

**PRODUCCIÓN DE HOJARASCA Y MATERIA ORGÁNICA EN  
AGROECOSISTEMAS CAFETALEROS MARGINALES DE OCOTAL CHICO,  
VERACRUZ, MÉXICO**

**Carlos H. Ávila Bello**

*Universidad Veracruzana. Región Coatzacoalcos-Minatitlán-Acayucan-Huazuntlán  
Chihuahua 803 esquina México, Col. Petrolera, Coatzacoalcos, Veracruz, 96500*

**Paulina Zamora Moreno**

*Facultad de Ingeniería en Sistemas de Producción Agropecuaria Universidad Veracruzana  
Km. 4.5 Carretera Costera del Golfo Acayucan-Catemaco. Acayucan, Veracruz. 96000*

---

**RESUMEN**

Los agroecosistemas cafetaleros tradicionales juegan un papel muy importante en la conservación de los recursos naturales asociados a la producción debido a su compleja estructura vegetal. Sin embargo, la crisis cafetalera ha provocado fuertes cambios en estos agroecosistemas, como su transformación a potreros, afectando la producción de hojarasca y el reciclaje de los nutrientes. El objetivo de este trabajo fue conocer la producción de hojarasca, sus componentes y las características generales de los suelos en agroecosistemas cafetaleros marginales de la comunidad de Ocotál Chico, Veracruz, dentro de la Reserva de la Biosfera de Los Tuxtlas. Para lograrlo se seleccionaron nueve agroecosistemas cafetaleros, en sitios permanentes de 400 m<sup>2</sup>, se colocaron trampas de 1 m<sup>2</sup>, divididas en cuatro secciones y establecidas en los puntos más representativos del sitio, elegidos visualmente. Las muestras se tomaron cada 28 días durante un año, en el gradiente altitudinal que cubren los cafetales del área, entre los 500 a los 900 m.s.n.m. Se cavaron tres perfiles de suelo para determinar en

laboratorio los contenidos de N, P, Ca, Mg, CIC, pH y el porcentaje de materia orgánica. Los componentes de la hojarasca se separaron en hojas, ramas, flores y partes florales, semillas y frutos e insectos muertos. Los resultados muestran que la producción de hojarasca, los diferentes componentes y materia orgánica son mayores en cafetales establecidos en bosque caducifolio, comparados con aquellos que se encuentran en selva alta y mediana subperennifolia; los suelos son oxisoles con valores medios a bajos de CIC y N, alto contenido de arcillas y pH ácido.

**Palabras clave:** agroecosistemas cafetaleros, hojarasca, materia orgánica, gradiente altitudinal, Los Tuxtlas, Veracruz.

**ABSTRACT**

Traditional coffee agroecosystems play an important role in the conservation of natural resources because of their complex vegetation structure. However, the coffee crisis has provoked tremendous changes in these agroecosystems, like their transformation to rangelands, affecting litter production

and nutrient recycling. The objective of this study was to learn about litter production, its components and the general characteristics of soils in marginal traditional coffee agroecosystems in Ocotal Chico, Veracruz, within the Los Tuxtlas Biosphere Reserve. Nine coffee agroecosystems were selected along an altitudinal gradient between 500 to 900 meters above sea level [phrase moved]; in sites of 400 m<sup>2</sup> each, four traps of 1m<sup>2</sup> were placed in the most representative points, chosen visually. Samples were taken every 28 days throughout one year. The litter components were divided into leaves, branches, flowers and flowering parts, seeds, fruits and dead insects. In three coffee agroecosystems a soil profile was made in order to determine in the lab [three words deleted] the levels of N, P, Ca, Mg, CEC, pH and the percentage of organic matter. Results show that litter production and its various components, as well as organic matter, are greater in coffee agroecosystems established in deciduous forest than those located in sub-perennial rain forest and tropical rain forest. Soils are oxisols with low to medium CEC and N values, high clay content and acid pH.

**Key words:** marginal coffee agroecosystems, litter, organic matter, altitudinal gradient, Los Tuxtlas, Veracruz.

## INTRODUCCIÓN

Los agroecosistemas cafetaleros tradicionales son el resultado de una serie de procesos biológicos, culturales, económicos y sociales relacionados con las características de cada región, por ello juegan un papel fundamental en la conservación de los recursos naturales. A partir de la década de los 90 del siglo XX, el café se ha convertido

en un cultivo decadente, sin embargo de él dependen tres millones de personas en las regiones más pobres económicamente, aunque ricas en cultura y biodiversidad (Bartra, 2003). Los cafetaleros han buscado otros ingresos, regalan el café a quien lo coseche con tal de que los frutos remanentes no dañen al cafetal, dejan enmontar la finca en espera de tiempos mejores o malbaratan las plantaciones; actualmente se están tumbando o quemando para establecer agostaderos, lo que ha influido en la pérdida de la materia orgánica, los nutrientes, las poblaciones microbianas, los suelos y la vegetación, afectando la captura de C y los ciclos biogeoquímicos (Olalde P. y Gómez, 1998; Gliessman, 2002; Bartra, 2003; Muñoz *et al.*, 2007). Los agroecosistemas cafetaleros presentan diferentes arreglos estructurales, algunos muy simplificados, como el cultivo a pleno sol, el cual requiere alto costo energético y económico para sostener la productividad, otros con alta complejidad como sistemas agrosilvícolas que conservan de manera más o menos similar la estructura original de la vegetación (Fassbender, 2002). En los últimos casos, la caída de hojas de diferentes especies activa la participación de los artrópodos, la descomposición, reciclaje y retención de nutrientes, contribuyendo a conservar la estructura y funcionamiento de los ecosistemas y agroecosistemas, la flora, la fauna silvestre, la retención de humedad, la producción y productividad primaria neta, así como su estabilidad dinámica (Jiménez Ávila, 1979; Montagnini y Jordan, 2002; Pérez *et al.*, 2003; Gartner y Cardon, 2004; Xu e Hirata, 2005; Vargas-Parra y Varela, 2007). De acuerdo con Jiménez Ávila (1979), la materia orgánica es importante porque influye en la densidad del suelo, favorece la conductividad

