



INDICADORES DE DIVERSIDAD, ESTRUCTURA Y RIQUEZA PARA LA CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD VEGETAL EN LOS PAISAJES RURALES

[DIVERSITY, STRUCTURE AND RICHNESS INDICATORS FOR THE CONSERVATION OF VEGETATION BIODIVERSITY IN RURAL LANDSCAPES]

Claudio Vite Cristóbal^{1,2*}, José Luis Alanís Méndez²,
Maribel Ortiz Domínguez², Juan Manuel Pech Canche²
and Eduardo Ramos Hernández¹

¹Instituto Tecnológico Superior de Tantoyuca. Desv. Lindero-Tamete S/N, Col. La Morita, Código Postal 92100, Veracruz, México. E-mail: cvitec81@hotmail.com

²Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias Campus Tuxpan, Universidad Veracruzana. Carr. Tuxpan-Tampico Km. 7.5, Código Postal 92895, Veracruz, México. E-mail: josealanis32@hotmail.com, mariberrita@hotmail.com, jmpech@gmail.com, pun_kl_alo@hotmail.com

*Corresponding author

SUMMARY

The lack of efficient sampling techniques for the study of linear vegetation remnants in the Mexican tropics anthropised areas was the main premise for this research, in order to determine the diversity, richness and vegetation structure of rural landscapes according to its conservation value through efficient and representative linear sampling techniques. The biological characterization of plants was performed in an area of 4,096 m², in eight components of the landscape, a total of 2260 ha. The vegetation consists of 144 species, 127 genera and 51 families. These were distributed at herbs 71.26%, shrubs 22.80%, trees 3.49%, and vines 2.45%. High values of diversity and richness were found in hedgerows, stream shore, shore road, scrub and citrus growing. It is suggested to give priority to the conservation of stream bank that protects species such as *Cedrela odorata* and *Sapium macrocarpum*. The efficiency and representativeness of the sample was 95% through rarefaction given by the best fit of Chao 1 and ACE, highly significant linear correlation between true diversity and richness of species, and the high value of spare.

Key words: agroscape; true diversity; alpha diversity; rarefaction.

RESUMEN

La falta de técnicas de muestreo eficientes para el estudio de los remanentes de vegetación lineales en las áreas antropizadas del trópico mexicano, fue la principal premisa para realizar ésta investigación con el objetivo de determinar la diversidad, riqueza y estructura vegetal de los paisajes rurales, en función de su valor de conservación, a través de técnicas de muestreo lineales eficientes y representativos. La caracterización biológica de plantas se realizó en un área de 4,096 m², distribuidos en ocho elementos del paisaje rural, con un total de 2260 ha. La vegetación está integrada por 144 especies, 127 géneros y 51 familias. Estas se distribuyeron en hierbas 71.26%, arbustos 22.80%, árboles 3.49% y bejucos 2.45%. Valores altos de diversidad y riqueza se encontraron en el cerco vivo, orilla de arroyo, orilla de camino, matorral y cultivo de cítricos. Se sugiere dar prioridad de conservación a la orilla de arroyo que resguarda especies como *Cedrela odorata* y *Sapium macrocarpum*. La eficiencia y representatividad del muestreo fue del 95% a través de la rarefacción dada por el mejor ajuste de Chao 1 y ACE, la correlación lineal altamente significativa entre diversidad verdadera y riqueza de especies, y al alto valor de recambio.

Palabras clave: agropaisaje; diversidad verdadera; diversidad alfa; rarefacción.

INTRODUCCIÓN

La conservación de la biodiversidad ha sido un asunto de interés mundial en la última década (FAO, 2006; Moreno *et al.*, 2011). Los bosques tropicales, por las características estructurales y complejas que los definen resguardan el 70% de la biodiversidad del planeta. Sin embargo, se estima que en los trópicos se pierden aproximadamente 15 millones de hectáreas de bosque primario por año, de los cuales el 60% es debido a las prácticas agrícolas, pecuarias y forestales, la colonización progresiva y la minería que conducen a realizar desmontes, cultivos en terrenos impropios, la tala indebida, los incendios, la explotación selectiva de algunas especies útiles, construcción de caminos y el pastoreo mal organizado (CONABIO, 1998; 2008; Rzedowsky, 2006; Sánchez-Velázquez *et al.* 2008; Dirzo *et al.*, 2009).

En este sentido, la fragmentación del paisaje crea una serie de parches de vegetación remanente rodeada por una matriz de vegetación o de uso de la tierra dominante, alterando la geometría espacial de los bosques, el aislamiento, la conectividad y generando diversos efectos sobre las comunidades de especies de flora y fauna (Dirzo *et al.*, 2009). En consecuencia, los impactos de la fragmentación afectan la diversidad de especies a escala de paisaje (Sánchez-Velázquez *et al.* 2008; Dirzo *et al.* 2009).

Los estudios de diversidad, estructura y riqueza en función de la conservación de la biodiversidad vegetal en México son muy escasos y limitados al muestreo de grandes remanentes de vegetación en Áreas Naturales Protegidas (Sánchez-Velázquez *et al.* 2008; Dirzo *et al.* 2009), dejando a un lado los paisajes rurales distribuidos linealmente en remanentes de vegetación de arroyos, ríos y caminos (Lozano-Zambrano, 2009), por lo que es urgente la validación de técnicas de muestreo que se aproximen a la estimación de la diversidad, estructura y riqueza en este último tipo de ecosistemas del país que generalmente presentan disturbios naturales o provocados, que afectan de diferente forma el comportamiento y contribución de las especies, así como la variación en sus abundancias (Moreno *et al.*, 2011).

