



**AgEcon** SEARCH  
RESEARCH IN AGRICULTURAL & APPLIED ECONOMICS

*The World's Largest Open Access Agricultural & Applied Economics Digital Library*

**This document is discoverable and free to researchers across the globe due to the work of AgEcon Search.**

**Help ensure our sustainability.**

Give to AgEcon Search

AgEcon Search  
<http://ageconsearch.umn.edu>  
[aesearch@umn.edu](mailto:aesearch@umn.edu)

*Papers downloaded from **AgEcon Search** may be used for non-commercial purposes and personal study only. No other use, including posting to another Internet site, is permitted without permission from the copyright owner (not AgEcon Search), or as allowed under the provisions of Fair Use, U.S. Copyright Act, Title 17 U.S.C.*

**CARACTERIZACIÓN DEL AGROECOSISTEMA DE CAFÉ BAJO  
SOMBRA EN LA CUENCA DEL RÍO COPALITA**

María Estela García Alvarado<sup>1</sup>, Gustavo Omar Díaz Zorrilla<sup>2</sup>, Ernesto Castañeda Hidalgo<sup>2</sup>,  
Salvador Lozano Trejo<sup>2</sup>, María Isabel Pérez León<sup>2</sup>

**Characterization of the coffee agroecosystem under the shade in the  
basin of the Rio Copalita**

**ABSTRACT**

In the drainage basin of the Rio Copalita production of coffee cherry prevails in more than 20,000 ha, which represents 13% of the total surface area of the basin; the 78.5 % of the municipalities that exist in the basin, is dedicated to the production of coffee cherry with a system of agroforestry management. His contribution to the climatic balance and the support of the diversity of ecosystem services and products it offers, with an average precipitation in the basin multi of 1.693 mm, average temperature 19 °C, where climates prevail: Warm sub-humid, wet semiwarm, home-made sub-humid. Coffee production is determined by precipitation, temperature, humidity, light-hours and intensity of the winds. Regarded by the CONAPO (2012) as a zone of high and very high marginalization with ethnic groups as the Zapotecos, Chontal and Chatino. The objective of the present investigation was to obtain the information with the method of SRP, proposed by Selener et al., (1999), for its systematization and analysis with the statistical package SPSS 20, very important in the characterization of the agroecosystem of coffee of the basin, to know the degree of vulnerability to which is the area of study know the risk and opportunities to which it is exposed and in designing strategic actions for the improvement of the agroecosystem of coffee.

**Key words:** Adaptation, agroforestry, coffee

**RESUMEN**

El objetivo de la investigación fue caracterizar el agroecosistema de café bajo sombra en la cuenca hidrográfica del Rio Copalita, Oaxaca, e identificar zonas vulnerables y sus aportes a la población, tomando cuatro aspectos: el físico-ambiental, sociodemográficos, infraestructura social básica y técnico productivo. Para la generación de la información de línea base se aplicó la metodología del Sondeo Rural Participativo propuesto por Selener *et al.* (1999); posteriormente se realizó la sistematización y análisis de forma mixta. Su sistema de manejo agroforestal prevalece en más de 20,000 ha, lo que representa el 13% de la superficie total de la cuenca; el 78.5% de los municipios que concurren en la cuenca se dedican a la producción de café cereza. Su contribución al equilibrio climático y al soporte de la diversidad de productos y servicios ecosistémicos que brinda, se deben a la altitud, latitud, relieve, diversos climas, principalmente el cálido sub-húmedo, semicálido húmedo, semifrío sub-húmedo; aptos para la cafecultura. La precipitación promedio multianual registrada en la cuenca es de 1,693 mm, una temperatura promedio de 19 °C, considerada según la CONAPO (2012) como una zona de alta y muy alta marginación, con grupos étnicos como zapotecos, chontal y chatino. Para conocer su vulnerabilidad a partir de la situación actual del área de estudio, conocer el riesgo y diseñar acciones estratégicas de mejora.

