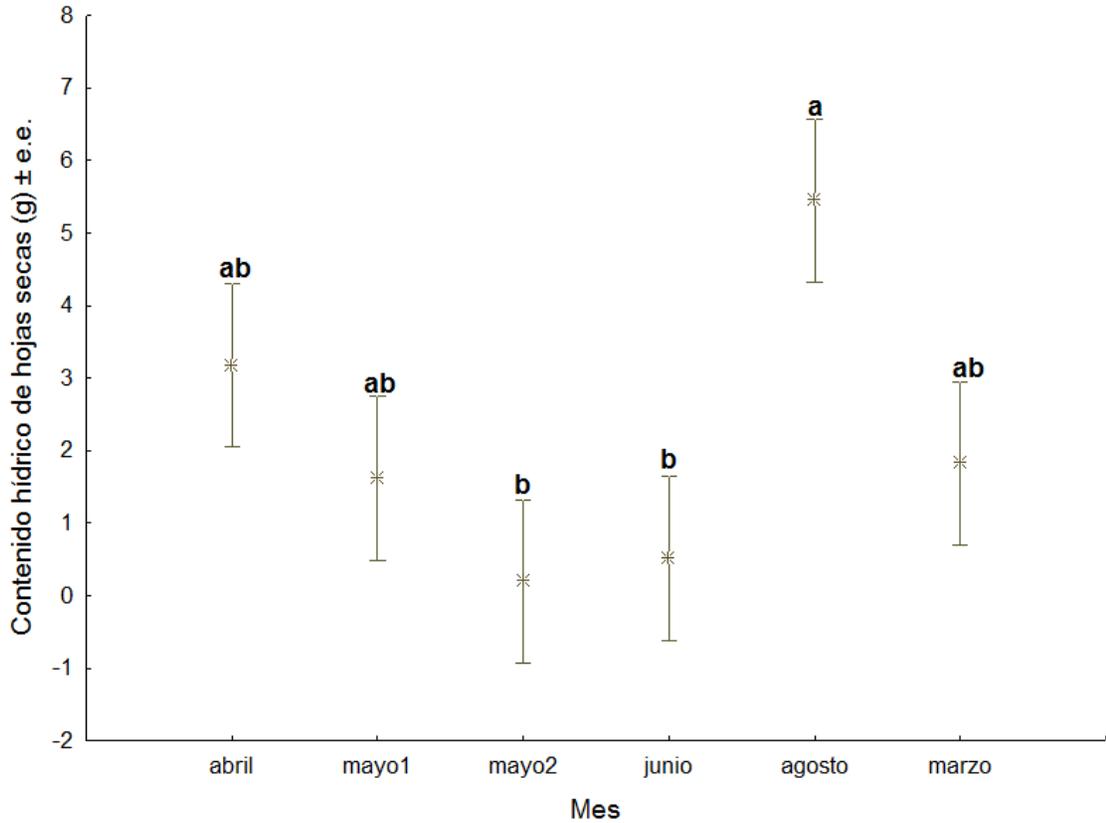


Figura 5. Contenido hídrico promedio de hojas secas de *V. virgata* durante la transición de la temporada seca a la húmeda de 2009 y 2010. Letras diferentes denotan diferencias significativas $P < 0.05$.

De igual manera, la fecha de colecta mostró un efecto significativo sobre el peso seco de las estructuras reproductivas ($F = 3.23$; g.l. = 5, 30; $P = 0.01$) y de las hojas frescas ($F = 9.95$; g.l. = 5, 30; $P < 0.01$), pero no en el peso seco de los tallos ($F = 1.79$; g.l. = 5, 30; $P = 0.14$), ni sobre las hojas secas ($F = 0.87$; g.l. = 5, 30; $P = 0.51$). Se registró que las estructuras reproductivas presentan valores de peso seco significativamente mayores en el mes de abril que en agosto (Figura 6), mientras que las hojas frescas poseen un peso seco significativamente mayor en el mes de agosto en comparación con el resto de los meses de colecta (Figura 7).