hidráulica, la aireación de las raíces y las propiedades químicas, mejora la capacidad de intercambio catiónico y el pH, se liberan los nutrientes que son absorbidos por las raíces y recirculan los elementos. La combinación de diferentes árboles en sistemas agroforestales, así como la preservación de áreas con mayor cobertura arbórea influyen en el pH, así como en la disponibilidad de P, N, C orgánico, además, los niveles de estos nutrientes presentan diferencias estadísticamente significativas al compararlos con monocultivos o áreas ganaderas (Salako y Tian, 2005; Muñoz *et al.*, 2007). Resultados similares se han encontrado en agroecosistemas que imitan en menor o mayor medida la estructura original de los tipos de vegetación que desplazan, como el caso del té en Malasia (Hashim y Abdullah, 2005). De acuerdo con Arellano *et al.* (2004), la producción de hojarasca está influenciada por propiedades del suelo, como la profundidad y la cantidad de agua disponible en el perfil, la pérdida del mantillo disminuye la cantidad de materia orgánica, incrementando los contenidos de arcilla, esto conlleva a disminuir la capacidad de almacenamiento de agua y la disponibilidad de nutrientes para el café. Es importante mencionar que este proceso presenta pulsos en los meses de mayor calor y una marcada disminución durante la primavera (Pérez *et al.*, 2003), fenómeno que observaron Williams-Linera y Tolome (1996), en especies holárticas, pantropicales, asiáticas y americanas de un bosque caducifolio en el centro de Veracruz. Pilar y Palacios (2002) encontraron que alterar el proceso de producción y descomposición de hojarasca influye en el ciclo de nutrientes y la dinámica futura del bosque, ya que en las zonas

cálidas, la alta temperatura y abundante precipitación aceleran los procesos de transformación química, lo que hace que las arcillas tengan alta meteorización, alta cantidad de óxidos libres e hidróxidos de Al, Fe y Mn (sesquióxidos) (Montagnini y Jordan, 2002). Esto a su vez provoca que disminuya el número de invertebrados y la flora microbiana; mientras que en suelos porosos dichos organismos son más abundantes (Álvarez-Sánchez y Naranjo-García, 2003). Dentro de la Reserva de la Biosfera de Los Tuxtlas se encuentra una alta diversidad biológica, lo que ha estimulado el establecimiento, dentro y fuera de la zona de amortiguamiento, de cafetales en diferentes tipos de vegetación, actualmente, fuertes cambios están afectando la estructura vegetal y con ello la capacidad de recirculación de nutrientes y los ciclos biogeoquímicos del área. El presente trabajo se realizó en agroecosistemas cafetaleros marginales de Ocotal Chico establecidos en áreas que originalmente fueron selva mediana subperennifolia (CaféSMS), selva alta perennifolia (CaféSAP) o bosque caducifolio (CaféBC), dentro de la zona de amortiguamiento de la reserva de la biosfera de Los Tuxtlas, con el objetivo de obtener información básica acerca de la producción de hojarasca (hojas, ramas, flores, frutos, semillas e insectos muertos), las características generales de los suelos y la posible relación entre la producción de hojarasca, materia orgánica y la presencia de algunas especies arbóreas a lo largo de un gradiente altitudinal entre 500 a 900 m.s.n.m. El trabajo adquiere importancia adicional a la luz del papel primordial que juegan los suelos y la hojarasca como sumideros de CO<sub>2</sub>e (Vega-López, 2009).

## DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

### Localización

La zona de trabajo se encuentra al sureste de la república mexicana, en la comunidad de Ocotál Chico, Sotepan, Veracruz, a los 18°15'13.32 N y 94°52'26.04 W; entre los 500 a 900 m de altitud (Porras, 2004) (Fig. 1).

De acuerdo con el gradiente altitudinal en el que se localizan los agroecosistemas cafetaleros se encuentran dos subtipos climáticos, cálido-húmedo con lluvias de verano (Am) y semicálido-húmedo con lluvias todo el año A(C)fm, la precipitación media anual varía entre 2 500 a 4 000 mm; la temperatura mínima es de 14 °C y la máxima puede llegar a 43 °C (Soto, 2004). Los suelos son nitosoles dístricos arcillosos de color rojo, ácidos, profundos, muy susceptibles a la erosión. De acuerdo con Ramírez (2004), los agroecosistemas cafetaleros se establecen en áreas antiguamente ocupadas por selva mediana subperennifolia, sin embargo, se conservan elementos de *Vochysia guatemalensis*, *Cedrela odorata*, *Inga leptoloba*, *I. speciosa*, entre otras; dentro del bosque caducifolio se usan como sombra *Liquidambar styraciflua*, *Quercus* sp., *Alfaroa mexicana* y *Ulmus mexicana* y en la selva alta perennifolia se pueden encontrar como sombra *Quercus* sp., *Oreomunnea mexicana* y *Sloanea medusula*, entre las más importantes.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Selección de cafetales

La producción de hojarasca se estudió en nueve cafetales localizados entre 500 y

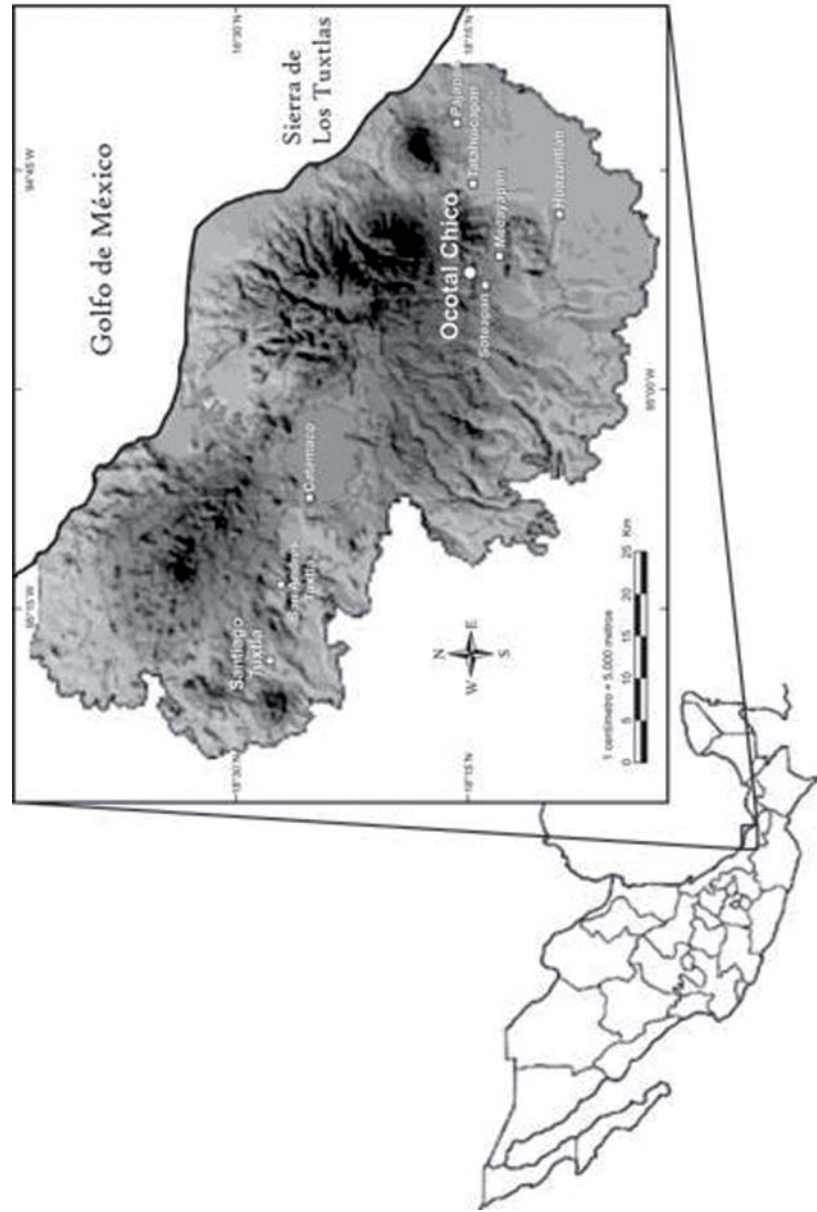
900 m.s.n.m., seleccionados con base en un padrón de 40 productores. En cada uno de estos agroecosistemas se establecieron sitios de muestreo de 20 x 20 m (400 m<sup>2</sup>); dentro de ellos, en los puntos visualmente más representativos, se colocaron cuatro cajas colectoras, elaborados con plástico, de 50 cm x 50 cm x 20 cm (1 m<sup>2</sup>), con el fondo de malla de 1 mm, para evitar que el agua se estancara y el material entrara en descomposición. El material se colectó cada 28 días, de agosto de 2005 a agosto de 2006, se desecó en una estufa. Para conocer el aporte en biomasa, los distintos componentes de la hojarasca se separaron en hojas, ramas, flores, semillas, frutos, e insectos muertos, de cada categoría se obtuvo el peso en g m<sup>2</sup>, proyectándolo a kg ha<sup>-1</sup>, la biomasa se expresó en peso seco en gramos.