**Palabras clave:** adaptación, agroforestal, café

<sup>1</sup> Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca. Maestría en Ciencias en Productividad de Agroecosistemas. Tesis de Maestría. Email: [posoax@hotmail.com](mailto:posoax@hotmail.com)

<sup>2</sup> Profesor investigador de la Maestría en Ciencias en Productividad de Agroecosistemas del Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca. \* Email: [godzorrilla@hotmail.com](mailto:godzorrilla@hotmail.com)

## INTRODUCCIÓN

El agroecosistema de café bajo sombra en la cuenca del Río Copalita se practica bajo un sistema de manejo agroforestal y ofrece una gama de servicios ambientales como la captura de agua, de carbono, la conservación de especies y la protección de diversos grupos biológicos de plantas, aves, insectos y anfibios; así mismo, es considerado como una de las zonas prioritarias para la conservación de la biodiversidad del país al albergar importantes corredores biológicos en distintos niveles altitudinales. Con ello contribuye a la preservación de aves migratorias por mantener una residencia temporal. Una sola hectárea de café bajo sombra diversificada contiene entre 40 y 140 especies de plantas útiles, tanto para el uso familiar y local como para su venta en los mercados nacional e internacional (Moguel y Toledo, 2004). Socialmente su población está catalogada con un bajo y muy bajo índice de desarrollo humano (CONAPO, 2012). La mayoría de la población se dedica a actividades de campo, la extracción de madera y a la producción de café, siendo la fuerza de trabajo netamente familiar.

El objetivo del presente trabajo fue realizar la caracterización del agroecosistema de café, para conocer sus impactos y aportes a la población que conforma la cuenca hidrológica del Río Copalita, Oaxaca. Los objetivos específicos fueron el elaborar el diagnóstico del agroecosistema, identificar las afectaciones del cambio climático y determinar los aspectos geomorfológicos que facilitan las afectaciones del cambio climático. Para ello se aplicó el Sondeo Rural Participativa (SRP) propuesto por Selener *et al.* (1999). El método utiliza un conjunto de técnicas y herramientas que permiten generar la información de línea base, identificar los problemas que afectan al agroecosistema y ofrecer propuestas viables. Con la aplicación del método se identificaron las áreas con mayor vulnerabilidad en tres zonas altitudinales de la cuenca alta, media y baja, entre los 200 y 3,000 msnm. Según la CONAGUA (2013) la zona se ubica en una topografía irregular y fuerte pendiente que es utilizada para el cultivo de café; lo que hace importante planificar su manejo e impulsar una propuesta sustentable.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó, en ocho municipios de los 19 que conforman la cuenca hidrológica del Río Copalita, región ubicada en la Sierra Sur de Oaxaca. La cuenca abarca aproximadamente 153,000 ha, con una población aproximada de 34,889 habitantes de los distritos de Pochutla y Miahuatlán pertenecientes a las regiones Costa y Sierra Sur de Oaxaca. Ambas regiones albergan 289 localidades rurales y 12 urbanas con porciones territorialmente relacionadas. En ellas existe una diversidad de climas, sobresaliendo los cálidos subhúmedos, semicálido subhúmedos, semifrío subhúmedos y templados subhúmedos. La precipitación promedio multianual en la cuenca es de 1,693 mm y una temperatura promedio de 19 °C, siendo diciembre y enero los meses más fríos. Las porciones de varias provincias fisiográficas representan, en síntesis, las singularidades del relieve de la cuenca, lo cual representa un escenario difícil, pero apto para la cafecultura.

La metodología empleada para obtener la información de línea base, fue el método del Sondeo Rural Participativo (SRP) propuesto por Selener *et al.* (1999), con el que se permite identificar los problemas de la comunidad y planificar actividades para su solución con la participación activa de las comunidades campesinas, basándose en sus propios conceptos y criterios de explicación, con una lista de preguntas previamente formuladas, para que los propios participantes analicen su situación y valoren distintas opciones para mejorarla. El estudio es de tipo cualitativo, con el que se busca comprender el fenómeno de estudio en su ambiente usual (como vive, se comporta y actúa la gente; que piensa; cuáles son sus actitudes, etc.), que nos permita obtener un estudio documental, descriptivo, exploratorio y de campo. Esto permite detectar recolectar y analizar datos históricos y actuales sobre las condiciones climáticas de la última década y las medidas de adaptación que se pueden generar de acuerdo a su conocimiento. El SPR como metodología participativa permite elaborar de una forma rápida y sistemática la descripción y análisis de la comunidad y su contexto, Identificación de problemas y potenciales soluciones y programación de actividades para la ejecución de los proyectos.

