



Importancia ambiental de los agroecosistemas cafetaleros bajo sombra en la zona central montañosa del estado de Veracruz, México

Environmental importance of coffee shade agroecosystems of the mountainous central zone of Veracruz state, Mexico

Laura C. Ruelas-Monjardín^{1*}, Martha Elena Nava-Tablada¹, Juan Cervantes² y Víctor L. Barradas³

¹ El Colegio de Veracruz, Veracruz, México

² Licenciatura en Ciencias Atmosféricas, Universidad Veracruzana, Veracruz, México.

³ Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F., México

* Autor para correspondencia: lruelas@colver.edu.mx

RESUMEN

El agroecosistema cafetalero bajo sombra ha contribuido a mitigar la pérdida de los servicios ambientales que provee el bosque mesófilo en la región central montañosa de Veracruz. Esto se debe en gran medida a que es un cultivo amigable con dicho ecosistema forestal. Sin embargo, a pesar de los múltiples servicios que proporciona, la cafecultura ha estado perdiendo importancia entre los productores. El objetivo de este trabajo fue identificar la percepción de los productores sobre la importancia del cultivo de café bajo sombra en la prestación de servicios ambientales y si esto influye en su disposición a conservarlo. Esta percepción se analiza en el contexto regional de cambios en la temperatura y precipitación, que podrían estar relacionados con transformaciones en la cobertura forestal. Para abordar la percepción se utilizó el método de estudio de caso. El caso se documentó con la aplicación de un cuestionario a 51 productores de la localidad de La Orduña, Coatepec, Ver., México. Para estudiar los cambios históricos de la precipitación y la temperatura regional, se utilizaron los datos de tres estaciones climatológicas cercanas a la comunidad. Los datos se analizaron con los procedimientos sugeridos por la Organización Meteorológica Mundial. Los resultados muestran cambios en el clima regional, así como la identificación de los principales beneficios ambientales de los cafetales por parte de los productores. De igual forma, muestran su disposición a mantener dicho cultivo, siempre que las políticas gubernamentales retribuyan económicamente los servicios ambientales que proporciona este agroecosistema.

PALABRAS CLAVE: deforestación, estudio de caso, percepción ambiental, precipitación, servicios ambientales forestales, temperatura.

ABSTRACT

The shade-grown coffee agroecosystem has contributed to mitigate the loss of ecosystem services provided by the tropical cloud forest in the mountainous central region of Veracruz. This is largely due to the fact that this cultivation type is friendly with that forest ecosystem. Although, despite the multiple services that this cultivation provides, coffee production has been losing importance among producers. The objective of this research was to identify the farmers' perception about the importance of growing coffee under shade in the provision of environmental services and whether this influences their willingness to maintain this agroecosystem. This perception is analyzed in the context of regional changes in temperature and precipitation, which could be related to transformations in forest cover. In order to address the perceptions a case study method was employed. The case study was carried out by analyzing the results of a questionnaire administered to 51 producers of the locality of La Orduña, Coatepec, Ver. In order to study the historical changes in regional precipitation and temperature, data from three climatic stations close to La Orduña were employed. Data were analyzed with the procedures recommended by the World Meteorological Organization. Results display changes in regional climate, as well as the producers' identification of the main environmental benefits that shade-grown coffee provide. Similarly, they show their willingness to maintain this culture, providing government policies financially remunerate the environmental services that this agroecosystem supply.

KEY WORDS: deforestation, environmental perceptions, precipitation, forest environmental services, temperature.

INTRODUCCIÓN

Las áreas boscosas desaparecen, principalmente por la apertura de tierras para la agricultura, a una velocidad alarmante de 13 millones de hectáreas cada año (FAO, 2007). Aunque cifras más recientes de esta organización (FAO, 2010b, citado por FAO, 2012), señalan que la deforestación en la última década ha descendido a $5,2 \times 10^6$ ha de pérdida de bosques en promedio anual neto, este ritmo de deforestación sigue siendo alarmante. Sin embargo, la deforestación de los bosques tropicales y templados se ha invertido. Hasta la década de 1950, la deforestación que habían venido experimentando los bosques templados prácticamente había cesado. En cambio, la deforestación de los bosques tropicales aumenta sensiblemente a partir de la década de 1950, y se mantiene alta (FAO, 2010, citado por FAO, 2012). Para México, esta organización publica una tendencia decreciente en la superficie forestal de bosques y selvas, que pasó de 69 016 ha en 1990 a 64 238 ha en 2005. De ahí que el país ocupe el doceavo lugar entre las naciones con mayor tasa de deforestación, dado que la superficie que anualmente pierde la cubierta forestal aumentó de 2600 km²/año a 3480, en el periodo de 1990 a 2005, respectivamente (Conafor, 2006; FAO, 2007). El estado de Veracruz no es la excepción, ya que tuvo una alta tasa de deforestación entre 1984 y 2000. Esto ha tenido como consecuencia que 40% del territorio estatal presente erosión grave por falta de cobertura vegetal (García-López, 2009). En el caso específico de la región montañosa central del estado, particularmente en el Cofre de Perote, se registran tasas de deforestación de 2 km²/año, que han tenido como consecuencia una drástica reducción del bosque (se conserva 56,8% del área original). El bosque ha sido sustituido principalmente por agricultura (27%) y pastizales inducidos y cultivados (15%) (García-Romero *et al.*, 2010). Este fenómeno ocurre a pesar de la reconocida importancia ambiental que tienen los bosques en general, y los bosques de montaña en particular, debido a los recursos y servicios ambientales de suministro, regulación, mantenimiento y culturales que brindan; tales como: regulación del ciclo hidrológico y del clima;

conservación de la biodiversidad; potencial de captura de carbono; protección de los suelos ante la erosión; suministro de leña, madera para la construcción y productos no maderables, así como valores paisajísticos y de recreación (Moreno y Verdú, 2007; Semarnat, 2013).

Específicamente en lo que se refiere al papel de la vegetación en la regulación del clima de una región, el tema es controversial. Sin embargo, en los últimos años se ha demostrado que el clima y la vegetación coexisten en un equilibrio dinámico, que puede ser alterado por perturbaciones en cualquiera de los dos componentes (Shukla *et al.*, 1990; Barradas *et al.*, 2010). Por ejemplo, la presencia de la vegetación atenúa la temperatura del aire mediante el mecanismo de evapotranspiración (Barradas y Fanjul, 1986), mientras que la temperatura del suelo por radiación solar se incrementa debido a la pérdida del estrato vegetal (Hartmann, 1994).

En la región central montañosa de Veracruz, el ecosistema predominante es el bosque mesófilo de montaña, conocido también como bosque de niebla, que tiene gran importancia ecológica por su gran biodiversidad y especies endémicas, pues incluye 2500 especies de plantas que crecen preferente o exclusivamente en este tipo de ecosistema. La forma biológica más diversa son las plantas epífitas (orquídeas, tenchos, helechos y musgos), que representan 32% de las especies vegetales, los árboles representan 18%, mientras los arbustos, hierbas y bejucos constituyen el resto. El bosque de niebla está conformado por una mezcla de árboles de origen templado y tropical entre los que destacan el liquidámbar (*Liquidambar styraciflua*), el encino (*Quercus spp.*), la marangola (*Clethra mexicana*) y la magnolia (*Magnolia schiedeana*). Además, alberga una alta cantidad de especies endémicas de reptiles (102 especies), anfibios (100 especies), aves (201 especies) y mamíferos (46 especies) (Williams-Linera, 2007).