### Muestreo del suelo

A través del gradiente altitudinal se cavaron tres perfiles de suelo, uno en CaféSMS, otro en CaféSAP y el último en CaféBC. Cada perfil tuvo 2 m de profundidad por 1 m de largo y 1 m de ancho, se orientó de tal manera que recibiera la mayor cantidad de luz, lo que facilitó la identificación de los horizontes; de cada uno de ellos se tomó 1 kg de muestra de suelo iniciando con el más profundo para evitar la contaminación de los horizontes superiores (Cuanalo de la C., 1981). Las muestras se etiquetaron y colocaron en bolsas de plástico para su posterior identificación.

### Análisis de laboratorio

Las muestras de suelo se numeraron y extendieron sobre un papel limpio y seco, formando una capa delgada y homogénea; una vez secas, se molieron con un rodillo de



**Fig. 1.** Localización de Ocotal Chico dentro de la Reserva de la Biosfera de Los Tuxtlas (Modificado de Geissert, 2004).

madera y se tamizaron con la ayuda de una criba del número 10. La materia orgánica se analizó con base en el método de Walkley y Black (Jackson, 1982); la humedad por medio de gravimetría (anónimo, 2002); el pH con el potenciómetro; N con el método del micro Kjeldahl (Bremmer y Mulvaney, 1982); P con el método de Bray I (Bray y Kurtz, 1945); la capacidad de intercambio catiónico con la técnica de reposo con acetato de amonio 1.0 N pH 7.0; la determinación de Ca y Mg por el método de Bray y Kurtz (1945), textura por el procedimiento granulométrico y densidad aparente por el método de la cera (NOM-021-RECNAT-2000).

#### Análisis estadístico

Para comparar las diferentes características de la hojarasca y materia orgánica a lo largo del gradiente altitudinal se realizaron análisis de varianza, así como una prueba de medias por el método de comparaciones múltiples de Holm-sidak.

### RESULTADOS

#### Producción de hojarasca

La producción total de hojarasca en los CaféSMS fue en promedio de 1 341.84 kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>, para aquellos CaféSAP fue de 1 437.6 kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> mientras que en CaféBC el promedio anual es de 2 626.5 kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> (cuadro 1); es decir, el CaféBC produce 49% más de hojarasca que el CaféSMS y un 45% más que aquellos CaféSAP.

La prueba de comparación múltiple de medias presentó diferencias significativas entre la producción de hojarasca de los diferentes cafetales durante la primavera y el verano entre CaféBC y la del CaféSAP (59.8;  $t =$

8.5;  $P = < 0.001$ ), entre el CaféBC y CaféSMS (39.1;  $t = 5.5$ ,  $P = < 0.001$ ) y entre CaféSMS y CaféSAP (20.6;  $t = 2.9$ ;  $P = 0.004$ ). Del mismo modo, en otoño e invierno se obtuvieron diferencias significativas entre CaféBC y CaféSMS (41.7;  $t = 6.6$ ;  $P = < 0.001$ ); entre CaféSMS y CaféSAP (25.0;  $t = 3.95$ ;  $P = < 0.001$ ), así como entre CaféSMS y CaféSAP (16.61;  $t = 2.62$ ;  $P = 0.01$ ).

#### Hojas

La producción de hojas en los CaféBC tuvo una máxima de 83 kg ha<sup>-1</sup> en el mes de mayo y una mínima de 3 kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> en agosto; en los CaféSAP la máxima fue de 52 kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> en el mes de julio con una mínima de 8 kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> en agosto y en los CaféSMS la máxima fue de 60 kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> en el mes de junio y la mínima de 6 kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> en agosto (Fig. 2).