Así mismo se utilizaron técnicas complementarias para la generación de la información como la aplicación de una entrevista semiestructurada, integrada con una lista de temas en los componentes:

social, económico y ecológico. Para la aplicación de la entrevista se utilizó el padrón de productores de café de la Asociación Oaxaqueña del Sistema Producto Café A. C. Para obtener una muestra probabilística proporcional al tamaño de la huerta de café de 100 productores pertenecientes a 10 municipios con tamaños de huerta variables.

Los datos obtenidos de las entrevistas se analizaron con el paquete SPSS versión 20.0. Se obtuvieron estimadores descriptivos de las variables cuantitativas y se realizaron pruebas no paramétricas de bondad de ajuste para distribución binomial y *Chi*-cuadrada de las respuestas categóricas de los productores en torno a las preguntas de percepción con proporción unilateral de la prueba de  $p=0.80$  por considerarse una muestra grande de  $n>50$ .

Esta investigación pretende generar información descriptiva, que permita evaluar la relación causa-efecto del impacto ambiental en el agroecosistema de café, para identificar, valorar y considerar posibles medidas preventivas y proponer medidas de mitigación en los posibles efectos negativos causados por el cambio climático (Coria, 2008); con la finalidad de ser utilizados y aprovechados en los municipios y organizaciones del sector, que así lo consideren conveniente. Este análisis en común, permite identificar una cantidad de ideas, superior a la que generarían los mismos individuos trabajando por separado.

Los resultados de este ejercicio permitieron hacer un cruce de información entre lo observado en campo y la mirada técnica desde el punto de vista actual a partir de la opinión experta de los actores principales y los investigadores, destacando los aspectos del potencial productivo en el área de estudio y sobre la percepción de los productores acerca del clima y su influencia en la producción de café en la cuenca del Río Copalita.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de la información de línea base permitió la caracterización del agroecosistema de café mediante la aplicación de la estadística descriptiva y la correlación de las variables de estudio con la finalidad de conocer la situación actual del agroecosistema de café en la cuenca del Río Copalita, su sistema de manejo, sus beneficios y aportes a la sociedad además de su contribución positiva para contrarrestar los efectos del cambio climático en el planeta. A través de ello comparar, contrastar y discutir los resultados y procedimientos a través del marco conceptual de referencia comparado con el de otros autores relacionados con el área de investigación. Los planteamientos aquí citados corresponden al ámbito estatal y regional. Para ello se realizó un análisis documental complementario con la finalidad de detectar las áreas potenciales de café y su grado de vulnerabilidad al que está expuesto.

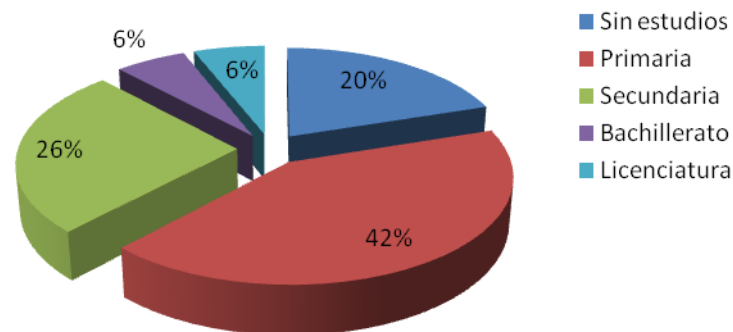
### Estado actual del agroecosistema de café en la cuenca Río Copalita

La zona se caracteriza por la producción de café bajo sombra, con un sistema agroforestal con un manejo 100% rústico artesanal, donde existen una variedad de comunidades vegetales, la variedad predominante de café que se cultiva en esta zona son: arábica, mondo novo, caturra, marabujo y criollos en altitudes que varían de los 0 a los 2600 msnm, clasificando a la cuenca en tres zonas, baja, media y alta; todas con una gran diversidad biológica (AMECAFE, 2013). En estas zonas están establecidas comunidades de alta y muy alta marginación (CONAPO, 2012); destacan las regiones de los Loxichas, los Coatlán y los Ozolotepec. Dentro de las actividades del cultivo, beneficio y comercio del café, se cataloga como un trabajo netamente familiar que carece de asistencia técnica, aplicación de recursos por parte del gobierno a pequeños productores que los limita de cierta forma a crecer o desarrollar mejoras en sus fincas.