En dicha región uno de los principales cultivos es el café bajo sombra, cuyo sistema productivo se considera “amigable con el ambiente” dado que ayuda a conservar la vegetación y fauna del bosque mesófilo de montaña (Manson *et al.*, 2008). El sistema tradicional de produc-



ción de café bajo sombra ha sido abordado por diversas investigaciones (Moguel y Toledo, 2004; Anta, 2006) que subrayan los elementos sustentables del mismo y los diferentes servicios ambientales que proporciona, tales como: captura de carbono, protección del suelo, recarga de los mantos acuíferos, valor paisajístico, entre otros. Los estudios de tipo ambiental han puesto de manifiesto la importancia de los árboles de sombra asociados al cafetal en la estabilidad de ese agroecosistema, así como su papel en la captura de carbono (Pineda-López *et al.*, 2005) y como hábitat de una alta biodiversidad (Contreras-Hernández, 2010). La sombra de los cafetales, compuesta en su mayoría por otros árboles (*Inga jinicuil* y/o *Inga leptoloba*) y arbustos (naranja, guayaba, plátano) contribuyen a mantener la fertilidad del suelo, reduciendo la erosión y aportando una buena cantidad de materia orgánica producida por la hojarasca (Jiménez-Ávila y Gómez-Pompa, 1982) y fijando nitrógeno atmosférico (Roskoski, 1982).

En este mismo sentido Hernández-Solabac *et al.* (2011) mencionan que los cafetales bajo sombra de la zona centro de Veracruz imitan la estructura del bosque natural que predomina en la región, siendo las especies más utilizadas para sombra: chalahuite (*Inga* sp.), plátano (*Musa* spp.), naranjo (*Citrus sinensis* L. Osbeck), duela (*Schizolobium parahybum* Vell.), copalillo (*Protium copal* Schlecht & Cham.), ixpepe (*Trema micrantha* L. Blume) y mango (*Mangifera indica*). Existen estudios en la zona montañosa del centro de Veracruz (Del Ángel *et al.*, 2006; Hernández-Solabac *et al.*, 2011; Nava-Tablada y Martínez-Camarillo, 2012) que señalan el gran impacto ambiental asociado al cambio del cultivo de café bajo sombra por monocultivos comerciales, sobre todo huertos frutales y plantaciones de caña de azúcar. Dichos autores destacan la gran influencia que ejerce la percepción sociocultural y económica de los productores en la decisión de realizar tales cambios de sistema productivo.

Respecto a la contribución específica de los cafetales de sombra en la regulación del clima regional, Barradas *et al.* (2010) plantean que el aumento en la temperatura y la disminución de la precipitación que se da por la sustitución de bosques, se ha visto moderado por la presencia de

grandes áreas de café bajo sombra. Razón por la cual, su conservación es de gran importancia ambiental en la región central de Veracruz. Además, la presencia de nieblas, alta humedad del aire y temperatura templada, son parámetros importantes en el bosque mesófilo de montaña (donde generalmente se cultivan los cafetales bajo sombra). Estos parámetros contribuyen a mantener un ambiente húmedo permanente, que favorece la presencia de epifitas (musgos, líquenes, orquídeas), las cuales contribuyen a su vez a conservar dicho microclima, aún cuando a nivel macroclimático la humedad relativa haya disminuido (Stadtmüller, 1987). Barradas y Fanjul (1984) agregan que cuando se transforma el agroecosistema cafetalero (pluricultivo) a un agrosistema (monocultivo) como caña de azúcar, se observa un aumento de la temperatura, tanto del aire como del suelo y por ello una reducción de la humedad en ambos, que conlleva a un aumento drástico de la evapotranspiración. El cambio de este concierto de variables y mecanismos puede afectar potencialmente no solo al cultivo de café, sino a todas las especies animales y vegetales que habitan este agroecosistema.

Finalmente, resulta relevante mencionar que la actividad cafetalera nacional se concentra en los estados de Chiapas, Veracruz, Puebla y Oaxaca, con un predominio de pequeños productores con cafetales bajo sombra. Veracruz ocupa el segundo lugar en producción de café en el país y la producción de las regiones de Córdoba y Coatepec (situadas en la región central montañosa del estado) son reconocidas en el mercado internacional por su calidad, producto del clima y suelo óptimos (Mestries, 2006). Sin embargo, el sector cafetalero nacional enfrenta desde 1998 una crisis relacionada con la caída de los precios en el mercado internacional (García *et al.*, 2006). Esta crisis ha repercutido negativamente en las regiones cafetaleras mexicanas, donde actualmente se observan problemas como: aumento de la migración, abandono de las plantaciones, severo impacto ambiental por la tala de cafetales para cambio de cultivo o urbanización, alta incidencia de plagas y enfermedades que afectan la calidad del grano, bajos rendimientos y drástica caída del nivel de vida de los pobladores rurales que

dependen de la cafecultura (Aragón, 2006). Todo ello pone en riesgo la conservación del agroecosistema de café bajo sombra que como se ha mostrado presenta una muy importante función ambiental.

Dado que la relación socio-ambiental, entre productores y el ecosistema cafetalero no ocurre de manera automática, sino por visiones personales de los actores locales hacia situaciones particulares, es necesario identificar las percepciones que se dan en términos de las visiones (Haas, 1992). Además, es importante entender la percepción de los actores sobre la degradación ambiental porque entre otras cosas: 1) permite fungir como un indicador útil y objetivo de degradación ambiental (cuando no hay otros datos disponibles), 2) influye en la participación de los actores locales en programas y políticas dirigidas a mejorar las condiciones ambientales, y 3) influye en los comportamientos ambientales individuales (Barber *et al.*, 2003).

Las percepciones se plasman en símbolos, significados, subjetividad e intencionalidades que a su vez se materializan en la palabra, por lo que es recomendable estudiarlas desde un enfoque cualitativo. En la investigación con contenido cualitativo, se identifican las experiencias y percepciones de los actores, junto con el sentido que le dan a sus acciones, los significados que ellos mismos atribuyen a sus actos, incluyendo relaciones y mecanismos profundos, conscientes o no, que desencadenan el hacer individual en un contexto social (Padlog, 2009).

Por lo anterior, esta investigación se formuló acorde con los objetivos siguientes.

OBJETIVO

El objetivo general fue identificar la percepción de los productores sobre la importancia del cultivo de café bajo sombra en la prestación de servicios ambientales (incluida la regulación del microclima) y si esto influye en su disposición a conservar dicho cultivo. Esta percepción se analiza en el contexto regional de cambios en la temperatura y precipitación, que podrían estar relacionados con los cambios en la cobertura forestal, pero que no son objeto de prueba en esta investigación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para el presente estudio se utilizó el método de estudio de caso, por la naturaleza cualitativa de la investigación, por su orientación a atender preguntas relacionadas con el por qué y cómo y debido a que se enfoca al análisis de un fenómeno contemporáneo dentro de un contexto de la vida real (Yin, 2009). Las percepciones, por su naturaleza subjetiva de interpretación particular de la realidad donde se encuentran insertados los actores, solo pueden entenderse dentro del contexto que las rodea y que por ende las influye. Además, la amenaza persistente sobre el agroecosistema de café bajo sombra, no se puede comprender sin la interpretación del pasado. Esto es, la pérdida del café bajo sombra no está desligado de las acciones políticas que en el pasado fueron implementadas, en detrimento de esta actividad.