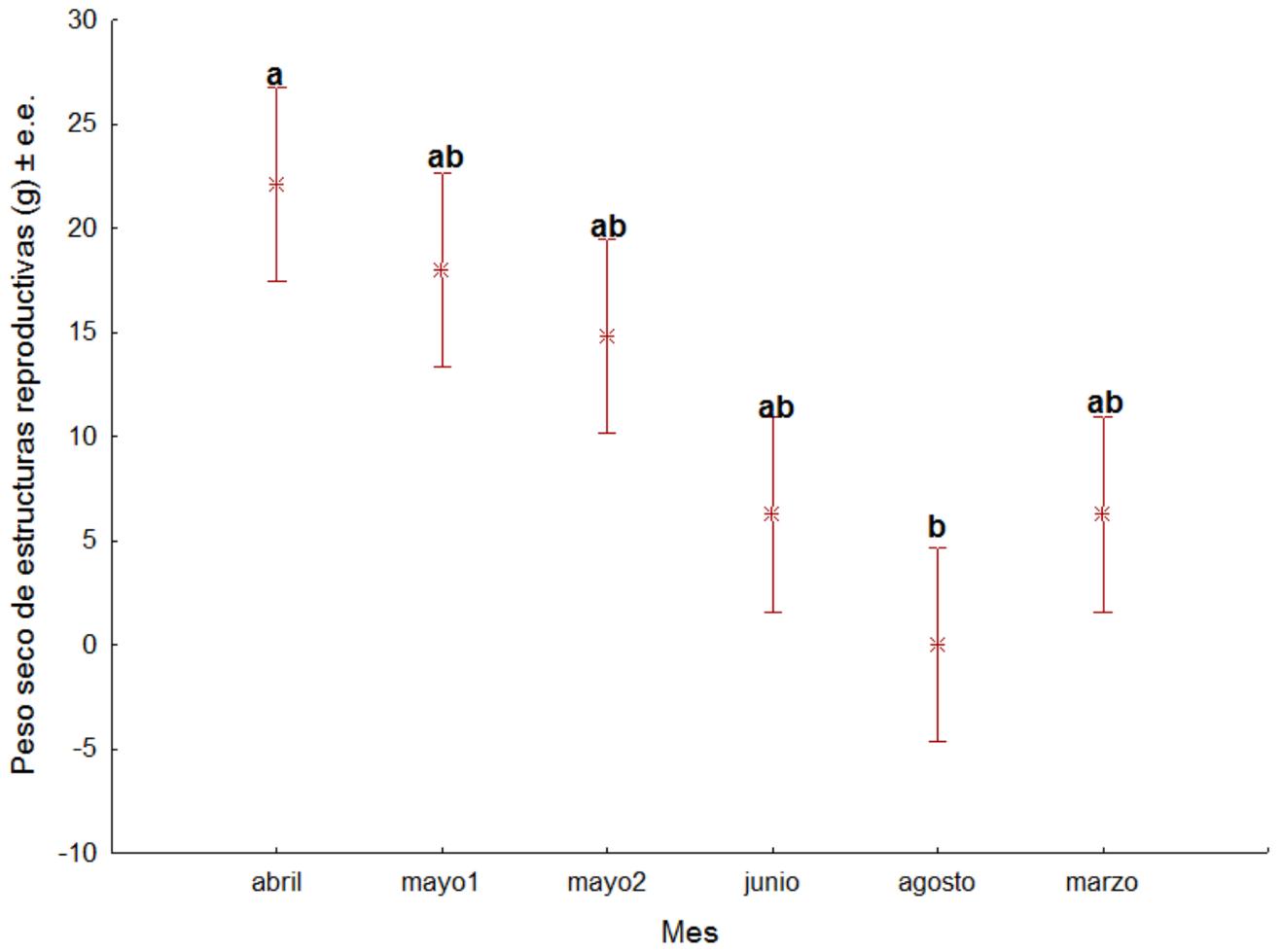


Figura 6. Peso seco promedio de las estructuras reproductivas de *V. virgata* durante la transición de la temporada seca a la húmeda de 2009 y 2010. Letras diferentes denotan diferencias significativas $P < 0.05$.