Lo anterior ha llevado a dar una nueva mirada a los paisajes rurales los cuales han ido pasando de ser considerados como casos perdidos, en términos de conservación de especies, a regiones con un potencial para mantener una proporción importante de la biodiversidad que albergaban originalmente (Dirzo *et al.* 2009; Lozano-Zambrano, 2009). En el caso particular, el ejido Pastoría, Chicontepec, Veracruz,

es un área rural perturbada de 2,660 ha en el que se identifican fragmentos de acahuales, pastizales, matorrales, bordos de arroyos, cultivo de cítricos, cercos vivos, orillas de río y bordes de caminos y que, por su importancia ambiental dentro de la sierra baja de Chicontepec, se ha considerado necesario determinar la diversidad, riqueza y estructura vegetal presente en los paisajes rurales en función de su valor de conservación, a través de técnicas de muestreo lineales que presentan aproximaciones aceptables de la estructura, diversidad y riqueza vegetal, ya que permiten el registro adecuado de dichos parámetros de la vegetación debido a la misma configuración espacial lineal de varios de los elementos del paisaje analizados (Álvarez *et al.*, 2006), a diferencia de otros métodos, como los cuadrantes, con los cuales se requeriría un mayor esfuerzo de muestreo debido a la mayor cantidad de tablas que se requerirían para obtener una adecuada diversidad de la vegetación (Flores y Álvarez-Sánchez, 2011).

MATERIALES Y MÉTODOS

Caracterización biofísica

El muestreo se realizó en el Ejido Pastoría, municipio de Chicontepec, Veracruz, México. Se localiza a 21°05'21.61" LN y 98°08'28.43" LW, a 94 msnm y clima Aw2, que corresponde al cálido subhúmedo con un índice de humedad mayor a 55.3 y un porcentaje de lluvia invernal entre 5 y 10.2% de la anual (García, 1988; INEGI, 2010). La comunidad es un área rural perturbada de 2,660 ha en la que se muestrearon fragmentos de acahuales, pastizales, matorrales, bordos de arroyos, cultivo de cítricos, cercos vivos, orillas de río y bordes de caminos (Figura 1). Cada paisaje rural fue elegido aleatoriamente con dos réplicas dentro del espacio total que ocupó en el ejido y georeferenciados con GPS (GPSmap 60CSx, GARMIN), en el periodo de agosto de 2011 a julio de 2012. Se estimó la estructura, riqueza y abundancia de los sitios, además de la diversidad vegetal mediante el Índice de Diversidad Verdadera (IDV) y el valor de conservación de los paisajes rurales con el Índice de Valor de la Conservación (IVC). El municipio se encuentra ubicado dentro de la provincia fisiográfica de la Llanura Costera del Golfo Norte; en la región montañosa de la Huasteca Veracruzana, donde las ramificaciones de la Sierra Madre Oriental reciben el nombre local de la sierra de Chicontepec, con tipos de suelos dominantes el Regasol y el Vertisol y se encuentra regado por ríos y arroyos que desembocan en las cuencas del Pánuco y del Tuxpan (López-Ramos, 1979; SGM, 2007; Santillán y Aguayo, 2011).