Como estudio de caso se seleccionó a la localidad de La Orduña, municipio de Coatepec, Veracruz, por existir un creciente proceso de sustitución de cafetales bajo sombra por monocultivos o por el avance de la mancha urbana. Esta localidad se ubica en la zona central montañosa del estado de Veracruz, México (Fig. 1) a $96^{\circ} 56' 07''$ O, $19^{\circ} 27' 11''$ N y 1165 m snm (INEGI, 2011). Hidrológicamente se encuentra en la microcuenca del Río Pixiquiac, que juega un papel muy importante en la captación de agua para las poblaciones de la región (Martínez, 2011). El clima es semicálido húmedo con lluvias todo el año, registrándose en el ámbito municipal una precipitación pluvial que varía entre 1500 mm y 2000 mm anuales (Martínez, 2011). El ecosistema predominante son remanentes del bosque mesófilo de montaña, conocido también como bosque de niebla, que tiene gran importancia ecológica por su gran biodiversidad y especies endémicas (Williams-Linera, 2007), vegetación que actualmente se encuentra mezclada con plantaciones de café bajo sombra.

La Orduña cuenta con una población de 1588 habitantes, por lo que se clasifica como localidad rural (menor de 2500 habitantes) (INEGI, 2011). La historia del poblado está relacionada con la hacienda del mismo nombre, que durante la época colonial fue una de las más importantes productoras de caña de azúcar en la región y poseía un



ingenio conocido como La Orduña o San Pedro Buena-vista. Posteriormente se transforma en hacienda cafetalera y también tuvo huertos de cítricos (Winfield, 2010). Actualmente los principales cultivos en la región son el café bajo sombra y la caña de azúcar, pues aunque ya no existe el ingenio mencionado, la localidad y sus terrenos de cultivo se encuentran cerca del ingenio Mahuixtlán, situado en el municipio de Coatepec.

La cercanía de esta localidad, con zonas metropolitanas como las que conforman Xalapa y Coatepec, muy probablemente ha influido en el avance de fraccionamientos urbanos en áreas anteriormente dedicadas a la producción cafetalera (Martínez, 2011).

Para informar el caso se diseñó un cuestionario con preguntas abiertas y cerradas. El cuestionario se dividió en tres secciones. En la primera sección se incluyeron

preguntas generales para identificar la posición del entrevistado en términos de poder entender de manera muy general, el contexto en el que se inserta. Se refiere de manera explícita a la escolaridad, sexo, edad y la importancia que para él tiene el cultivo de café, en términos de su actividad productiva. En la segunda sección se incluyeron preguntas sobre el cultivo del café, en términos de superficie, sistema de cultivo, amenazas que penden sobre el cultivo e incentivos para mantener el cafetal. En la tercera sección se indagó su percepción sobre los servicios ecosistémicos de regulación, suministro y de tipo cultural, que presta el café. Para recolectar los datos se aplicó un cuestionario cuyo objetivo fue identificar la percepción de los productores sobre la importancia del cultivo de café bajo sombra en la prestación de servicios ambientales y si este conocimiento influye en la conservación de dichos agroecosistemas, todo ello con

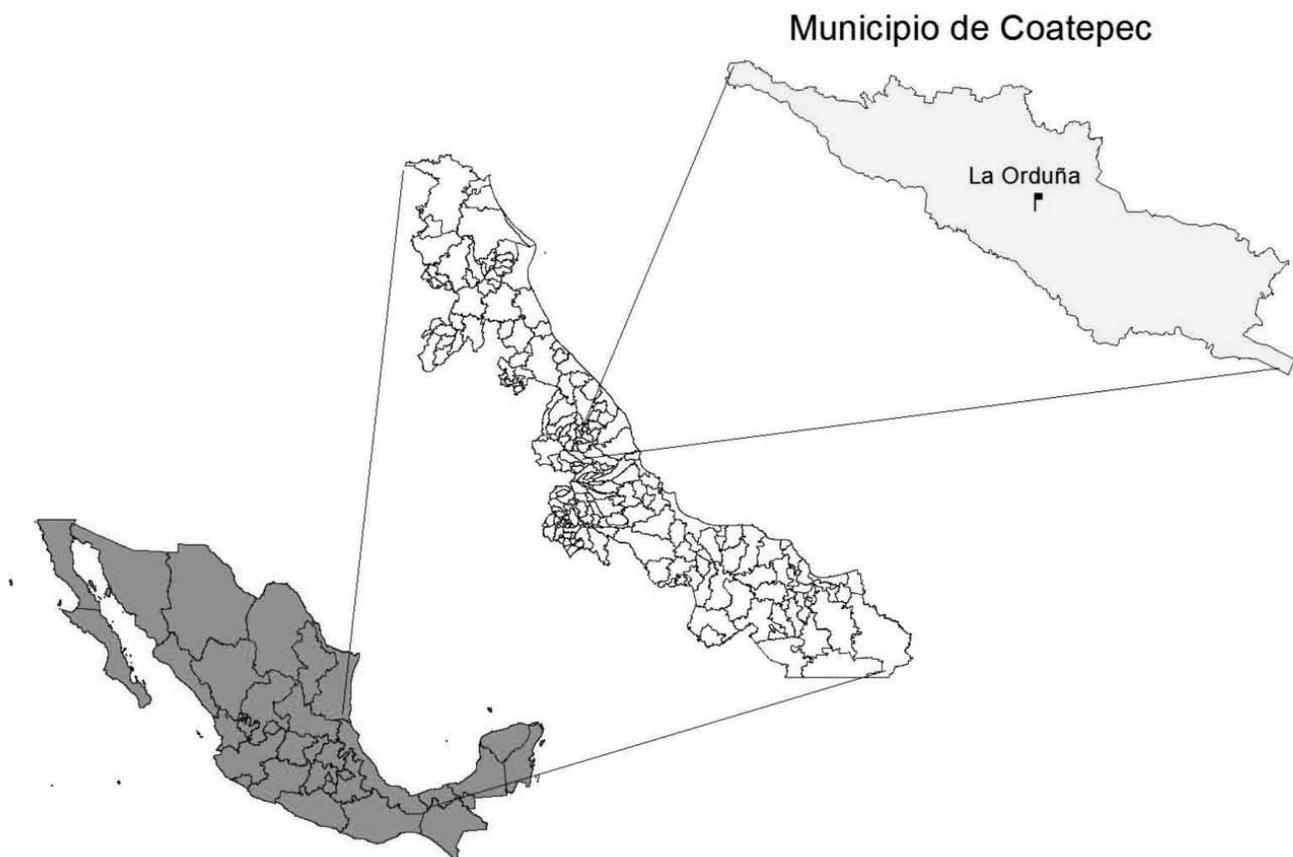


FIGURA 1. Localización de la Orduña, municipio de Coatepec, Ver., México.

el fin de vislumbrar tendencias futuras en el cambio de uso del suelo y su posible impacto ambiental, basándose en el trabajo de Barradas *et al.* (2010).

El cuestionario se administró mediante entrevistas cara a cara a 51 productores seleccionados al azar, siendo 30% de los registrados en el padrón de productores de café del municipio de Coatepec, elaborado por el extinto Instituto Veracruzano para el Desarrollo Rural.

Con el fin de contextualizar la percepción de los productores, se analizaron con datos climáticos verificables, los cambios históricos de la precipitación y la temperatura registrados en tres estaciones meteorológicas de la zona de estudio: Briones (19° 25' 41" N, 97° 05' 25" O, 2100 m snm) en el municipio de Coatepec, Oxtlapa (19° 27' N, 97° 06' O, 2500 m snm) en el municipio de Xico y Teocelo (19° 23' N, 96° 58' O, 1160 m snm) en el municipio del mismo nombre.