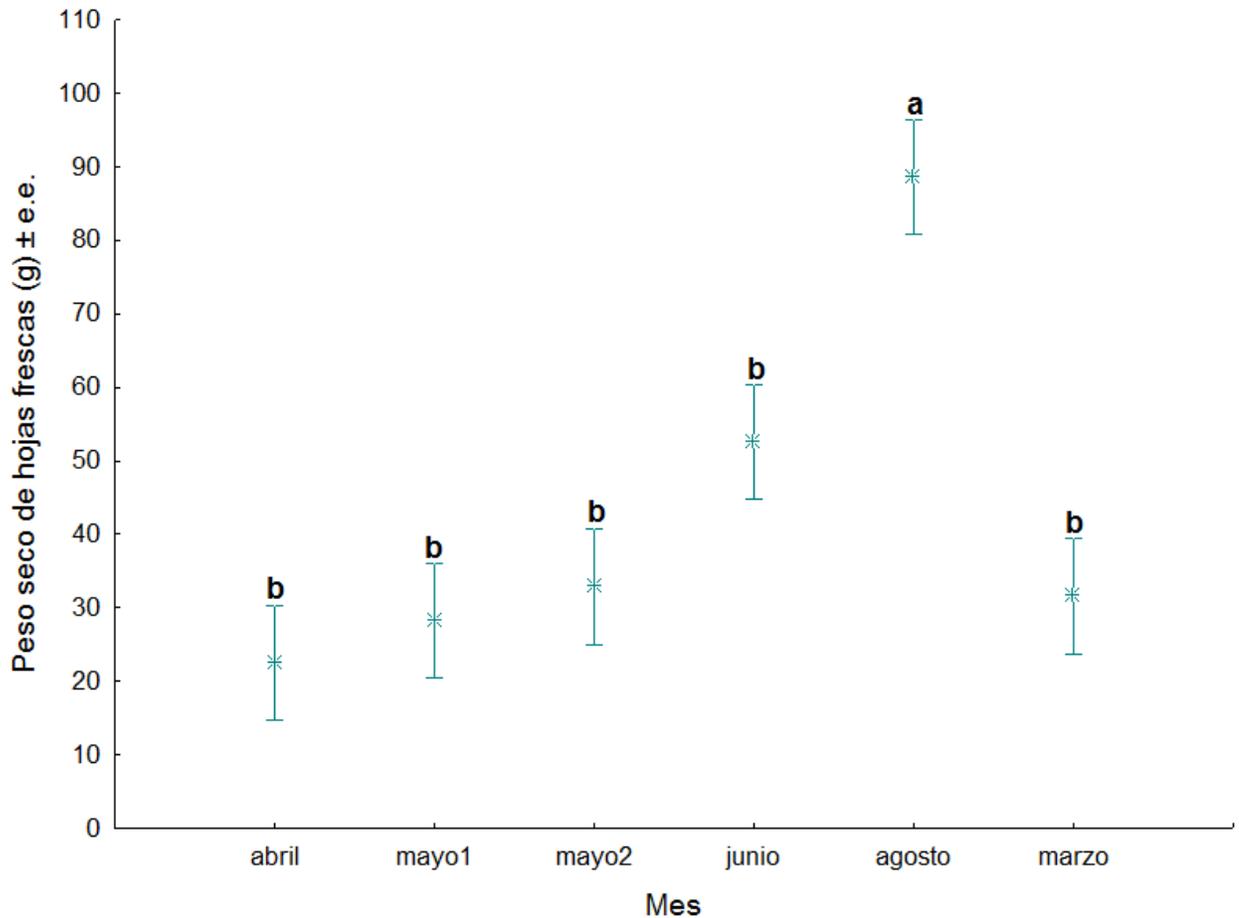


Figura 7. Peso seco promedio de las hojas frescas de *V. virgata* durante la transición de la temporada seca a la húmeda de 2009 y 2010. Letras diferentes denotan diferencias significativas $P < 0.05$.

Los análisis de regresión mostraron que la precipitación acumulada de 1, 5, 10, 15 y 30 días anteriores a la colecta, influye sobre el potencial hídrico de *V. virgata*, siendo la precipitación del décimo día la que explica una mayor variación de los datos (22%, Tabla 1). Por su parte, el contenido hídrico depende directamente de la precipitación acumulada de 1, 5, 10 y 30 días, con una mayor variación de los datos explicada por el día anterior (32%, Tabla 1). Sin embargo, el potencial hídrico y el contenido hídrico de *V. virgata* no dependieron de la temperatura promedio de los días anteriores a la colecta (Tabla 1).

Tabla 1. Resultados de las regresiones lineales entre el potencial hídrico y el contenido hídrico de *V. virgata* contra los atributos de esta planta (g.l. = 1, 40). $P < 0.05 = *$, $P < 0.01 = **$, $P < 0.001 = ***$.

Días anteriores	Potencial hídrico			Contenido hídrico		
	r^2	m	F	r^2	m	F
Precipitación						
1	0.15	0.005	7.38**	0.32	0.024	18.96***
5	0.20	0.002	8.75**	0.28	0.009	13.65***
10	0.22	0.002	9.73**	0.27	0.007	13.12***
15	0.12	0.001	4.82*	0.06	0.002	2.28
30	0.21	0.000	11.04**	0.13	0.002	6.46*
Temperatura						
1	0.004	0.004	0.16	0.01	-0.02	0.60
5	0.001	0.002	0.07	0.01	-0.02	0.44
10	0.02	0.01	0.73	0.07	0.05	2.58
15	0.001	0.003	0.06	0.006	0.016	0.21
30	0.003	0.003	0.10	0.02	0.02	0.62

4.2. Estructura de la comunidad de artrópodos

Se registró un total de 836 individuos correspondientes a 158 morfoespecies de artrópodos asociados a *Verbesina virgata*, de los cuales se obtuvo una biomasa acumulada total de 1.36 g.

Se encontraron artrópodos pertenecientes a los siguientes grupos: Acari, Araneae, Coleoptera, Colembola, Diplopoda, Diptera, Formicidae, Hemiptera, Homoptera, Isoptera, Hymenoptera, Lepidoptera, Mantidae, Neuroptera, Psocoptera, Thysanoptera, Pseudoescorpionida y Orthoptera. De éstos, los más abundantes de la comunidad fueron los hemípteros y los formícidos (Figura 8). De acuerdo con su biomasa, los principales grupos por su aportación proporcional fueron los ortópteros y los hemípteros (Figura 9).

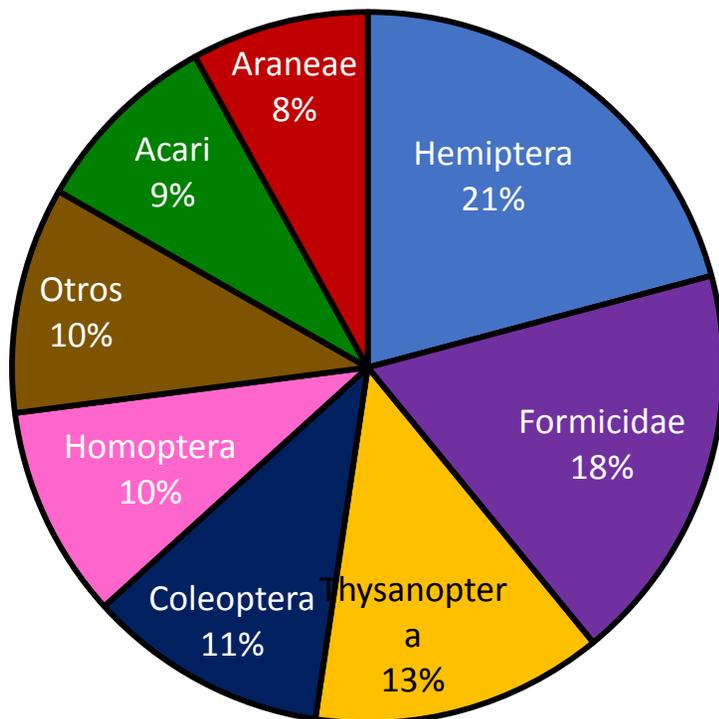


Figura 8. Aportación proporcional de la abundancia de la comunidad de artrópodos asociados a *V. virgata*, de un total de 836 individuos.