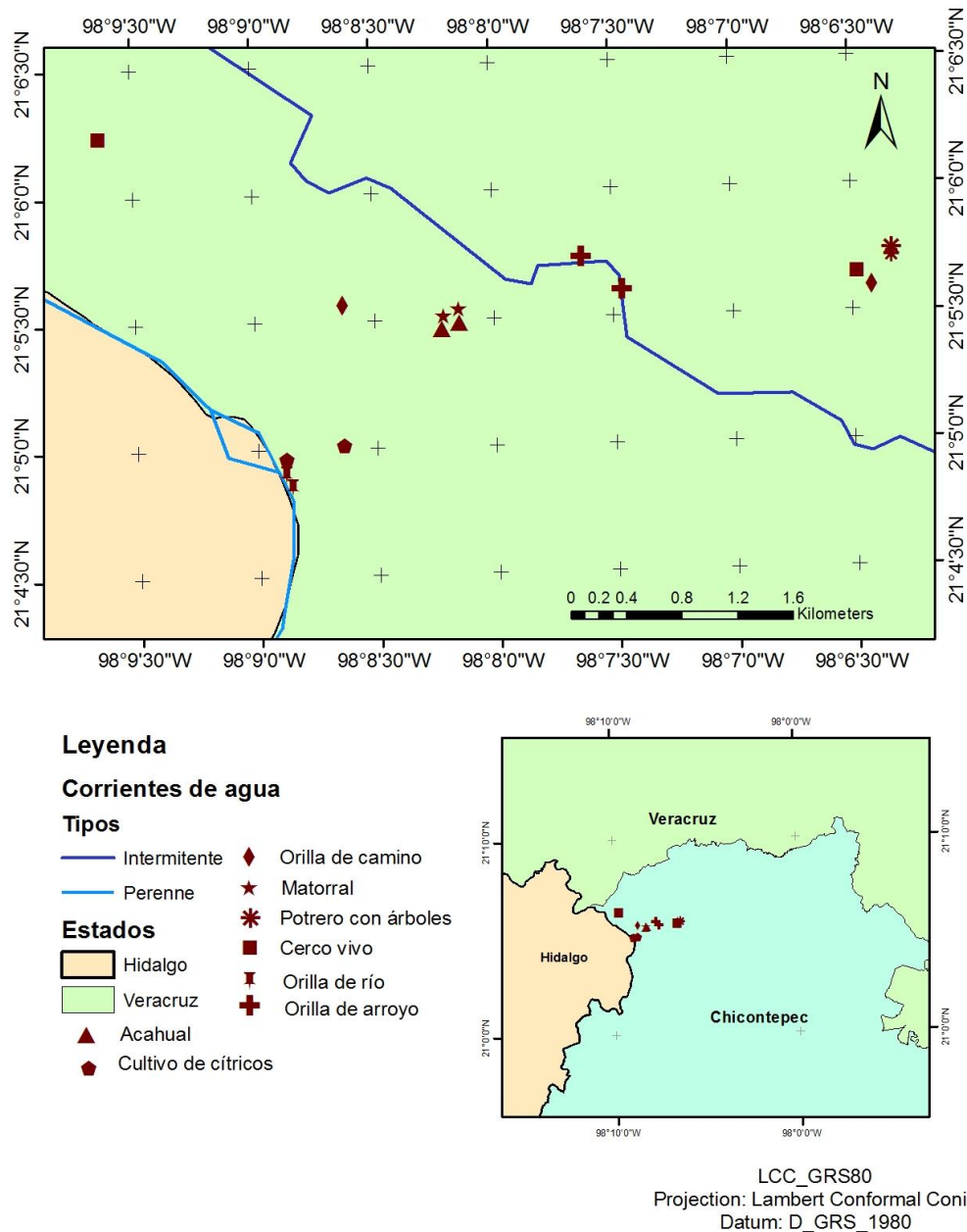


Figura 1. Mapa de localización de los elementos del paisaje rural del ejido Pastoría, Chicontepec, Veracruz, México. AH=Acahual, CV=Cerco vivo, CC=Cultivo de cítricos, MT=Matorral, OA=Orilla de arroyo, OC=Orilla de camino, OR=Orilla de río, PA=Potrero con árboles.

Caracterización biológica de árboles, arbustos y herbáceas

El monitoreo de árboles, arbustos y herbáceas fue realizado con la metodología propuesta por Lozano-Zambrano (2009) para elementos lineales en los paisajes rurales, que consiste en trazar un transecto principal de 50 x 4 m para la caracterización de los

árboles, 50 x 1 m para arbustos y seis parcelas de 1 m², separadas entre sí por 9 m para hierbas sobre el mismo transecto principal (excepto la última parcela que se ubicó a 8 m), (Figura 2). La superficie total de muestreo de árboles fue de 200 m², la de arbustos 50 m² y la de herbáceas 6 m², para cada réplica del elemento del paisaje.

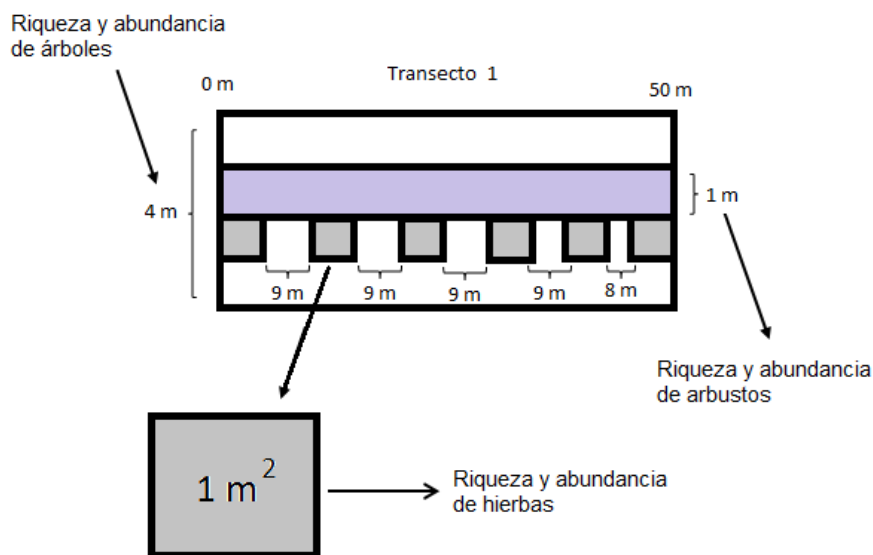


Figura 2. Esquema de ubicación del transecto y parcelas para el muestreo de árboles, arbustos y herbáceas en elementos del paisaje rural del ejido Pastoría, Chicontepec, Veracruz, México.

Para cada especie se registró la abundancia (número de individuos en el transecto), en caso de especies desconocidas, se tomó una muestra botánica y fotografías para su identificación, en este caso, cada ejemplar recibió una numeración consecutiva. Asimismo, se anotaron en una libreta de campo todos los caracteres dendrológicos que permitieron la determinación de la especie en el sitio o posteriormente en el Herbario del Instituto de Ecología A.C., para lo cual las muestras fueron deshidratadas en estufa de aire forzado a 65°C hasta lograr un peso constante. Fue considerado como árbol todo individuo que tuvo un diámetro a la altura del pecho superior o igual a 5 cm; mientras que arbusto todo aquel individuo leñoso con diámetro entre 0.5 y 2.5 cm medido a 50 cm del suelo y crecimiento secundario en sus tallos (leñoso).

Análisis de la información para los grupos objetivos

La identificación de las especies vegetales fue realizada con base en claves dicotómicas de Rzedowski y Rzedowski (1981, 1990), Pennington y Sarukhán (2005), base de datos SNIB-CONABIO (2008) y mediante la comparación de los ejemplares existentes en el herbario del Instituto de Ecología A. C. en Xalapa, Ver. Se integró el listado florístico con la riqueza y abundancia de la vegetación presente en cada elemento del paisaje. La vegetación fue clasificada en grupos, familias, especies, forma de vida y grupo biológico. Los nombres científicos del

listado de especies están basados en la nomenclatura de la base de datos computarizada Tropicos (2013).

Para cada especie se determinó la categoría de riesgo de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010 como amenazada, bajo protección especial y los endemismos. Después, con la vegetación vascular, se realizó una prueba G para tablas de contingencia: 4 × 8, con la finalidad de detectar las formas de vida específicas que varían su proporción en relación al elemento del paisaje rural (Zar, 1996).

Identificación de elementos del paisaje con valor de conservación

La definición del IVC del paisaje fue realizada para cada una de las réplicas de los elementos del paisaje a través de rangos por el método de percentiles (Lozano-Zambrano, 2009), mientras que el IDV que conjunta la riqueza y la abundancia fue obtenido para dimensionar la diversidad vegetal de acuerdo a Jost (2006). Con éste se estableció la importancia biológica relativa de los elementos del paisaje y se determinaron los sitios prioritarios para la conservación del paisaje rural.

