



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE  
MORELOS

---

---



CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN  
BIODIVERSIDAD Y CONSERVACIÓN

EFFECTO DE LA ESPECIE DE ÁRBOL SOBRE LA COMPOSICIÓN  
DE HERBÁCEAS DEL SOTOBOSQUE DEL BOSQUE TROPICAL  
CADUCIFOLIO DE TEPOZTLÁN, MORELOS.

**TESIS**

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:  
MAESTRO EN BIOLOGÍA INTEGRATIVA DE  
LA BIODIVERSIDAD Y LA CONSERVACIÓN

PRESENTA: BIOL. ROBERTO FRANCISCO JIMÉNEZ SALMERÓN

DIRECTOR: DRA. SUSANA VALENCIA DÍAZ

Cuernavaca, Morelos

MAYO, 2019

## Contenido

RESUMEN .....	6
INTRODUCCIÓN.....	7
ANTECEDENTES .....	11
<b>Alelopatía</b> .....	11
<b>Alelopatía y fitoquímica de las especies de estudio</b> .....	14
<b>Descomposición de hojarasca</b> .....	21
<b>Interacciones de los árboles con otros gremios de plantas</b> .....	24
HIPÓTESIS .....	25
OBJETIVO GENERAL.....	26
<b>OBJETIVOS PARTICULARES</b> .....	26
MATERIALES Y MÉTODOS.....	27
<b>Descripción de las especies de estudio</b> .....	28
<b>Patrones de asociación entre especies de árboles y herbáceas</b> .....	32
<b>Obtención de lixiviados y pruebas de germinación</b> .....	35
<b>Análisis de datos</b> .....	37
RESULTADOS .....	39
<b>Patrones de asociación entre especies de árboles y herbáceas</b> .....	40
<b>Experimentos de germinación</b> .....	60
DISCUSIÓN .....	65
<b>Patrones de asociación entre especies de árboles y herbáceas</b> .....	65
<b>Experimentos de germinación</b> .....	69
CONCLUSIONES.....	72

PERSPECTIVAS..... 73

BIBLIOGRAFIA..... 74

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> Revisión fitoquímica de las tres especies de estudio <i>Bursera copallifera</i> (facilitador), <i>Ipomoea murucoides</i> (limitante) y <i>Sapium macrocarpum</i> (neutro) utilizadas en las pruebas de germinación. ....	16
<b>Cuadro 2.</b> Tendencia de la interacción entre arboles con epifitas y lianas .....	25
<b>Cuadro 3.</b> Promedio, mínimo y máximo DAP (cm) de las especies consideradas en este trabajo.....	33
<b>Cuadro 4.</b> Escala de cobertura-abundancia de Westhoff y Van der Maarel (1978)...	34
<b>Cuadro 5.</b> Lista de especies de hierbas encontradas bajo la copa de <i>Bursera copallifera</i> (facilitadora), <i>B. fagaroides</i> (limitante), <i>B. glabrifolia</i> (facilitadora) y en cuatro orientaciones. Para cada especie se muestra la cobertura promedio, seguida de la desviación estándar.....	42
<b>Cuadro 6.</b> Lista de especies de hierbas encontradas bajo la copa de <i>Conzattia multiflora</i> (limitante), <i>Ipomoea murucoides</i> (limitante), <i>Ipomoea pauciflora</i> (limitante) y <i>Sapium macrocarpum</i> (neutra) y en cuatro orientaciones. Para cada especie se muestra la cobertura promedio, entre paréntesis la desviación estándar. ....	48
<b>Cuadro 7.</b> Riqueza observada y observada (Chao 2.) en siete especies de árboles del bosque tropical caducifolio de San Andrés de la Cal, Tepoztlán, Morelos. Se muestran los límites de los intervalos de confianza al 95%. ....	54
<b>Cuadro 8.</b> Promedios ( $\pm$ desviación estándar) de la cobertura del dosel, de la profundidad del mantillo (cm), del porcentaje de suelo desnudo, roca y riqueza de especies de hierbas encontradas en cuadros de muestreo bajo siete especies de árboles y en cuatro orientaciones.....	57
<b>Cuadro 9.</b> Riqueza promedio de hierbas encontrada en siete especies de árboles y cuatro orientaciones en estos. La riqueza está ordenada ascendentemente y se muestran las diferencias significativas entre tratamientos de acuerdo a los grupos homogéneos de medias obtenidos con la prueba de comparaciones múltiples de Tukey (Zar 2010). ....	58
<b>Cuadro 10.</b> Resultados de las análisis de varianza.....	59
<b>Cuadro 11.</b> Tabla del análisis de covarianza. ....	62

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Especies de estudio, a) <i>Bursera copallifera</i> , b) <i>Bursera glabrifolia</i> , c) <i>Ipomoea murucoides</i> , d) <i>Conzattia multiflora</i> , e) <i>Ipomoea pauciflora</i> , f) <i>Sapium macrocarpum</i> , g) <i>Bursera fagaroides</i> .....	28
<b>Figura 2.</b> Imagen del cuadrante de cada punto cardinal de en los individuos de las especies de estudio. ....	34
<b>Figura 3.</b> Especies de herbáceas representativas de la zona de estudio. En a) <i>Bidens bigelovii</i> , en b) <i>Sanvitalia procumbens</i> , en c) <i>Proboscidea louisianica</i> , en d) <i>Melampodium divaricatum</i> , en e) <i>Crussea sp.</i> en f) <i>Cuphea koehneana</i> , en g) <i>Macroptilium gibbosifolium</i> , en h) <i>Salvia longispicata</i> , en i) <i>Delilia biflora</i> , en j) <i>Mimosa affinis</i> y en k) <i>Senna uniflora</i> .....	41
<b>Figura 4.</b> Curvas suavizadas de acumulación de las especies de hierbas que crecen bajo la copa de siete especies de árboles. ....	55
<b>Figura 5.</b> Porcentaje de germinación en relación con los extractos de las especies estudiadas <i>Bursera copallifera</i> , <i>Sapium macrocarpum</i> , <i>Ipomoea murucoides</i> y con el control (agua destilada). ....	61
<b>Figura 6.</b> Porcentaje de germinación en relación con los extractos de las especies estudiadas <i>Bursera copallifera</i> , <i>Sapium macrocarpum</i> , <i>Ipomoea murucoides</i> y con el control (agua destilada). ....	62
<b>Figura 7.</b> Efecto de la descomposición de la hojarasca al paso del tiempo en los 3 experimentos de germinación de <i>Lactuca sativa</i> con los extractos de las especies de estudio y el control. ....	64

## RESUMEN

Los árboles son la forma de vida dominante de los bosques, así que atributos como su arquitectura, fenología, composición química de sus cortezas y exudados, determinarían la diversidad de otros gremios. Particularmente, la identidad de los árboles puede influir en las especies del sotobosque. El objetivo de este trabajo fue determinar si existe una asociación entre especies de árboles facilitadores, neutros o limitantes con la composición de especies herbáceas de cada grupo de árboles, en el bosque tropical caducifolio de Tepoztlán, Morelos. Se seleccionaron 10 individuos de las siete especies de árboles más abundantes (*Bursera copallifera*, *B. fagaroides*, *B. glabrifolia*, *Conzattia multiflora*, *Ipomoea muruoides*, *I. pauciflora*, *Sapium macrocarpum*), en cada árbol se midió la cobertura de las herbáceas por medio de cuadrantes de 0.5m<sup>2</sup>. También se colectó la hojarasca de *B. copallifera* (especie facilitadora), *I. muruoides* (especie limitante) y *Sapium macrocarpum* (especie neutral), para obtener los lixiviados y realizar experimentos de germinación en semillas de la hierba *Lactuca sativa*. Se reconocieron en total a 91 especies (41 se identificaron a nivel de especie, 26 a nivel de género y 24 a nivel de familia). Las familias con mayor número de especies fueron Fabaceae (16%) seguida de Asteraceae (9.5%) y Euphorbiaceae (7.5%). No se encontró relación de las especies de árboles, la cobertura del dosel y profundidad del mantillo con las especies del sotobosque. La germinación de *L. sativa* se vio afectada en primer lugar por lixiviados de *I. muruoides*, seguida de lixiviados de *S. macrocarpum* y no hubo efecto de *B. copallifera*. En este estudio no se encontró que la identidad del árbol determinara la presencia de las especies del sotobosque. Pero se corroboró que *I. muruoides* tiene propiedades alelopáticas, al inhibir la germinación de semillas de la especie modelo *L. sativa*, lo que permite suponer que podría ejercer alelopatía sobre semillas de especies herbáceas simpátricas. Se sugiere hacer estudios específicos al respecto.

## INTRODUCCIÓN

Los árboles son la forma de vida dominante de los bosques, así que atributos como su arquitectura, fenología, la composición química de su corteza y de sus exudados determinan la diversidad de otros gremios, especialmente si una especie de árbol domina el bosque o para los gremios que habitan sobre él o en la inmediación de su copa o en su rizosfera (Barbier *et al.*, 2008; Valencia-Díaz *et al.*, 2010); los mecanismos a través del cual los árboles influyen en otras plantas son la competencia, el amensalismo y la facilitación (Callaway 2005). La competencia (-/-) ocurre cuando algunos organismos se ven afectados mutuamente una reducción en su fecundidad, supervivencia o crecimiento como resultado de la explotación de recursos limitados (Begon, 1996). El amensalismo (0/-) es la interacción en la que una especie impide o limita la existencia de otra, y no es afectada. Mientras que la facilitación (0/+) ocurre cuando una especie mejora la supervivencia, crecimiento o estado general de otra, sin costos negativos para el facilitador (Callaway, 1995; Stachowicz 2001).

La alelopatía de las plantas se ha entendido ampliamente como los efectos nocivos (amensalismo) de una planta en otra planta debido a sustancias químicas que se liberaron al medio ambiente, especialmente en el ambiente del suelo (Wang 2013). La Sociedad Internacional de Alelopatía (1996); la alelopatía se define como cualquier proceso que involucre metabolitos secundarios producidos por plantas, algas, bacterias y hongos que influyan sobre el crecimiento y desarrollo de otros sistemas biológicos. Con base en esta definición, a través de mecanismos alelopáticos se inhibe o facilita el crecimiento, en este caso, de otras plantas, ya sea intra o inter-específicamente. Los compuestos alelopáticos son productos del metabolismo secundario, elaborados por las plantas y liberados al ambiente a través de la volatilización, lixiviación, exudación radicular y descomposición de residuos de plantas incorporados al suelo (Shou y Yu

2006). La mayor evidencia que se tiene reportada es sobre los efectos negativos de la alelopatía, por ejemplo, se conoce que el árbol *Pinus halapensis* inhibe la germinación de semillas de la hierba *Linum strictum*, a través de los alelopáticos generados durante el proceso de descomposición de sus acículas (Fernández et al. 2006).

Para las plantas del sotobosque, los árboles determinan el microclima y modifican las propiedades del suelo. Así que es posible que la identidad de la comunidad de plantas del sotobosque esté influenciada por la especie de árboles que lo cobija, de forma que los árboles puedan facilitar o limitar a través de mecanismos alelopáticos a diferentes grupos de herbáceas.

El efecto de los árboles en las plantas del sotobosque está determinado por la influencia del árbol en el medio físico (*e.g.* luz), en la disponibilidad de agua, de nutrientes del suelo, en características físicas del suelo y la presencia de compuestos fitotóxicos de la hojarasca del árbol (Barbier *et al.*, 2008). La luz influye de diferentes maneras en el sotobosque, ya que tanto la luz, como la humedad y temperatura del aire están estrechamente relacionadas con la estructura del dosel, especialmente con su altura, densidad (Sharpe *et al.*, 1996), y la variación del follaje entre las especies de árboles (Barbier *et al.*, 2008), lo que genera diferentes microclimas en el sotobosque.

Los requerimientos de nutrimentos y pH difieren entre especies del sotobosque (*e.g.* Wherry, 1927). Asimismo, el contenido de nutrimentos del suelo puede ser influido por la hojarasca, ya que la composición de nutrimentos de la hojarasca varía entre las especies de árboles (Parker, 1983; Augustoet *al.*, 2002). Por lo tanto, las diferencias en la diversidad o composición del sotobosque, a menudo se han considerado como una consecuencia de las diferencias en la capa superficial del suelo.

La hojarasca también tiene efectos físicos en la vegetación del sotobosque, al quedar debajo, la luz que llega a las semillas es menor o de diferente longitud de onda (Hamrick y Lee, 1987; Facelli y Pickett, 1991b; Valencia-Díaz y Montaña, 2003; Ellworth *et al.*, 2004). También tiene efectos en el desarrollo del sotobosque porque influye en las condiciones microclimáticas en el suelo, como humedad (Facelli y Kerrigan, 1996; Graae y Heskjaer, 1997) y temperatura (MacKinney, 1929; Barkman, 1992; Estes-Martínez y Gil-Pelegrin, 2004). La cantidad de hojarasca está determinada principalmente por el balance entre producción y descomposición (Staelens *et al.*, 2003), que es influenciado por el clima (Bray y Gorham, 1964) y por la densidad del follaje de la copa del árbol (Facelli y Pickett, 1991).

En el bosque tropical caducifolio de San Andrés de la Cal, Tepoztlán, Morelos, la interacción entre las plantas epífitas y los árboles ha sido bien documentada y hay árboles tanto inhibidores (amensales) como facilitadores (Vergara-Torres *et al.*, 2010). En este bosque se ha encontrado que los árboles pueden ser amensales a través de la liberación de compuestos alelopáticos (Valencia-Díaz *et al.*, 2010, 2013) o la baja captura de semillas (Victoriano-Romero, 2011). El hecho de que los árboles de este bosque contengan sustancias alelopáticas que son liberadas por lavado de la corteza, y que los suelos sean someros, sugiere que también podrían tener un efecto en la comunidad de plantas (e.g. herbáceas) del sotobosque. En este bosque no hay datos que muestren si la composición de herbáceas está determinada por la identidad taxonómica de la especie de árbol bajo el que crece, de ser así las modificaciones en la composición de árboles no sólo modificaría a la comunidad de epífitas (Valencia-Díaz *et al.*, 2010; Vergara-Torres *et al.*, 2010) sino también a la de herbáceas. Por lo que en este trabajo se pretende determinar si existen patrones de asociación entre las especies de herbáceas del sotobosque y la de árboles del bosque tropical caducifolio,

así como explorar el potencial alelopático de tres especies arbóreas representativas de este tipo de bosque.

## ANTECEDENTES

La estructura y la productividad de las comunidades vegetales están influenciadas por las interacciones que las plantas mantienen con otros organismos o con ellas mismas. Dentro de estas interacciones está la interferencia por recursos y la interferencia química (Callaway y Walker 1997, Klanderud and Totland 2005, Ridenour y Callaway 2001). La competencia entre plantas involucra la reducción en la disponibilidad de algún recurso del entorno debida a su utilización por al menos dos individuos que comparten el mismo hábitat. Entre estos recursos se pueden mencionar el agua, los nutrientes minerales y la luz (Grace y Tilman, 1990). Por otro lado, la interferencia química se refiere a la mediación de las interacciones planta-planta por aleloquímicos, tal es el caso de la alelopatía (Molish 1937).

### **Alelopatía**

El término alelopatía proviene de los vocablos griegos *allelon* (uno al otro) *pathos* (sufrir), y textualmente puede interpretarse como los efectos perjudiciales de uno sobre otro individuo. El termino alelopatía fue usado por primera vez por Hans Molisch a finales de la década de 1930, el cual la definió como la influencia de una planta sobre otra a través de la liberación de sustancias químicas en el medio ambiente (Molish 1937). Posteriormente, se explicó como cualquier efecto perjudicial o benéfico, directo o indirecto, de una planta (incluidos los microorganismos) sobre otra a través de la producción de compuestos químicos que se liberan en el medio ambiente (Rice 1984). En 1996, la Sociedad Internacional de Alelopatía estableció que alelopatía se refiere a: "Cualquier proceso que involucre metabolitos secundarios producidos por plantas, algas, bacterias y virus que influyan en el crecimiento y desarrollo de sistemas agrícolas y biológicos; un estudio de la función de los metabolitos secundarios, su importancia en la

organización biológica, su origen evolutivo y la elucidación de los mecanismos implicando las interacciones planta-planta, planta-microorganismo, planta-virus, planta-insecto, planta-suelo-planta” (Mallik e Inderjit 2002). Para propósito de este trabajo, se considerará el término alelopatía que involucra la interacción entre plantas.

Existe numerosa información generada sobre la importancia de la alelopatía en las comunidades vegetales, por ejemplo, Ido Izhaki (2002) realizó un estudio sobre la antroquinona emodina. Este metabolito secundario se ha obtenido de distintos órganos de especies pertenecientes a 17 familias como: Asteraceae, Fabaceae, Poaceae, Polygonaceae, Rhamnaceae, y Simaroubaceae. La antroquinona emodina en los órganos vegetativos puede ayudar a proteger a las plantas contra herbívoros, patógenos, competidores y factores abióticos extrínsecos (e.g, altas intensidades de luz). Pero también ejerce efectos negativos, como la inhibición del crecimiento de plántulas de lechuga (*Lactuca sativa*), amaranto verde (*Amaranthus viridis*) y heno de fleo (*Phleum pratense*). Por lo tanto, se ha sugerido que la antroquinona emodina influye en la composición de herbáceas mediante la supresión de la geminación (Boudreau y Wilson, 1992).

Huang y colaboradores (2000) investigaron el contenido fenólico en la descomposición de las raíces del tocón del abeto chino (*Cunninghamia lanceolata*), ellos probaron los efectos de los exudados de raíces en plántulas de la misma especie y encontraron que existe una reducción en la germinación de semillas de esta especie, así como en el crecimiento de sus plántulas.