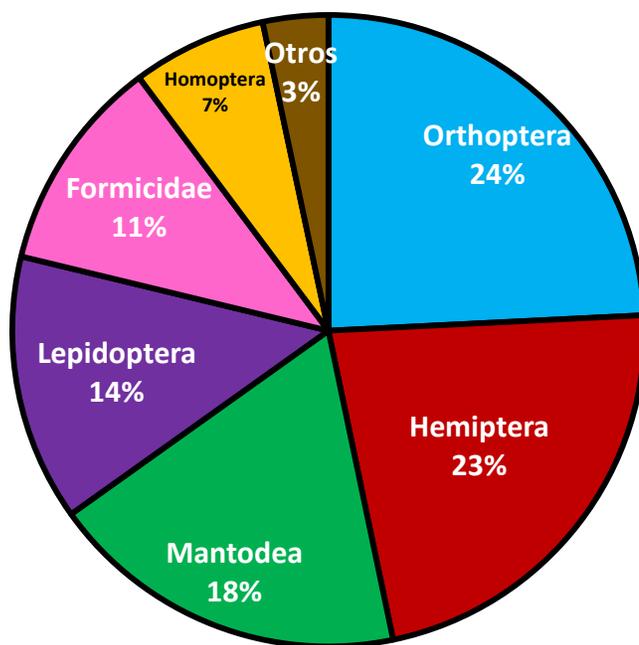


Figura 9. Aportación proporcional de la biomasa de la comunidad de artrópodos asociados a *V. virgata*, de un total de 1.36 g.

Se encontró un efecto significativo de la fecha de colecta sobre la riqueza ($F = 2.74$; g.l. = 5, 30; $P = 0.03$), y la biomasa ($F = 3.52$; g.l. = 5,30; $P = 0.01$) de artrópodos pero no sobre la abundancia ($F = 2.51$; g.l. = 5, 30; $P = 0.05$) ni sobre la diversidad de artrópodos ($F = 1.86$; g.l. = 5, 30; $P = 0.12$)., La riqueza y la biomasa fueron significativamente más altas en agosto que en la colecta de marzo (Figuras 10 y 11, respectivamente).

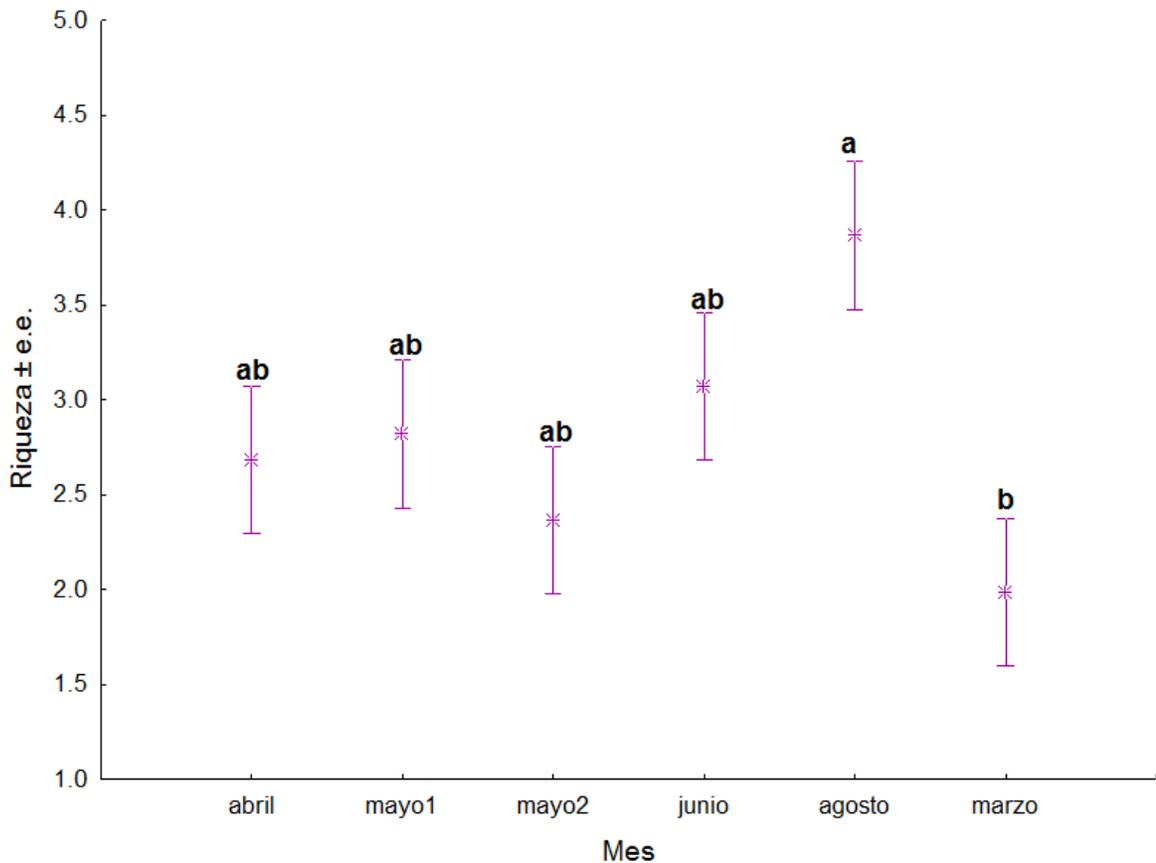


Figura 10. Riqueza promedio de la comunidad de artrópodos asociados a *V. virgata* en la transición de la temporada seca a la húmeda de 2009 y 2010. Letras diferentes denotan diferencias significativas $P < 0.05$.