Los criterios tomados en cuenta para la identificación de elementos del paisaje, importantes para la conservación, estuvieron relacionados estrechamente con la diversidad alfa por réplica para cada grupo objetivo: 1. Riqueza total de especies; 2. Número de especies endémicas y 3. Número de especies amenazadas o en Protección Especial (Tabla 1).

Tabla 1. Criterios para el proceso de construcción del índice de valor de conservación de cada grupo objetivo. AH=Acahual, CV=Cerco vivo, CC=Cultivo de cítricos, MT=Matorral, OA=Orilla de arroyo, OC=Orilla de camino, OR=Orilla de río y PA=Potrero con árboles.

Elemento del paisaje	Riqueza de especies	Nº de especies amenazadas o en protección especial	Nº de especies endémicas
OA	43	2	0
AH	29	1	0
CV	63	1	0
CC	53	1	0
OC	50	1	0
MT	44	1	0
OR	39	0	0
PA	38	0	0

Para la construcción del IVC por grupo biológico se procedió a generar rangos utilizando el método de percentiles, a partir de los datos obtenidos (Tabla 1) para cada uno de los criterios considerados. Este método permitió la construcción de rangos de igual tamaño (Figura 3). Se generaron tres rangos por cada criterio (alto, medio y bajo) y para cada grupo objetivo, a los cuales se les asignó un peso relativo de cinco, tres y uno, respectivamente, obteniendo, para cada elemento del paisaje el máximo valor de 15 puntos (= 3 criterios X 5 puntos/criterio).

Posteriormente se totalizaron para cada grupo biológico, sumando los valores por cada elemento del paisaje, considerando cada uno de los criterios utilizados. Un nuevo ejercicio de rangos a través del método de percentiles fue realizado para establecer el IVC para el grupo biológico objetivo (Figura 4). Este resultado resaltó los sitios en el paisaje con mayor IVC desde la perspectiva de cada grupo biológico utilizado en la caracterización.

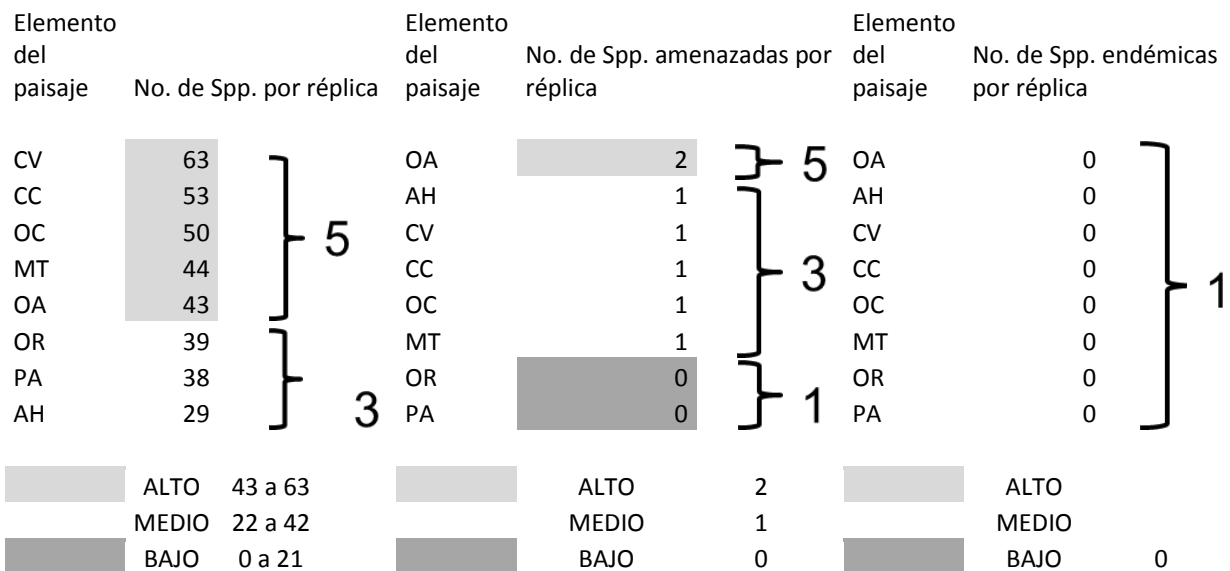


Figura 3. Proceso de construcción del índice de valor de conservación. AH=Acahual, CV=Cerco vivo, CC=Cultivo de cítricos, MT=Matorral, OA=Orilla de arroyo, OC=Orilla de camino, OR=Orilla de río y PA=Potrero con árboles.

Elemento del paisaje	Riqueza	Amenaza	Endemismo	Sumatoria	Rangos por Percentiles			Elemento del paisaje	Índice de Valor de Conservación	
OA	5	5	1	11				OA	11	ALTO
CV	5	3	1	9				CV	9	ALTO
CC	5	3	1	9				CC	9	ALTO
OC	5	3	1	9				OC	9	ALTO
MT	5	3	1	9				MT	9	ALTO
AH	3	3	1	7	ALTO	8 a 11		AH	7	MEDIO
OR	3	1	1	5	MEDIO	5 a 7		OR	5	MEDIO
PA	3	1	1	5	BAJO	0 a 4		PA	5	MEDIO

Figura 4. Método de percentiles para establecer el índice de valor de conservación para cada grupo biológico utilizado. AH=Acahual, CV=Cerco vivo, CC=Cultivo de cítricos, MT=Matorral, OA=Orilla de arroyo, OC=Orilla de camino, OR=Orilla de río y PA=Potrero con árboles.

Finalmente, el IVC del paisaje se construyó sumando la información de los grupos biológicos objetivo utilizados en la investigación. A partir del resultado de esta suma se generó un nuevo ejercicio de percentiles definiendo los rangos finales que correspondieron a los IVC alto, medio y bajo. Este resultado final estableció la importancia biológica relativa de los diferentes elementos del paisaje y determinó cuáles son los sitios prioritarios para la conservación en el paisaje rural desde una perspectiva netamente biológica (Tabla 2).