Ens y colaboradores (2009) investigaron el efecto de los extractos de las hojas y raíces de una planta exótica (*Chrysanthemoides monilifera*) y una planta nativa (*Acacia longifolia*), de el sur de las costas de Australia. Ellos realizaron experimentos de bioensayo con los extractos de las partes

vegetales de las especies de estudio, lo que facilitó la detección y demarcación de fitotoxicidad, alelopatía directa y alelopatía indirecta. Encontraron que los extractos de las partes vegetales de *Chrysanthemoides monilifera* y *Acacia longifolia* tienen el potencial de inhibir químicamente el establecimiento de plantas nativas. *Chrysanthemoides monilifera* inhibió la germinación de semillas del árbol *Banksia integrifolia* y de las herbáceas *Actites megalocarpa*, *Lomandra longifolia* e *Isolepis nodosa*. Mientras que *Acacia longifolia* inhibió la germinación de *Banksia integrifolia*, *Lomandra longifolia* e *Isolepis nodosa*. Por lo cual en su estudio concluyen que la interferencia química entre plantas puede influir en la composición de la comunidad y el dominio de las especies.

Saha y colaboradores (2018) realizaron una revisión acerca de investigaciones acerca de los compuestos químicos alelopáticos presentes en el mantillo del suelo. Los estudios se han centrado en los cultivos de cobertura y sus residuos con énfasis en cultivos agronómicos. Se sabe que el mantillo suprime el crecimiento de malezas a través de la exclusión de la luz, creando una barrera física o reduciendo la humedad disponible para las semillas dentro de las capas de mantillo (Chalker-Scott, 2007). Mencionan que la producción de alelopáticos y la cantidad varían dentro de las especies de plantas, sus edades, órganos y épocas del año. Debido a un alto grado de variabilidad tanto en el potencial alelopático como en la respuesta de las especies de malezas reportadas, es importante que los investigadores identifiquen las características clave de los materiales usados (e.g. especie de planta, edad, parte usadas) y los procedimientos de cosecha y manipulación antes de la experimentación. Ellos concluyen que es importante identificar la actividad de estos compuestos en especies de malezas económicamente importantes, en lugar de especies de bioensayo como la lechuga o el rábano, también sería beneficioso desde una perspectiva de manejo de malas hierbas.

Melners y colaboradores (2017) realizaron un estudio para determinar si las interacciones con diferentes comunidades microbianas del suelo pueden afectar las interacciones alelopáticas. En este experimento se utilizaron cuatro especies de herbáceas, *Solidago canadensis*, *Solidago rugosa*, *Aster novae* y *Aster pilosus*. Utilizaron tejidos foliares de estas plantas para determinar los efectos de la comunidad microbiana del suelo sobre la química de la planta y el potencial alelopático mediante una serie de bioensayos. Encontraron que en general, los extractos de plantas inhibieron hasta en un 80% (intervalo 25-80%) la germinación de semillas de la especie modelo herbácea *Raphanus sativus*. Sus resultados demostraron claramente que las comunidades microbianas del suelo causan cambios en la química del tejido foliar, mismos que alteraron sus propiedades alelopáticas. Sugieren que sus hallazgos representan un nuevo mecanismo de retroalimentaciones planta-suelo que puede estructurar las comunidades de plantas perennes en escalas espaciales muy pequeñas y que deben explorarse con mucho más detalle. Las plantas cultivadas en ausencia de una comunidad microbiana viva tenían un mayor potencial alelopático, lo que sugiere que las interacciones con los microbios del suelo hacen que las plantas reduzcan la producción de aleloquímicos.

## **Alelopatía y fitoquímica de las especies de estudio**

Se ha reportado que *Ipomoea murucoides* (limitante) es una especie arbórea alelopática en plantas epífitas como *Tillandsia recurvata*. Se reporta que el extracto diclorometánico de corteza de *I. murucoides* inhibe hasta el 58% la germinación de semillas de esta epífita, mientras que los extractos acuosos y diclorometanos de *Bursera copallifera* inhibieron ligeramente la germinación de *T. recurvata* (Valencia-Díaz et al. 2010). Estos resultados

fueron corroborados por Flores-Palacios y colaboradores (2015), quienes encontraron que se inhibe cerca del 60% la germinación de semillas de *T. recurvata*.

Los compuestos alelopáticos son productos del metabolismo secundario, elaborados por las plantas y liberados al ambiente a través de la volatilización, lixiviación, exudación radicular y descomposición de residuos de plantas incorporados al suelo (Shou y Yu (2006).

**Cuadro 1.** Revisión fitoquímica de las tres especies arbóreas de estudio *Bursera copallifera* (facilitador), *Ipomoea murucoides* (limitante) y *Sapium macrocarpum* (neutro) utilizadas en las pruebas de germinación.

Especie	Compuesto químico	Actividad biológica	Fuente
<i>Bursera copallifera</i>	alfa.-cubebene	Alelopático	Factores ambientales que influyen en la germinación de semillas de orquídeas y bromelias epífitas (Valencia 2007)
	.beta.-pinene	Alelopático	
	1H-Ciclopental(1,3)ciclopropanal(1,2)benceno,octahidro-7-metilo-3-metiletilo-4-(1- metiletilo), [3aS-(a.alpha.)]	Alelopático	
	1R-.alfa.-pinene	Alelopático	
	3,7,11,15-tetrametilo-2-hexadeceno-1-ol	Alelopático	
	Biciclo[3.1.1]hept-3-en-2-ol,4,6,6-trimetilo-,[1S-(1alfa.,2.beta.,5.alfa.)]-	Alelopático	
	Cariofileno	Alelopático	
	Óxido de cariofileno	Alelopático	
	Copaene	Alelopático	
	Ciclohexanometanol,4-etenil-.alfa.,alfa.,4-trimetilo-3-(1metiletenilo-),[1R- (1.alfa.,3.alfa.,4.beta.)]-	Alelopático	
	Eudesma-4(14), 11-diene	Alelopático	
	Hedicariol	Alelopático	
	Ácido hexacosanoico, éster metílico	Alelopático	
	Naftalina, 1,2,3,4,4a,5,6,8a-octahidro-7-metil-4-metileno-1-(1-metiletil)- ,(1.alfa.,4a.alfa.,8a.alfa.)	Alelopático	
	ácido n-hexadecanoico	Alelopático	
	Ácido octanosanoico, éster metílico	Alelopático	
	Ácido oleico	Alelopático	
Ácido tetracosanoico, éster metílico	Alelopático		
Triciclo[5,4,0.02,8]undec-9-ene,2,6,6,9-tetrametil-	Alelopático		

Especie	Compuesto químico	Actividad biológica	Fuente
	Triciclo[5.2.2.0(1,6)]undecano-3-ol,2-metileno-6,8,8-trimetil-	Alelopático	
	hexano, acetato de etilo y metanol	Defensa contra herbívoros	Efectos de extractos orgánicos de hojas de <i>Bursera copallifera</i> y <i>B. lancifolia</i> en el desarrollo de <i>Spodoptera frugiperda</i>
	$\alpha$ -Thujene	Componente volátil	Germacrene D, un sesquiterpeno común en el género <i>Bursera</i> (Burseraceae)
	$\alpha$ -Pinene	Componente volátil	
	$\alpha$ -felandreno	Componente volátil	
	$\alpha$ -Copaneno	Componente volátil	
	$\beta$ -Cariofileno	Componente volátil	
	$\alpha$ -Humuleno	Componente volátil	
	Germacrene D	Componente volátil	
	Biciclogermacrene	Componente volátil	
	aringina (glucósido de flavanona)	Experimental medicina	Flavonoides de trece especies del género <i>Bursera</i> con potencial antioxidante
	3-epilupeol formiate	Experimental medicina	Efectos antiinflamatorios y antioxidantes de seis triterpenos pentacíclicos aislados de la resina de copal mexicana de <i>Bursera copallifera</i>

Especie	Compuesto químico	Actividad biológica	Fuente
	$\alpha$ -amyrin acetate	Experimental medicina	
	3-epilupeol acetate	Experimental medicina	
	Lupenone	Experimental medicina	
	3-epilupeol	Experimental medicina	
	$\alpha$ -amyrin	Experimental medicina	
<i>Ipomoea murucoides</i>	psi.,psi.-caroteno, 7,7,8,8,11,11,12,12,15,15-decahidro-	Alelopático	Factores ambientales que influyen en la germinación de semillas de orquídeas y bromelias epífitas (Valencia 2007)
	1H-Ciclopental(1,3)ciclopropanal(1,2)benceno,octahidro-7-metil-3-metileno-4-(1-	Alelopático	
	Escualeno	Alelopático	
	3,7,11,15-tetramethyl-2-hexadeceno-1-ol	Alelopático	
	Copaene	Alelopático	
	Eicosen-1-ol,cis-9-	Alelopático	
	Lupeol	Alelopático	
	ácido n-hexadecanoico	Alelopático	
	Octadec-9Z-enol	Alelopático	
	Ácido propanoico, 2-metil-, decil éster	Alelopático	
	murucoidinas 1-5 (1-5)	Alelopático	Revisión del género <i>Ipomoea</i> : usos tradicionales, química y actividades biológicas.

Especie	Compuesto químico	Actividad biológica	Fuente
	murucoidinas 1-5 (1-5),	Alelopático	Resina glucósidos de las flores de <i>Ipomoea murucoides</i>
	ácido simónico B	Alelopático	
	ácido operculínico A	Alelopático	
	2-metilpropanoico	Alelopático	
	murucoidinas XII	Experimental medicina	Agentes tetrasacáridos modificadores de la resistencia bacteriana de <i>Ipomoea murucoides</i>
	murucoidinas XVI	Experimental medicina	
	ácido 11-hidroxihexadecanoico	Experimental medicina	Moduladores de la actividad antibiótica de <i>Ipomoea murucoides</i>
	murucoidinas XVII	Experimental medicina	
	murucoidinas XIX	Experimental medicina	
<i>Sapium macrocarpum</i>	Lupeol	Experimental medicina	Tonantzitlolona A y otros componentes citotóxicos de <i>Sapium macrocarpum</i> (Euphorbiaceae)
	Lupenona	Experimental medicina	
	Sitostenona	Experimental medicina	
	β-sitosterol	Experimental medicina	

Especie	Compuesto químico	Actividad biológica	Fuente
	estigmasterol	Experimental medicina	
	$\beta$ -D-glucopiranosido de sitosterilo	Experimental medicina	
	tonantzitlolona A	Experimental medicina	

## **Descomposición de hojarasca**

El proceso de descomposición de la materia orgánica en el suelo influye en el ciclo de nutrientes de un ecosistema. Aproximadamente 80% de la degradación de la hojarasca es realizada por microorganismos, siendo los hongos uno de los principales agentes (Jensen 1974). La descomposición de hojarasca en los ecosistemas terrestres está regulada también por otros factores, entre ellos, la humedad, temperatura, calidad de la hojarasca, tipo de suelo y naturaleza del residuo (Castellanos-Barliza et al 2005). Los residuos vegetales en descomposición también liberan sustancias alelopáticas, éstas pueden inactivarse a través de su transformación por factores físicos o por acción de los microorganismos del suelo (Wang et al. 2008).

Con base en lo anterior, Mazzoleni y colaboradores (2007) proponen que la diversidad vegetal de una comunidad puede estar determinada por la descomposición y diversidad de la hojarasca. Comunidades donde hay dominancia de una especie, generarán una pobre diversidad de hojarasca y de organismos descomponedores del suelo. Lo anterior deriva en tasas lentas de descomposición y generación de autotoxicidad o retroalimentación negativa (i. e. pastizales, sistemas agrícolas de monocultivo). Por el contrario, a mayor diversidad de hojarasca habrá mayor diversidad de organismos descomponedores y menor autotoxicidad. Sin embargo, ellos comentan que esta teoría no es única al explicar patrones de riqueza de especies sino que integra otras hipótesis, como la hipótesis de perturbación y la teoría del equilibrio inmigración/extinción (Connell 1978, McArthur y Wilson 1967, Hubbell 2001).

Bonanomi y colaboradores (2006) realizaron un estudio de la descomposición de residuos vegetales de 25 especies de plantas de diferentes comunidades mediterráneas. El estudio tuvo como objetivo abordar la fitotoxicidad del material vegetal de diferentes grupos funcionales

(fijadores de nitrógeno, herbáceas), en condiciones aeróbicas y anaeróbicas sobre *Lepidium sativum*. Encontraron que la inhibición de la longitud de la raíz de *Lepidium sativum* se vio significativamente afectada por las condiciones de descomposición, los materiales vegetales (raíz, hojas) y los grupos funcionales de las especies. También hubo interacciones significativas entre las condiciones y el tiempo de descomposición y entre las condiciones de descomposición y los grupos funcionales de las especies. Las hojas fueron más fitotóxicas en comparación con las raíces y esto fue evidente en la etapa inicial del proceso de descomposición. En condiciones anaeróbicas la fitotoxicidad aumentó.

Turk y colaboradores (2003) determinaron el efecto de extractos acuosos de hojas, tallos, flores y raíces de mostaza negra (*Brassica nigra*) sobre la germinación y el peso seco del hipocótilo y la longitud de la radícula de plántulas de alfalfa (*Medicago sativa*). Ellos obtuvieron como resultado que todos los extractos acuosos inhibieron significativamente la germinación de semillas de alfalfa y el crecimiento de plántulas en comparación con el control de agua destilada. Ellos clasificaron la toxicidad en orden de inhibición decreciente: flor, hoja, mezcla de todas las partes de la planta, raíz y tallo. Los extractos acuosos de flores inhibieron la capacidad de absorción de agua de plántulas de alfalfa.

Corona y colaboradores (2011) estudiaron el efecto de extractos de hojarasca de especies invasoras arbóreas (*Ulmus pumila*, *Robinia pseudoacacia*, *Ailanthus altissima*) y nativas (*Populus alba*) sobre la germinación de cuatro especies herbáceas (*Brachypodium phoenicoides*, *Brachypodium sylvaticum*, *Dactylis glomerata* y *Chenopodium album*). Encontraron que la velocidad de germinación de *B. phoenicoides* y *B. sylvaticum* disminuyó en respuesta a la adición de extractos tanto de las especies invasoras y nativas, excepto para el *Ulmus pumila*. La germinación de *Chenopodium album* no disminuyó con extractos de las especies

invasoras, pero sí en respuesta a extractos de la especie nativa. La velocidad de germinación de *Dactylis glomerata* disminuyó con extractos de las especies invasoras. En general, la velocidad de germinación de las semillas de las herbáceas fue más sensible que la germinación *per se*, ya que estas especies aun así germinaban.

De long y colaboradores (2016) investigaron la descomposición de la hojarasca y la liberación de nutrientes posterior al incendio en un gradiente sucesional de un bosque boreal. La hojarasca fue de tres tipos de especies vegetales los arbutos *Empetrum hermaphroditum*, y *Vaccinium myrtillus* y el árbol *Pinus sylvestris* en tres etapas sucesionales (temprano, medio, tardío) a lo largo de una cronosecuencia de sucesión posterior al incendio en el bosque boreal después de un año de descomposición. Después de un año completo de descomposición, la pérdida de masa de la hojarasca se vio afectada por la posición de la bolsa de hojarasca, la especie de hojarasca y las interacciones entre la eliminación de arbustos y la especie de hojarasca. La pérdida de masa fue aproximadamente 10% mayor de *P. sylvestris* y *E. hermaphroditum* en comparación con *V. myrtillus*. Sus hallazgos indican que la descomposición y la dinámica de nutrientes de la hojarasca son más fuertemente impulsadas por la composición funcional de la vegetación del sotobosque dominante y la identidad de la hojarasca que por la etapa de sucesión y el aumento de las temperaturas.

Alias y colaboradores (2008) encontraron que exudados del arbusto *Cistus ladanifer* disminuyen la riqueza y diversidad de herbáceas. Los compuestos mayoritarios cuantificados fueron flavonoides (fenoles) y diterpenos (terpenos). Ellos concluyen que tal vez estos compuestos serían responsables de limitar la regeneración del bosque.

## Interacciones de los árboles con otros gremios de plantas

Vergara-Torres y colaboradores (2010) estudiaron la distribución de las epifitas en sus árboles hospederos de un bosque tropical caducifolio San Andrés de la Cal, Tepoztlán de Morelos. Ellos encontraron que la mayoría de las especies de epifitas se concentraban solamente en tres especies de árboles y que había menor abundancia de epifitas en cinco especies. Por lo que ellos clasificaron cómo hospederos facilitadores a *Bursera bipinnata*, *B. copallifera* y *B. glabrifolia*. Los hospederos *Bunchosia canescens* y *Sapium macrocarpum* se clasificaron como neutros y los *Bursera fagaroides*, *Conzattia multiflora*, *Ipomoea murucoides*, *I. pauciflora* y *Lysiloma acapulcense* fueron limitantes. Ellos concluyen que el tamaño y características de la corteza (textura, apariencia de exfoliación) de los árboles no influyeron en la distribución y abundancia de las epifitas.

En la misma zona de estudio Valencia-Díaz y colaboradores (2010) realizaron un estudio sobre si la baja abundancia de las epifitas es resultado de la liberación de fitotóxicos de la corteza, por lo que obtuvieron extractos acuosos y orgánicos de corteza de *Ipomoea murucoides*, *I. pauciflora* y *Lysiloma acapulcense* (hospederos limitantes) y *B. copallifera* (hospedero facilitador). Ellos encontraron que los árboles hospederos limitantes *Ipomoea murucoides*, *I. pauciflora* y *Lysiloma acapulcense* inhibieron la germinación de semillas de la epífita *Tillandsia recurvata*.