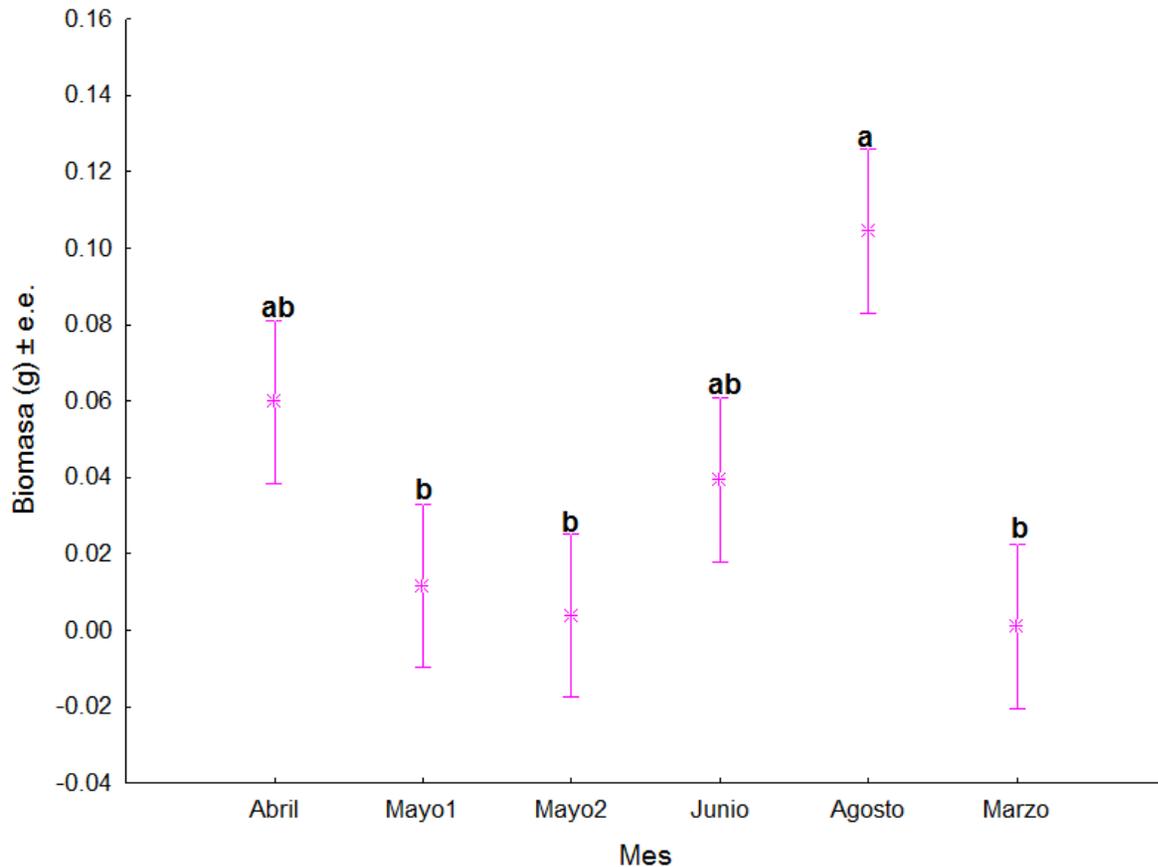


Figura 11. Biomasa promedio de la comunidad de artrópodos asociados a *V. virgata* en la transición de la temporada seca a la húmeda de 2009 y 2010. Letras diferentes denotan diferencias significativas $P < 0.05$.

Las regresiones mostraron que la precipitación acumulativa de 1, 5, 10, 15 y 30 días anteriores a la colecta, influye sobre la riqueza, la abundancia y la biomasa de artrópodos. En el caso de la riqueza, se observó que la precipitación de los días 1 y 5 anteriores son las que explican una mayor variación de los datos (25%, Tabla 2), mientras que para la abundancia (30%) y la biomasa fue la precipitación (14%) del día anterior (Tabla 2). La diversidad no mostró una dependencia significativa con la precipitación acumulativa.

La riqueza de artrópodos dependió directamente de la temperatura promedio de los 10, 15 y 30 días anteriores a la colecta, explicándose una mayor variación de los datos con la de 10 días (27%, Tabla 2). Por su parte, la abundancia dependió de la temperatura de los 10 y 30 días, ambos explicaron la misma variación (16%, Tabla 2). Asimismo, la biomasa dependió

directamente de la temperatura de los 10, 15 y 30 días, siendo esta última la que explica una mayor variación de los datos (19%, Tabla 2).

4.3. Efecto del estado hídrico de la planta hospedera sobre la comunidad de artrópodos asociados

La riqueza de artrópodos dependió directamente del potencial hídrico foliar, así como de los contenidos hídricos de las hojas frescas, de los tallos y de toda la planta. Por su parte, la abundancia dependió del contenido hídrico de las hojas frescas y de toda la planta (Tabla 3). La biomasa de artrópodos solamente mostró una dependencia directa con el contenido hídrico de las hojas secas; mientras que la diversidad no mostró dependencia con ninguna de las variables (Tabla 3).

Tabla 2. Resultados de las regresiones lineales entre la precipitación acumulativa y la temperatura promedio del Pedregal contra los atributos de la comunidad de artrópodos asociados. (g.l.: 1, 40). $P < 0.05 = *$, $P < 0.01 = **$, $P < 0.001 = ***$.