Para este trabajo se consideró la diversidad verdadera de orden 1 (¹D), en la que todas las especies fueron consideradas en el valor de diversidad, ponderadas

proporcionalmente según su abundancia en la comunidad, obtenida con el exponencial del índice de entropía de Shannon (Jost, 2006):

$${}^1D = \exp(H') = \exp \left[- \left(\sum_{i=1}^S p_i \ln p_i \right) \right]$$

donde: p_i es la abundancia relativa de la i-ésima especie y S es el número de especies. Ésta diversidad verdadera fue calculada para los 8 elementos del paisaje rural y comparada con la prueba de aleatorización propuesta por Solow (1993), para buscar diferencias significativas entre cada uno de los elementos muestreados.

Tabla 2. Resultados de los criterios para cada grupo objetivo en el proceso de construcción del índice de valor de conservación. AH=Acahual, CV=Cerco vivo, CC=Cultivo de cítricos, MT=Matorral, OA=Orilla de arroyo, OC=Orilla de camino, OR=Orilla de río y PA=Potrero con árboles.

Elemento del paisaje	Grupo biológico objetivo 1	Grupo biológico objetivo 2	Grupo biológico objetivo 3	Índice de valor de conservación del paisaje
CV	Alto	Medio	Bajo	Alto
OC	Alto	Medio	Bajo	Alto
OA	Alto	Alto	Bajo	Alto
MT	Alto	Medio	Bajo	Alto
CC	Alto	Medio	Bajo	Alto
OR	Medio	Bajo	Bajo	Medio
AH	Medio	Medio	Bajo	Medio
PA	Medio	Bajo	Bajo	Medio

El esfuerzo de muestreo para observar las especies vasculares y validar los indicadores evaluados se evaluó mediante una curva de rarefacción basada en muestras (curvas de acumulación de especies interpoladas) con los datos obtenidos de la acumulación de especies observadas y la abundancia acumulada de plantas vasculares de los paisajes rurales, utilizando un estimador basado en momentos con intervalos de confianza de 95% propuestos por Colwell *et al.* (2012). Asimismo, se obtuvieron varios estimadores de la riqueza total de especies: Chao 1 (Gotelli y Colwell, 2011), Chao 2 (Chao, 1989, 2005; Colwell, 2011; Colwell y Coddington, 1994; Mao y Lindsay, 2003; Gotelli y Colwell, 2011), ICE (Lee y Chao, 1994; Chazdon *et al.*, 1998; Magurran, 2004), ACE (Chao y Lee, 1992; Chao *et al.*, 1993; Chazdon *et al.*, 1998; Chao *et al.*, 2000), Bootstrap y Jack 1 (Colwell *et al.*, 2012).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Estructura de la vegetación de los elementos del paisaje rural

En los paisajes rurales del ejido Pastoría, Chicontepec, Veracruz se identificaron 144 especies de plantas vasculares correspondientes a 127 géneros y 51 familias. De acuerdo a su forma de vida se clasificaron en hierbas (71.26%), arbustos (22.80%), de árboles (3.49%) y bejuco (2.45%). En su mayoría son plantas herbáceas y arbustos pequeños (Figura 5); lo cual no coincide con lo observado por Dirzo *et al.* (2009). Las familias con mayor riqueza de especies fueron Poaceae (10.42%), Euforbiaceae (9.03%), Mimosoideae (8.33%), Papilionoideae (7.64%), Asteraceae (6.25%) y Solanaceae (4.86%).

En la Figura 5 se puede apreciar la abundancia de plantas vasculares. Las hierbas y arbustos también son más representativos que los árboles y bejuco en casi todos los sitios, a excepción de la orilla de arroyo y orilla de camino, en los que hubo mayor dominancia de árboles y arbustos.

De acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010, las especies encontradas en las categorías de protección especial y amenazada fueron *Cedrela odorata* y *Sapium macrocarpum*, respectivamente. *C. odorata* fue estructuralmente importante en cinco de los ocho paisajes rurales estudiados (acahual, cerco vivo, cultivo de cítricos, orilla de arroyo y orilla de camino), mientras que *S. macrocarpum* únicamente fue importante en la orilla de arroyo.

Indicadores de diversidad y riqueza de especies vegetales

La mayor riqueza a nivel de familia (44.9 especies en promedio) y género se encontró en el cerco vivo, el cultivo de cítricos, la orilla de arroyo y la orilla de camino. A nivel de especie, a los anteriores se suma el matorral. Los paisajes rurales de mayor abundancia fueron al acahual, el cultivo de cítricos, el matorral, la orilla de río, el cerco vivo y el potrero con árboles (Tabla 3). Lo anterior coincide con los estudios de Dirzo *et al.* (2009), con una riqueza promedio de 49 para las orillas de caminos, 21 especies para los cercos vivos y 8.3 especies arbóreas en pastizales. Se propone que para el estudio de la diversidad de las especies, se deben reconocer cuantas especies efectivas del conjunto de datos realmente la representan, pues este análisis es sensible a las abundancias relativas de las especies y se denomina diversidad verdadera (Moreno *et al.* 2011; Tuomisto, 2010). Tanto el Índice de Diversidad Verdadera, como el Índice de Valor de Conservación de la biodiversidad fueron importantes para el cerco vivo, la orilla de camino, la orilla de arroyo, el matorral y el cultivo de cítricos; y menos importantes para la orilla de río, el acahual y los potreros con árboles. Esto coincide con la propuesta de Moreno y colaboradores (2011) en que estos últimos elementos del paisaje tuvieron mayor variabilidad ambiental (natural o inducida).