Hernández-Bruno (2017) identificó las especies de lianas presentes en el bosque tropical caducifolio en Tepoztlán Morelos y su asociación con sus hospederos. Se encontró que, en general, los árboles se comportan como hospederos neutrales a excepción de algunas especies como *Cedrela odorata* y *Plumeria rubra* que son árboles facilitadores para algunas especies de lianas, mientras que *Bursera copallifera*, *B. glabrifolia*, *B. fagaroides*, *I. pauciflora* e *I. murucoides* son limitantes para algunas especies de lianas. No obstante, en otra subunidad de bosque las especies facilitadoras fueron

*Sapium macrocarpum* y *Trichilia hirta*, y las especies limitantes fueron *B. glabrifolia* y *Conzattia multiflora*.

En resumen, en el bosque tropical caducifolio del sitio de estudio y siguiendo la clasificación de Callaway et al. (2005) existen especies de árboles facilitadoras, limitantes y neutras para epífitas y lianas (Cuadro, 2; Vergara-Torres et al. 2010, Hernández-Bruno 2017), pero no se ha investigado si esta tendencia de interacciones también ocurre en las hierbas mediada por aleloquímicos (Valencia-Díaz et al. 2010).

**Cuadro 2.** Tendencia de la interacción entre arboles con facilitadores y limitantes

ÁRBOL	EPÍFITAS	LIANAS
<i>Bursera copallifera</i>	facilita	facilita
<i>Bursera glabrifolia</i>	facilita	facilita
<i>Bursera fagaroides</i>	limita	facilita
<i>Conzattia multiflora</i>	limita	limita
<i>Ipomoea pauciflora</i>	limita	limita
<i>Ipomoea murucoides</i>	limita	limita
<i>Sapium macrocarpum</i>	neutro	facilita

## HIPÓTESIS

La composición de especies de herbáceas estará relacionada con la especie de árbol bajo el cual crecen y esto puede ser debido a mecanismos alelopáticos.

## **OBJETIVO GENERAL**

Determinar si existe asociación entre especies de árboles facilitadores (*Bursera copallifera*, *Bursera glabrifolia*), neutros (*Sapium macrocarpum*) o limitantes (*Bursera fagaroides*, *Conzattia multiflora*, *Ipomoea murucoides* e *Ipomoea pauciflora*) con la composición de especies herbáceas, así como explorar la existencia de los mecanismos alelopáticos de cada grupo de árboles, en el bosque tropical caducifolio de Tepoztlán, Morelos.

## **OBJETIVOS PARTICULARES**

1. Caracterizar la comunidad de herbáceas bajo siete diferentes especies de árboles (facilitadores, neutros limitantes) del bosque tropical caducifolio
2. Evaluar el potencial alelopático de *I. murucoides* (limitante), *Sapium macrocarpum* (neutra) y *Bursera copallifera* (facilitadora) en la germinación de semillas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Este trabajo se llevó a cabo en el ejido de San Andrés de la Cal Tepoztlán, Morelos, México, localizado a los 18°57'22.2" de latitud norte y los 99°06'50.2" de longitud oeste (Figura 1). La altitud varía entre los 1480 a 1670 m s.n.m. El clima predominante de San Andrés de la Cal es semiárido subhúmedo (A) Cw2 (W). Es del tipo más cálido de los templados subhúmedos, con lluvia en verano e invierno, donde la precipitación media anual es de 1200 mm y la temperatura promedio es de 20°C (Ruiz-Rivera, 2001). En este ejido la vegetación primaria dominante es bosque tropical caducifolio, que difiere por el tipo de suelo donde se desarrolla. En las zonas de suelo calizo, el bosque está compuesto por al menos 42 especies de plantas leñosas (DAP > 3 cm), de las cuales las especies más abundantes son *Sapium macrocarpum* Müll. Arg. (18% de los individuos) (Euphorbiaceae), seguida de *Bursera fagaroides* (Kunth) Engl. (15% de los individuos), *B. glabrifolia* (Kunth) Engl. (11% de los individuos) (Burseraceae), *Ipomoea pauciflora* M. Martens & Galeotti (10% de los individuos) (Convolvulaceae), *Conzattia multiflora* (B.L. Rob.) Standl. (7% de los individuos) (Fabaceae) e *I. murucoides* Roem. & Schult. (6% de los individuos) entre otros (Vergara-Torres *et al.*, 2010).

## Descripción de las especies de estudio



**Figura 1.** Especies de estudio, a) *Bursera copallifera*, b) *Bursera glabrifolia*, c) *Ipomoea murucoides*, d) *Conzattia multiflora*, e) *Ipomoea pauciflora*, f) *Sapium macrocarpum*, g) *Bursera fagaroides*.

*Bursera copallifera* (DC.) Bullock (Figura 1a)

*Bursera copallifera* (Burseraceae) se distribuye en sitios templados, presenta una distribución amplia, siendo una especie conspicua en el bosque tropical caducifolio. La especie *B. copallifera* se ubica en la sección *Bullockia*, es un árbol con hojas dispuestas en espiral imparipinnadas, sus hojas son tetrámeras, su fruto es una drupa bivalvada ovoide y sus semillas están cubiertas por un pseudoarilo de color rojo pálido. La especie florece de mayo a junio, y fructifica de julio a septiembre (Rzedowski, 1978; Medina y Calderón, 2004). Por otro lado, *B. copallifera* tiene importancia religiosa, comercial y medicinal, ya que la resina (copal) es usada como incienso para hacer ritos o ceremonias, y la corteza se usa para tratar golpes internos y aliviar los bronquios, o para hacer limpiezas (Rzedowski 2004). Desde el punto

de vista ecológico, esta resina le confiere protección contra herbívoros, parásitos y patógenos (Rzedowski et al., 2004).

*Bursera fagaroides* (Kunth) Engl. (Figura 1g)

*Bursera fagaroides* (Burseraceae) es un árbol o arbusto aromático; corteza gris, café o amarillenta que exfolia fácilmente. Tiene hojas pecioladas, imparipinnadas, foliolos de 1 a 7 pares, rara vez 9, láminas de los foliolos glabras en ambas superficies; inflorescencia en forma de racimos con pedúnculos cortos o bien, las flores son amarillo-verdosas, solitarias o en pares en las axilas de las hojas; flores unisexuales ocasionalmente hermafroditas; las masculinas comúnmente pentámeras pétalos de 3 a 6 mm de longitud, blanquecinos, estambres generalmente 10, a veces 6 u 8; flores femeninas similares en forma y tamaño a las masculina, pero generalmente trímeras, ovario sésil con tres lóculos, estambres por lo general presentes pero no son funcionales; fruto en forma de drupa. Habita bosque tropical caducifolio, florece de mayo a junio, la época de fructificación es de junio a octubre (Rzedowski, Medina y Calderón, 2004). Las plantas de esta especie pueden presentar sinatospermia; es decir, los frutos con sus semillas permanecen en el árbol hasta la siguiente temporada (Güttermann, 1994).

*Bursera glabrifolia*,(Kunth) Engl. (Figura 1b)

*Bursera glabrifolia* es un árbol que alcanza un tamaño de 3 a 9 m de altura, con la corteza gris; tiene una resina espesa, abundante, transparente y de olor agradable. Las hojas divididas en 9 a 11 foliolos, son opuestas, glabra, de color verde oscuro brillante en el haz y verde amarillento en el envés. Sus flores son pequeñas y agrupadas en racimos. Los frutos son rojos, y caulinares. Se encuentra en México, América Central e Indias Occidentales.

Crece en climas cálidos y semicálidos a una altitud entre los 550-650 m s.n.m., asociada a vegetación perturbada derivada de manglar y bosque tropical caducifolio, además de bosque espinoso. En Oaxaca, esta planta es usada como antigripal, contra calentura, reumas y en casos de debilidad (Rzedowski 2004).

*Conzattia multiflora* (B.L. Rob.) Standl. (Figura 1d)

*Conzattia multiflora* (Fabaceae) es característico del trópico seco de México. En el estado de Morelos, se conoce con el nombre común de guayacán. Es un árbol de 10 a 20 m de altura, y su tronco tiene un diámetro de entre 30 y 50 cm. El tronco tiene una corteza lisa, de color pardo-grisáceo. Las hojas son de 20-50 cm de longitud, con 10 a 20 pares de pinas y 20 a 50 folíolos, de entre 5 a 15 mm de longitud. Los folíolos son apiculados y redondeados en ambos lados. Las inflorescencias son de 10 a 20 cm de longitud; con flores amarillas y pedicelos de 5 a 10 mm de longitud. Los sépalos son glabros de aproximadamente 5 mm de longitud y los pétalos son elípticos-ovados de 7 a 10 mm de longitud, uno de ellos es oblongo, engrosado y estrecho. Los pétalos tienen algunos puntos rojos que podrían constituir guías de néctar. Los estambres son de 6 a 9 mm de longitud, con filamentos subtubulados y pilosos cerca de la base. El ovario es densamente piloso con un estilo elongado. Los árboles pierden sus hojas por completo durante el período de sequía, (diciembre a mayo), la floración ocurre antes de la temporada de lluvias (mayo-junio). Algunos individuos llegan a presentar hojas y flores durante esta temporada (Naturalista 2017).

*Ipomoea murucoides* Roem. & Schult. (Figura 1c)

*Ipomoea murucoides* (Convolvulaceae) es típico del bosque tropical caducifolio. Es un árbol de 2 a 13 m de altura, tronco hasta de 40 cm de diámetro; tallos jóvenes densamente lanuginosos (con pelos como lana), los maduros lisos y grisáceos, muy ramificados, con látex. Hojas, de hasta de

4.5 cm de largo. Inflorescencia monocasial (con una flor terminal y solo una lateral), axilares o concentradas en la punta de ramillas, pedúnculo (sostén de la inflorescencia) de 2 a 6 y hasta 14 mm de longitud, densamente tomentoso, pedicelos (sostén de las flores) generalmente más gruesos que los pedúnculos, de 1.2 a 3.2 cm de largo, densamente tomentosos. Flores: Sépalos (cáliz) desiguales, los exteriores oblongo-ovados de 15 a 24 y hasta 30 mm de longitud, los interiores de 14 a 20 mm de largo, estambres subiguales, blancos, inclusos (que no sobresalen del tubo) de 2.5 a 3.2 cm de largo, pubescentes en la base de los filamentos, pubérulos (pelos cortos) en la porción distal (zona más alejada de los estambres); estilo de 2.4 a 3 cm de largo, glabro (sin pelos), estigma capitado (en forma redondeada), bilobado (con dos lóbulos). Frutos y semillas: Fruto una cápsula (fruto simple, seco, que abre al madurar) ovoide (con forma de huevo) de 1.8 a 2.5 cm de longitud. Florece en la temporada seca, octubre a marzo (Carranza 2007).

*Ipomoea pauciflora* M. Martens & Galeotti (Figura 1e)

*Ipomoea pauciflora* (Convolvulaceae). Árbol o arbusto, de hasta 8 m de alto; tallo de hasta 25 cm de diámetro, ramificado, glabro; lámina foliar ovada a largamente ovada, de 5 a 15 cm de largo, de 3 a 8.5 cm de ancho, ápice acuminado, base truncada o vistosamente cordada, glabra; inflorescencia con 1 a 5 flores; sépalos subiguales, ovados a oblongos, de 5 a 9 mm de largo, obtusos o agudos, densamente pubescentes en el exterior; corola infundibuliforme, de 6 a 8 cm de largo, blanca, cápsula subglobosa, de 17 a 22 mm de largo, bilocular, rara vez trilocular, 4-valvada; semillas 4, raras veces 5, elipsoideas, pilosas en los márgenes dorsales, pelos de 10 a 14 mm de largo.

Especie que crece principalmente en bosque tropical caducifolio de la Depresión del Balsas y ocasionalmente en la Sierra Madre del Sur en su

exposición al Océano Pacífico. Se registra de altitudes que van de 300 a 1200 m. Florece de noviembre a enero (Carranza 2007).

*Sapium macrocarpum* Müll. Arg. (Figura 1f)

*Sapium macrocarpum* (Euphorbiaceae). Este árbol mide de 8–35 m de alto. La especie está restringida a los bosques tropicales del sur de México y hasta Costa Rica. Es común en bosques secos o húmedos, en las zonas pacíficas y norcentral a 20–1500 msnm. Sus hojas miden de 4–15 cm de largo y 1,5–4,5 cm de ancho, acuminadas en el ápice; los pecíolos miden 1–4 cm de largo, presenta glándulas apicales apareadas, cilíndricas, miden ca 1 mm de largo, las estípulas tiene forma deltoide. Las flores se arreglan en inflorescencias terminales, solitarias, bisexuales, en su mayoría miden de 7–15 cm de largo; presenta de 7-10 flores estaminadas por bráctea, son de color amarillentas, el cáliz mide de 2–2,5 mm de largo, filamentos 2–2,5 mm de largo; las flores pistiladas son sésiles, los sépalos miden de 1–3 mm de largo y el estilos 2–3 mm de largo. Los frutos son cápsula más o menos piriforme, miden de 1,3–2 (–3) cm de ancho, estípite 3–8 mm de largo; las semillas en su mayoría miden de 6–8 mm de largo, capa externa de color blanquecina o rojiza. Floración es de mayo-agosto y los frutos aparecen de junio-noviembre (Naturalista 2017).

### **Patrones de asociación entre especies de árboles y herbáceas**

Se seleccionaron diez individuos de *B. copallifera*, *B. fagaroides*, *B. glabrifolia*, *C. multiflora*, *I. murucoides*, *I. pauciflora* y *S. macrocarpum*. Durante los meses de julio-octubre del año 2016 se visitó dos veces por semana la zona de estudio, donde se eligieron al azar 10 sitios de muestreo, dichos sitios debían integrar a las especies de estudio dentro de un diámetro igual o menor de 50 m. Se obtuvo la ubicación de cada árbol con el GPS (Garmin, GPSMAP-60, Estados Unidos).

De cada árbol se midió la cobertura, y bajo su copa, se colocaron cuatro cuadrantes de 1m<sup>2</sup> en cada orientación cardinal (norte, sur, este y oeste). En cada cuadrante se determinó la profundidad del mantillo, la cobertura del dosel y de herbáceas (Figura 2). Los individuos utilizados tuvieron un DAP>10 cm (Cuadro 3).

**Cuadro 3.** Promedio, mínimo y máximo DAP (cm) de las especies consideradas en este trabajo.

<b>Especie árbol</b>	<b>Media</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>
<i>Bursera copallifera</i>	25.39	19.2	32.5
<i>Bursera fagaroides</i>	24.03	16.1	29.8
<i>Bursera glabrifolia</i>	21.79	12.3	32.1
<i>Conzattia multiflora</i>	33.26	18.7	52.5
<i>Ipomoea murucoides</i>	23.8	10	36.8
<i>Ipomoea pausiflora</i>	16.7	10	24.6
<i>Sapium macrocarpum</i>	15.3	10	21.6



**Figura 2.** Cuadrante (1m<sup>2</sup>) de cada punto cardinal en los individuos de las especies de estudio.

La cobertura del dosel se midió en cada cuadrante con un densiómetro (FORRESTRY SURPLIES, Concavo C). Se consideró la cobertura de los cuatro lados de cada cuadrante y se obtuvo el promedio. La cobertura de herbáceas se obtuvo en porcentaje de los individuos presentes en cada punto y después se utilizó la escala de cobertura-abundancia de Westhoff y Van der Maarel (1978) para el muestreo de vegetación (Cuadro 4).

**Cuadro 4.** Escala de cobertura-abundancia de Westhoff y Van der Maarel (1978).

<b>Categoría</b>	<b>Cobertura (%) del cuadrante, número de individuos</b>
1	≤ 5%, 1 a 3 individuos
2	≤ 5%, entre 3 y 10 individuos
3	≤ 5%, más de 10 individuos y se puede contar
4	≤ 5%, pero más de 10 individuos, demasiados para contar
5	entre 5 y 12.5%
6	entre 12.51 y 25%
7	entre 25.1 y 50%
8	entre 50.1 y 75%
9	> 75%

Con la finalidad de identificar las especies de plantas, se colectó y herborizó al menos un ejemplar de éstas cuando presentaban estructuras reproductivas, éste fue llevado al herbario HUMO (CIByC-UAEM) para su identificación. Aquellas plantas que no presentaban flor y/o fruto no se colectaron, pero se marcaron y fueron visitadas quincenalmente hasta la aparición de dichas estructuras, cuando esto ocurría se colectaron ejemplares y se llevaron al herbario HUMO.

Para analizar los datos se usó un análisis de permutación de multirespuesta (MRPP) y un análisis de especies indicadoras para determinar qué especies de árboles y herbáceas están positiva o negativamente asociadas (Dufrene y Legendre, 1997). Para analizar las variables de cobertura, suelo desnudo, roca, mantillo y riqueza se realizaron análisis de varianza con el modelo de bloques aleatorios completos (Zar 2010).