Días anteriores	Riqueza			Abundancia			Diversidad			Biomasa		
	r^2	m	F	r^2	m	F	r^2	m	F	r^2	m	F
Precipitación												
1	0.25	0.000	13.43***	0.30	0.002	17.80***	0.03	0.000	1.59	0.14	0.000	7.05*
5	0.25	0.000	11.40 *	0.28	0.001	13.84***	0.031	0.000	1.11	0.095	0.000	3.60
10	0.24	0.000	10.78**	0.28	0.000	13.44***	0.034	0.000	1.23	0.11	0.000	4.51*
15	0.08	0.000	2.95	0.11	0.000	4.25*	0.004	0.000	0.16	0.014	0.000	0.49
30	0.21	0.000	11.04***	0.13	0.000	6.25*	0.05	0.000	2.39	0.04	0.000	1.85
Temperatura												
1	0.006	0.000	0.24	0.01	0.000	0.41	0.01	0.000	0.57	0.002	0.000	0.11
5	0.03	0.001	1.39	0.002	0.000	0.10	0.01	0.000	0.53	0.007	0.000	0.29
10	0.27	0.003	12.8**	0.16	0.008	6.69*	0.08	0.000	3.34	0.17	0.000	7.12*
15	0.15	0.002	6.30*	0.10	0.006	3.97	0.05	0.000	1.99	0.11	0.000	4.59*
30	0.21	0.002	7.82**	0.16	0.007	5.57*	0.07	0.000	2.20	0.19	0.000	6.82*

Tabla 3. Resultados de las regresiones lineales entre el potencial hídrico y el contenido hídrico de *V. virgata* contra los atributos de la comunidad de artrópodos asociados (g.l.: 1,40). $P < 0.05 = *$, $P < 0.01 = **$, $P < 0.001 = ***$.

	Riqueza			Abundancia			Diversidad			Biomasa		
	r^2	m	F	r^2	m	F	r^2	m	F	r^2	m	F
Potencial hídrico	0.11	3.82	5.25*	0.05	0.80	2.30	0.06	10.89	2.60	0.04	123.6	1.75
Contenido hídrico												
Estructuras reproductivas	0.04	-0.60	1.9	0.005	0.06	0.21	0.008	1.05	0.35	0.01	15.38	0.40
Hojas frescas	0.23	32.36	12.24**	0.17	8.63	8.48**	0.02	37.15	0.82	0.03	623.86	1.24
Hojas secas	0.012	1.45	0.5	0.05	0.92	2.33	0.000	0.83	0.011	0.30	376.3	17.15***
Tallos	0.11	10.21	5.31*	0.039	1.82	1.63	0.04	24.44	1.82	0.003	92.71	0.13
Total	0.24	16.18	12.68***	0.13	3.70	6.10*	0.04	26.39	1.73	0.02	303.89	1.21

V. DISCUSIÓN

5.1. Estado hídrico de *V. virgata*

En el mes de agosto, *V. virgata* mostró los valores más altos de su potencial hídrico foliar, de su contenido hídrico total y del contenido hídrico de sus hojas frescas y secas. Esto nos indica que en agosto la planta presenta un menor estrés hídrico, lo cual se debe a que en este mes se presentaron los niveles más altos de precipitación en la REPSA (Figura 1).

Lo anterior se corroboró con las dependencias del contenido hídrico y el potencial hídrico de *V. virgata* por la precipitación de uno, cinco y diez días anteriores al día de la colecta (Tabla 1). Por lo tanto, en agosto se presentaron las condiciones más favorables para las plantas en cuanto a la disponibilidad de agua en el ambiente.

Nuestros resultados coinciden con los presentados por Corona (1999) en esta misma especie; ya que en la época húmeda, *V. virgata* presentó los valores más altos de potencial hídrico, en comparación con la temporada seca. Sin embargo, difieren en el intervalo de los valores de potencial hídrico, siendo más altos nuestros valores (-0.065 a -0.695 MPa) que los de Corona (-0.7 a -2.32 MPa) (1999). Esto probablemente se pudo deber a las diferencias de este estudio con el de Corona (1999) con respecto a: (1) el tamaño estandarizado de la hoja que se utilizó en este trabajo (entre 4 y 6 cm de longitud), (2) se utilizaron distintos modelos de cámaras de presión, o bien (3) a la velocidad a la que se incrementó la presión al peciolo de la hoja en el proceso de medición. Desafortunadamente el estudio de Corona (1999) no se describe ni el modelo de la cámara, ni el tamaño de las hojas. No obstante, la presión a la que opera la cámara de Schölander difiere con cada modelo.

Los resultados indican que el potencial hídrico depende directamente de la precipitación acumulativa de los días anteriores, pero no de la temperatura de los días anteriores a la colecta. Esto se debe a que la precipitación tiene una mayor influencia sobre el potencial hídrico de *V. virgata* que la temperatura. Ya que el potencial hídrico está relacionado directamente con la disponibilidad de agua en el suelo, y por lo tanto, en la planta. (Kramer, 1974). Mientras que la temperatura se asocia con procesos como la transpiración, el cual no está relacionado directamente con la disponibilidad de agua sino con el intercambio de agua entre planta y la atmósfera (Lugo, 2006).

El peso seco de las estructuras reproductivas de *V. virgata* fue disminuyendo de abril a agosto, lo cual se explica con la fenología de esta planta, ya que su periodo de floración es de agosto a abril (Cesar-García, 2002) y nuestros registros muestran su etapa no reproductiva.

Por el contrario, el peso seco de las hojas frescas va en aumento conforme se acerca al mes de agosto, esto indica que un aumento en la disponibilidad de agua en el suelo para las plantas brinda un recurso que favorece la fotosíntesis, la cual permite una mayor productividad primaria (Terradas, 2001).