Para determinar los cambios históricos de la precipitación y la temperatura se realizó un análisis estadístico siguiendo los procedimientos sugeridos por la Organización Meteorológica Mundial (OMM), la cual ha venido impulsando el uso de índices de cambio climático regional a partir de datos diarios (Peterson, 2005). Con base en ello se analizaron las series diarias de precipitación y temperatura de las estaciones climatológicas convencionales localizadas en la microrregión de estudio. Para el caso de Briones se analizaron las series de precipitación y temperatura diarias comprendidas de 1985 a 2008, para Oxtlapa de 1985 a 2008 y para Teocelo de 1948 a 2008.

El primer paso del análisis consistió en aplicar a las series de datos el módulo RHtestV2 del software RClindex, para probar la homogeneidad de los mismos, esto es, que los datos provengan de la misma muestra (Peterson, 2005).

Puesto que las series presentaron inhomogeneidades ("saltos" de la media), estas se corrigieron en el mismo módulo RHtestV2 mediante un modelo de regresión de dos fases, donde se considera que los datos de los últimos años son confiables. Mediante el modelo de regresión se van ajustando las inhomogeneidades de los datos anteriores. Este procedimiento se basa en que una serie climática de datos se dice homogénea si sus fluctuaciones son causa-

das por variaciones climáticas, o bien si es representativa del clima en los alrededores del punto de observación. Mientras que la inhomogeneidad está definida como los puntos de cambio en la serie climática que pueden deberse a cambios de emplazamiento de la estación climatológica, cambio de sensores o de métodos de observación y cambios del entorno del observatorio (cambios del uso del suelo, crecimiento urbano, etc.) (Vincent, 1998).

Una vez obtenidas las series ajustadas, el mismo software RClindex ajusta una recta de regresión que indica la tendencia y intensidad del cambio de la precipitación. Es importante señalar que estadísticamente es conveniente conocer si la recta ajustada es significativa o no; sin embargo, esto no se realizó para fines del presente análisis.

RESULTADOS

Percepción de los productores sobre la importancia ambiental de los cafetales bajo sombra

En las características generales de los productores de café entrevistados, se tiene que 61% son hombres, 75% se encuentra en el estrato etario que va de 50 a 89 años (lo cual refleja el "envejecimiento" de la población ocupada en este sector productivo) y 69% solamente cuenta con un nivel de escolaridad básica (primaria). Sesenta y cinco por ciento de los entrevistados se dedica exclusivamente al cultivo del café y solo 35% realizan otras actividades complementarias (labores del hogar, pequeño comercio y trabajo asalariado como obreros).

Mientras que las parcelas de café se caracterizan por ser minifundios (todas tienen una superficie menor a 3 ha), generalmente heredados como propiedad familiar. El sistema de producción de café practicado en todos los predios es bajo sombra. Los productores entrevistados poseen gran experiencia en la caficultura ya que 80% declara tener más de 10 años dedicándose a esta actividad, existiendo incluso caficultores (6%) que mencionan más de 50 años. Es decir, la mayoría ha pasado gran parte de su vida produciendo café, dado que desde niños se incorporaron al trabajo agrícola para ayudar a sus padres.



En lo relativo a la sustitución de los cafetales por otros usos del suelo, las cifras resultan alarmantes, pues 84% de los entrevistados calcula que ha desaparecido más de 40% de los cafetales existentes en la comunidad (incluso 39% de los entrevistados considera que esta pérdida alcanza más de 70% de los cafetales que existían cuando eran niños). Noventa y seis por ciento de los entrevistados considera que el cultivo de café ha sido sustituido por la caña de azúcar y/o la construcción de casas habitación.

Cuando se preguntó sobre las principales causas de la sustitución de los cafetales por otros cultivos o usos del suelo, 82,4% de los productores reconoció que la baja en el precio del café es lo que más ha influido para tomar tal decisión, mientras 11,8% mencionó la falta de apoyo a la cafecultura por parte de las instituciones gubernamentales que operan en el sector agropecuario.

También se cuestionó a los productores respecto a si mantendrían sus cafetales en caso de que existieran pagos por servicios ambientales que los incentivarán, 78,5% respondió afirmativamente, agregando que dichos apoyos servirían para costear las diferentes actividades productivas que implica el cultivo del café. Por su parte, 13,7% se mostró indeciso, dado que anteriormente les han prometido otros tipos de apoyo económico que nunca se entregan, se otorgan condicionados o en monto menor al comprometido, por lo que consideran que en el caso de pago por servicios ambientales resultará igual. Es importante señalar que 7,8% de los entrevistados respondió que no conservaría su cafetal aún y cuando se le ofrecieran estos apoyos, dado que tienen pensado vender las parcelas a corto o mediano plazo, pues ya no resulta económicamente redituable la producción de café.

En lo relativo a la percepción de los beneficios ambientales que proporcionan los cafetales bajo sombra, 96% mencionó que el cafetal les suministra otros productos, principalmente comestibles (plátano, naranja, jinicuil, flor de izote) y leña. Ambos los utilizan para consumo familiar o venta a pequeña escala para obtener algún ingreso extra.

Otros servicios ambientales de los cafetales identificados por los entrevistados en orden de importancia fue-

ron los siguientes: en primer lugar la regulación del clima (ayudan a mantener un clima más fresco y húmedo); en segundo término la mejora de la calidad del aire; en tercer puesto el control de la erosión del suelo; y en cuarto lugar la captación de agua. Como puede observarse los productores perciben claramente una relación directa entre la conservación de los cafetales y la regulación del clima.

En cuanto al valor paisajístico y cultural de los cafetales, la mayoría de los encuestados encuentra la zona cafetalera muy atractiva, lo cual los motiva a conservarla y mantenerla. Además reconocen que el cultivo del café es parte de la cultura e identidad regional y constituye una tradición familiar que ha sido heredada generacionalmente. Es decir, el agroecosistema cafetalero tiene un alto valor estético y cultural para los habitantes de La Orduña y sus alrededores. Además, también es apreciado como un sitio que les proporciona posibilidades de recreación y desarrollo de actividades turísticas.

Variación histórica de la precipitación y la temperatura en la región de estudio

Con el objetivo de contextualizar la percepción de los productores respecto a que los cafetales ayudan a la regulación del clima, se analizó la tendencia histórica de temperatura y precipitación en la región.

En primer lugar se presenta el análisis estadístico realizado con los procedimientos sugeridos por la OMM a las series de precipitación diaria de las estaciones climatológicas convencionales de Briones, Oxtlapa y Teocelo, para identificar la tendencia histórica de esta variable climática en la microrregión.

En la figura 2 se muestra que la precipitación en Briones ha aumentado con una intensidad de 4,8 mm/año. Mientras que en la figura 3 se observa el incremento en los días en que se registran 20 mm o más de precipitación (presencia de chubascos o lluvias intensas).

La figura 4 muestra la tendencia de la precipitación en Teocelo, donde se observa una disminución de 1,7 mm/año. En la figura 5 también se identifica una disminución de los días que registran 20 mm o más de precipitación.