## **Obtención de lixiviados y pruebas de germinación**

En octubre-noviembre (2016, comienzo de la temporada de sequía, cuando las hojas caen) se colectaron hojas de diez individuos de *B. copallifera* (facilitadora), *I. murucoides* (limitante) y *S. macrocarpum* (neutra). El total de hojas por especie fue de 1 kg peso fresco/individuo, las muestras se homogenizaron y separaron en tres muestras de 333 g por especie (n = 9 muestras). La muestra uno se colectó y almacenó a 5° C, a los 76 días se procesó y fue empleada en las pruebas de germinación, con esta muestra probamos el efecto en la germinación de hojarasca recientemente caída al suelo. Las muestras dos y tres se almacenaron en bolsas de malla sombra y se dejaron en el sitio de estudio, someramente enterradas en la base de los árboles. La muestra dos se colectó y procesó a los 172 días (mayo-junio), con esta probamos el efecto de hojarasca descompuesta durante toda la sequía en la germinación durante el inicio de lluvias. La muestra tres se colectó al final de las lluvias (septiembre), con esta probamos el efecto de hojarasca muy descompesta en la germinación; sin embargo, debido a que se cerraron las instalaciones de la UAEM por el temblor de septiembre del 2017, las pruebas de germinación se realizaron a los 325 días, mientras tanto la hojarasca de la tercer muestra se almaceno a 5° C.

Una vez colectada la hojarasca de las bolsas de malla sombra se llevaron al laboratorio de Biología Integrativa II del CIβyC, la hojarasca de cada especie se molió en una licuadora (Osterizer, Modelo 6640). Los lixiviados de cada especie, se obtuvieron macerando 50 gr de la materia vegetal molida con 600 mL de agua destilada por 24 h, para posteriormente ser filtrado cuatro veces para eliminar los sobrenadantes.

Las pruebas alelopáticas se realizaron con semillas de una especie usualmente usada como modelo (*Lactuca sativa*) en este tipo de estudios, pues es una especie muy sensible a los alelopáticos. Las semillas de *L. sativa* fueron desinfectadas con cloro al 25% antes de ser sembradas en cajas Petri.

En cada caja Petri se colocó 1 g de algodón y un disco de papel filtro, se utilizaron 15 cajas Petri por tratamiento y en cada caja Petri se sembraron 25 semillas de *L. sativa* y se le agregaron 20 mL de lixiviado de alguna de las especies de estudio. Se consideró un tratamiento a cada uno de los lixiviados obtenidos de las tres especies de estudio (*B.copallifera*, *I. mururoides*, y *S. macrocarpum*). Por tratamiento se estableció un control, el cual consistió en adicionar 20 mL de agua destilada a las semillas colocadas en las cajas Petri. En el control se utilizó el mismo sustrato y el mismo número de cajas Petri que en los tratamientos. Las cajas Petri se sellaron con parafilm y con plástico para conservar el contenido de humedad, y se colocaron en una cámara ambiental (Scorpion Scientific) con un fotoperiodo de 12 h luz y 12 h oscuridad y un termoperiodo de 26° C.

La germinación de las semillas se evaluó diariamente durante 14 días. Se consideró una semilla germinada cuando la radícula emergía. Con la finalidad de relacionar el potencial alelopático de las especies de árboles con el grado de descomposición de la hojarasca, este experimento se realizó a los 76 días, 172 días y 325 días.

### **Análisis de datos**

Para ponderar lo completo del inventario después del muestreo, se realizaron curvas suavizadas de acumulación de especies y se calculó la riqueza estimada con el estimador de Chao 2. Tanto las curvas suavizadas, como el estimador de Chao 2, permiten la comparación de los valores de riqueza observada y estimada, puesto que tienen intervalos de confianza al 95%. Las curvas suavizadas y el cálculo de Chao 2 se realizaron en EstimateS 9.1 (Colwell 2013).

Para probar si las diferentes variables medidas en cada cuadro (riqueza de especies de hierbas, porcentaje de apertura del dosel, profundidad del suelo, etc.) diferirían entre especies de árboles y

orientaciones se hicieron análisis de varianza con bloques aleatorizados completos. En este modelo de análisis los factores principales fueron la especie de árbol (siete niveles) y la orientación del cuadro de muestreo (cuatro niveles), mientras que el bloque fue cada árbol. Las variables de respuesta que estaban en porcentaje fueron transformadas como el arcoseno de la raíz cuadrada de la proporción (Zar 2010).

Para probar si la composición de hierbas difería entre las especies de árboles, se usó un análisis de permutación de multirespuesta (MRPP) y cuando éste fue significativo un análisis de especies indicadoras para determinar qué especies de herbáceas están positiva o negativamente asociadas a las especies de árboles (Mielke et al., 1984, Dufrene y Legendre, 1997). El MRPP seguido de un análisis de especies indicadoras es un análisis similar a un análisis de función discriminante que permite identificar si dos o más comunidades difieren y debido a qué especies, pero al ser un análisis no paramétrico, no se deben cumplir los supuestos de la función discriminante (e.g. normalidad multivariada). El análisis de MRPP y el análisis de especies indicadoras se realizaron en el programa estadístico PC-ORD (McCune y Mefford, 1999).

Las posibles diferencias entre tratamientos (lixiviado de *I. muruoides*, *B. copallifera*, *S. macrocarpum* y el control) se detectaron por medio de la prueba Z, donde cualquier valor mayor que 1.96 muestra diferencias significativas, lo anterior por estar asociado a un valor de probabilidad menor que 0.05. Por su parte para conocer si la descomposición de la hojarasca (por especie) tiene efecto sobre la germinación de semillas de *L. sativa*, se realizó un análisis de covarianza.

Para saber si había efecto de los extractos de las especies de estudio derivados de la hojarasca al paso del tiempo, se realizó una prueba de covarianza, donde el factor fue la especie de la que provenía el lixiviado, la

covariable el tiempo de descomposición de la hojarasca y la variable de respuesta el porcentaje de germinación (Zar 2010).

## RESULTADOS

### Patrones de asociación entre especies de árboles y herbáceas

Durante el trabajo de campo se reconocieron 94 especies vegetales. De éstas, 41 se identificaron a nivel de especie, 26 a nivel de género y 24 a nivel de familia (Cuadros 5 y 6). Las especies se distribuyen en 31 familias, Fabaceae albergó 16% de las especies identificadas seguida de Asteraceae, con el 9.5%, y Euphorbiaceae con el 7.5%.

Nueve especies de herbáceas sólo se encontraron en una especie de árbol, por lo cual podrían ser especialistas para estas especies de árboles. Estas especies fueron *Euphorbia hirta* (*Bursera copallifera*), *Chamaecrista nictitans* (*Bursera glabrifolia*), *Mimosa albida* (*Bursera fagaroides*), *Plumeria rubra* (*Conzattia multiflora*), *Bidens odorata* (*Ipomoea murucoides*), *Pilea microphylla*, *Zapoteca Formosa* (*Ipomoea pauciflora*), *Nissolia fruticosa* y *Melampodium gracile* (*Sapium macrocarpum*). También hubo especies de herbáceas que aparecían en todas las especies de árboles, siendo estas especies generalistas como *Sanvitalia procumbens*, *Delilia biflora* y *Mimosa affinis*.



**Figura 3.** Especies de herbáceas representativas de la zona de estudio. En a) *Bidens bigelovii*, b) *Sanvitalia procumbens*, c) *Proboscidea louisianica*, d) *Melampodium divaricatum*, en e) *Crussea sp.*, f) *Cuphea koehneana*, g) *Macroptilium gibbosifolium*, h) *Salvia longispicata*, i) *Delilia biflora*, j) *Mimosa affinis*, y k) *Senna uniflora*.

**Cuadro 5.** Lista de especies de hierbas encontradas bajo la copa de *Bursera copallifera* (facilitadora), *B. fagaroides* (limitante), *B. glabrifolia* (facilitadora) y en cuatro orientaciones. Para cada especie se muestra la cobertura promedio desviación estándar).

Especie	General	<i>B. copallifera</i>				<i>B. fagaroides</i>				<i>B. glabrifolia</i>			
		E	N	S	O	E	N	S	O	E	N	S	O
<i>Acalypha</i> sp.	10.6				15.0 (1)	10.0 (1)	15.0 (1)						
Acanthaceae	17.5	7.5 (2)	5.0 (1)	8.3 (3)	12.5 (2)	15.0 (1)	16.7 (3)	10.0 (2)			12.5 (2)	15.0 (3)	
<i>Aeschynomene americana</i>	9.3		5.0 (1)	5.0 (1)	20.0 (1)			5.0 (1)					
<i>Aristolochia</i> sp.	7.5												
Asclepiadaceae	8.0				15.0 (1)							7.5 (2)	10.0 (1)
Asteraceae	13.6	10.0 (2)	15.0 (2)				25.0 (1)	11.7 (3)			30.0 (1)		
<i>Bidens bigelovii</i>	12.5	15.0 (1)								15.0 (1)	15.0 (1)	15.0 (1)	5.0 (1)
<i>Bidens odorata</i>	30.0												
Bignoniaceae	10.0												
<i>Borreria</i> sp.	10.0										10.0 (1)		
<i>Bouvardia</i> sp.	10.0			10.0 (2)									
<i>Bunchosia canescens</i>	14.0		5.0 (1)							30.0 (1)			
<i>Bursera</i> sp.	10.3	5.0 (1)	7.5 (2)	10.0 (1)	15.0 (1)			15.0 (1)					
Burseraceae	8.3	5.0 (1)										10.0 (1)	

Especie	General	<i>B. copallifera</i>				<i>B. fagaroides</i>				<i>B. glabrifolia</i>			
		E	N	S	O	E	N	S	O	E	N	S	O
<i>Cardiospermum halicacabum</i>	5.0			5.0 (1)									
Ceiba sp.	10.0								10.0 (1)				
<i>Chamaecrista nictitans</i>	25.0	30.0 (1)										25.0 (1)	
<i>Clematis dioica</i>	12.5												
Cnidoscolus sp.	5.0												
Commelinaceae	7.5					5.0 (1)				10.0 (1)			
Convolvulaceae	10.0			15.0 (1)									
Coursetia sp.	11.3	5.0 (1)	15.0 (1)	15.0 (1)	25.0 (1)	10.0 (1)	7.5 (2)	5.0 (1)	30.0 (1)	10.0 (1)		15.0 (1)	25.0 (1)
<i>Croton ciliatoglandulifer</i>	10.6	10.0 (1)			10.0 (1)							5.0 (1)	
Crusea sp.	10.0												
<i>Cuphea koehneana</i>	13.6		5.0 (1)	20.0 (1)					15.0 (1)	17.5 (2)	10.0 (1)	15.0 (1)	15.0 (1)
<i>Delilia biflora</i>	16.9	20.0 (1)				25.0 (1)	25.0 (1)	7.5 (2)	15.0 (1)		10.0 (1)		15.0 (2)
Desmodium sp.	11.7				20.0 (1)								
Dioscorea sp.	6.9						10.0 (1)						
<i>Elytraria imbricata</i>	11.7							15.0 (1)					15.0 (1)
<i>Euphorbia hirta</i>	11.3	5.0 (1)	15.0 (1)		12.5 (2)								
Euphorbia sp.	20.0												

Especie	General	<i>B. copallifera</i>				<i>B. fagaroides</i>				<i>B. glabrifolia</i>			
		E	N	S	O	E	N	S	O	E	N	S	O
Euphorbiaceae	10.0						5.0	5.0	5.0	5.0			
							(1)	(1)	(1)	(1)			
<i>Evolvulus alsinoides</i>	6.3											5.0	
												(1)	
Extraviada	19.1	40.0		17.5	13.3	20.0	15.0		32.5		15.0	10.0	
		(2)		(2)	(3)	(1)	(1)		(2)		(1)	(1)	
<i>faba loligania</i>	10.0												
Fabaceae	10.9	5.0		5.0	5.0		15.0		35.0		5.0	5.0	5.0
		(2)		(2)	(1)		(1)		(1)		(1)	(2)	(2)
Flacourtiaceae	15.0						15.0						
							(1)						
Galactia sp.	5.0												
<i>Gyrocarpus jatrophifolius</i>	10.0												10.0
													(1)
Helecho	17.5		35.0		15.0	20.0					5.0		
			(1)		(1)	(1)					(1)		
Hippocrateaceae	5.0												
Indigofera sp.	15.0			10.0								25.0	
				(1)								(1)	
<i>Ipomoea murucoides</i>	15.0										15.0		
											(1)		
<i>Ipomoea pauciflora</i>	6.7												
Ipomoea sp.	5.0			5.0									
				(1)									
Iridaceae	22.5			60.0									
				(1)									
Justicia sp.	19.2		5.0	20.0	25.0		35.0	10.0			15.0	20.0	30.0
			(1)	(2)	(1)		(2)	(1)			(1)	(1)	(2)
Lamiaceae	16.6			15.0					15.0	25.0	10.0	20.0	
				(1)					(1)	(2)	(1)	(2)	

Especie	General	<i>B. copallifera</i>				<i>B. fagaroides</i>				<i>B. glabrifolia</i>				
		E	N	S	O	E	N	S	O	E	N	S	O	
Lantana sp.	20.0											20.0		
												(1)		
<i>Lasiocarpus salicifolius</i>	16.7													
<i>Lobelia berlandieri</i>	22.5													30.0
														(1)
<i>Lobelia cardinalis</i>	10.0													
<i>Macroptilium gibbosifolium</i>	13.8			10.0								25.0		
				(1)								(1)		
Malpigiaceae	11.2	10.0	25.0	12.5	12.5	8.3	5.0	10.0	12.5	25.0	10.0	11.7	10.0	
		(1)	(1)	(2)	(2)	(3)	(1)	(1)	(2)	(1)	(1)	(3)	(2)	
Malvaceae	5.8					5.0	5.0					5.0		
						(1)	(1)					(1)		
<i>Mandevilla foliosa</i>	5.0	5.0	5.0	5.0										
		(1)	(1)	(1)										
<i>Melampodium divaricatum</i>	14.6		20.0			5.0		5.0			10.0			
			(1)			(1)		(1)			(1)			
<i>Melampodium gracile</i>	20.0													
Meliaceae	6.7													
<i>Mimosa affinis</i>	15.2		12.5	16.7	15.0	22.5	15.0	17.5	15.0	10.0		25.0		
			(2)	(3)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(1)		(1)		
<i>Mimosa albida</i>	5.0								5.0					
									(1)					
<i>Mimosa polyantha</i>	5.0													
<i>Nissolia fruticosa</i>	25.0													
<i>Nissolia sp.</i>	11.9		15.0					30.0	10.0					
			(1)					(1)	(1)					
Oxalis sp.	5.0			5.0										
				(1)										
Phaseolus sp.	15.0											20.0		
												(1)		
<i>Pilea microphylla</i>	10.0													

Especie	General	<i>B. copallifera</i>				<i>B. fagaroides</i>				<i>B. glabrifolia</i>			
		E	N	S	O	E	N	S	O	E	N	S	O
<i>Pithecoctenium crucigerum</i>	9.2	10.0 (2)	5.0 (1)	5.0 (1)	20.0 (1)						10.0 (1)	15.0 (1)	
<i>Plumeria rubra</i>	20.0												
Poaceae	20.3	42.5 (4)	15.0 (5)	16.0 (5)	17.5 (2)	27.0 (5)	15.0 (6)	20.0 (5)	20.0 (3)	19.2 (6)	30.0 (6)	12.5 (4)	20.0 (8)
Porophyllum sp.	12.5							10.0 (1)			10.0 (1)	10.0 (1)	
Ranunculaceae	10.0												15.0 (1)
Rhynchosia sp.	5.0		5.0 (1)										
Rubiaceae	9.4				10.0 (1)	10.0 (1)			10.0 (1)				
<i>Salvia sessei</i>	5.0												
Salvia sp.	10.0												
<i>Sanvitalia procumbens</i>	22.6	45.0 (1)	35.0 (1)				15.0 (1)		50.0 (1)		15.0 (2)	20.0 (1)	15.0 (1)
Sapindaceae	14.0												
<i>Senna holwayana</i>	17.5							25.0 (1)					
<i>Senna uniflora</i>	9.0				10.0 (1)								
Serjania sp.	9.8	10.0 (1)	12.5 (2)	10.0 (1)		5.0 (1)	8.3 (3)	20.0 (1)	15.0 (1)		5.0 (1)	5.0 (1)	5.0 (1)
<i>Sida rhombifolia</i>	14.5					5.0 (1)	15.0 (3)	10.0 (1)		20.0 (1)			5.0 (1)
<i>Sida spinosa</i>	5.0												5.0 (1)
<i>Sin identificar</i>	16.9	8.3 (3)	31.7 (3)	18.3 (3)	30.0 (3)	37.5 (4)	13.3 (3)	11.0 (5)	18.8 (4)	15.0 (1)	10.0 (3)	10.0 (2)	13.3 (3)

Especie	General	<i>B. copallifera</i>				<i>B. fagaroides</i>				<i>B. glabrifolia</i>			
		E	N	S	O	E	N	S	O	E	N	S	O
Sisyrinchium sp.	19.4				15.0		10.0	45.0	5.0				
					(1)		(1)	(1)	(1)				
Solanaceae	8.3								10.0				
									(1)				
<i>Tridax coronopifolia</i>	12.5	15.0											
		(1)											
Tripogandra sp.	10.0									10.0			
										(1)			
Verbenaceae	8.3							10.0					
								(1)					
<i>Verbesina crocata</i>	12.5												
Vitaceae	5.0				5.0								
					(1)								
<i>Zanthoxylum fagara</i>	10.0	5.0											
		(1)											
<i>Zapoteca Formosa</i>	10.0												

**Cuadro 6.** Lista de especies de hierbas encontradas bajo la copa de *Conzattia multiflora* (limitante), *Ipomoea murucoides* (limitante), *Ipomoea pauciflora* (limitante) y *Sapium macrocarpum* (neutra) y en cuatro orientaciones. Para cada especie se muestra la cobertura promedio, entre paréntesis la desviación estándar.