Confiabilidad de la técnica de muestreo de elementos lineales

Para la conservación de la biodiversidad a menudo se necesita determinar el número de especies (riqueza de especies) de un área dada o se requiere comparar el número de especies entre áreas distintas. Sin embargo, en muchos casos, es poco práctico e incluso imposible enumerar directamente las especies presentes en áreas de magnitudes diferentes. Por lo tanto, es necesario hacer un muestreo que realmente sea representativo de estos sitios. Desafortunadamente, la riqueza de especies observada en un hábitat (diversidad alfa) depende del tamaño de muestra. Entonces, por efecto del muestreo, esta riqueza cambia cuando los datos de distintos hábitats se agrupan sucesivamente, debido al cambio en la composición de especies o diversidad beta (Colwell *et al.*, 2004; 2012). Esta problemática se agrava en función de la falta de técnicas de muestreo eficientes en la aproximación a la estructura, diversidad y riqueza de las especies de plantas vasculares en elementos del paisaje rural clasificados como remanentes lineales en el caso específico del trópico mexicano.

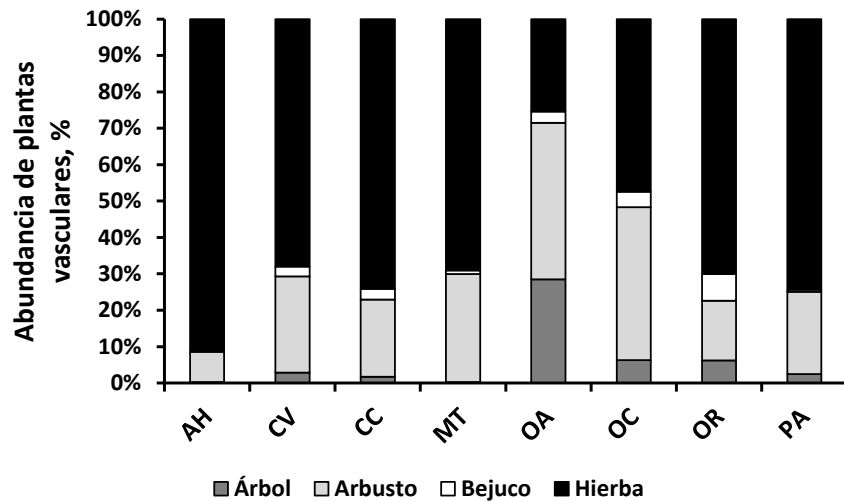


Figura 5. Abundancia y forma de vida de plantas vasculares de la flora presente en los paisajes rurales del ejido Pastoría, Chicontepec, Veracruz. AH=Acahual, CV=Cerco vivo, CC=Cultivo de cítricos, MT=Matorral, OA=Orilla de arroyo, OC=Orilla de camino, OR=Orilla de río, PA=Potrero con árboles.

Tabla 3. Principales parámetros de diversidad y riqueza de los elementos del paisaje rural del Ejido Pastoría, Chicontepec, Veracruz.

Elemento	Riqueza Especie	Género	Familia	Abundancia	IVC ¹	Div-Verd ²
Cerco vivo	63	60	29	792	Alto	26.47
Orilla de camino	50	44	25	578	Alto	24.43
Orilla de arroyo	43	41	29	227	Alto	23.13
Matorral	44	36	23	825	Alto	21.91
Cultivo de cítricos	53	52	26	912	Alto	21.39
Orilla de río	39	38	22	805	Medio	16.44
Acahual	29	25	13	1228	Medio	13.21
Potrero con árboles	38	33	21	773	Medio	12.05

¹Índice de Valor de Conservación. ²Índice de Diversidad Verdadera

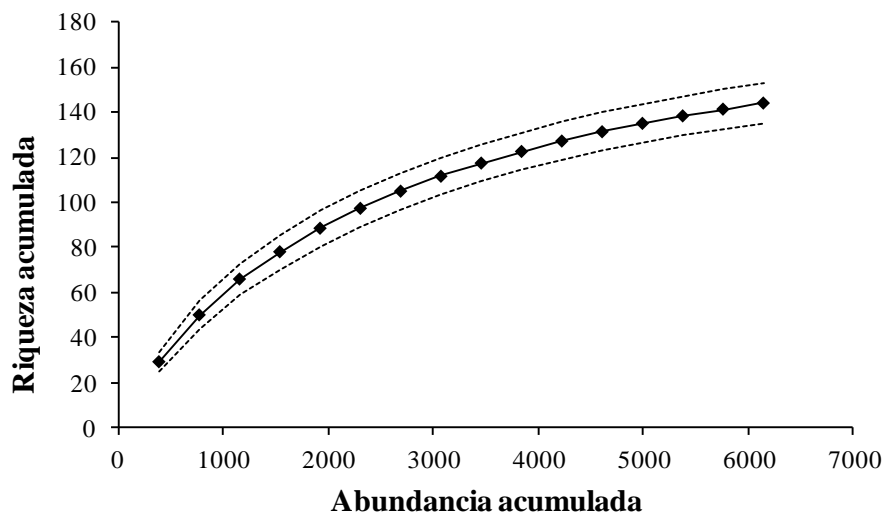


Figura 6. Curva de acumulación de especies total de los elementos del paisaje rural del Ejido Pastoría, Chicontepec, Veracruz.

En el presente estudio, los paisajes rurales mostraron una relación altamente dependiente de la riqueza acumulada (95%) con la incidencia de plantas vasculares (Figura 6). Esto se atribuye a que en la medición de la riqueza de especies, a escalas locales, los aspectos del muestreo son sustancialmente más importantes que los del recambio, tal como lo indica Colwell *et al.* (2004; 2012). Asimismo, la curva de acumulación de especies basada en muestras (rarefacción) correspondió con la de especies observadas acumuladas en los paisajes rurales. Esto, como función de la medida del esfuerzo de muestreo justifica el área de muestreo utilizado (200, 50 y 6 m²) para representar la diversidad alfa de árboles, arbustos y hierbas favoreciendo un análisis a niveles de esfuerzo de muestreo comparables.

En la Tabla 4 se muestra que los estimadores de riqueza total de especies que mejor se ajustaron fueron Chao 1 y ACE, con el 92 y 93% respectivamente. Sin embargo, otros estimadores también presentaron una representatividad mínima del 78%. Entonces, el esfuerzo de muestreo fue suficiente.