5.2. Estructura de la comunidad de artrópodos

La estructura de la comunidad de artrópodos asociados a *V. virgata* presentó variaciones a lo largo del año, mostrando una mayor riqueza y biomasa de artrópodos en la temporada de lluvias (agosto). Esto se debe a que en la temporada de lluvias aumentan los niveles de precipitación y esto favorece la abundancia de los recursos vegetales disponibles para los invertebrados, además de que el ciclo de vida de algunos artrópodos suele estar acoplado a la estacionalidad de las lluvias (Ruvalcaba *et al.*, 2009). Esto también se pudo observar con la dependencia de la riqueza, la abundancia y la biomasa de artrópodos a la precipitación acumulativa de un día hasta un mes antes de la colecta (Tabla 2).

Asimismo, nuestros datos demuestran que la temperatura influye directamente sobre la riqueza, abundancia y diversidad de los artrópodos, esto puede deberse que los artrópodos encuentran un hábitat más favorable para llevar a cabo sus procesos, como en el caso de los visitantes florales registrados en *V. virgata*, los cuales son más frecuentes cuando la temperatura de las flores es más alta (Figueroa-Castro y Cano-Santana, 2004).

5.3. Efecto del estado hídrico de la planta hospedera sobre la comunidad de artrópodos asociados

Los resultados indican una preferencia de los artrópodos hacia las *V. virgata* con mayor contenido hídrico, particularmente de plantas con tallos y hojas frescas, esto se debe a que estas plantas representan un hábitat con condiciones más favorables, ya que no sólo les proporcionan alimento, sino que también pueden proveer condiciones microclimáticas adecuadas y un refugio que permita el desarrollo de su progenie (Schoonhoven *et al.*, 1998; Scheirs y Bruyn, 2005; Ruvalcaba *et al.*, 2009).

El estrés hídrico de *V. virgata* (representado en términos de potencial hídrico) influyó sobre la riqueza y la diversidad de los artrópodos. Esto puede estar relacionado con la selección de los alimentos por parte de los artrópodos, ya que depende en gran medida del estado de hidratación de la planta presente; debido a que una planta con una mayor disponibilidad de agua presenta tejidos más apetecibles para los artrópodos (Schoonhoven *et al.*, 1998).

VI. CONCLUSIONES

Con base en los resultados obtenidos, se concluye lo siguiente:

1. Los artrópodos mostraron preferencia hacia las *V. virgata* que poseen mayor contenido hídrico, así como hacia aquellas que presentan hojas y tallos más hidratados.
2. Durante la temporada de lluvias, las plantas de *V. virgata* menos estresadas hídricamente (*i.e.* con altos valores de potencial hídrico y contenido hídrico) presentan una mayor riqueza, abundancia, diversidad y biomasa de artrópodos asociados.
3. Los eventos lluviosos de un día hasta un mes antes de la colecta repercuten en la estructura de la comunidad de artrópodos (riqueza, abundancia y biomasa) mientras que la temperatura sólo influye sobre la riqueza, abundancia y diversidad de artrópodos.
4. El potencial hídrico y el contenido hídrico de *V. virgata* son más altos en temporada de lluvias en comparación con la temporada de secas, lo cual indica un menor estrés hídrico de las plantas ante los eventos lluviosos.
5. La precipitación de uno, cinco y diez días anteriores afectaron el potencial hídrico y el contenido hídrico de *V. virgata*. Sin embargo la temperatura de los días anteriores no tuvo ningún efecto en la planta.

VII. LITERATURA CITADA

- ABER, J. D. y MELILLO, J. M. 2001. *Terrestrial Ecosystems*, USA, Harcourt, Academic Press.
- BAILEY, R. G. 1966. *Ecosystem Geography*, New York, USA, Springer.
- BOYER, J. S. 1995. *Measuring the water status of plants and soils*, United Kingdom, Academic Press.
- CANO-SANTANA, Z. 1994. Flujo de energía a través de *Sphenarium purpurascens* (ORTHOPTERA: ACRIDIDAE) y productividad primaria neta aérea en una comunidad xerófita. Doctorado, UACPyP-CCH, UNAM.
- CASTILLO-AGÜERO, S., MARTÍNEZ, O. Y., ROMERO-ROMERO, M. A., P.GUADARRAMA, C., NÚÑEZ, C. O., SÁNCHEZ, G. I. & MEAVE, J. A. 2007. *La Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel. Aspectos florísticos y ecológicos*, D.F., México, Jiménez editores e impresores.
- CESAR-GARCIA, S. F. 2002. *Análisis de algunos factores que afectan la fenología reproductiva de la comunidad vegetal de la Reserva del Pedregal de San Ángel*, D.F. (México). Licenciatura, UNAM.
- CORONA V, J. N. 1999. *Efecto de los eventos lluviosos en la respuesta estomática de Buddleia cordate H.B.K. (Loganiaceae) y Verbesina virgata, Cav. (Compositae) del Pedregal de San Ángel*. Licenciatura, UNAM.
- DEGOLLADO ZALDIVAR, D. 2000. *Relaciones hídricas internas de Cissus sicyoides L. y Dodonaea viscosa (L.) Jacq. de la Reserva del Pedregal de San Ángel*. Licenciatura, UNAM.
- FIGUEROA-CASTRO, DM. CANO-SANTANA, Z. 2004. Floral visitor guilds of five allochronic flowering Asteraceous species in a xeric community in Central Mexico. *Environmental Entomology*.
- HAMLYNG, J. G. 1992. *Plants and microclimate. A quantitative approach to environmental plant physiology*, Australia, Cambridge University Press.
- LOT. H. A. 2007. *Portal de la Reserva Ecológica Pedregal de San Ángel* [En línea]. México, D.F. [Acceso 10 septiembre 2008].
- HUBERTY, F. A. y DENNO, R. F. 2004. Plant water stress and its consequences for herbivorous insects: A new synthesis. *Ecology*, 85, 1383-1389.
- KIRKHAM, M. B. 2005. *Principles of soil and plant water relations*, San Diego California, Elsevier Inc.