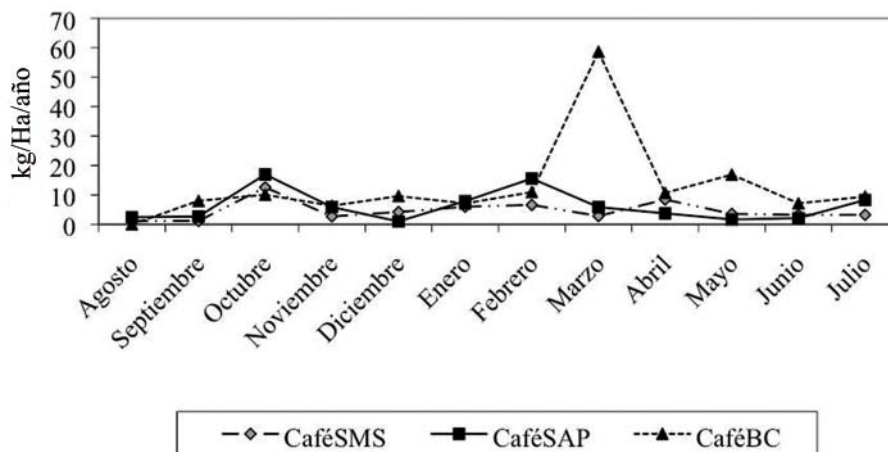
En este caso la prueba de comparación múltiple también presentó diferencias significativas entre CaféBC y CaféSAP (46.8;  $t = 8.5$ ;  $P = < 0.001$ ); lo mismo que entre CaféBC y CaféSMS (30.79;  $t = 5.5$ ;  $P = < 0.001$ ), los valores más bajos los presentaron los CaféSAP y CaféSMS (16.1;  $t = 2.9$ ;  $P = 0.004$ ), durante primavera-verano. El comportamiento cambió un poco durante el periodo de otoño-invierno, las diferencias más importantes se presentan entre CaféBC y CaféSMS (36.2;  $t = 7.17$ ;  $P = < 0.001$ ), entre CaféBC y CaféSAP (20.1;  $t = 4.0$ ;  $P = < 0.001$ ) y finalmente entre CaféSAP y CaféSMS (16.0;  $t = 3.18$ ;  $P = 0.002$ ).

#### Ramas

La producción de ramas fue mayor en los CaféBC, durante el mes de marzo; por el contrario, en el CaféSAP y el CaféSMS

**Cuadro 1.** Producción total de hojarasca y por componente (kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>), para los cafetales establecidos en diferentes tipos de vegetación; se presentan los valores de S, S<sup>2</sup> y la X.

Tipo de cafetal	Riqueza arbórea	Hojas (kg)	Ramas (kg)	Semillas y frutos (kg)	Flores (kg)	Insectos Muertos (kg)	Peso total
Establecido en selva mediana	17	1.010 S <sup>2</sup> = 429.0; S = 20.7; $\bar{X}$ = 30.6	172 S <sup>2</sup> = 27.17; S = 5.21; $\bar{X}$ = 5.2	81 S <sup>2</sup> = 60.6; S = 7.8; $\bar{X}$ = 2.5	78 S <sup>2</sup> = 23.0; S = 4.8; $\bar{X}$ = 2.35	1.1 S <sup>2</sup> = 0.02; S = 0.16; $\bar{X}$ = 0.03	1342
Establecido en selva alta	18	1.044 S <sup>2</sup> = 169.6; S = 13.0; $\bar{X}$ = 31.6	270 S <sup>2</sup> = 153.7; S = 12.4; $\bar{X}$ = 8.2	62 S <sup>2</sup> = 52; S = 7.2; $\bar{X}$ = 1.87	59 S <sup>2</sup> = 12; S = 3.5; $\bar{X}$ = 1.8	3 S <sup>2</sup> = 0.08; S = 0.29; $\bar{X}$ = 0.09	1438
Establecido en bosque caducifolio	17	2.091 S <sup>2</sup> = 271; S = 16.26; $\bar{X}$ = 63.4	317 S <sup>2</sup> = 30.4; S = 5.5; $\bar{X}$ = 9.61	106 S <sup>2</sup> = 43.9; S = 6.6; $\bar{X}$ = 3.22	96.2 S <sup>2</sup> = 11.7; S = 3.42; $\bar{X}$ = 2.9	15.6 S <sup>2</sup> = 1.20; S = 1.09; $\bar{X}$ = 0.47	2626



**Fig. 2.** Producción mensual de hojas en cafetales establecidos en selva mediana, selva alta perennifolia y bosque caducifolio.

mostraron poca fluctuación durante el año. El CafésBC tuvo una producción máxima de ramas caídas de  $58.6 \text{ kg ha}^{-1}$  en el mes de marzo y una mínima de  $0.5 \text{ kg ha}^{-1}$  en el mes de agosto; el CafésMS un valor máximo en octubre con  $12.6 \text{ kg ha}^{-1}$  y el mínimo de  $1.1 \text{ kg ha}^{-1}$  en agosto, el CafésAP presentó una máxima de  $16 \text{ kg ha}^{-1}$  en octubre y una mínima de  $1 \text{ kg ha}^{-1}$  en diciembre (Fig. 3). El análisis estadístico no mostró diferencias significativas en la producción de ramas entre tipos de cafetales.

#### Flores y partes florales

Los restos de flores en el CafésBC se presentaron en los meses de enero a junio, el valor máximo se encontró en el mes de mayo con  $7.3 \text{ kg ha}^{-1}$ ; por su lado en el CafésAP el mayor valor se observó en los meses de diciembre y marzo con  $6$  y  $6.6 \text{ kg ha}^{-1}$  respectivamente; es interesante

observar que el CafésMS sigue un patrón similar al de los cafetales SAP a diferencia de los meses de producción más alta que son marzo, abril y junio (Fig. 4). Con base en los valores promedio podemos deducir que la producción de flores es mayor en los cafetales establecidos en BC con un promedio de  $3.1 \text{ kg ha}^{-1}$ , seguidos de aquellos establecidos en SMS con  $2.6 \text{ kg ha}^{-1}$ , mientras que en los cafetales establecidos en SAP se encontró un promedio de  $2.1 \text{ kg ha}^{-1}$ . No se encontraron diferencias significativas entre los cafetales establecidos en los diferentes tipos de vegetación, excepto durante primavera-verano entre CafésBC y CafésAP ( $3.60$ ;  $t = 2.52$ ;  $P = 0.01$ ).

#### Restos de semillas y frutos

La producción de restos de semillas y frutos en los CafésBC es nula en los meses de agosto a enero; aumenta de febrero a



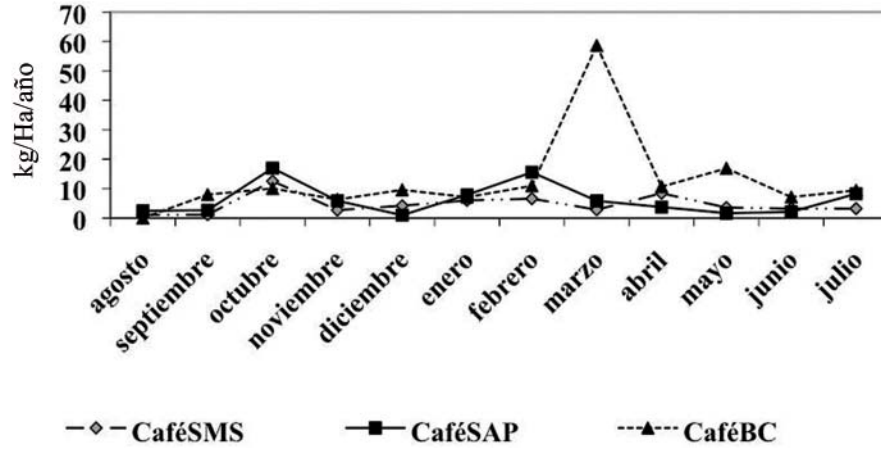


Fig. 3. Producción de ramas en bosque caducifolio, selva alta y mediana perennifolia.