Especie	General	<i>C. multiflora</i>				<i>I. murucoides</i>				<i>I. pauciflora</i>				<i>S. macrocarpum</i>			
		E	N	S	O	E	N	S	O	E	N	S	O	E	N	S	O
Acalypha sp.	10.63	10.0 (1)	10.0 (1)	10.0 (1)						5.0 (1)	10.0 (1)						
Acanthaceae	17.54	11.7 (3)	21.7 (3)	11.7 (3)	13.8 (4)	25.8 (6)	35.0 (4)	25.0 (5)	18.8 (4)	10.0 (2)		10.0 (1)	10.0 (2)	5.0 (1)	25.0 (3)	17.5 (2)	30.0 (1)
<i>Aeschynomene americana</i>	9.29			5.0 (1)			10.0 (1)		15.0 (1)								
Aristolochia sp.	7.50												10.0 (1)			5.0 (1)	
Asclepiadaceae	8.00					5.0 (2)		10.0 (1)		10.0 (1)	5.0 (1)		10.0 (1)		10.0 (1)	7.5 (2)	5.0 (2)
Asteraceae	13.57			10.0 (3)	35.0 (1)		5.0 (1)	10.0 (2)	20.0 (1)	12.5 (2)				5.0 (1)	5.0 (1)		
<i>Bidens bigelovii</i>	12.50	10.0 (1)	10.0 (1)	7.5 (2)		10.0 (1)	20.0 (2)		7.5 (2)	20.0 (1)	15.0 (1)						
<i>Bidens odorata</i>	30.00					30.0 (1)											
Bignoniaceae	10.00													10.0 (1)			
Borreria sp.	10.00																
Bouvardia sp.	10.00				15.0 (1)									5.0 (1)			
<i>Bunchosia canescens</i>	14.00					15.0 (1)		15.0 (1)						5.0 (1)			
Bursera sp.	10.33	5.0 (1)	10.0 (1)	5.0 (1)	25.0 (1)	10.0 (1)					5.0 (1)		5.0 (1)		5.0 (1)	25.0 (1)	
Burseraceae	8.33				10.0 (1)								5.0 (1)	5.0 (1)	15.0 (1)		
<i>Cardiospermum halicacabum</i> L	5.00									5.0 (1)							5.0 (1)

Especie	General	<i>C. multiflora</i>				<i>I. murucoides</i>				<i>I. pauciflora</i>				<i>S. macrocarpum</i>			
		E	N	S	O	E	N	S	O	E	N	S	O	E	N	S	O
<i>Ceiba</i> sp.	10.00																
<i>Chamaecrista ictitans</i>	25.00																20.0 (1)
<i>Clematis dioica</i>	12.50	20.0 (1)												5.0 (1)			
<i>Cnidoscolus</i> sp.	5.00							5.0 (1)									
Commelinaceae	7.50																
Convolvulaceae	10.00			10.0 (1)								5.0 (1)	10.0 (1)				
<i>Coursetia</i> sp.	11.25			7.5 (2)	5.0 (1)		10.0 (1)	6.7 (3)		10.0 (1)				15.0 (1)	10.0 (1)	10.0 (1)	5.0 (1)
<i>Croton ciliatoglandulifer</i>	10.56	12.5 (2)	15.0 (1)											20.0 (1)		5.0 (1)	5.0 (1)
<i>Crussea</i> sp.	10.00							10.0 (1)									
<i>Cuphea koehneana</i>	13.64							15.0 (2)	5.0 (1)								
<i>Delilia biflora</i>	16.90	20.0 (1)	12.5 (2)	5.0 (1)			10.0 (1)		35.0 (1)		25.0 (1)		25.0 (2)	15.0 (1)		15.0 (2)	
<i>Desmodium</i> sp.	11.67			10.0 (1)												5.0 (1)	
<i>Dioscorea</i> sp.	6.88				10.0 (1)	10.0 (1)		5.0 (1)	5.0 (1)							5.0 (3)	
<i>Elytraria imbricata</i>	11.67										5.0 (1)						
<i>Euphorbia hirta</i>	11.25																
<i>Euphorbia</i> sp.	20.00							15.0 (1)		20.0 (1)	30.0 (1)		15.0 (1)		20.0 (1)		
Euphorbiaceae	10.00							30.0 (1)									
<i>Evolvulus alsinoides</i>	6.25			10.0 (1)							5.0 (1)					5.0 (1)	

Especie	General	<i>C. multiflora</i>				<i>I. murucoides</i>				<i>I. pauciflora</i>				<i>S. macrocarpum</i>			
		E	N	S	O	E	N	S	O	E	N	S	O	E	N	S	O
Extraviada	19.14	10.0 (1)	10.0 (1)		10.0 (1)		20.0 (2)	25.0 (2)	17.5 (2)	20.0 (2)	20.0 (1)		15.0 (1)	15.0 (3)	40.0 (1)	15.0 (3)	15.0 (2)
Fabaceae	10.89	5.0 (1)	10.0 (1)	15.0 (1)	12.5 (2)			15.0 (2)	10.0 (2)			20.0 (1)	17.5 (2)		10.0 (1)		11.7 (3)
Flacourtiaceae	15.00																
Galactia sp.	5.00			5.0 (1)													
<i>Gyrocarpus jatrophifolius</i>	10.00																
Helecho	17.50	10.0 (1)								20.0 (1)							
Hippocrateaceae	5.00																5.0 (1)
Indigofera sp.	15.00	25.0 (1)		10.0 (1)				5.0 (1)									
<i>Ipomoea murucoides</i>	15.00																
<i>Ipomoea pauciflora</i>	6.67						5.0 (1)	10.0 (1)					5.0 (1)				
Ipomoea sp.	5.00																
Iridaceae	22.50			10.0 (1)			5.0 (1)	15.0 (1)									
Justicia sp.	19.24	27.5 (2)	30.0 (2)	15.0 (2)						15.0 (3)	13.3 (3)	21.7 (3)	15.0 (3)		20.0 (2)	5.0 (1)	5.0 (1)
Lamiaceae	16.56		5.0 (1)				20.0 (1)				12.5 (2)			17.5 (2)	20.0 (1)	15.0 (1)	15.0 (1)
Lantana sp.	20.00																
<i>Lasiocarpus salicifolius</i>	16.67	5.0								40.0 (1)	5.0 (1)						
<i>Lobelia berlandieri</i>	22.50						15.0 (1)										
<i>Lobelia cardinalis</i>	10.00			10.0 (1)					10.0 (1)								

Especie	General	<i>C. multiflora</i>				<i>I. murucoides</i>				<i>I. pauciflora</i>				<i>S. macrocarpum</i>					
		E	N	S	O	E	N	S	O	E	N	S	O	E	N	S	O		
<i>Macroptilium gibbosifolium</i>	13.75			10.0 (1)									10.0 (1)						
Malpighiaceae	11.16		10.0 (5)	10.0 (2)		10.0 (1)	5.0 (1)	25.0 (1)	5.0 (1)	35.0 (1)	13.3 (3)	7.5 (2)	7.5 (2)	5.0 (2)		5.0 (2)			
Malvaceae	5.83	5.0 (1)												7.5 (2)					
<i>Mandevilla foliosa</i>	5.00								5.0 (1)				5.0 (1)						
<i>Melampodium divaricatum</i>	14.58		15.0 (3)		20.0 (1)			5.0 (1)	30.0 (1)	10.0 (1)				25.0 (1)					
<i>Melampodium gracile</i>	20.00																20.0 (1)		
Meliaceae	6.67											5.0 (1)	5.0 (1)				10.0 (1)		
<i>Mimosa affinis</i>	15.15	5.0 (1)	5.0 (1)	7.5 (2)		20.0 (1)	17.5 (4)	10.0 (1)					17.5 (2)		20.0 (3)		11.7 (3)	10.0 (1)	
<i>Mimosa albida</i>	5.00																		
<i>Mimosa polyantha</i>	5.00					5.0 (1)													
<i>Nissolia fruticosa</i>	25.00													25.0 (1)					
Nissolia sp.	11.88		10.0 (1)										5.0 (1)	5.0 (1)		5.0 (1)		15.0 (1)	
Oxalis sp.	5.00																		
Phaseolus sp.	15.00			10.0 (1)															
<i>Pilea microphylla</i>	10.00																	10.0 (1)	
<i>Pithecoctenium crucigerum</i>	9.17						10.0 (1)	5.0 (1)	7.5 (2)	10.0 (1)			15.0 (1)		5.0 (1)		7.5 (2)	10.0 (1)	5.0 (1)
<i>Plumeria rubra</i>	20.00	20.0 (1)																	
Poaceae	20.27	16.7 (3)	16.0 (5)	20.8 (6)	10.0 (2)	10.0 (2)	30.0 (7)	17.0 (5)	24.3 (7)	19.0 (5)	17.5 (2)	10.0 (3)	19.2 (6)	23.3 (6)	15.0 (5)	12.5 (4)	25.0 (5)		

Especie	General	<i>C. multiflora</i>				<i>I. murucoides</i>				<i>I. pauciflora</i>				<i>S. macrocarpum</i>				
		E	N	S	O	E	N	S	O	E	N	S	O	E	N	S	O	
Porophyllum sp.	12.50								20.0 (1)									
Ranunculaceae	10.00							5.0 (1)										
Rhynchosia sp.	5.00																	
Rubiaceae	9.38		5.0 (1)				10.0 (1)	15.0 (1)						10.0 (1)		5.0 (1)		
<i>Salvia sessei</i>	5.00										5.0 (1)							
Salvia sp.	10.00								10.0 (1)									
<i>Sanvitalia procumbens</i>	22.63		15.0 (1)	15.0 (1)			15.0 (2)			25.0 (1)	35.0 (1)			25.0 (1)	15.0 (2)	35.0 (1)	10.0 (1)	
Sapindaceae	14.00						10.0 (1)		10.0 (1)					25.0 (1)	20.0 (1)		5.0 (1)	
<i>Senna holwayana</i>	17.50																10.0 (1)	
<i>Senna uniflora</i>	9.00			5.0 (1)			10.0 (1)										5.0 (1)	15.0 (1)
Serjania sp.	9.75			25.0 (1)			5.0 (1)			10.0 (1)		10.0 (1)	5.0 (2)				10.0 (1)	
<i>Sida rhombifolia</i>	14.55	5.0 (1)						5.0 (1)					35.0 (1)		30.0 (1)			
<i>Sida spinosa</i>	5.00																	
Sin identificar	16.87		10.0 (2)	20.0 (2)	10.0 (3)	21.3 (4)	5.0 (3)	10.0 (1)	20.0 (3)	22.0 (5)	12.5 (4)	12.5 (4)	15.0 (3)	15.8 (6)	13.3 (6)	18.0 (5)	21.7 (3)	
Sisyrinchium sp.	19.44	25.0 (2)											17.5 (2)	15.0 (1)				
Solanaceae	8.33			5.0 (1)	10.0 (1)													
<i>Tridax coronopifolia</i>	12.50															10.0 (1)		
Tripogandra sp.	10.00																	

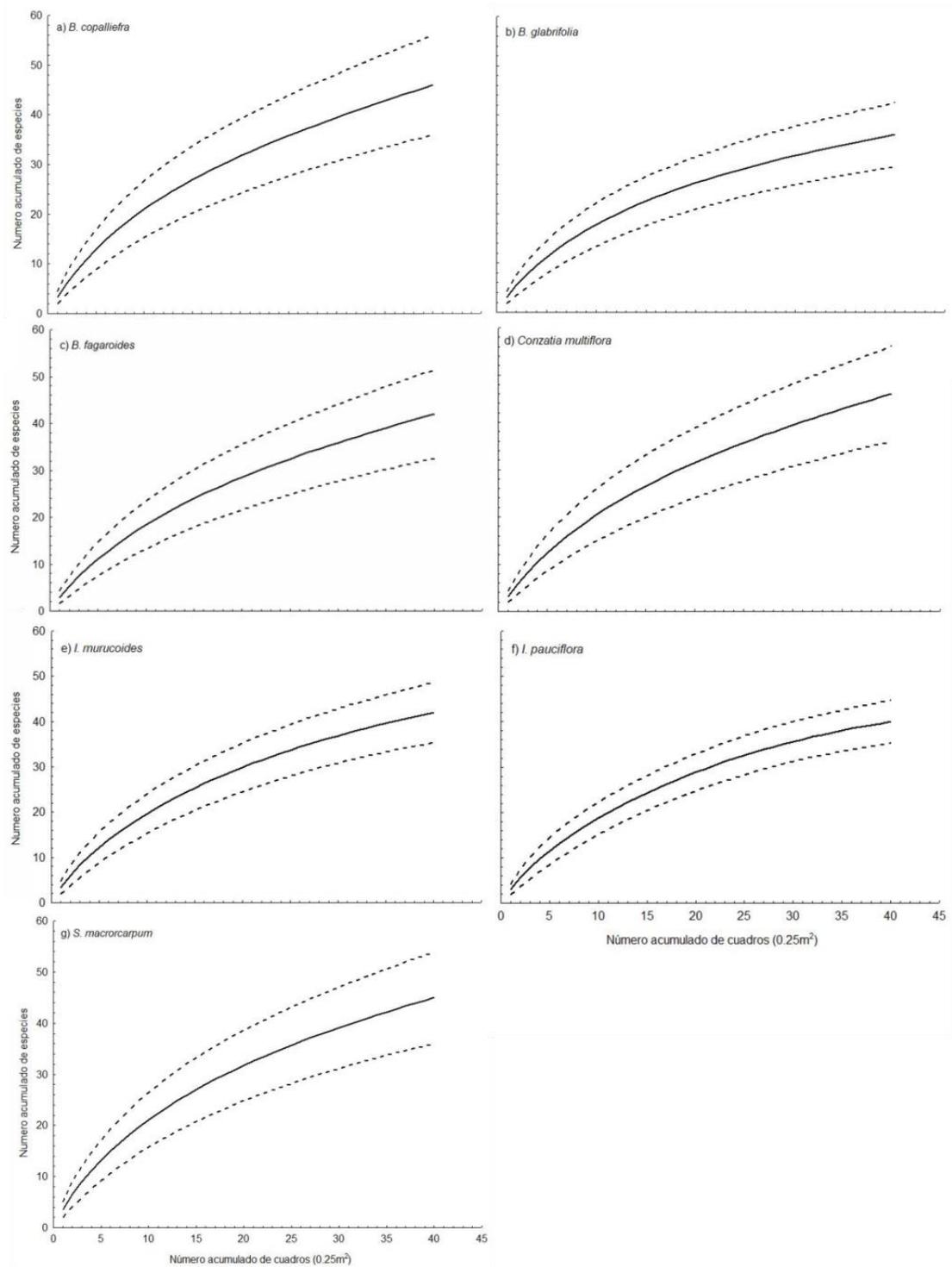
Especie	General	<i>C. multiflora</i>				<i>I. murucoides</i>				<i>I. pauciflora</i>				<i>S. macrocarpum</i>			
		E	N	S	O	E	N	S	O	E	N	S	O	E	N	S	O
Verbenaceae	8.33					5.0 (1)				10.0 (1)							
<i>Verbesina crocata</i>	12.50		10.0 (1)													15.0 (1)	
Vitaceae	5.00																
<i>Zanthoxylum fagara</i>	10.00		10.0 (2)							15.0 (1)							
<i>Zapoteca formosa</i>	10.00												10.0 (1)				

Al comparar la riqueza observada con la estimada por Chao 2, el muestreo general alcanzó el 71.75% de las especies de herbáceas (**Cuadro 7**), mientras que entre las especies de árboles se representó entre un 48.4% (*B. copallifera* y *C. multiflora*) y el 86.9% (*I. pauciflora*) de las herbáceas que crecen bajo su copa (**Cuadro 7**). La riqueza total de hierbas ente los árboles es similar, ya que los intervalos de confianza de la riqueza observada se cruzan en todas las especies (**Cuadro 7**).

En las especies *B. fagaroides*, *I. muruoides* e *I. pauciflora* la riqueza de hierbas encontrada y la riqueza esperada por Chao 2 no difieren, mientras que en las otras especies de árboles la estimación de Chao 2 es significativamente superior (**Cuadro 7**). Lo mismo puede apreciarse en las curvas suavizadas (**Figura 4**).

**Cuadro 7.** Riqueza observada (S) y esperada (Chao 2.) en siete especies de árboles del bosque tropical caducifolio de San Andrés de la Cal, Tepoztlán, Morelos. Se muestran los límites de los intervalos de confianza al 95%.

Especie árbol	S	Riqueza observada		Chao 2	Riqueza esperada	
		Límite inferior (95%)	Límite superior (95%)		Límite inferior (95%)	Límite superior (95%)
<i>B. copallifera</i>	46	36	56	95	63	184
<i>B. fagaroides</i>	36	30	42	49	40	79
<i>B. glabrifolia</i>	42	33	51	83	56	162
<i>C. multiflora</i>	46	36	56	95	63	184
<i>I. muruoides</i>	42	35	49	56	46	84
<i>I. pauciflora</i>	40	35	45	46	42	61
<i>S. macrocarpum</i>	45	36	54	77	56	138
Todos	94	83	105	131	109	187



**Figura 4.** Curvas suavizadas de acumulación de las especies de hierbas que crecen bajo la copa de siete especies de árboles.