Se encontró una correlación lineal significativa entre diversidad verdadera y la riqueza de especies entre los diversos elementos del paisaje rural evaluados (P=0.008684), con una confiabilidad superior al 84%.

Tabla 4. Estimadores de riqueza de especies en los paisajes rurales del Ejido Pastoría, Chicontepec, Veracruz.

Estimador	Valor	Representatividad
Riqueza	144	--
Chao 1	155.77	92
Chao 2	166.28	87
ICE	181.86	79
ACE	155.04	93
Bootstrap	164.45	88
Jack 1	184.31	78

Finalmente, la composición de las especies vegetales fue diferente entre los elementos del paisaje, mostró valores altos de recambio o diversidad beta con una complementariedad superior al 60% (Tabla 5). Esto indica que los diferentes elementos del paisaje rural proveen cierto nivel de complementariedad biológica, es decir, que diferentes contingentes de especies se mantienen, a pesar de la degradación por impactos antrópicos (Dirzo *et al.*, 2009).

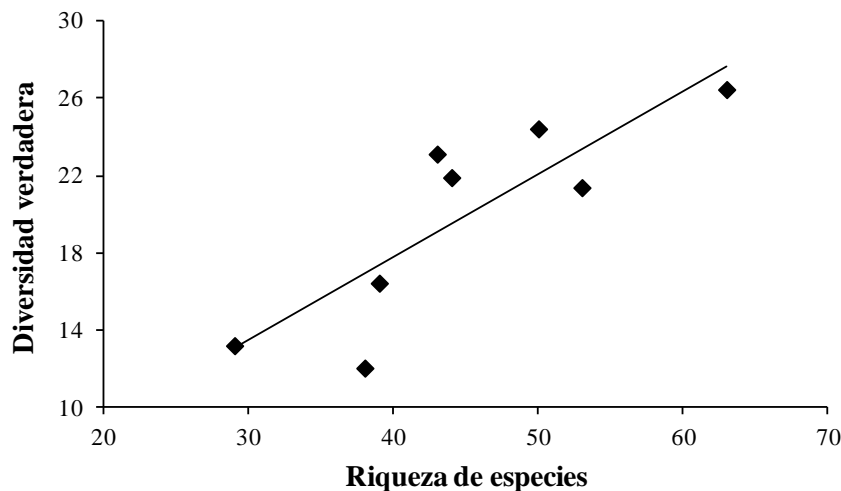


Figura 7. Correlación entre diversidad verdadera y riqueza de especies entre los elementos del paisaje del Ejido Pastoría, Chicontepec, Veracruz (t = 3.8276, df = 6, p= 0.008684, r² =0.842288)

Tabla 5. Complementariedad de especies entre los elementos del paisaje rural del Ejido Pastoría, Chicontepec, Veracruz.

Elemento del paisaje	Acahual	Cerco vivo	Cultivo de cítricos	Matorral	Orilla de arroyo	Orilla de camino	Orilla de río
Acahual							
Cerco vivo	79						
Cultivo de cítricos	83	78					
Matorral	62	74	80				
Orilla de arroyo	93	81	93	86			
Orilla de camino	77	64	82	69	79		
Orilla de río	64	74	82	68	85	71	
Potrero con árboles	74	67	89	68	77	60	74

Complementariedad media: 76

Complementariedad mínima: 60

Complementariedad máxima: 93

CONCLUSIONES

La vegetación del ejido Pastoría, Chicontepec, Veracruz, está integrada por 144 especies correspondientes a 127 géneros y 51 familias, siendo las familias y/o subfamilias de mayor riqueza en especies las Poaceae (10.42%), Euforbiaceae (9.03%), Mimosoideae (8.33%), Papilionoideae (7.64%), Asteraceae (6.25%) y Solanaceae (4.86%), de las cuales en cuanto a su forma de vida fueron encontrados 71.26% de hierbas, 22.80% de arbustos, 3.49% de árboles y 2.45% de bejucos, representando el estudio una contribución local del 2.40 y 0.57% del inventario florístico estatal y nacional, respectivamente.

El cerco vivo, la orilla de arroyo, la orilla de camino, el matorral y el cultivo de cítricos mostraron los parámetros de diversidad y riqueza vegetal más altos; sin embargo, se sugiere dar mayor prioridad a la orilla de arroyo para la conservación de la diversidad vegetal por su alta riqueza e indicadores de diversidad y conservación, así como por resguardar las especies *Cedrela odorata* y *Sapium macrocarpum* que se encuentran en las categorías de Protección Especial y Amenazada, respectivamente, de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010.

La eficiencia y representatividad del muestreo en elementos lineales de la vegetación vascular fue corroborada a través de la curva de acumulación de especies basada en muestras (rarefacción) al 95%, favoreciendo un análisis a niveles de esfuerzo de muestreo comparables; así como también con el mejor ajuste de los estimadores de riqueza total de especies de Chao 1 y ACE, la correlación lineal

altamente significativa entre diversidad verdadera y la riqueza de especies con una confiabilidad superior al 84% y a los altos valores de recambio o diversidad alfa con una complementariedad superior al 60% entre los diversos elementos del paisaje rural del Ejido Pastoría, Chicontepec, Veracruz.