Respecto a las actividades dentro de las fincas de café el 77.6%, de los jefes de familia intervienen en las labores, los hijos participan en un 54%, en un 30% participan otras personas, el 23.8% menciona que tienen más de 30 años de experiencia, el 14.3% más de 20 años de experiencia, 21.4% más de 15 años, el 43.5% se ha dedicado menos de tres generaciones a la cafecultura.

### Características generales de los productores

Respecto a las características generales de la población, la CONAPO (2012) indica que la mayoría de su población que se dedica al cultivo de café tienen un nivel bajo de estudios estos datos concuerdan con el resultado obtenido por INEGI (2013) que refleja el bajo nivel de escolaridad de la gran mayoría de productores de café en la cuenca provocando un desarrollo desigual económico y social, los resultados indican (Figura 1) que del 42% de la población de la cuenca concluyó la primaria y de éste total únicamente menos de la mitad asiste a la secundaria, el rezago educativo es más evidente cuando se revisan datos por municipio donde la población indígena es mayoritaria y sobresalen las mujeres que no saben leer ni escribir, afectando a más de la mitad del sector poblacional de la cuenca del Río Copalita.



**Figura 1. Nivel de escolaridad de la población de la cuenca del Río Copalita.**

Fuente: CONAPO (2012)

Según CDI (2008) a pesar de que la zona es indígena y catalogada con un alto índice de marginación, la lengua zapoteca se está perdiendo, al grado de que algunas comunidades ya no lo hablan, del 84% de la población únicamente el 16% restante lo habla y son habitantes ubicados en agencias y rancherías que pertenecen y conforman los municipios de la cuenca. Los grupos etnolingüísticos que residen en la Sierra Sur y Costa de Oaxaca abandonando el empleo de las lenguas vernáculas y se comunican exclusivamente en castellano. La población indígena femenina adulta tiende ligeramente a conservar su lengua, en cambio los jóvenes son los más propensos a dejar de reproducir la lengua de su grupo etnolingüística.

El fenómeno migratorio data desde el nomadismo y sus causas principales son la necesidad de superar una insatisfacción producida en diversas instancias de la vida personal y colectiva de las comunidades. Actualmente este fenómeno se da en diferentes regiones rurales y urbanas con tendencias a presentarse en ciertas poblaciones y sectores sociales, ubicando a la mixteca y la Sierra Sur de Oaxaca como una de las principales regiones con un alto índice de migración, relacionado directamente con la pobreza y marginación de las comunidades (INEGI, 2013). Estos flujos migratorios pueden ser temporales o permanentes, internos de cada región, hacia diferentes puntos de la República Mexicana o hacia Estados Unidos para dedicarse a labores agrícolas, obreros o comercio ambulante. Según la CONAPO (2012) la Sierra Sur de Oaxaca presenta un alto grado de intensidad migratoria relacionado con la incapacidad de la economía mexicana para incorporar al mercado laboral a la población.

### La organización política

Los procesos de gobernanza de las comunidades ubicadas en la cuenca se realizan por usos y costumbres. El proceso se lleva a cabo a través de la Asamblea General de Ciudadanos, que funge como máxima autoridad local. La cual se encarga de velar y administrar, organizar y regir las normas de

convivencia, de acuerdo a los intereses de las comunidades (INEGI, 2013); de lo contrario la comunidad tiene la suficiente autoridad para removerlos de su cargo. En este proceso participan hombres y mujeres, aunque los cargos principales son asignados a los hombres ya que existen fuertes problemas de equidad de género y la participación de las mujeres es muy reducida o casi nula.

La estructura de los municipios está integrada por un Presidente Municipal, Suplente de Presidente Municipal, Síndico y Regidores de: hacienda, salud, educación, obras (varía en cada municipio y agencia), Secretario, Tesorero, Alcalde, Comandante de policía y sus topiles, estos cargos tienen una vigencia de tres años (INEGI, 2013).