- KOZLOWSKI, T. T. 1968. *Water deficits and plant growth*, United Kingdom, Academic Press.
- KRAMER, J. P. 1974. *Relaciones Hídricas del suelo y plantas. Una síntesis moderna.*, México, Edutex,S.A.
- LUGO, L. M.A. y SNYDER, V.A. 2006. Capitulo I. Consideraciones básicas sobre la relación entre suelo-agua-planta. En: MEGH, R. G. Manejo de Riego por Goteo. Mayagüez, Puerto Rico.
- LÓPEZ-GÓMEZ, V., JIMÉNEZ-CEDILLO, L. Y., BLANCO-BECERRIL, M. Á. & CANO-SANTANA, Z. 2009. Ecología de la comunidad de artrópodos asociados a *Muhlenbergia robusta* (Poaceae). En: LOT, H. A. & CANO-SANTANA, Z. (eds.) *Biodiversidad del ecosistema del Pedregal de San Ángel*. México: UNAM.
- MAGURRAN, ANNE, E. 2004. *Measuring biological diversity*. Blackwell Science. Oxford.
- MEAVE, J., CARABIAS, J., ARRIAGA, V. & VALIENTE-BANUET, A. 1994. *Observaciones fenológicas en el Pedregal de San Ángel*. En: Rojo, A. (Comp.) 1994. *Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel: Ecología, Historia Natural y Manejo*, México, UNAM.
- MODY, K., EICHENBERGER, D. & DORN, S. 2009. Stress magnitude matters: different intensities of pulsed water stress produce non-monotonic resistance responses of host plants to insect herbivores. *Ecological Entomology*, 34, 133-143.
- POZOS H., B. A. 1991. *Relaciones hídricas internas en Senecio praecox D.C. y Buddleia cordata H.B.K. de la Reserva del Pedregal de San Angel*. Licenciatura, UNAM.
- RICKLEFS, R. E. 1976. *The economy of Nature. A textbook in basic ecology*, New York, USA., Chiron Press Incorporated.
- RUVALCABA, L., CANO-SANTANA, Z., SÁNCHEZ-GALLÉN, I., TOVAR-SÁNCHEZ, E., ANAYA-MERCHANT, C. & FIGUEROA-CASTRO, D. M. 2009. Estructura de la comunidad de invertebrados epífitos asociados a *Verbesina virgata* (Asteraceae). En: LOT, A. & CANO-SANTANA, Z. (eds.) *Biodiversidad del ecosistema del Pedregal de San Ángel*. México: UNAM.
- RZEDOWSKI, G.C Y J. RZEDOWSKI 2001. Flora fanerogámica del Valle de México. 2ª edición. Instituto de Ecología, A.C, y Comisión Nacional para el conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Pátzcuaro, Mich.
- SCHEIRS, J. & BRUYN, L. D. 2005. Plant-mediated effects of drought stress on host preference and performance of a grass miner. *OIKOS*, 108, 371-385.

- SCHOONHOVEN, L. M., JERMY, T. & LOON, J. J. A. V. 1998. *Insect-Plant Biology. From physiology to evolution*, London, Chapman & Hall.
- SEOÁNEZ, C. M. 2002. *Tratado de climatología aplicada a la ingeniería medioambiental. Análisis climático. Uso del análisis climático en los estudios medioambientales*, Madrid, España, Ediciones Mundi-Prensa.
- TALBOT, T. R., NEILS, S. C. & WHITHAM, T. G. 2008. Arthropod community diversity and trophic structure: a comparison between extremes of plant stress. *Ecological Entomology*, 33, 1-11.
- TERRADAS, J. 2001. *Ecología de la vegetación. De la ecofisiología de las plantas a la dinámica de las comunidades y paisajes*, Barcelona, Ediciones Omega.
- TINOCO, O. C. L. 1986. *Relaciones hídricas en especies de Piper de diferentes microhábitats en una selva alta perennifolia*. Doctoral, UNAM.
- TORRES, R., SQUEO, F.A., JORQUERA, C. 2002. Evaluación de la capacidad estacional de utilizar eventos de precipitación en tres especies de arbustos nativos de Chile con distintos sistemas radiculares. *Revista Chilena de Historia Natural*, 75, 737-749.
- WANG, D., RAJA, N. U., TRUBEY, C. M., JUOMPAN, L. Y., LUO, M., WORARATANHARM, J., DEITZ, S. B., YU, H., SWAIN, B. M., MOORE, K. M., PRATT, W. D., HART, M. K. & DONG, J. Y. 2006. Development of a cAdVax-based bivalent Ebola Virus vaccine that induces Immune Responses against both the Sudan and Zaire Species of Ebola Virus. *Journal of Virology*, 80, 2738-2746.
- WHITE, T. C. R. 1969. An Index to Measure Weather-Induced Stress of Trees Associated With Outbreaks of Psyllids in Australia. *Ecology*, 50, 905-909.
- ZAR, J. H. 2010. *Biostatistical Analysis*, Upper Saddle River, Prentice Hall.