REFERENCIAS

- Álvarez, M., S. Córdoba, F. Escobar, G. Fagua, F. Gast, H. Mendoza, M. Ospina, A.M. Umaña y H. Villarreal. 2006. Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. 2da ed. Programa de Inventarios de Biodiversidad. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, Colombia. 236 p.
- Chao, A. 1989. Estimating population size for sparse data in capture-recapture experiments. *Biometrics* 45:427-438.
- Chao, A. 2005. Species richness estimation. In: Balakrishnan, N., Read, C.B., and Vidakovic, B. (eds.). *Encyclopedia of statistical sciences*. 2nd ed. New York: John Wiley and Sons, Inc. 7907-7916. Vol. 12.
- Chao, A., and Lee, S.M. 1992. Estimating the number of classes via sample coverage. *Journals American Statistical Association*. 87:210-7.
- Chao, A., Hwang, W.H., and Chen, Y.C. 2000. Estimating the number of shared species in two communities. *Statistical Sins* 10:227-46.
- Chao, A., Ma, M.C. and Yang, M.C.K. 1993. Stopping rules and estimation for recapture

- debugging with unequal failure rates. *Biometrika*. 80:193-201.
- Chazdon, R.L., Colwell, R.K., Denslow, J.S., and Guariguata, M. R. 1998. Statistical methods for estimating species richness of woody regeneration in primary and secondary rain forests of northeastern Costa Rica. In: Dallmeier, F., and Comiskey, J.A. (eds.). *Forest biodiversity research, monitoring, and modeling: conceptual background and Old World case studies*. Paris: Parthenon Publishing: 285-309.
- Colwell, R.K. 2011. *Estimates: Statistical Estimation of Species Richness and Shared Species from Samples*. Version 9. User's Guide and application published at <http://purl.oclc.org/estimates> (13 November 2011, date last accessed).
- Colwell, R.K., and Coddington, J.A. 1994. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Philosophical Transactions of the Royal Society, Series B*. 345:101-118.
- Colwell, R.K., Xuan, M.C., and Chang, J. 2004. Interpolating, extrapolating, and comparing incidence-based species accumulation curves. *Ecology*. 85:2717-2727.
- Colwell, R.K., Chao, A., Gotelli, N.J., Shang-Yi, L., Mao, C.X., Chazdon, R.L., and Longino J.T. 2012. Models and estimators linking individual-based and sample-based rarefaction, extrapolation and comparison of assemblages. *Journal Plant Ecology*. 5:3-21.
- CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). 2011. *La biodiversidad en Veracruz: Estudio de Estado*. CONABIO, Gobierno del Estado de Veracruz, Universidad Veracruzana, Instituto de Ecología, A.C. México.
- Dirzo, R., Aguirre, A. y López, J.C. 2009. Diversidad florística de las selvas húmedas en paisajes antropizados. *Investigación Ambiental*. 1:17-22.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2006. *Global Forest Resources Assessment*. Rome, Italy: FAO. Forestry Department.
- Flores, J. y J. Álvarez-Sánchez. 2011. Flora y vegetación. Pp. 389-413. En: Bautista, F.; J. Palacio y H. Delfín-González (Eds.). *Técnicas de muestreo para manejadores de recursos naturales*. 2da ed. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 770 pp.
- Gotelli, N.J., and Colwell, R.K. 2011. Estimating species richness. In: Magurran, A.E., and McGill, B.J. (eds.). *Frontiers in Measuring Biodiversity*. New York: Oxford University Press, 39-54.
- INEGI. 2010. *Perspectiva estadística: Veracruz de Ignacio de la Llave*. Dirección General Adjunta de Integración de Información (DGAI). Aguascalientes, Ags., México. 100 pp.
- Jost, L. 2006. Entropy and diversity. *Oikos* 113:363-375.
- Lee, S.M., and Chao, A. 1994. Estimating population size via sample coverage for closed capture-recapture models. *Biometrics*. 50:88-97.
- Lozano-Zambrano, F.H. (eds.). 2009. *Herramientas de manejo para la conservación de biodiversidad en paisajes rurales*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt y Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR). Bogotá, D. C., Colombia. 238 pp.
- Magurran, A.E. 2004. *Measuring Biological Diversity*. Blackwell, Oxford.
- Mao, C.X., and Lindsay, B.G. 2003. *Estimating the population size: heterogeneity, nonidentifiability and regularization*. Technical Report, University of California, Riverside, California, USA.
- Moreno, C.E., Barragán, F., Pineda, E., Pavón, N.P. 2011. Reanálisis de la diversidad alpha: alternativas para interpretar y comparar información sobre comunidades ecológicas. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 82:1249-1261.
- Pennington, T.D. y Sarukhán, J. 2005. *Árboles tropicales de México. Manual para la identificación de las principales especies*. 3ª. Ed. Universidad Nacional Autónoma de México y Fondo de Cultura Económica. México. 523 pp.
- Rzedowski, J. y de Rzedowski G.C. 1981. *Flora fanerogámica del Valle de México*. Vol. I. 3 ed. Cia. Editorial Continental S. A. de C. V. México. 403 pp.
- Rzedowski, J. y de Rzedowski, G.C. 1990. *Flora fanerogámica del Valle de México*. Vol. III. Instituto de Ecología A. C. Pátzcuaro, Mich., México. 494 pp.
- Rzedowsky, J. 2006. *Vegetación de México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 504 pp.
- Sánchez-Velázquez, L.R., Galindo-González, J. y Díaz-Fleischer, F. (eds.). 2008. *Ecología, manejo y conservación de los ecosistemas de montaña en México*. Mundi Prensa México, S. A. de C. V., CONABIO, Universidad Veracruzana. México, D.F.
- Solow, A.R. 1993. A simple test for change in community structure. *Journal Animal Ecology*. 62:191-193.
- SNIB-CONABIO (Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad). 2008. Acceso a la

- base de datos de los nodos. URL: <http://www.conabio.gob.mx/remib/doctos/remibnodosdb.html>. Consultado Enero-Abril, 2013.
- Tropicos. 2013. Missouri Botanical Garden. Tropicos.org. URL: <http://www.tropicos.org/>. Consultado Enero-Abril, 2013.
- Tuomisto, H. 2010. A diversity of beta diversities: straightening up a concept gone awry. Part 1. Defining beta diversity as a function of alpha and gamma diversity. *Ecography*. 33:2-22.
- Zar, J. 1996. *Biostatistical analysis*. 4th edition. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey.

Submitted January 29, 2014 – Accepted April 21, 2014