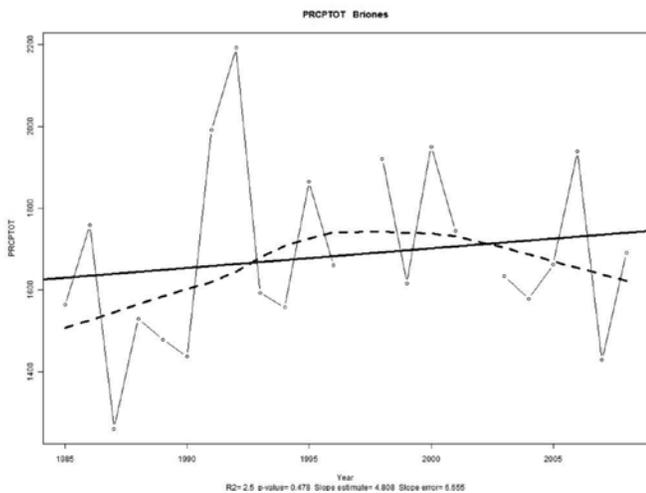


FIGURA 2. Serie de precipitación total anual ajustada y su tendencia en el periodo de 1985 a 2008 en Briones, Veracruz.

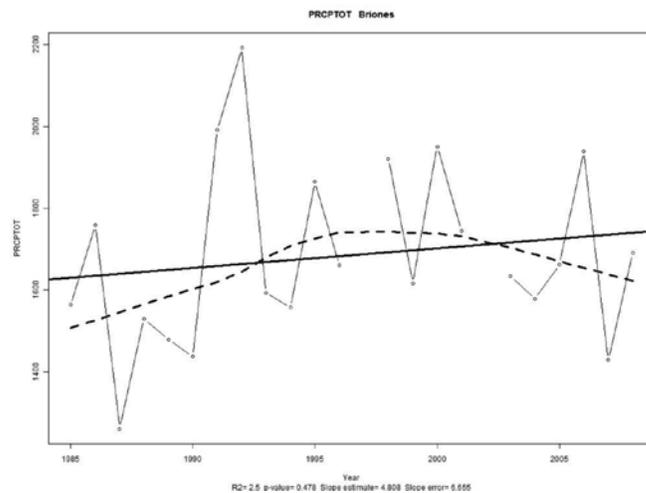


FIGURA 3. Serie de días con precipitación igual o mayor a 20 mm y su tendencia en el periodo de 1985 a 2008 en Briones, Veracruz.

La figura 6 corresponde a la precipitación de Oxtlapa, donde se manifiesta igualmente una disminución intensa de la precipitación. Puesto que la serie de este lugar es muy corta, no se realizó el análisis de los días con precipitación igual o mayor a 20 mm al día.

Comparando los resultados de las tres estaciones climatológicas convencionales, se observa que si bien en Briones la tendencia es al aumento, la cantidad anual de precipitación en este sitio (1600 mm anuales) es menor a la de Teocelo (2000 mm anuales) y mucho menor con relación a Oxtlapa (3000 mm anuales).

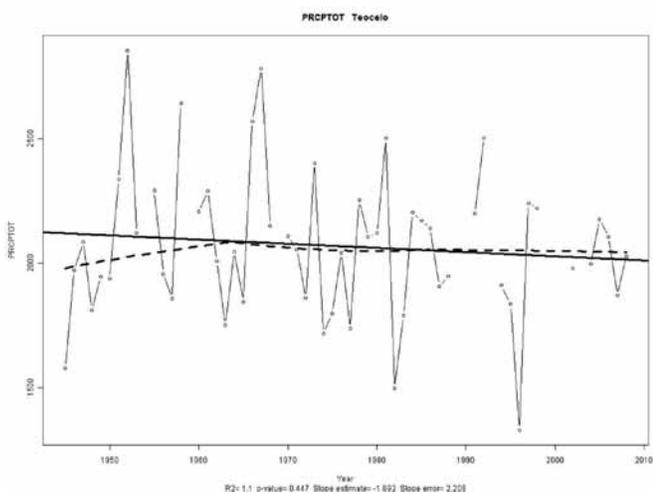


FIGURA 4. Serie de la precipitación total anual ajustada y su tendencia en el periodo de 1948 a 2008 en Teocelo, Veracruz.

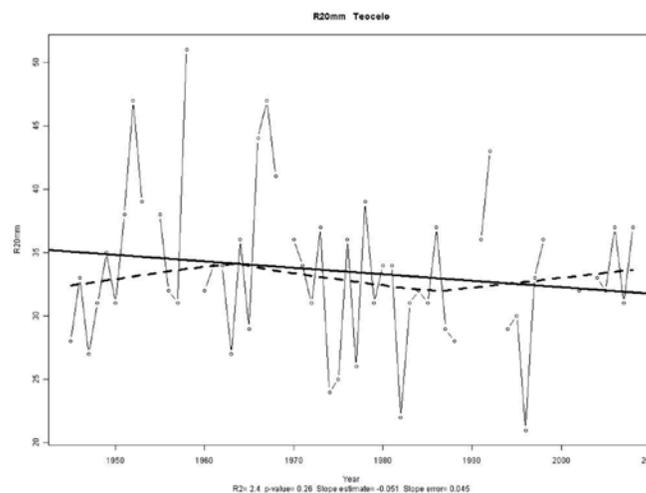


Figura 5. Serie de días con precipitación igual o mayor a 20 mm y su tendencia en el periodo de 1948 a 2008 en Teocelo, Veracruz.

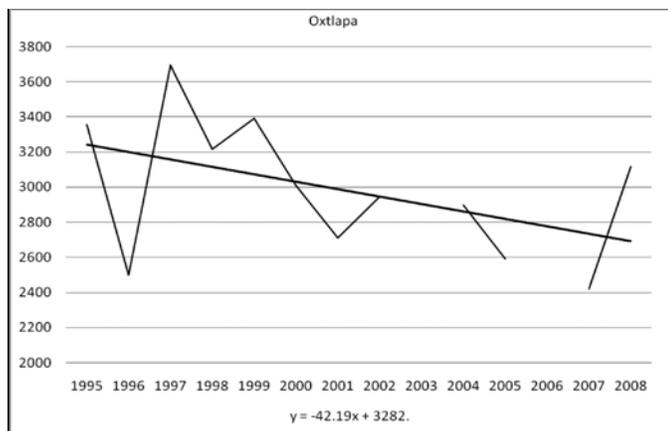


FIGURA 6. Serie de la precipitación total anual ajustada y su tendencia en el periodo de 1995 a 2008 en Oxtlapa, Veracruz.

En resumen, la tendencia de la precipitación regional registrada en las estaciones climatológicas estudiadas es hacia el incremento de los eventos de lluvias torrenciales (Briones) y la disminución de la precipitación anual (Teocelo y Oxtlapa).

La variación histórica de la temperatura en la estación climatológica de Briones (Fig. 7), a pesar de la discontinuidad de la información, con base en el análisis de tendencia de temperatura promedio anual (máxima, media y mínima) se presenta una disminución tanto en la máxima como en la mínima y la media. La temperatura

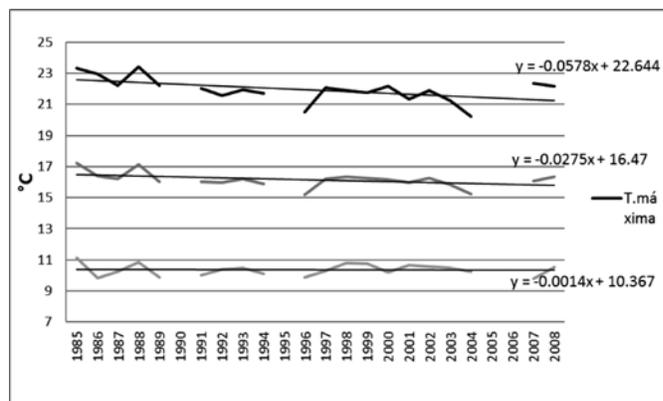


FIGURA 7. Tendencia de la temperatura promedio anual máxima, media y mínima en el periodo de 1985 a 2008 en Briones, Veracruz.

máxima exhibe el mayor cambio (-0,057 °C/año) y la mínima el menor (-0,0014 °C/año).