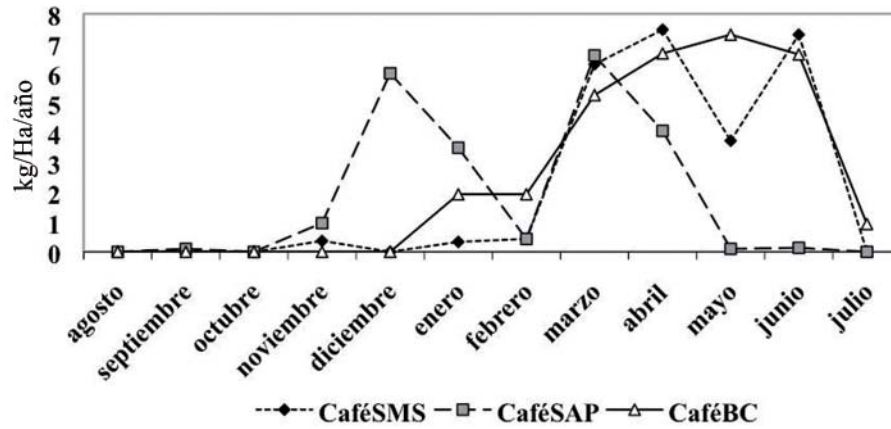


Fig. 4. Producción de flores y partes florales en cafetales establecidos en selva mediana, alta perennifolia y bosque caducifolio.

julio para volver a descender a partir del mes de mayo; por otro lado, los valores en CaféSAP fluctuaron de marzo a julio, con un pico en abril; los CaféSMS presentaron la menor producción de semillas y frutos, con picos en los meses mayo y julio (Fig. 5). No existen diferencias estadísticamente significativas en la producción de semillas y frutos entre los diferentes agroecosistemas cafetaleros.

### **Insectos muertos**

El número de insectos muertos en cafetales establecidos en SAP y SMS fue muy bajo a lo largo del estudio, en comparación con aquellos cafetales establecidos en BC en donde se encontraron insectos muertos durante la mitad del año de estudio (Fig. 6). Se presentaron diferencias estadísticamente significativas entre el número de cadáveres de insectos encontrados CaféBC y CaféSMS (0.45;  $t = 2.63$ ;  $P = 0.009$ ), entre CaféBC y aquellos establecidos en SAP (0.39;  $t = 2.28$ ;  $P = 0.025$ ).

### **Análisis físico y químico de suelos**

De acuerdo con los análisis de suelos los CaféBC presenta valores bajos de Ca y altos en Mg; por su lado, los CaféSAP y SMS tienen valores medios de Ca y altos de Mg, con alta concentración de arcilla; la CIC en los suelos de los tres tipos de cafetales presenta valores medios y el P valores altos (cuadro 2).

La cantidad de P presente en CaféBC dobla aquella encontrada en CaféSAP y CaféSMS. Por otro lado, los valores de CIC más bajos se presentan en los CaféSMS y los más altos en aquellos cafetales establecidos en SAP,

aunque las diferencias entre los tres no son notables. La materia orgánica presentó los valores más altos en los CaféBC, acorde con su mayor producción de hojarasca; le siguen en importancia los CaféSMS, en todos los casos el N obtuvo valores e intervalos muy bajos.

Los análisis de textura indican que los suelos de cafetales en SAP y SMS son arcillo arenosos, aquellos establecidos en BC son arcillosos (USDA, 1999).

## **DISCUSIÓN**

Si bien la producción total de hojarasca y sus diferentes componentes fue mayor en los caféBC, la riqueza arbórea de los CaféSAP es ligeramente superior a los otros tipos de cafetales, a primera vista esto podría ser contradictorio si se piensa que una mayor producción de hojarasca y materia orgánica debiera reflejarse en mayor riqueza (Castillo C., 2008). Sin embargo, la composición físico-química de la hojarasca, influye en la tasa de descomposición y por lo tanto en la disponibilidad de nutrientes (Xu e Hirata, 2005). Los resultados de producción de hojarasca y sus componentes fueron entre 60 a 90% menores que los reportados por Williams (2007), quien encontró entre 6.1 a 8.5 ton ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> en el volcán de Acatlán y el Parque Ecológico Clavijero en Xalapa, respectivamente. Montagnini y Jordan (2002) reportan valores similares en bosques lluviosos parecidos a los del área de estudio; los resultados coinciden con lo reportado por Williams-Linera y Tolome (1996) en el sentido de que las especies de afinidad holártica producen mayor cantidad de hojarasca que aquellas pantropicales o americano-asiáticas.

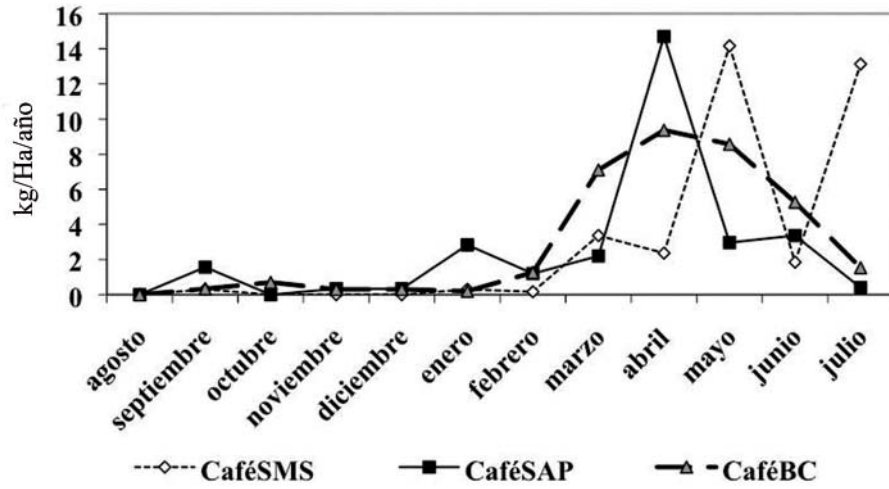


Fig. 5. Producción de semillas y frutos en cafetales localizados en bosque caducifolio, selva alta y mediana perennifolia.