El tipo de tenencia de la tierra en la cuenca del Río Copalita es de dos tipos, pequeña propiedad y comunal. Cada habitante de la zona cuenta con fracciones de terreno que van desde 2- 20 ha, algunas personas cuentan con documentos que acreditan su propiedad, por lo regular las cabeceras municipales cuentan con documentos de pequeña propiedad. Cada núcleo agrario es dueño de sus propios recursos naturales y cuenta con sus planos.

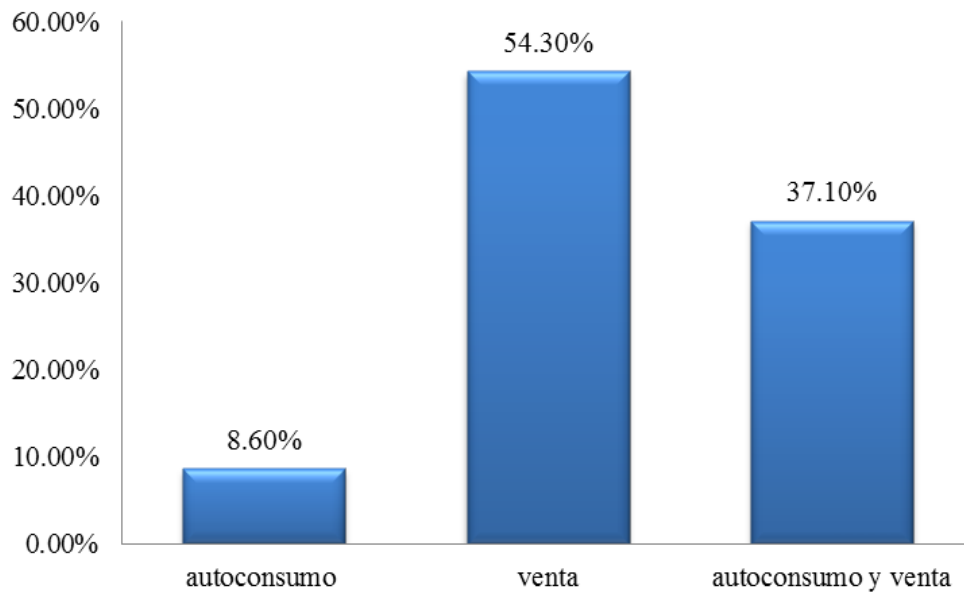
El resto de la población que se ubica alrededor de la cabecera municipal, conocidas como agencias, rancherías o parajes son de tipo comunal; este es administrado por la autoridad municipal correspondiente y está destinado principalmente a la conservación de los recursos naturales para su buen uso. INAFED (2010).

#### **Características económicas de la cuenca del Río Copalita**

La producción de café en México es una de las actividades más rentables, con mayor valor comercial para la industria, considerado como uno de los ingresos económicos importantes en el país (Villavicencio, 2013) es una de las fuentes más importantes de ingresos para los pequeños y medianos productores de la cuenca que se han dedicado por más de tres generaciones a estas actividades. Dentro de las actividades del cultivo, beneficio y comercio del café, se puede decir que es un trabajo netamente familiar, ya que intervienen en todas las actividades desde el inicio hasta el final de la comercialización; la participación de otras personas en las actividades es muy reducida.

En las comunidades de la cuenca Río Copalita la variabilidad de precios a nivel internacional durante el transcurso del año afecta y obliga a los productores a malbaratar su producto con los intermediarios, por la falta de infraestructura en comunicaciones. Sumado a este sector la alta producción y calidad en café de otros países como Brasil, reduce las oportunidades competitivas dentro del mercado, la caída de los precios y la especulación financiera, competir en el mercado, los obliga a vender a bajos precios su producto. Otros factores que afectan son la falta de maquinaria para el proceso de transformación del producto, la nula inversión monetaria por parte de las diferentes instancias, la falta de transporte y capital los limita en cierta forma en cuanto a tiempo para procesar el café y trasladarlo al mercado.