Oxtlapa muestra una tendencia al aumento de la temperatura máxima y media (Fig. 8). La temperatura máxima muestra el mayor cambio (0,016 °C/año), mientras que la mínima muestra una tendencia negativa, aunque con un valor de cambio muy bajo (-0,0016 °C/año). Esta diferencia entre la máxima y la mínima tiende a ser mayor al transcurso del tiempo, indicando que la temperatura en este sitio se está volviendo más “extremosa”.

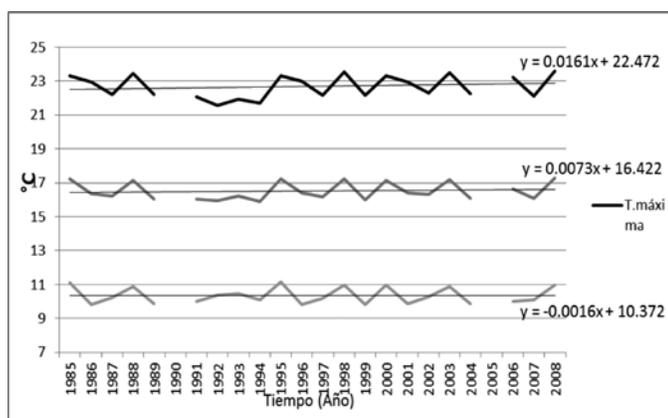


FIGURA 8. Tendencia de la temperatura promedio anual máxima, media y mínima en el periodo de 1985 a 2008 en Oxtlapa, Veracruz.

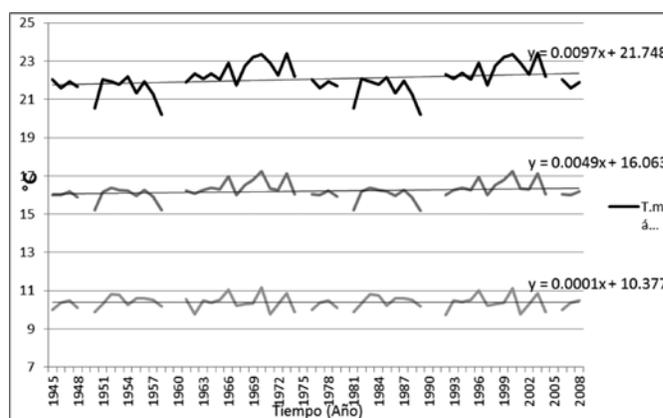


FIGURA 9. Tendencia de la temperatura promedio anual máxima, media y mínima en el periodo de 1985 a 2008 en Teocelo, Veracruz.

Para Teocelo (Fig. 9), aunque la temperatura muestra una tendencia al aumento, en el caso de la mínima el valor es muy cercano al cero. La temperatura máxima muestra el mayor aumento (0,0097 °C/año), teniendo en Teocelo un caso similar al de Oxtlapa, donde la tendencia de la temperatura es un incremento de la máxima y un decremento de la mínima.

En resumen, dos de las estaciones climatológicas (Oxtlapa y Teocelo) muestran una tendencia al incremento de la distancia entre la temperatura máxima y mínima que se refleja en un clima más extremo. Mientras que en Briones se observa un decremento, lo cual pudiera estar relacionado con el aumento de la precipitación en la zona (Fig. 2).

DISCUSIÓN

El clima en la región central montañosa del estado de Veracruz donde se encuentra la región de estudio es el resultado de una interacción compleja de los sistemas sinópticos que predominan (sistemas tropicales en verano y desplazamiento de masas de aire polar y frentes asociados de latitudes medias en invierno) por el desplazamiento norte-sur-norte del anticiclón de Las Azores-Bermudas, de la topografía-orografía, de la interacción planta-atmósfera y de la gran cercanía al litoral del Golfo de México. La región también ha estado sujeta desde finales del siglo XIX a un cambio sistemático y extensivo del uso del suelo, que ha reducido drásticamente la vegetación original para convertirla a actividades productivas principalmente agropecuarias (García-Romero *et al.*, 2010). Todo ello torna compleja la detección de cambios climáticos a nivel microregional y su relación con la conservación del bosque y cafetales bajo sombra, tanto desde la perspectiva de los productores locales como a partir de los datos de las estaciones meteorológicas existentes en el área abordada.

Las tendencias de la temperatura y la precipitación registradas en la zona de estudio, en general concuerdan con los resultados de algunas investigaciones climáticas realizadas en esta región (Barradas y Fanjul, 1986; Barradas *et al.*, 2004; Barradas, *et al.*, 2010), las cuales han detectado que la precipitación pluvial en general ha disminuido al igual que la frecuencia de la niebla, mientras que

las temperaturas en algunos casos disminuyen o se han vuelto extremas. Por otro lado, en el caso de Briones, aunque la precipitación ha aumentado, esto no necesariamente plantea un panorama benéfico, dado que se concentra en eventos de lluvias torrenciales que aunados a la deforestación, pueden tener efectos negativos como inundaciones, escorrentías y erosión del suelo; no obstante, también pueden ser una entrada mayor de agua al sistema hidrológico de la región. Estos cambios se relacionan con la alteración de los mecanismos micrometeorológicos que ocurren en la región debido al cambio drástico en el uso del suelo (generalmente de bosque a uso agropecuario), provocando por un lado que aumente la temperatura del suelo y del aire y por el otro que la base de las nubes se eleve. Esta elevación de los bancos de nubes acarrea no solo cambios en la precipitación pluvial y en la frecuencia de las nieblas, sino también modificaciones en la radiación solar que alcanza el tope de los bosques o cultivos. Por ello, dichos autores afirman que la deforestación en la región se relaciona con el cambio climático regional o local, el cual probablemente no ha sido tan severo debido primordialmente a dos factores. Uno es un factor orográfico, dado por la gran muralla que representa el macizo montañoso y que no permite pasar tan fácilmente la humedad a sotavento. El otro factor es biológico y se debe a la vegetación arbórea todavía existente en la región, que incluye una gran área correspondiente al cultivo de café bajo sombra. Sin embargo, como muestran las tendencias tanto de temperatura como de precipitación que no son congruentes, en tanto que para Briones y Oxtlapa la precipitación aumenta, en Teocelo disminuye. Mientras que las tendencias de la temperatura presentan otros comportamientos ya que en Briones disminuye tanto la mínima como la máxima, en cambio en Oxtlapa y Teocelo aumenta la máxima pero la mínima disminuye, mecanismo típico de la deforestación a barlovento del sitio (Barradas y Fanjul, 1986) debido a la ventilación en el área de medición.

Aunque, de continuar la deforestación, dichos estudios pronostican que la disminución de la precipitación pluvial y la frecuencia de nieblas, así como las temperatu-



ras extremas serían más notorias. Otros estudios, como el de Ávalos-Sartorio (2002) relaciona la influencia que tiene la remoción de cafetales y sus árboles de sombra en el calentamiento global, debido a que se deja de capturar dióxido de carbono. Por lo que una política pública de pagos directos a cafeticultores, por los servicios de protección de cuencas hidrológicas y captura de carbono, haría más atractivo conservar el cafetal que talarlo.