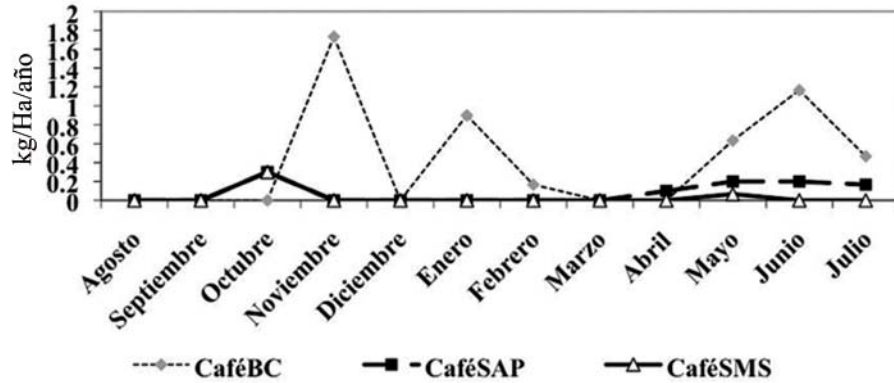


Fig. 6. Cuantificación de insectos muertos en bosque caducifolio, selva alta y mediana perennifolia.

**Cuadro 2.** Resultados de los análisis de suelo realizados en laboratorio y su correspondiente producción de hojarasca.

Variable/tipo de cafetal	pH	N (%)	Ca (ppm)	Mg (ppm)	P (ppm)	CIC (meq/100g)	MO (%)	Textura	Producción de hojarasca (kg ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup> )
CaféSMS	5.0	0.16 (+)	597 (-)	550 (+)	24.2 (+)	5.2 (-)	1.4 (-)	Arcillo arenoso (50.7% arcilla)	1342
CaféSAP	4.7	0.19 (+)	604.2 (-)	1,195.0 (+)	28.4 (+)	11.4 (-)	3.8 (+)	Arcillo arenoso (40.3% arcilla)	1438
CaféBC	5.1	0.20 (-)	393.5 (-)	889.0 (+)	55.8 (+)	11.3 (-)	4.1 (-)	Arcilla (52.1% arcilla)	2626

Como en el caso de Pérez *et al.* (2003), se presentaron pulsos en la producción de hojarasca a lo largo del año, en los cafés BC la época de mayor producción, septiembre a junio, coincide en general con lo encontrado por Williams y Tolome (1996), no así para los Cafés SAP y Cafés SMS, ya que la mayor producción de hoja se presenta entre abril a julio; la fracción correspondiente a las hojas en los tres tipos de cafetales estudiados representa el 75.34%, ligeramente superior a la que encontraron éstos últimos autores (74.4%), y a la que reportan Williams y Tolome (1996) (70%). Del mismo modo, la producción de hojas en Cafés SAP y SMS es similar a la del bosque subcaducifolio estudiado por Martínez y Sarukán (1993), en Chamela, Jalisco.

Por otro lado, todos los árboles establecidos en los tres tipos de cafetales estudiados liberan semillas y frutos previo al inicio de las lluvias y como respuesta a diferentes factores climáticos. Es posible que la mayor presencia de cadáveres de insectos en Café BC puede deberse al ambiente más estable de este último hábitat.

Los suelos estudiados tienen características de oxisoles, es decir, presentan altos contenidos de arcilla, especialmente caolinitas, baja CIC y alta cantidad de Fe y P, características que comparte con suelos de otras áreas tropicales (Montagnini y Jordan, 2002; Xu e Hirata, 2005; Peng *et al.*, 2005). Las arcillas con características ácidas y una cantidad reducida de poros, como las de los Cafés SAP y Cafés SMS del área de estudio, pueden presentar pocos invertebrados, por el contrario en el bosque caducifolio los suelos son porosos con disponibilidad de materia orgánica y estos organismos pueden ser más abundantes.

De acuerdo con Álvarez y Naranjo (2003), el tipo de suelo y la hojarasca son factores controladores de la fauna microbiana, así mismo, la calidad de la hojarasca y los descomponedores están directamente relacionados con la diversidad biológica de un área determinada (Hättenschwiler *et al.*, 2005), en varios casos algunos compuestos secundarios liberados por los microorganismos al descomponer hojas de *Quercus nigra* pueden retardar la caída de las hojas de *Liquidambar styraciflua* (Gartner y Cardon, 2004).

Por otro lado, de acuerdo con Descroix y Snoeck (2004), el pH y la cantidad de P de los suelos estudiados son adecuados para la producción de café, sin embargo, la CIC se encuentra en valores medios o bajos, por lo que la disponibilidad de N no sería adecuada para su desarrollo (Snoeck y Lambot, 2004; Geissert e Ibañez, 2008). Aunque no se obtuvieron los valores de la relación C:N se infiere, por la alta producción de hojarasca y el bajo porcentaje de materia orgánica, que el N del suelo puede encontrarse inmovilizado en los restos orgánicos, lo que se refleja en una alta demanda de N por parte de los microorganismos para satisfacer sus funciones esenciales, lo que haría que este elemento esté poco disponible para las plantas (Montagnini y Jordan, 2002).

## CONCLUSIONES

Los cafetales establecidos en SMS, SAP y BC producen entre 60 a 90% menos hojarasca que áreas similares que conservan vegetación original. Se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la producción de hojarasca entre los tres tipos de cafetales a lo largo de todo el estudio. La

mayor producción de hojarasca se presenta entre abril y julio, en todos los casos la fracción correspondiente a hojas representa el mayor volumen de los componentes analizados y muestra diferencias estadísticamente significativas entre los tres tipos de cafetales estudiados, aunque los CaféBC producen más hojas. La CIC es baja lo que seguramente afecta la disponibilidad de nutrimentos para el café, especialmente el N. Dado el dominio que presenta *Inga vera* en los tres tipos de cafetales estudiados será necesario investigar en el futuro el efecto que ha tenido las hojas de esta especie sobre el tipo, calidad de microorganismos y disponibilidad de nutrimentos a lo largo del gradiente altitudinal. Dada la presión a que están siendo sometidos los cafetales del área para transformarlos a potreros, la información obtenida es de suma importancia como base para la posible rehabilitación de agroecosistemas cafetaleros degradados o de otras áreas que presenten problemas de erosión o nutrimentos, así como su valoración y estudio futuro en la captura y fijación de carbono.

#### AGRADECIMIENTOS

A las autoridades y pobladores de Ocotil Chico, en la Reserva de la Biosfera de Los Tuxtlas, sin su permiso y apoyo este trabajo no hubiera sido posible, en especial a Abel Matías Santiago, Gregorio Matías González, Panuncio Gutiérrez Albino, Bernaldino Matías González y Hermenegildo González Mateo. Del mismo modo al Programa de Mejoramiento del Profesorado (PROMEP) de la SEP por el financiamiento (103.5/04/1411 (PTC-59) otorgado al primero de los autores. A dos revisores anónimos cuyas observaciones permitieron mejorar substancialmente el texto.