Para el medio físico encontramos que la cobertura del dosel, el porcentaje de suelo desnudo, la roca, la profundidad del mantillo o la riqueza de especies de herbáceas no fueron diferentes entre especies de árboles u orientaciones (**Cuadros 8-10**). Sólo para el número de especies por cuadro encontramos diferencias significativas en la interacción especie de árbol y orientación (**Cuadro 10**). Las comparaciones múltiples (**Cuadro 9**), no muestran un patrón de riqueza de acuerdo a las especies de árboles o las orientaciones, sino un gradiente de riqueza desde los cuadros muestreados al S en *Conzattia multiflora* hasta los cuadros muestreados al S en *Ipomoea murucoides*.

**Cuadro 8.** Promedios ( $\pm$  desviación estándar) de la cobertura del dosel, de la profundidad del mantillo (cm), del porcentaje de suelo desnudo, roca y riqueza de especies de hierbas encontradas en cuadros de muestreo bajo siete especies de árboles y en cuatro orientaciones.

Especie / orientación	Cobertura		Mantillo (cm)		Suelo (%)		Roca (%)		Riqueza	
<i>Bursera copallifera</i>										
E	78.4	$\pm$ 12.1	0.4	$\pm$ 0.2	14.8	$\pm$ 10.3	34.5	$\pm$ 36.2	3.1	$\pm$ 2.0
N	75.1	$\pm$ 19.8	0.3	$\pm$ 0.2	21.5	$\pm$ 21.2	38.0	$\pm$ 37.9	3.1	$\pm$ 1.3
S	77.5	$\pm$ 12.7	0.4	$\pm$ 0.2	21.5	$\pm$ 20.4	20.0	$\pm$ 23.0	3.9	$\pm$ 1.3
O	67.4	$\pm$ 16.1	0.2	$\pm$ 0.1	14.5	$\pm$ 15.5	40.0	$\pm$ 39.4	3.0	$\pm$ 1.4
<i>Bursera fagaroides</i>										
E	76.8	$\pm$ 13.5	0.4	$\pm$ 0.4	21.0	$\pm$ 24.8	28.5	$\pm$ 41.8	2.6	$\pm$ 1.9
N	80.2	$\pm$ 13.8	0.4	$\pm$ 0.3	30.5	$\pm$ 16.9	16.5	$\pm$ 30.6	3.5	$\pm$ 1.4
S	71.0	$\pm$ 23.6	0.4	$\pm$ 0.4	20.0	$\pm$ 17.2	32.0	$\pm$ 33.9	3.4	$\pm$ 1.8
O	64.5	$\pm$ 19.0	0.4	$\pm$ 0.4	22.0	$\pm$ 19.6	31.0	$\pm$ 31.9	2.6	$\pm$ 1.6
<i>Bursera glabrifolia</i>										
E	62.1	$\pm$ 19.2	0.4	$\pm$ 0.3	23.9	$\pm$ 20.4	38.0	$\pm$ 38.8	2.0	$\pm$ 1.4
N	63.7	$\pm$ 14.4	0.5	$\pm$ 0.3	22.5	$\pm$ 22.0	26.5	$\pm$ 31.7	2.9	$\pm$ 1.5
S	72.4	$\pm$ 17.6	0.5	$\pm$ 0.3	23.0	$\pm$ 20.0	25.0	$\pm$ 33.1	3.7	$\pm$ 1.8
O	77.6	$\pm$ 12.7	0.4	$\pm$ 0.3	19.5	$\pm$ 19.6	24.0	$\pm$ 35.7	3.1	$\pm$ 1.6
<i>Conzattia multiflora</i>										
E	63.0	$\pm$ 21.4	0.5	$\pm$ 0.3	22.0	$\pm$ 19.7	34.0	$\pm$ 27.4	2.6	$\pm$ 1.6
N	74.4	$\pm$ 17.0	0.3	$\pm$ 0.3	21.5	$\pm$ 17.0	25.1	$\pm$ 30.3	3.6	$\pm$ 2.1
S	67.9	$\pm$ 24.1	0.5	$\pm$ 0.6	37.0	$\pm$ 17.4	11.5	$\pm$ 13.3	4.3	$\pm$ 1.8
O	63.6	$\pm$ 20.8	0.4	$\pm$ 0.2	12.5	$\pm$ 15.1	56.0	$\pm$ 42.0	2.0	$\pm$ 1.7
<i>Ipomea murucoides</i>										
E	68.8	$\pm$ 21.3	0.4	$\pm$ 0.3	24.5	$\pm$ 24.3	29.5	$\pm$ 39.9	2.5	$\pm$ 1.7
N	57.4	$\pm$ 19.2	0.3	$\pm$ 0.2	16.0	$\pm$ 8.8	13.5	$\pm$ 16.3	3.8	$\pm$ 1.3
S	65.7	$\pm$ 13.5	0.4	$\pm$ 0.3	23.0	$\pm$ 19.0	25.0	$\pm$ 31.4	3.3	$\pm$ 1.8
O	61.5	$\pm$ 18.2	0.4	$\pm$ 0.3	21.5	$\pm$ 20.6	19.0	$\pm$ 26.7	3.9	$\pm$ 1.2
<i>Ipomea pauciflora</i>										
E	72.8	$\pm$ 16.4	0.3	$\pm$ 0.2	20.5	$\pm$ 19.4	22.5	$\pm$ 23.6	3.2	$\pm$ 1.1
N	73.0	$\pm$ 16.9	0.3	$\pm$ 0.1	19.5	$\pm$ 26.9	36.5	$\pm$ 37.7	3.4	$\pm$ 2.0
S	65.2	$\pm$ 25.0	0.4	$\pm$ 0.3	20.5	$\pm$ 20.6	48.0	$\pm$ 34.8	1.9	$\pm$ 1.5
O	71.6	$\pm$ 12.1	0.3	$\pm$ 0.3	14.5	$\pm$ 15.0	40.5	$\pm$ 38.5	3.8	$\pm$ 1.5
<i>Sapium macrocarpum</i>										
E	77.1	$\pm$ 8.1	0.4	$\pm$ 0.3	26.5	$\pm$ 19.3	20.0	$\pm$ 19.0	3.9	$\pm$ 1.3
N	68.5	$\pm$ 12.3	0.3	$\pm$ 0.1	26.0	$\pm$ 23.8	16.0	$\pm$ 20.2	3.9	$\pm$ 1.3
S	74.5	$\pm$ 15.2	0.3	$\pm$ 0.2	15.0	$\pm$ 17.6	40.5	$\pm$ 30.7	3.8	$\pm$ 2.0
O	75.0	$\pm$ 16.6	0.6	$\pm$ 0.3	29.0	$\pm$ 26.1	30.5	$\pm$ 31.7	2.8	$\pm$ 1.2

**Cuadro 9.** Riqueza promedio de hierbas encontrada en siete especies de árboles y cuatro orientaciones en estos. La riqueza está ordenada ascendentemente y se muestran las diferencias significativas entre tratamientos de acuerdo a los grupos homogéneos de medias obtenidos con la prueba de comparaciones múltiples de Tukey (Zar 2010).

Especie de árbol	Orientación	Riqueza	Grupos homogéneos			
			D	C	B	A
<i>Ipomea pauciflora</i>	S	1.9	**			
<i>Bursera glabrifolia</i>	E	2	**	**		
<i>Conzattia multiflora</i>	O	2	**	**		
<i>Ipomea murucoides</i>	E	2.5	**	**	**	
<i>Bursera fagaroides</i>	E	2.6	**	**	**	
<i>Bursera fagaroides</i>	O	2.6	**	**	**	
<i>Conzattia multiflora</i>	E	2.6	**	**	**	
<i>Sapium macrocarpum</i>	O	2.8	**	**	**	
<i>Bursera glabrifolia</i>	N	2.9	**	**	**	**
<i>Bursera copallifera</i>	O	3	**	**	**	**
<i>Bursera copallifera</i>	E	3.1	**	**	**	**
<i>Bursera copallifera</i>	N	3.1	**	**	**	**
<i>Bursera glabrifolia</i>	O	3.1	**	**	**	**
<i>Ipomea pauciflora</i>	E	3.2	**	**	**	**
<i>Ipomea murucoides</i>	S	3.3	**	**	**	**
<i>Ipomea pauciflora</i>	N	3.4		**	**	**
<i>Bursera fagaroides</i>	S	3.4		**	**	**
<i>Bursera fagaroides</i>	N	3.5			**	**
<i>Conzattia multiflora</i>	N	3.6			**	**
<i>Bursera glabrifolia</i>	S	3.7			**	**
<i>Ipomea murucoides</i>	N	3.8			**	**
<i>Ipomea pauciflora</i>	O	3.8			**	**
<i>Sapium macrocarpum</i>	S	3.8			**	**
<i>Bursera copallifera</i>	S	3.9			**	**
<i>Sapium macrocarpum</i>	E	3.9			**	**
<i>Sapium macrocarpum</i>	N	3.9			**	**
<i>Ipomea murucoides</i>	O	3.9			**	**
<i>Conzattia multiflora</i>	S	4.3				**

**Cuadro 10.** Resultados de los análisis de varianza.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	F	P
<b>Cobertura</b>				
Especie de árbol	0.500164	6	2.065893	0.072537
Bloque (árbol)	1.691204	9		
Orientación	0.04085	3	0.406106	0.74982
Especie de árbol*Bloque	2.178949	54		
Especie de árbol*Orientación	0.784589	18	1.366207	0.154991
Orientación*Bloque	0.905305	27		
Especie de árbol*N° árbol *Bloque	5.168547	162		
<b>Suelo</b>				
Especie de árbol	0.31584	6	0.59466	0.733193
Bloque Cárbol)	2.021	9		
Orientación	0.17997	3	0.598916	
Especie de árbol*Bloque	4.78068	54		
Especie de árbol*Orientación	1.25605	18	0.971271	0.495331
Orientación*Bloque	2.70473	27	1.394334	0.107356
Especie de árbol*N° árbol *Bloque	11.56698	161		
<b>Roca</b>				
Especie de árbol	1.29642	6	0.794509	0.578322
Bloque Cárbol)	0.92755	9		
Orientación	0.63707	3	0.687401	0.567593
Especie de árbol*Bloque	14.68553	54		
Especie de árbol*Orientación	4.01392	18	1.106042	0.350746
Orientación*Bloque	8.34103	27		
Especie de árbol*N° árbol *Bloque	32.66174	162		
<b>Mantillo</b>				
Especie de árbol	0.356857	6	0.409195	0.869749
Bloque Cárbol)	2.062893	9		
Orientación	0.112107	3	0.99577	0.409774
Especie de árbol*Bloque	7.848857	54		
Especie de árbol*Orientación	0.997143	18	0.981869	0.483121
Orientación*Bloque	1.01325	27		
Especie de árbol*N° árbol *Bloque	9.14	162		
<b>Riqueza</b>				
Especie de árbol	12.95	6	0.773061	0.594502
Bloque Cárbol)	22.0857	9		
Orientación	20.7714	3	2.25	0.10533
Especie de árbol*Bloque	150.7643	54		
Especie de árbol*Orientación	79.2786	18	1.802403	<b>0.028818</b>
Orientación*Bloque	83.0857	27		
Especie de árbol*N° árbol *Bloque	395.8643	162		

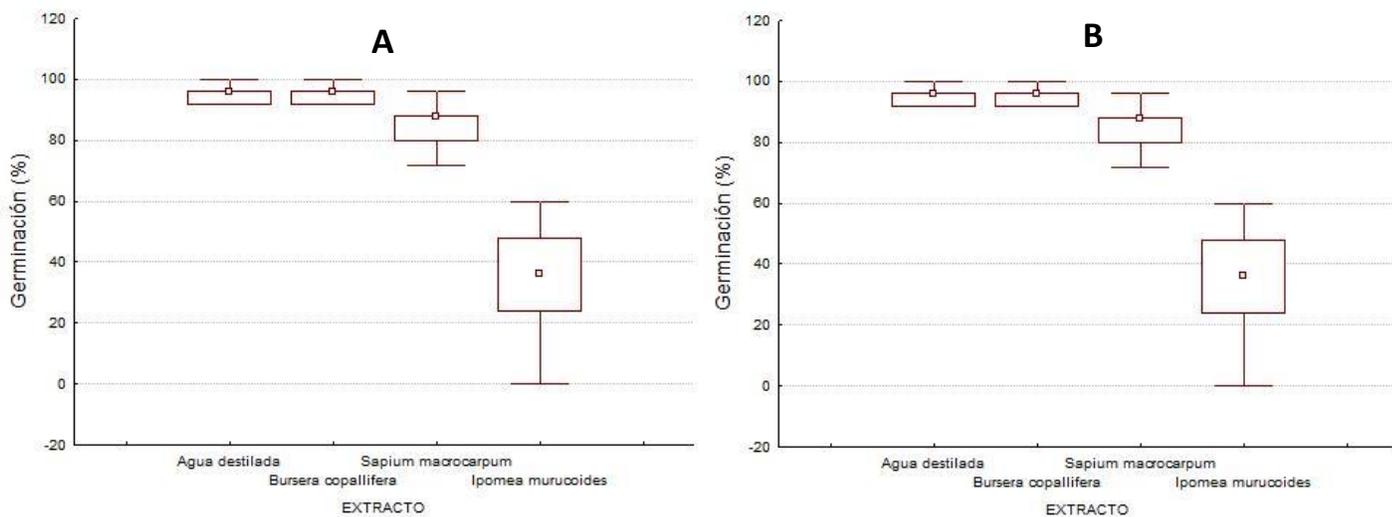
El análisis de permutación de multirespuesta (MRPP) no encontró que la composición general de herbáceas difiere entre las especies de árboles ( $r = 0.01110$ ). Tampoco se encontraron diferencias al agrupar a las especies por en herbáceas anuales ( $r = 0.20962$ ), herbáceas perennes ( $r = 0.02025$ ), leñosas ( $r = 0.00112$ ), arbustos ( $r = 0.01296$ ), árboles ( $r = -0.00717$ ) y lianas ( $r = 0.022464$ , todas con  $P > 0.05$ ).

### **Experimentos de germinación**

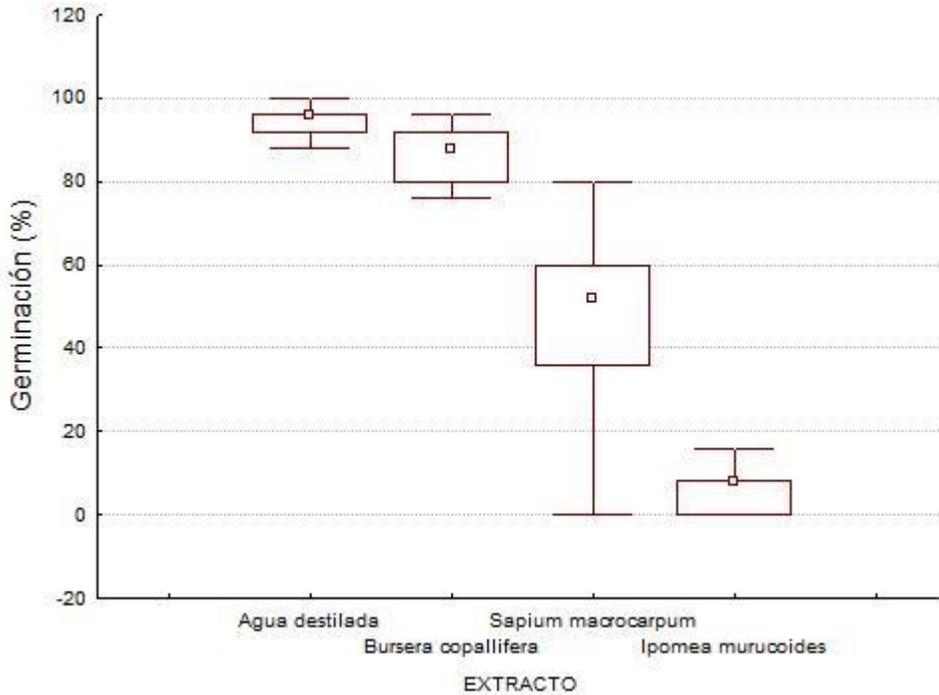
En los experimentos de germinación los resultados fueron similares en cuanto al porcentaje de germinación de la especie modelo (*Lactuca sativa*) con los extractos obtenidos de *Bursera copallifera* (facilitadora) y el control (agua destilada), *Sapium macrocarpum* (neutra) tuvo un porcentaje de germinación alto pero por debajo de *B. copallifera* y el control. La germinación de semillas de *Lactuca sativa* en extractos de *Ipomoea murucoides* fue menor. Esto ocurrió a los 76 y 172 días de recolectada la hojarasca para la obtención de lixiviados (**Figura 5**).

A los 325 días de haber recolectado la hojarasca para la obtención de lixiviados, se obtuvo que en el control (agua destilada) ocurrió el mayor porcentaje de germinación de *Lactuca sativa*, con poca diferencia estuvo la germinación en extractos de *Bursera copallifera*, seguida en orden descendente de la germinación en el extracto de *Sapium macrocarpum* y la germinación más baja ocurrió con los extractos de *Ipomoea murucoides* (**Figura 6**).

El mayor promedio de germinación de semillas de *L. sativa* uniendo los tres momentos de recolección de la hojarasca fue para el control (agua destilada;  $95.11 \pm 3.29$  %), seguido de *Bursera copallifera* ( $92.62 \pm 5.71$  %), *Sapium macrocarpum* ( $73.86 \pm 21.27$  %) y el menor ocurrió en *Ipomoea murucoides* ( $23.73 \pm 19.89$  %) (Figura 7).



**Figura 5.** Porcentajes de germinación de semillas de *Lactuca sativa* en relación con los extractos de las especies estudiadas *Bursera copallifera*, *Sapium macrocarpum*, *Ipomoea murucoides* y con el control (agua destilada) a los 76 días (A) y 172 días (B). Para cada tratamiento se muestra la mediana (cuadro vacío, dentro de la caja), la caja ilustra los cuartiles al 25% y 75% y las barras de dispersión los valores mínimo y máximo.