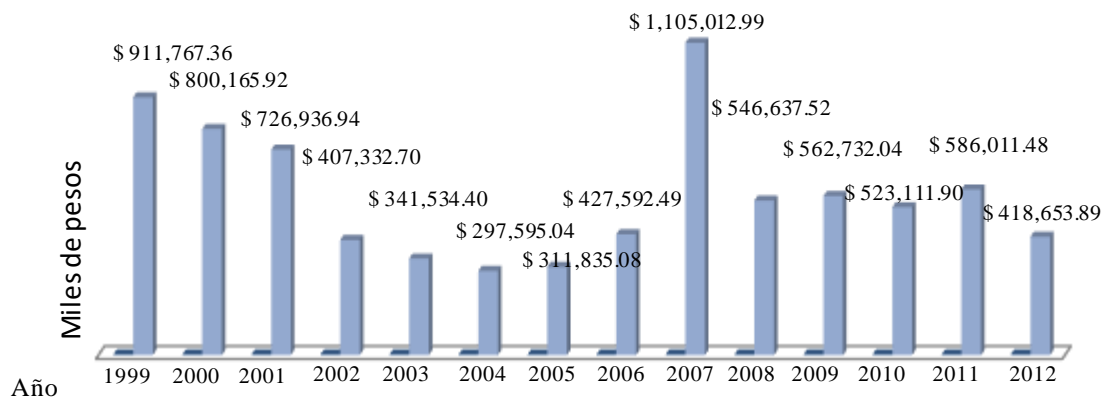
De toda la producción de café en la cuenca, el 54.3% se destina para la venta, el 37.1% para autoconsumo y venta local, el 8.6% para autoconsumo ya molido (Figura 2). Por lo regular realizan dos cortes en el periodo de cosecha, el 97% de los productores lo vende en grano o pergamino, el otro 3% vende empaquetado con marca, el precio es muy variable, el intermediarismo o coyotaje, es otro factor importante que afecta a los productores por el bajo costo que pagan por su grano, el 76.5% asegura que ya no es negocio la producción de café porque no hay rentabilidad y tampoco un mercado justo, muy a pesar de que se produce calidad, el 23.5% conformada por los medianos productores, que considera que todavía es rentable.



**Figura 2. Destino de la producción de café en la cuenca del Río Copalita**

Fuente: Elaboración propia

La variabilidad de precios de café en la cuenca del Río Copalita se ve reflejada en los gráficos; la cual muestra un comportamiento muy variable a través de los años. El registro histórico de precios del café en 14 localidades de las 19 que integran la cuenca del Río Copalita, por un periodo de 14 años muestra la inestabilidad de precios en la producción de café SIAP (2013); los cuales están sujetos a los precios de la bolsa de Nueva York, aunque el productor difícilmente entiende como se establecen los precios (Figura 3).



**Figura 3. Comportamiento histórico del valor de producción de café cereza en el Estado.**

Fuente: SIAP (2013).

### **Características técnico-productivas de café en la cuenca del Río Copalita**

La cosecha del grano en la cuenca es de forma manual, los periodos de recolección del fruto dependen de las zonas y la altura dividiéndose en tres etapas; en periodos de septiembre a diciembre en las zonas bajas que comprenden altitudes de 250-600 msnm, de noviembre a enero en las zonas medias con altitudes de 600-900 msnm y en zonas altas de diciembre a abril en altitudes mayores a los 900 msnm, durante estos periodos las localidades lucen semivaciás. Efectuando de dos a tres cortes en las plantaciones datos que concuerdan con lo reportado por INEGI (2013). En esta actividad interviene toda la familia desde las personas adultas hasta los más pequeños por ser una actividad donde se demanda mayor mano de obra. Se caracteriza por las prácticas culturales de la región, la tecnología empleada, la participación de hombres y mujeres de todas las edades en el proceso productivo para finalmente llevarlo al mercado. Desde la recolección del café cereza, despulpe, remoción del mucilago o fermentación, lavado, secado y la obtención del café pergamino, el cual se almacena en costales de ixtle o plástico cuidando que contenga una humedad de 11-13% para evitar que el producto ya almacenado sufra problemas de hongos y eche a perder sus granos.