#### LITERATURA CITADA

- Álvarez-Sánchez J. y Naranjo-García, E., 2003. *Ecología del suelo en la selva tropical húmeda de México*. Instituto de Ecología, Instituto de Biología y Facultad de Ciencias, UNAM. Xalapa, México. 316 pp.
- Anónimo, 2002. "Norma Oficial Mexicana (NOM) NOM-021-RECNAT-2000, que establece las especificaciones de fertilidad, sanidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis". *Diario Oficial* de la Federación 31 de diciembre de 2002. 73 pp.
- Arellano G., R; Paolini, J., Vásquez, L. y Mora de Pinto, E.M., 2004. "Producción y descomposición de la hojarasca en tres agroecosistemas de café en el estado de Trujillo, Venezuela". *Revista Forestal Venezolana*, **1**(48): 34-48.
- Bartra, A., 2003. *Cosechas de ira. Economía política de la reforma agraria*. Editorial Itaca. México, DF. 131 pp.
- Bray, R.H. y Kurtz, L.T., 1945. "Determination of total organic and available phosphorus in soil". *Soil science*, **59**: 39-45.
- Bremner, J.M. y Mulvaney, C.S. 1982. "Total nitrogen". En: *Methods of soil analysis*. A.L. Page (Ed.). *Agronomy*, **9**. American Soc. of Agronomy. Madison, Wisconsin, USA.
- , 1982. "Total nitrogen". En: A.L. Page (Ed.). *Methods of soil analysis*. *Agronomy*, **9**. American Soc. of Agronomy. Madison, Wisconsin, USA.

- Campos, C., A., 2004. El suelo. Los Tuxtlas. En: *El paisaje de la sierra*. Guevara S., J. Laborde y G. Sánchez-Ríos. Instituto de Ecología y Unión Europea. Xalapa, Ver. 181-193 pp.
- Castillo C., G., 2008. "Estructura y diversidad biológica vegetal en agroecosistemas cafetaleros de Ocotal Chico, San Pedro Soteapan, Veracruz". Tesis de Maestría en Ciencias Agropecuarias. Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco. 70 pp.
- Cuanalo de la C., H., 1981. *Manual para la descripción de perfiles de suelo en el campo*. Centro de edafología. Colegio de posgraduados, Chapingo, México. 40 pp.
- Descroix, F. y Snoeck, J., 2008. "Environmental factors suitable for coffee cultivation". En: Wintgens J. N. (Edit.). *Coffee: growing, processing, sustainable production*. Wiley-VCH Verlag GMBH & Co. KgaA. 164-177 pp.
- Fassbender, H.W., 2002. *Modelos edafológicos de sistemas agroforestales*. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica. 492 pp.
- Gartner, T.C. y Cardon, Z.G., 2004. "Decomposition dynamics in mixed-species leaf litter". *Oikos*, **104**: 230-246.
- Gliesman, S.R., 2002. *Agroecología. Procesos ecológicos en agricultura sustentable*. Turrialba. Costa Rica. 359 pp.
- Geissert K, D., 2004. "La geomorfología". En: *Los Tuxtlas. El paisaje de la sierra*. Guevara S., J. Laborde y G. Sánchez-Ríos. Instituto de Ecología y Unión Europea. Xalapa, Ver. 159-179 pp.
- Geissert K, D. e Ibañez, A., 2008. Calidad y ambiente físico de los suelos. En: Manson, R.H., V. Hernández-Ortiz, S. Gallina y K. Mehlreter (Eds.). *Agroecosistemas cafetaleros de Veracruz. Biodiversidad, manejo y conservación*. Instituto de Ecología. Instituto Nacional de Ecología. México, DF. 213-221 pp.
- Hashim, G.M. y Abdullah, W., 2005. "Prediction of soil and nutrient losses in highland catchment". *Water, air and soil pollution*, **5**: 103-113.
- Hättenschwiler, S., Tiunov, A.V. y Scheu, S., 2005. "Biodiversity and litter decomposition in terrestrial ecosystems". *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*, **36**: 191-218.
- INEGI, 1998. *Diccionario de datos edafológicos 1: 1 000 000* (Vectorial). Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. México. 22 pp.
- Jackson, L., 1982. *Análisis químico de suelos*. 4ª ed. Omega. Barcelona, España. pp 22-38.
- Jiménez Á., E., 1979. "Comparación de la producción de materia orgánica de un bosque caducifolio y el cafetal". En: *Estudios Ecológicos del agroecosistema cafetalero*. Jiménez Ávila, E. y A. Gómez Pompa. (edit.) Instituto Nacional de Investigaciones Sobre Recursos Bióticos. Xalapa, Ver. Compañía Editorial Continental. 55-64 pp.

- Lazara, O., Ortega, F. y Morales, M., 1998. "Participación de la arcilla y materia orgánica en la capacidad de intercambio catiónico de vertisoles de la provincia Granma". *TERRA Latinoamericana*, **16**(3): 189-194.
- Moguel, P. y Toledo, V.M., 1999. "Biodiversity conservation in traditional coffee systems of Mexico". *Conservation Biology*, **13**(4): 11-21.
- Mogtanini, F. y Jordan, C.F., 2002. "Reciclaje de nutrientes". En: *Ecología y conservación de bosques neotropicales*. Guariguata, M. R. y G. H. Kattan (Comps). Libro Universitario Regional- GTZ. Costa Rica. 167-191 pp.
- Olalde P., V. y Aguilera-Gómez, L.I., 1998. "Microorganismos y Biodiversidad". *Terra*, **16**(3): 289-292.
- Muñoz, C.; E. Zagal y C. Ovalle, 2007. "Influence of trees on soil organic matter in Mediterranean agroforestry Systems: an example from the "Espinal" of central Chile". *European Journal of Soil Science*, **58**: 728-735.
- Peng, Q.L.S.L., Bi, H., Zang, H.Y., Li, Z.A., Ma, W.H. y Li, N.Y., 2005. "Decomposition of leaf litter in tropical and subtropical forest of southern China". *Journal of Tropical Forest Science*, **17**(4): 543-556.
- Pérez, C.A.; Armesto, J.J., Torrealba, C. y Carmona, M.R., 2003. "Litterfall dynamics and nitrogen use efficiency in two evergreen temperate rainforests of southern Chile". *Austral Ecology*, **28**: 591-600.
- Palacios-Bianchi, P.A., 2002. "Producción y descomposición de hojarasca en un Bosque Maulino fragmentado". Seminario de título. *Biología Ambiental*. Universidad de Chile. Santiago, Chile. 12 pp.
- Porrás O., G., 2004. "Situación social de la comunidad". En: Ejido Ocotál Chico. González, M., F. (Edit.). *Memoria del Taller de planeación comunitaria y de manejo de recursos naturales*. CONANP. Reserva de la Biosfera Los Tuxtlas. Proyecto Sierra de Santa Marta, A.C. y UNDP México. Xalapa, Ver. 13-25 pp.
- Ramírez, R.F., 2004. "El territorio y sus recursos". En: Ejido Ocotál Chico. González M., F. (Edit.). *Memoria del taller de planeación comunitaria y de manejo de recursos naturales*. CONANP. Reserva de la Biosfera de Los Tuxtlas. Proyecto Sierra Santa Marta, A.C. 31-50 pp.
- Salko, F.K. y Tian, G., 2005. "Litter production and soil condition under agroforestry trees in two agroecological zones of Southern Nigeria". *Journal of Sustainable Agriculture*, **26**(2): 5-21.
- Siemens, A.H., 2004. "Los paisajes". En: *Los Tuxtlas. El paisaje de la sierra*. Guevara, S., J. Laborde D. y G. Sánchez-Ríos. Instituto de Ecología y Unión Europea. Xalapa, Ver. 41-59 pp.
- Snoeck, J. y Lambot, Ch. 2004. "Crop maintenance". En: Wintgens J.N. (Edit.). *Coffee: growing, processing, sustainable production*. Wiley-VCH Verlag GMBH & Co. KgaA.