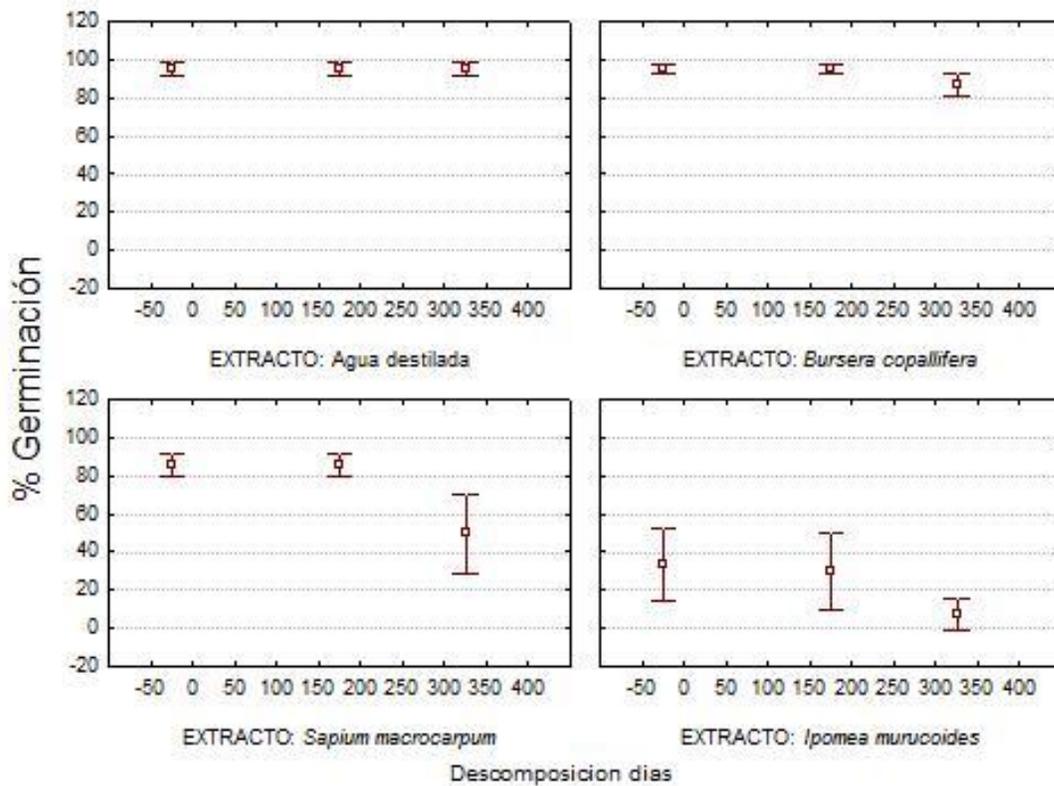


**Figura 6.** Porcentaje de germinación en relación con los extractos de las especies estudiadas *Bursera copallifera*, *Sapium macrocarpum*, *Ipomoea murucoides* y con el control (agua destilada) a los 325 días. Para cada tratamiento se muestra la mediana (cuadro vacío, dentro de la caja), la caja ilustra los cuartiles al 25% y 75 y las barras de dispersión los valores mínimo y máximo.

De la prueba de covarianza se encontró que si hay un efecto alelopático de los extractos derivados de la hojarasca de las especies de estudio *Bursera copallifera*, *Sapium macrocarpum*, *Ipomoea murucoides* sobre la semilla modelo *Lactuca sativa* y que también el paso de tiempo en días sobre la descomposición de la hojarasca ejerce un efecto en la germinación de *Lactuca sativa* (**Cuadro 11; Figuras 6, 7**).

**Cuadro 11.** Resultados del análisis de covarianza.

<b>Fuente de variación</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Intercepto	452780.2	1	2626.850	<0.0001
Tiempo de descomposición	9094.9	1	52.765	<0.0001
Extracto	148085.0	3	286.377	<0.0001
Extracto por tiempo		3		
Error	30164.1	175	—	—



**Figura 7.** Relación entre el tiempo de descomposición de la hojarasca de *Bursera copallifera* (b), *Sapium macrocarpum* (c) e *Ipomoea murucoides* (d) den la germinación de *Lactuca sativa* . En a se muestra los resultados de la germinación en el control (agua destilada).

## **DISCUSIÓN**

Las interacciones que las plantas mantienen con otras plantas influyen en la composición de las comunidades vegetales. En el sitio de estudio se ha demostrado que los árboles interactúan y generan patrones de asociación con otras formas de vida como plantas epífitas (Vergara-Torres et al. 2010) y lianas (Hernández-Bruno 2017). Al contrario de esos estudios, los resultados de este trabajo no apuntalan patrones de asociación entre especies de árboles y el sotobosque. No obstante, al igual que en otros estudios (Valencia-Díaz *et. al* 2010, 2013), se encontró evidencia que indica que *I. murucoides* pudiera ejercer un efecto alelopático en las hierbas, lo que refuerza su clasificación como especie limitante.

### **Patrones de asociación entre especies de árboles y herbáceas**

En este trabajo las variables que influyen en el microclima del sotobosque (e.g. cobertura del dosel), en el suelo (e.g. porcentaje de suelo desnudo, la roca, la profundidad del mantillo) y la riqueza de especies de plantas en el sotobosque no fueron diferentes entre las especies de árboles y sus orientaciones. Esto indica que de nuestras variables medidas, no observamos un patrón que nos permitiera relacionar árboles y herbáceas. Es posible que factores que no se consideraron en este trabajo modifican la vegetación herbácea como la intensidad y calidad de la luz, balance de radiación, condiciones hídricas, y adición de nutrientes por descomposición de hojarasca, características fisicoquímicas del suelo entre otras (Carranza y Ledesma, 2009; Oliveira et al., 2007; Leblanc et al., 2005; Andrade et al., 2002; García, Mauricio y Andrade, 2001; Chen et al., 1997; Wilson y Ludlow, 1991; Chazdon, 1987; Ludlow, 1978).

En este trabajo no se encontró un patrón claro de la asociación entre árboles y herbáceas, sin embargo, en los trabajos de Vergara-Torres (2010) y Hernández-Bruno (2017), los arboles de la zona de estudio son

importantes tanto para el establecimiento de epifitas y de lianas por que pueden ser facilitadores, limitantes o neutrales. No obstante, se encontró que algunas especies de herbáceas sólo se encuentran en una sola especie de árbol, lo cual sugiere que podrían ser especialistas. No se puede descartar un submuestreo en estas posibles asociaciones específicas; sin embargo, los datos de esta tesis coinciden con los de Hernández-Bruno (2017), quien también encontró que había una asociación positiva entre la liana *Nissolia fruticosa* y el árbol *Sapium macrocarpum*. También hubo especies de herbáceas que aparecían en todas las especies de árboles siendo estas especies generalistas como *Sanvitalia procumbens*, *Delilia biflora*, *Mimosa affinis*. Sin embargo, hace falta realizar estudios evaluando otras características bióticas y abióticas para comprender mejor la relación entre árboles y herbáceas.

Respecto a las especies encontradas en otros trabajos, Banuet y colaboradores (1995) realizaron un análisis descriptivo de la vegetación selvática, acuática y riparia de la región de Gómez Farías, localizada en el sur del estado de Tamaulipas. Para la vegetación de selva baja caducifolia se encontraron especies rosetifolias pertenecientes a las familias Agavaceae, Bromeliaceae, como son *Agave lophantha* y *Hechtia* sp., y herbáceas como *Syngonium podophyllum* (Araceae) y *Pilea serpyllifolia* (Urticaceae), las cuales fueron las especies más abundantes. A diferencia del bosque tropical caducifolio del sur de Tamaulipas, la zona de estudio de San Andrés de la Cal, es un sitio con clima semiárido subhúmedo, la altitud va de 1480 a 1670 m s.n.m., la precipitación media anual es de 1200 mm y la temperatura promedio es de 20°C en comparación con el bosque tropical caducifolio del sur de Tamaulipas que es un clima con temperatura media anual de 24.8°C, cubierta por rocas sedimentarias del Cretácico, que producen una topografía cárstica, por lo que es lógico que especies de la familia Agavaceae y del género *Hechtia* se encuentren presentes ya que se caracterizan por ser tolerantes al estrés hídrico.

El estudio realizado por Velázquez (1999) describieron la composición florística de la Sierra de Nanchititla, selva baja caducifolia, ubicada al suroeste del estado de México, cerca de la colindancia con Guerrero y Michoacán. Ellos presentan una lista florística de plantas vasculares constituida de 89 familias, 208 géneros y 288 especies. Las familias mejor representadas son: Asteraceae, Pteridaceae, Burseraceae, Fabaceae, Mimosaceae y Rubiaceae. Entre las especies arbustivas más importantes están *Bauhinia unguolata*, *Exostema caribaeum*, *Guettarda elliptica* y *Psychotria oaxacana*. Las herbáceas más comunes son *Adiantum patens*, *Anemia hirsuta*, *Cheilanthes farinosa*, *Commelina erecta*, *Habenaria strictissima*, *Maranta arundinacea*, *Pitcairnia sp.*, *Selaginella pallescens* y *Zinnia elegans*. Gallardo y colaboradores (2005) estudiaron la composición florística del Cerro Verde, encontraron 194 morfoespecies que representan a 52 familias. Para el muestreo de la vegetación se distinguieron dos estratos: uno formado por todas las plantas leñosas y herbáceas. Las dos familias más ricas en especies fueron Fabaceae y Asteraceae, a ellas les siguen Euphorbiaceae, Apocynaceae, Malpighiaceae, Rubiaceae, Bignoniaceae, Capparaceae y Solanaceae. Nosotros en este trabajo encontramos que las familias más representativas fueron Fabaceae, Asteraceae y Euphorbiaceae. Por lo cual observamos hubo similitud entre sus resultados y los de este trabajo, con las familias Asteraceae, Euphorbiaceae como las más ricas en especies.

Silveira (2018) en su trabajo registraron 172 especies herbáceas y arbustivas, pertenecientes a 104 géneros, de 33 familias. Las familias más importantes fueron Poaceae con 27 géneros y 57 especies, Asteraceae con 18 géneros y 27 especies, Cyperaceae con 6 géneros y 11 especies, Fabaceae con 5 géneros y 10 especies, Rubiaceae con 5 géneros y 7 especies, Plantaginaceae con 3 géneros y 6 especies y Oxilidaceae con un género y 5 especies. La diversidad de herbáceas de este trabajo es muy diferente con respecto al nuestro, esto podría deberse”, ya que hay muchos otros factores que podrían explicar estos cambios. Las especies encontradas se distribuyen

en 31 familias, Fabaceae albergó 16% de las especies identificadas seguida de Asteraceae, con el 9.5% y por Euphorbiaceae con el 7.5%.

Gallardo (2005) describe la estructura, la composición florística y los patrones de diversidad de la selva baja caducifolia del Cerro Verde, localizado en Nizanda (Istmo de Tehuantepec, Oaxaca, México). Ellos no encontraron un patrón claro entre la riqueza de especies por familia y la abundancia de individuos en la comunidad. En sus muestreos observaron que no aparecían las especies en más de uno de los cuadrantes observados. Ellos atribuyen que la heterogeneidad entre los sitios de muestreo, tales como densidad del sotobosque, grado de diversidad, así como patrones de distribución agregada de algunas especies, está asociados al factor microambiental, así como al disturbio. En nuestro trabajo las variables del medio físico, la cobertura del dosel, el porcentaje de suelo desnudo, la roca, la profundidad del mantillo o la riqueza de especies de herbáceas no fueron diferentes entre especies de árboles u orientaciones. Sólo para el número de especies por cuadro encontramos diferencias significativas en la interacción especie de árbol y orientación.

Silveira (2018) caracterizó la composición específica, la riqueza, equidad y diversidad de comunidades de sotobosque, callejones cortafuego y campo natural en un bosque subtropical de Uruguay. En cada localidad se evaluó el estrato herbáceo en tres condiciones. La combinación de tres localidades por tres condiciones y dos orientaciones (NS y E-O), determinó un total de 18 sitios de muestreo. Silveira (2018) encontró que la orientación tampoco influyó en la composición y riqueza de las especies. En comparación, en este estudio la orientación no mostró un patrón de riqueza de acuerdo a las especies de árboles con respecto a las herbáceas, sino un gradiente de riqueza desde los cuadros muestreados al S en *Conzattia multiflora* hasta los cuadros muestreados al S en *Ipomoea murucoides*. Es importante mencionar que las características del dosel modifican la

intensidad de la radiación solar, intercepción de las precipitaciones y exposición al viento, modificando la cobertura y estructura del sotobosque.

### **Experimentos de germinación**

La descomposición de la hojarasca es un proceso que ocurre en el suelo y que influye en el ciclo de nutrientes de un ecosistema (Jensen 1974). La descomposición de hojarasca en los ecosistemas terrestres está regulada por factores como la humedad, temperatura, calidad y tipo de la hojarasca y tipo de suelo (Castellanos-Barliza *et al.* 2005). Los residuos vegetales en descomposición generan sustancias alelopáticas (Wang *et al.* 2008), que de no inactivarse facilitan o inhiben el crecimiento de especies simpátricas. El modelo propuesto por Mazzoleni y colaboradores (2010), explica que la tasa de descomposición de la hojarasca es el principal impulsor de la acumulación de alelopáticos y de la retroalimentación positiva y negativa sobre el crecimiento de las plantas afectadas. La retroalimentación positiva o interespecífica entre plantas y suelos, resulta benéfica para todas las especies, lo cual se debe a la liberación de nutrientes durante la descomposición de la hojarasca (Berg y McClaugherty, 2003). En contraste, la retroalimentación intraespecífica o negativa del suelo ocurre por mecanismos autotóxicos (Blok y Bollen, 1993; Bonanomi *et al.*, 2007b). Nosotros observamos que la descomposición de la hojarasca tenía efectos fitotóxicos más potentes al paso del tiempo e inhibía la germinación de las semillas de *Lactuca sativa*.

Nuestros resultados junto con los resultados de trabajos anteriores sugieren un patrón en *Bursera copallifera* como especie facilitadora y a *Ipomoea murucoides* como especie limitante, al menos para la zona de estudio. Los extractos de *B. copallifera* fueron similares con respecto al control, e inhibieron la germinación de *Lactuca sativa*. Por otro lado *S.*

*macrocarpum* inhibió la germinación en un porcentaje menor en las dos cosechas y en el tercera inhibió en un porcentaje considerable la germinación de *Lactuca sativa*. En cambio los extractos obtenidos de *Ipomoea murucoides* tuvieron mayor porcentaje de inhibición en todas las cosechas que se hicieron, conforme se incrementó el tiempo de cosecha iba aumentando el porcentaje de inhibición de *Lactuca sativa* hasta más de un 50% en la última prueba.

La alelopatía ha sido considerada como un mecanismo que podría influir en la composición de las comunidades de plantas. La producción de sustancias alelopáticas por las especies vegetales contribuye a incrementar su éxito competitivo frente a otras especies coexistentes dentro de un mismo hábitat, pudiendo llegar incluso a eliminarlas. Las sustancias alelopáticas pueden inhibir la germinación y el crecimiento de otras especies de la comunidad. Varios estudios han abordado el efecto alelopático, por ejemplo Alias y colaboradores (2008), y Corona y colaboradores (2011), mostraron que las especies arbóreas utilizadas inhibían la germinación de especies de herbáceas nativas en las zonas de estudio respectivamente. En la zona de estudio se ha reportado que *Ipomoea murucoides* es una especie alelopática de la germinación de plantas epífitas como *Tillandsia recurvata* (Valencia-Díaz *et al.* 2010) y a su vez fue corroborado por Flores-Palacios y colaboradores (2015), quienes encontraron que se inhibe cerca del 60% la germinación de semillas de *T. recurvata*. Esto puede sugerir que hay especies arbóreas en la zona que influyen en la composición del sotobosque en el bosque tropical caducifolio de San Andrés de la cal de Tepoztlán.

Este trabajo respalda la idea de que la alelopatía juega un papel importante ya que es un factor que posiblemente afecta en la germinación en las comunidades de plantas. En nuestro trabajo utilizamos semillas de *Lactuca sativa*, la cual ha sido utilizada en experimentos científicos para conocer los mecanismos de acción de agentes alelopáticos. Nuestros resultados apuntan a que tal vez en la zona de estudio haya especies de

árboles que liberen compuestos alelopáticos que afectan la germinación de las herbáceas. Pero esto solo es una aproximación, ya que nuestro modelo fue la semilla *Lactuca sativa* y no con semillas de herbáceas del lugar por lo cual podríamos suponer que en estas plantas no serían afectadas con los extractos obtenidos de nuestras especies de estudio arbóreas *Bursera copallifera*, *Ipomoea murucoides* y *Sapium macrocarpum*.

Paradójicamente, los resultados con *Lactuca sativa* muestran que hay actividad alelopática, pero esta actividad no se corresponde completamente con cambios en la composición de las comunidades de plantas que crecen en el sotobosque. Es posible que la comunidad de plantas del sotobosque de la zona de estudio ya ha sido seleccionada para coexistir con los árboles estudiados de forma que encontramos: a) especies generalistas y b) especies que muestran un patrón de asociación y sólo estuvieron en una especie de árbol (e.g. *Nissolia fruticosa*); pero también es posible que aún esté actuando la selección e imposible de detectar patrones con las técnicas de ordenamiento utilizadas. Así que sería importante experimentar con semillas de las mismas especies de plantas que aparecen en este muestreo, pero provenientes de otras localidades donde se rompería el vínculo co-evolutivo que podría oscurecer nuestros resultados.