Desde este punto de vista, la existencia de vegetación boscosa constituye un elemento que protege de los cambios bruscos de temperatura, dado que la interacción planta-atmósfera modula el clima regional y la cobertura vegetal constituye un reservorio de carbono que atenúa el efecto invernadero (Shukla *et al.*, 1990; Lawton *et al.*, 2001; Pielke *et al.*, 2007).

En cuanto a la percepción que tienen los productores sobre la contribución del cultivo de café bajo sombra en la provisión de servicios ambientales, se encontró que la mayoría perciben la influencia del cultivo en la regulación del clima local. Pero además, identifican otros beneficios como la obtención de productos alimenticios y maderables, la mejora de la calidad del aire, el control de la erosión del suelo, la captación de agua y los valores paisajísticos, culturales y turísticos. La visión sobre los beneficios ambientales del cafetal bajo sombra permea su disposición a conservarlo (Moreno y Verdú, 2007). Los resultados coinciden con lo que se ha encontrado en otras investigaciones realizadas en la zona montañosa del centro de Veracruz (Del Ángel *et al.*, 2006; Hernández-Solabac *et al.*, 2011).

A la par del reconocimiento que tienen los productores de los servicios ambientales de los cafetales, está el reconocimiento de los factores políticos y económicos que inducen al cambio de uso del suelo. La mayoría de los entrevistados indicaron que el cultivo de la caña de azúcar y construcción de casas habitación han tenido una fuerte influencia en el desplazamiento del cultivo. Este cambio se relaciona principalmente con la caída del precio del café y la falta de apoyo a la cafecultura por parte de las instituciones gubernamentales que operan en el sector agropecuario, problemáticas que se reflejan en crisis recurrentes

del sector cafetalero nacional. Para contrarrestar el impacto de la caída del precio del café en la sustitución de este cultivo, Ávalos-Sartorio (2002) propone retomar las experiencias de Costa Rica y Chiapas en cuestión de pagos de hasta \$900,00 (pesos mexicanos) por hectárea por conservar el cafetal bajo sombra.

Esta experiencia de pagos, sería sin duda un factor de peso para que se conserven los cafetales bajo sombra, ya que aproximadamente 80% de los cafeticultores expresaron que mantendrían sus cafetales en caso de que se les otorgaran pagos por servicios ambientales que los incentivarán a seguir produciendo. Es importante señalar que el resto de productores tiene seria desconfianza de los apoyos gubernamentales por experiencias negativas previas, de tal forma que casi 8% no conservaría su cafetal aún y cuando se le ofrecieran apoyos oficiales, dado que prefieren vender las parcelas, pues consideran que ya no resulta económicamente redituable la producción de café.

Lo antes expuesto pone de manifiesto que las políticas públicas que se han implementado para apoyo del sector cafecultor no han gozado de la confianza de los productores. Esto es urgente tomando en cuenta que actualmente las políticas del sector agropecuario en general y cafetalero en particular, se caracterizan por la desregulación del sector, la fragmentación de la cadena productiva (cultivo, transformación y comercialización) y consecuentemente la formación de monopolios que la dominan (Ramírez y González, 2006). Así mismo, en las políticas institucionales del sector cafetalero se orientan los apoyos a productores medianos y grandes empresarios, excluyendo a los pequeños productores que mantienen formas diversificadas de producción de café bajo sombra (Núñez, 2005).

Aunado a lo anterior, actualmente con las iniciativas de producción de biocombustibles, los cafetales cultivados bajo sombra están siendo ampliamente amenazados por los cultivos de caña de azúcar en la región. Sustituir el área de cafetales por caña de azúcar puede acarrear consecuencias graves sobre las condiciones ambientales regionales, ya que se incrementará de manera significativa el calentamiento del aire (flujo de calor sensible) pues si se cambia masivamente una superficie muy semejante al bos-

que por un monocultivo del tipo de pastizal como es la caña de azúcar, se amenaza seriamente la estabilidad ambiental climática regional como lo han demostrado Barradas y Fanjul (1984, 1986) y Barradas *et al.* (2010).

CONCLUSIONES

En este estudio se encontró que la cafeticultura es una actividad productiva que no entra en conflicto con la conservación de los ecosistemas de montaña que proveen una amplia variedad de servicios ambientales. Es una actividad que desempeñan hombres de edad adulta y con nivel de escolaridad básica. Además, sigue siendo la única fuente de ingresos para la mayoría de esta población de minifundistas, donde el cultivo de café bajo sombra ha sido una tradición familiar. Sin embargo, los cafetales están siendo substituidos por la caña de azúcar y/o por la urbanización. Las dos causas principales que más influyen en su desplazamiento, son la baja del precio del café y la falta de apoyo gubernamental. Por lo que la mayoría de los productores estarían dispuestos a mantener los cafetales, si se reconocieran mediante un programa de apoyos económicos gubernamentales los servicios ambientales que éstos prestan, tales como el de la regulación del clima, la mejora de la calidad del aire y la captación de agua; además de su valor paisajístico y de identidad cultural. En cuanto al contexto climatológico, la precipitación mostró una tendencia, por un lado, hacia el incremento de los eventos de lluvias intensas que aunado a la remoción de la cobertura arbórea pueden dar lugar a inundaciones y erosión severa del suelo, aunque también a una mayor entrada de agua al sistema hidrológico de la región, y en general a una reducción, aunque en Briones presentó un aumento considerable. Las tendencias de la temperatura, mostraron por un lado, que existe la propensión hacia un clima extremo es decir que la temperaturas máximas y mínimas aumentan y disminuyen, respectivamente, debido posiblemente a la deforestación; y por el otro, una disminución en la temperatura, lo que pudiera estar relacionado con el aumento de la precipitación.

REFERENCIAS

- Anta F., S. 2006. El café de sombra: un ejemplo de pago de servicios ambientales para proteger la biodiversidad. *Gaceta Ecológica* 80:19-31.
- Aragón G., C. 2006. Cafeticultura, inequidad y pobreza. *In:* Ramírez V., B., J.P. Juárez S. y A. Cesín V., eds. Productores indígenas de café de la sierra nororiente de Puebla. Problemas y alternativas. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Colegio de Postgraduados. México. p:13-32.
- Ávalos-Sartorio, B. 2002. Los cafetales de sombra como proveedores de servicios ambientales. *Ciencia y Mar*, pp.17-22. <http://www.umar.mx/revistas/17/cafetales.pdf>. Consultado el 12 de mayo de 2014.
- Barradas, V.L. y L. Fanjul. 1984. La importancia de la cobertura arbórea en la temperatura del agroecosistema cafetalero. *Biótica* 9:415-421.
- Barradas, V.L. y L. Fanjul. 1986. Microclimatic characterization of shaded and open-grown coffee (*Coffea arabica* L.) plantations in Mexico. *Agricultural and Forest Meteorology* 38:101-112.
- Barradas, V.L., J. Cervantes P. y C. Puchet A. 2004. Evidencia de un cambio climático en la región de las Grandes Montañas del estado de Veracruz, México. *In:* García C., J.C., C. Diego L., P. Fernández de Arroyabe H., C. Garmendia P. y D. Rasilla A., eds. El Clima entre el Mar y la Montaña. Asociación Española de Climatología, Universidad de Cantabria, Santander, España. p:213-219.
- Barradas, V.L., J. Cervantes-Pérez, R. Ramos-Palacios, C. Puchet-Anyul, P. Vázquez-Rodríguez y R. Granados-Ramírez. 2010. Meso-scale climate change in the central mountain region of Veracruz State, Mexico. *In:* Bruijn-zeel, L.A., F.N. Scatena y L.S. Hamilton, eds. Tropical Montane Cloud Forests. Cambridge University Press, Cambridge. p:549-556.
- Conafor (Comisión Nacional Forestal). 2006. Nota informativa de la Comisión Nacional Forestal. 23 de mayo de 2006. <http://conafor.gob.mx>
- Contreras-Hernández, A. 2010. Los cafetales de Veracruz y su contribución a la sustentabilidad. *Estudios Agrarios* 45:143-161.