Ávila Bello, C.H. y P. Zamora Moreno. Producción de hojarasca y materia orgánica en Ocotil Chico, Ver., Méx.

- Soto, M., 2006. "El clima". En: *El paisaje de la sierra*. Guevara, S., J. Laborde D. y G. Sánchez-Ríos. Los Tuxtlas. Instituto de Ecología y Unión Europea. Xalapa, Ver. 195-199 pp.
- Vargas-Parra, L. y Varela, A., 2007. "Producción de hojarasca en un bosque de niebla en la reserva natural La Planada (Nariño, Colombia)". *Universitas Scientiarum*, **12**: 35-49.
- Vega-López, E., 2009. "Importancia económica de las áreas naturales protegidas como sumideros de carbono en México". *Economía informa*, **360**: 114-120.
- Williams-Linera, G. y Tolome, J., 1996. "Litterfall, temperate and tropical dominant trees and climate in a Mexican lower montane forest". *Biotropica*, **24**(4): 649-656.
- Williams-Linera, G., 2007. *El bosque de niebla del centro de Veracruz: ecología, historia y destino en tiempos de fragmentación y cambio climático*. Instituto de Ecología. CONABIO. Xalapa, Ver. México. 208 pp.
- Xu, X. e Hirata, E., 2005. "Deposition patterns of leaf litter of seven common canopy species in a subtropical forest: C and P dynamics". *Plant and soil*, **273**: 279-289.

Citas electrónicas: HYPERLINK

<http://www.soils.usda.gov/sqi/files/KitSpanish.pdf>

<http://www.soils.usda.gov/sqi/files/KitSpanish.pdf>

Recibido: 7 mayo 2009. Aceptado: 28 abril 2010.

**Anexo 1.** Diversidad de especies arbóreas y valor de importancia de cada una de ellas en cafetales localizados en tres tipos de vegetación diferentes, Ocotil Chico, Veracruz.

Tipo de vegetación	Especies	Número de individuos	Valor de importancia relativa
Selva mediana subperennifolia	<i>Inga vera</i>	45	26.46
	<i>Cordia alliodora</i>	11	10.60
	<i>Cecropia obtusifolia</i>	5	7.40
	<i>Trema micrantha</i>	7	6.72
	<i>Acosmium panamense</i>	3	6.13
	<i>Heliocarpus appendiculatus</i>	3	6.86
	<i>Pimenta dioica</i>	4	4.23
	<i>Cedrela odorata</i>	3	5.71
	<i>Cojoba arborea</i>	2	2.96
	<i>Inga jinicuil</i>	4	5.18
	<i>Gliricidia sepium</i>	2	4.64
	<i>Byrsonima crassifolia</i>	1	4.77
	<i>Citrus sinensis</i>	3	2.89
	<i>Chrysophyllum cainito</i>	1	1.75
	<i>Carica papaya</i>	1	1.35
<i>Pachira aquatica</i>	1	1.19	
<i>Tephrosia</i> sp.	1	1.19	
Selva alta perennifolia	<i>Inga vera</i>	59	23.33
	<i>Apeiba tibourbou</i>	2	25.33
	<i>Cordia alliodora</i>	15	8.67
	<i>Inga jinicuil</i>	5	5.33
	<i>Vochysia hondurensis</i>	7	5.33
	<i>Pimenta dioica</i>	4	3.67
	<i>Citrus sinensis</i>	3	3.67
	<i>Luhea speciosa</i>	3	3.67
<i>Trema micrantha</i>	3	3.58	

**Anexo 1.** Conclusión.

<b>Tipo de vegetación</b>	<b>Especies</b>	<b>Número de individuos</b>	<b>Valor de importancia relativa</b>
	<i>Spondias mombin</i>	2	2.34
	<i>Hirtella triandra</i>	1	2.67
	<i>Callophyllum brasiliense</i>	1	2.33
	<i>Leucaena leucocephala</i>	3	1.73
	<i>Swietenia macrophylla</i>	2	1.70
	<i>Mangifera indica</i>	1	1.33
	<i>Citrus aurantifolia</i>	2	1.78
	<i>Coccoloba uvifera</i>	1	1.33
	<i>Spathodea campanulata</i>	1	1.00
Bosque caducifolio	<i>Inga vera</i>	86	33.18
	<i>Trema micrantha</i>	11	9.52
	<i>Lyquidambar stryrciflua</i>	2	9.25
	<i>Terminalia amazonia</i>	2	9.18
	<i>Inga jinicuil</i>	6	4.63
	<i>Cecropia obtusifolia</i>	3	3.97
	<i>Vochysia guatemalensis</i>	5	3.63
	<i>Hirtella triandra</i>	3	5.30
	<i>Cedrela odorata</i>	4	2.97
	<i>Heliocarpus appendiculatus</i>	2	1.97
	<i>Pimienta dioica</i>	2	2.63
	<i>Anona reticulata</i>	1	3.63
	<i>Tectona grandis</i>	1	2.97
	<i>Astrocarium mexicanun</i>	1	2.30
	<i>Spondias mombin</i>	1	1.63
	<i>Lonchocarpus guatemalensis</i>	3	1.63
	<i>Bursera simaruba</i>	2	1.63