## CONCLUSIONES

1. En este estudio se describió por primera vez la riqueza de especies de herbáceas en el bosque tropical caducifolio de San Andrés de la cal en Tepoztlán, Morelos, la diversidad es diferente con otros estudios sobre herbáceas.
2. En este trabajo no se encontró un patrón claro sobre la asociación de herbáceas con las especies de árboles bajo los cuales crecen. Las especies de estudio (facilitadores, limitantes o neutrales) no determinaron la preferencia de las herbáceas.
3. Se evidencia actividad fitotóxica de *Ipomoea murucoides* hacia *Lactuca sativa* como especie que libera compuestos alelopáticos.

## **PERSPECTIVAS**

1. - Realizar experimentos alelopáticos *in vitro* e *in situ* con semillas de las herbáceas de la zona de estudio. Lo anterior considerando el efecto de las diferentes especies catalogadas como facilitadoras, limitantes y neutras, para conocer si pueden inhibir o no la germinación de estas.
  
2. Investigar otros factores (análisis fisicoquímico del suelo) que pudieran exponer alguna relación con las herbáceas.

## BIBLIOGRAFIA

- Augusto, L., Ranger, J., Binkley, D., Rothe, A., 2002. Impact of several common tree species of European temperate forest on soil fertility. *ANN. For. Sci.* 59, 233-253.
- Barbier, S., F. Gosselin, y P. Balandier. 2008. Influence of tree species on understory vegetation diversity and mechanisms involved a critical review for temperate and boreal forests. *Forest Ecology and Management* 254: 1-15.
- Barkman, J. J., 1992. Canopies and microclimate of tree species mixtures. In: Cannell, M.G.R., Malcolm, D.C., Robertson, P.A. (Eds.), *The ecology of Mixed-species Standsof Trees*. Blackwell Scientific Publications, Oxford, pp. 181-188.
- Bazzaz, F.A., 1990. Plant-plant interactions in sucesional environments. In: Grace, J.B., Tilman, (Eds.), *Perspective on Plant Competition*. Academic Press, San Diego, pp. 239-263.
- Begon, M., J. L. Harper, and C. R. Townsend. 1996. *Ecology: Individuals, Populations and Communities*. 3rd ed. Blackwell Science, Oxford, UK.
- Bray, J.R., Gorham, E., 1964. Litter production in forests of the world. *Adv. Ecol. Res.* 2, 101-187.
- Callaway, R. M. 1995. Positive interactions among plants. *The Botanical Review*, 61(4): 306-349.
- Colwell, R. K. 2013. *EstimateS*, Version 9.1: Statistical Estimation of Species Richness and Shared Species from Samples. <http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates/>.
- Dufrene, M. y P. Legendre. 1997. Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. *Ecological Monographs* 67:345-366.
- Ellsworth, J., Harrington, R., Fownes, J., 2004. Seedling emergence, growth, and allocation of oriental bittersweet: effects of seed input, seed bank, and forest floor litter. *For. Ecol. Manage* 190, 255-264.

- Esteso-Martinez, J., Gil-Pelegrin, E., 2004. Frost resistance of sedes in Mediterranean oaks and the role of litter in the thermal protection of acorns. *Ann. For. Sci.* 61, 481-486.
- Facelli, J.M., Kerrigan, R., 1996. Effects of ash and four types of litter on the establishment of *Eucalyptus obliqua*. *Ecoscience* 3, 319-324.
- Facelli, J.M., Pickett, S.T.A., 1991a. Plant litter: its dynamics and effects on plant community structure. *Bot. Rev.* 57, 1-32.
- Facelli, J.M., Pickett, S.T.A., 1991b. Plant litter: light interception and effects on an oldfield plant community. *Ecology* 72, 1024-1031.
- Fernández C, Lelong B, Vila B, Mévy JP, Robles C, Greff S, Dupoyet S, Bousquet-Mélou A. 2006. Potential allelopathic effect of *Pinus halapensis* in the secondary succession: an experimental approach. *Chemoecology* 16: 97-105.
- Gallardo Cruz, J., & Meave, J., & Pérez García, E. (2005). Estructura, composición y diversidad de la selva baja caducifolia del Cerro Verde, Nizanda (Oaxaca), México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, (76), 19-35.
- Graae, B.J., Heskjaer, V.S., 1997. A comparison of understorey vegetation between untouched and managed deciduous forest in Denmark. *For. Ecol. Manage.* 96, 111-123.
- Grace, J. B.; Tilman, D. *Perspectives on plant competition*. San Diego: Academic Press, 1990. 483 p.
- Gutterman, Y. 1994, Seed dispersal and germination strategies of *Spergularia diandra* compared with some other desert annual plants inhabiting the Negev Desert of Israel, *Israel Journal of Plant Sciences*. 42, 261-274.
- Hanrick, J.L., Lee, J.M., 1987. Effect of soil surface topography and litter cover on the germination, survival and growth of musk thistle (*Carduus nutans*). *Am. J. Bot.* 74, 451-457.
- Hernández B.O., 2017. Asociación entre árboles y lianas del bosque tropical caducifolio de San Andre de la Cal, Tepoztlan, Morelos. Tesis de

- Maestría. Centro de Investigación en Biodiversidad y Conservación. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Cuernavaca, Morelos. Mexico.
- Hill, M.O., 1979. The development of a flora in even-aged plantations. In: Ford, E.D., Malcolm, D.C., Atterson, J. (Eds.), *The Ecology of Even-aged Forest Plantations*. Institute of Terrestrial Ecology, Cambridge, pp. 175-192.
- Ido, I. 2002. Emodin-a secondary metabolite with multiple ecological functions in higher plants. *New phytologist* 155: 205-217.
- Jennings, S. B., Brown, N.D., Sheil D., 1999. Assessing forest canopies and understorey illumination: canopy cover and other measures. *Forestry* 72 59-73.
- Jensen, V. (1974) Decomposition of angiosperm tree leaf litter. En: Dickinson CH & C.J.F Pugh (eds) *Biology of plant litter decomposition I*: 69-104. Academic Press, London, England.
- Klanderud, K. y Totland., 2005. The relative importance of neighbours and abiotic environmental conditions for population dynamic parameters of two alpine plant species. *Journal of Ecology* 93: 493-501.
- Kirby, K.J., 1988. Changes in the ground flora under plantations on ancient Woodland sites. *Foresstry* 61, 317-338.
- McCune, B. y M. J. Mefford. 1999. PC-ORD. Multivariate analysis of Ecological Data, Version 4.0 for Windows. MjM Software Design, Gleneden Beach, Oregon, USA.
- MacKinney, A.L., 1929. Effects of forest litter on soil temperature and soil freezing in autumn and Winter. *Ecology* 10, 312-321.
- Mallik A.U., Inderjit 2002. Problems and prospects in the study of plant allelochemicals: a brief introduction. In: *Chemical ecology of plants: Allelopathy in aquatic and terrestrial ecosystems*, ed. by Inderjit, Mallik A.U., Birkhäuser Verlag, Basel-Boston-Berlin: 1-5.
- Mazzoleni, S., Bonanomi, G., Giannino, F. Rietkerk, M. y Dekeer, S. C. 2007. Is plant biodiversity driven by decomposition processes? An

- emerging new theory on plant diversity. *Community Ecology* 8:103-109.
- Mielke, P. W. 1984. Meteorological applications of permutation techniques based on distance functions. Págs. 813–830, en: Krishnaiah, P. R. y P. K. Sen (eds.), *Handbook of Statistics Volume 4*. Elsevier, Amsterdam.
- Molish H. 1937. *Der Einfluss einer Pflanze auf die andere, Allelopathie*. Verlag von Gustav Fisher, Jena, Germany. English translation (2001) L.J. La Fleur, M.A.B. Mallik (translators): *Influence of one plant on another*, Scientific Publishers, Jodhpur.
- Naturalista, CONABIO <https://www.naturalista.mx/taxa/290209-Conzattia-multiflora>, Acceso 22 de enero de 2017.
- Naturalista, CONABIO <https://www.naturalista.mx/taxa/206540-Sapium-macrocarpum>, Acceso 22 de enero de 2017.
- Parker, G.G., 1983. Throughfall and stemflow in the forest nutrient cycle. *Adv. Ecol. Res.* 13, 58-120.
- Rice E.L. 1984. *Allelopathy*. Academic Press, New York.
- Ruíz Rivera, C. A. 2001. *San Andrés de la Cal. Culto a los señores del tiempo en rituales agrarios*. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Cuernavaca, Morelos.
- Rzedowski et al., 2004. Rzedowski, L.R. Medina, G. Calderón. Las especies de *Bursera* (Burseraceae) en la cuenca superior del río Papaloapan (México) *Acta Botánica Mexicana*, 66 (2004), pp. 23-151.
- Sharpe, F., Sahw, D.C., Rose, C.L., Sillett, S.C., Carey, A.B., 1996. The biologically significant attributes of forest canopies to small birds. *Northwest Sci.* 70, 86-93.
- Shou, Y. H. y Yu, J. Q. (2006). “Allelochemicals and photosynthesis.” En: Reigosa, M. J.; Pedrol, N.; González, L. *Allelopathy: a physiological process with ecological implications*. Netherlands. Springer. P. 127-139.

- Silveira, David, Cadenazzi, Mónica, Zanoniani, Ramiro, & Boggiano, Pablo. (2018). Estructura de las comunidades herbáceas en áreas con plantaciones forestales. *Agrociencia Uruguay*, 22(1), 1-12.
- Staelens, J., Nachtergale, L., Luysaert, S., Lust N., 2003. A model of wind-influenced leaf litterfall in a mixed hardwood forest. *Can J. For. Res.* 33, 201-209.
- Stachowicz, J. J. 2001. Mutualism, facilitation, and the structure of ecological communities. *BioScience* 51:235-246.
- Turk M. A., 2003. Allelopathic effects of black mustard (*Brassica nigra*) on germination and growth of wild Barley (*Hordeum spontaneum*). *Journal of Agronomy and Crop Science*. 189: 298-303.
- Valencia-Díaz, S., A. Flores-Palacios, V. Rodríguez-López, E. Ventura-Zapata y A. R. Jiménez-Aparicio. 2010. Effect of host-bark extracts on seed germination in *Tillandsia recurvata*, an epiphytic bromeliad. *Journal of Tropical Ecology* 26: 571-581.
- Valencia-Díaz S. y C. Montaña. 2003. Effects of seed age, germination substrate, gibberelic acid, light and temperature on seed germination in *Flourensia cernua* (Asteraceae), a Chihuahuan Desert shrub. *The Southwestern Naturalist* 48: 1-13.
- Valencia-Díaz S., E. Ventura-Zapata, A. R. Jiménez-Aparicio, A. Flores-Palacios. 2007. Factores ambientales que influyen en la germinación de semillas de orquídeas y bromelias epífitas. *Biótica* 4: 15-26.
- Valiente Banuet, A., & González Medrano, F., & Piñero Dalmau, D. (1995). La vegetación selvática de la región de Gómez Farias, Tamaulipas, México. *Acta Botanica Mexicana*, (33), 1 - 36.
- Vergara-Torres, C. A., M. C. Pacheco-Álvarez y A. Flores-Palacios. 2010. Host preference and host limitation of vascular epiphytes in a tropical dry forest of central Mexico. *Journal of Tropical Ecology* 26: 563-570.
- Victoriano Romero, E. 2011. Dispersión de semillas de *Tillandsia hubertiana* y *T. recurvata* en el bosque tropical caducifolio de Tepoztlán, Morelos.

- Westhoff, V. y E. van der Maarel. 1978. The Braun Blanquet approach. R.H. Whittaker (ed) *Classification of Plant Communities*. Pp. 287-399. Junk The Hague.
- Wherry, E.T., 1927. Divergent soil reaction preferences of related plants. *Ecology* 8, 197-206.
- Zepeda Gómez, C., & Velázquez Montes, E. (1999). El bosque tropical caducifolio de la vertiente sur de la sierra de Nanchititla, Estado de México: la composición y la afinidad geográfica de su flora. *Acta Botanica Mexicana*, (46), 29 - 55.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



**CEIB**  
CENTRO DE INVESTIGACIÓN  
EN BIOTECNOLOGÍA

Centro de Investigación en Biotecnología

*"1919-2019: en memoria del General Emiliano Zapata Salazar"*

Fecha: 08 de abril de 2019

**Comisión de Seguimiento Académico  
Maestría en Biología Integrativa de la  
Biodiversidad y la Conservación  
Presente**

Como miembro del jurado y después de haber evaluado la tesis titulada **"Efecto de la especie de árbol sobre la composición de herbáceas del sotobosque del bosque tropical caducifolio de Tepoztlán, Morelos"** del alumno **Roberto Francisco Jiménez Salmerón**, con número de matrícula **7920160808**, aspirante al grado de Maestro(a) en Biología Integrativa de la Biodiversidad y la Conservación, considero que la tesis reúne los requisitos para ser presentada y defendida en el examen de grado. Por lo tanto emito mi **VOTO APROBATORIO**.

Agradezco de antemano la atención que se sirva prestar a la presente.

Atentamente

**Dra. Susana Valencia Díaz**

**Profesor Investigador de Tiempo Completo**

**susana.valencia@uaem.mx**

**Centro de Investigación en Biotecnología**



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



## CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN BIODIVERSIDAD Y CONSERVACIÓN

"1919-2019: en memoria del General Emiliano Zapata Salazar"

Cuernavaca, Morelos, 9 de abril de 2019

COMISIÓN DE SEGUIMIENTO ACADÉMICO  
MAESTRÍA EN BIOLOGÍA INTEGRATIVA DE LA  
BIOIVERSIDAD Y LA CONSERVACIÓN  
PRESENTE

Como miembro del jurado y después de haber evaluado la tesis titulada "**Efecto de la especie de árbol sobre la composición de herbáceas del sotobosque del bosque tropical caducifolio de Tepoztlán, Morelos**" del alumno **Biol. Roberto Francisco Jiménez Salmerón**, con número de matrícula **7920160808**, aspirante al grado de Maestro en Biología Integrativa de la Biodiversidad y la Conservación, considero que la tesis reúne los requisitos para ser presentada y defendida en el examen de grado. Por lo tanto emito mi **VOTO APROBATORIO**.

Agradezco de antemano la atención que se sirva prestar a la presente.

Atentamente  
**Por una humanidad culta**  
*Una universidad de excelencia*

**DR. ALEJANDRO FLORES PALACIOS**

“2019, Año del Caudillo del Sur, Emiliano Zapata”

Xalapa, Veracruz, a 22 de marzo de 2019

**Comisión de Seguimiento Académico**  
**Maestría en Biología Integrativa de la**  
**Biodiversidad y la Conservación**  
**Presente**

Como miembro del jurado y después de haber evaluado la tesis titulada “**Efecto de la especie de árbol sobre la composición de herbáceas del sotobosque del bosque tropical caducifolio de Tepoztlán, Morelos**” del alumno(a) **Roberto Francisco Jiménez Salmerón**, con número de matrícula **7920160808**, aspirante al grado de Maestro(a) en Biología Integrativa de la Biodiversidad y la Conservación, considero que la tesis reúne los requisitos para ser presentada y defendida en el examen de grado. Por lo tanto, emito mi **VOTO APROBATORIO**.

Agradezco de antemano la atención que se sirva prestar a la presente.

Atentamente



Dr. Gonzalo Castillo Campos  
Investigador Nacional II  
Sistema Nacional de Investigadores  
Editor en Jefe de la Flora de Veracruz  
Instituto de Ecología, A.C.

Yautepec Morelos, 10 abril de 2019

**Comisión de Seguimiento Académico  
Maestría en Biología Integrativa de la  
Biodiversidad y la Conservación  
Presente**

Como miembro del jurado y después de haber evaluado la tesis titulada "**Efecto de la especie de árbol sobre la composición de herbáceas del sotobosque del bosque tropical caducifolio de Tepoztlán, Morelos**" de la alumno(a) **Roberto Francisco Jiménez Salmerón**, con número de matrícula **7920160808**, aspirante al grado de Maestro(a) en Biología Integrativa de la Biodiversidad y la Conservación, considero que la tesis reúne los requisitos para ser presentada y defendida en el examen de grado. Por lo tanto emito mi **VOTO APROBATORIO**.

Agradezco de antemano la atención que se sirva prestar a la presente.

**ATENTAMENTE**  
"La Técnica al Servicio de la Patria"



**Dr. José Luis Trejo Espino**  
Investigador

Cuernavaca, Morelos a 10 de abril del 2019

**Comisión de Seguimiento Académico**

Maestría en Biología Integrativa de la  
Biodiversidad y la Conservación

P r e s e n t e

Como miembro del jurado y después de haber evaluado la tesis titulada **“Efecto de la especie de árbol sobre la composición de herbáceas del sotobosque del bosque tropical caducifolio de Tepoztlán, Morelos”** del alumno **Roberto Francisco Jiménez Salmerón**, con número de matrícula **7920160808**, aspirante al grado de Maestro en Biología Integrativa de la Biodiversidad y la Conservación, considero que la tesis reúne los requisitos para ser presentada y defendida en el examen de grado. Por lo tanto, emito mi **VOTO APROBATORIO**.

Agradezco de antemano la atención que se sirva prestar a la presente.

Atentamente



**Dr. Jonas Morales Linares**

*“20 años contribuyendo al  
conocimiento y la conservación de la  
biodiversidad de México”*