- Del Ángel P., A.L., M. Mendoza B. y A. Rebolledo M. 2006. Población y ambiente en Coatepec, valor social de la cubierta vegetal. *Espiral, Estudios sobre Estado y Sociedad* XII(36):163-193.
- FAO (Organización Mundial para la Agricultura y la Alimentación). 2007. Situación de los Bosques del Mundo 2007. FAO. Roma, Italia. 157 p.
- FAO (Organización Mundial para la Agricultura y la Alimentación). 2012. El estado de los bosques del mundo 2012. FAO. Roma, Italia. 52 p.
- García-López, T. 2009. La política mexicana de acción climática y su aplicación al estado de Veracruz. *Revista de Investigaciones Políticas y Sociológicas* 8:153-167.
- García-Romero, A., Y. Montoya, M.V. Ibarra y G.G. Garza. 2010. Economía y política en la evolución de los usos del suelo y la deforestación en México: el caso del Volcán Cofre de Perote. *Interciencia* 35:321-328.
- García S., B., F. Gallardo L., M.E. Nava T., O. Ruíz R. y E. Escamilla P. 2006. Factores que limitan la certificación de café orgánico en el esquema de comercio justo en cinco organizaciones de México. *Revista Mexicana del Caribe* X(19):205-226.
- Hartmann, D.L. 1994. *Global Physical Climatology*, Academic Press, San Diego, 411 p.
- Haas, P.M. 1992. Introduction: Epistemic communities and international policy coordination. *International Organization* 46(1):1-35.
- Hernández-Solabac, J.A.M., M.E. Nava-Tablada, S. Díaz-Cárdenas, E. Pérez-Portilla y E. Escamilla-Prado. 2011. Migración internacional y manejo tecnológico del café en dos comunidades del centro de Veracruz. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 14(3):807-818.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 2011. Censo de Población y Vivienda 2010. Principales Resultados por Localidad. 17 de julio de 2012. <http://www.inegi.org.mx>
- Jiménez-Ávila, E. y A. Gómez-Pompa. 1982. Estudios Ecológicos en el Agrosistema Cafetalero. Instituto Nacional de Investigaciones sobre los Recursos Bióticos y Compañía Editorial Continental. México, D.F. 127 p.
- Lawton, R.O., U.S. Nair, R.A. Pielke y R.M. Welch. 2001. Climatic impact of tropical lowland deforestation on nearby montane cloud forests. *Science* 294:584-587.
- Manson, R.H., A. Contreras H. y F. López-Barrera. 2008. Estudios de la biodiversidad en cafetales. In: Manson, R.H., V. Hernández-Ortíz, S. Gallina y K. Mehlreter, eds. *Agroecosistemas cafetaleros de Veracruz. Biodiversidad, manejo y conservación*. Instituto de Ecología A.C., Instituto Nacional de Ecología. Xalapa, Veracruz, México. pp:1-14.
- Martínez C., E. 2011. Migración Internacional y cambio de uso del suelo en Bella Esperanza, Veracruz. Tesis de Maestría en Desarrollo Regional Sustentable. El Colegio de Veracruz, Xalapa, Ver. 134 p.
- Mestries B., F. 2006. Migración internacional y campesinado cafetalero en México. Fases circuitos y trayectorias migratorias. *Análisis Económico* XXI(46):263-289.
- Moguel, P. y V.M. Toledo. 2004. Conservar produciendo: biodiversidad, café orgánico y jardines productivos. *Biodiversitas* 55:2-7.
- Moreno O., C.E. y J.R. Verdú F. 2007. ¿Por qué preocuparnos por la pérdida de la biodiversidad? Relación entre biodiversidad, servicios de los ecosistemas y bienestar humano. *Cuadernos de Biodiversidad* 23:11-17.
- Nava-Tablada, M. E. y E. Martínez-Camarillo. 2012. International migration and change in landuse in Bella Esperanza, Veracruz. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 15(2):21-29.
- Núñez M., M.C. 2005. Ejido, caña y café. Política y cultura campesina en el centro de Veracruz. Universidad Veracruzana. México. 365 p.
- Padlog, M. 2009. La potencia del enfoque cualitativo para el estudio de la percepción del riesgo. *Espacio abierto* 15(3):413-421
- Peterson, T. C. 2005. Climate change indices. *World Meteorological Organization Bulletin* 54(2):83-86.
- Pielke, R.A., J. Adegoke, A. Beltrán, C.A. Hiemstra, J. Lin, U.S. Nair, D. Niyogi y T.E. Nobis. 2007. An overview of regional land-use and land-cover impacts on rainfall. *Tellus* 59:587-601.

- Pineda-López, M.R., G. Ortiz-Ceballos y L. Sánchez-Velásquez. 2005. Los cafetales y su papel en la captura de carbono: un servicio ambiental aún no valorado en Veracruz. *Madera y Bosques* 11(2):3-14.
- Comisión Nacional de Areas Naturales Protegidas. 2009. Programa de Manejo del Cofre de Perote. Borrador. 155 p.
- Ramírez V., B. y A. González R. 2006. La migración como respuesta de los campesinos ante la crisis del café: estudio en tres municipios del Estado de Puebla. *Ra Ximhai* 2(2):319-341.
- Roskoski, J. 1982. Importancia de la fijación de nitrógeno en la economía del cafetal. In: Jiménez-Ávila, E. y A. Gómez-Pompa, eds. Estudios Ecológicos en el Agrosistema Cafetalero. Instituto Nacional de Investigaciones sobre los Recursos Bióticos y Compañía Editorial Continental. México, D.F. p: 56-70.
- Semarnat (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2013. Informe de la situación del medio ambiente en México. Compendio de estadísticas ambientales indicadores clave y de desempeño ambiental. Semarnat. México D.F. 361 p.
- Shukla, J., C. Nobre y P. Sellers. 1990. Amazon deforestation and climate change. *Science* 247:1322-1325.
- Stadtmüller, T. 1987. Cloud forests in the humid tropics. A bibliographic review. The United Nations University y Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba, Costa Rica. 81 p.
- Vincent, L.A. 1998. Technique for the identification of inhomogeneities in Canadian temperature series. *Journal of Climate* 11:1094-1104.
- 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 y Consejo Nacional de la Biodiversidad. México. 204 p.
- Winfield C., F. 2010. Coatepec, La orduña y el azúcar. La Jornada Veracruz, 26 de marzo, México. 2 de marzo de 2012. http://www.jornadaveracruz.com.mx/Noticia.aspx?ID=100326_151035_558.
- Yin, R.K. 2009. Case study research: design and methods. 4ta ed. Sage.

Manuscrito recibido el 10 de diciembre de 2013.
Aceptado el 26 de mayo de 2014.

Este documento se debe citar como:
Ruelas-Monjardín, L.C., M.E. Nava-Tablada, J. Cervantes, V.L. Barradas. 2014. Importancia ambiental de los agroecosistemas cafetales bajo sombra en la zona central montañosa del estado de Veracruz, México. *Madera y Bosques* 20(3):27-40.