### **Características ambientales de la cuenca del Río Copalita**

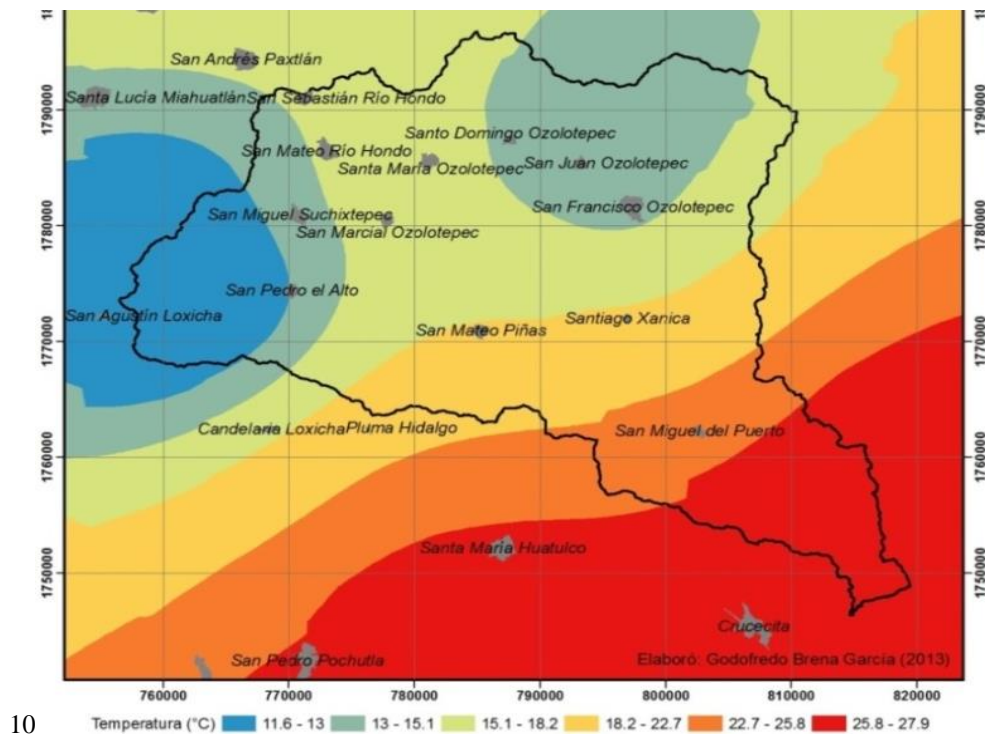
De acuerdo con la CONABIO (2013) las características de la zona de estudio en cuanto a factores físicos y biológicos, es muy diversa, provocando una gran variedad de ambientes y de sistemas biológicos. Destacan por su importancia las selvas medianas caducifolias, los bosques de coníferas y los bosques de pino encino, mismos que han sido intervenidos para establecer cultivos de café. A continuación se hace una descripción de los principales factores físicos y biológicos.

### **Aspectos físicos de la cuenca del Río Copalita**

Aspectos físicos. De acuerdo a UNAM (2012) la temperatura media anual de la cuenca es variable, siendo la altitud el principal factor que la determina. Las temperaturas más elevadas se alcanzan en la parte baja de la cuenca, en una franja casi paralela al litoral del Océano Pacífico abarcando las poblaciones de Bahías de Huatulco hasta la altura de Santa María Huatulco. Los valores que se alcanzan superan los 25 °C. Existe otra franja a la altura de San Miguel del Puerto con valores entre 22 y 25 °C. Una tercera zona que varía entre los 18 y 22 °C a la altura de las poblaciones de Candelaria Loxicha, Pluma Hidalgo, San Mateo Piñas y Santiago Xanica. Una cuarta zona que abarca desde San Mateo Piñas, los Ozolotepec y Río Hondo con valores que fluctúan entre 15 y 18 °C. Orográficamente se forman dos zonas de temperatura más frías con valores inferiores a 15 °C y que se ubican por un lado en San Miguel Suchixtepec y San José del Pacífico y por el otro está la parte más alta de la cuenca en los alrededores del Cerro Nube Flandes (Figura 4).

Según datos proporcionados por la CONAGUA (2013) la precipitación pluvial anual de la Cuenca del Río Copalita en los meses de noviembre a abril se mantiene por debajo de los 100 mm. En el mes de mayo al inicio del temporal la precipitación normal se ubica entre los 100 y 200 mm. Las mayores precipitaciones ocurren en el mes de junio con valores superiores a los 300 mm y en algunas zonas como Pluma Hidalgo y San José del Pacífico alcanza valores superiores a los 400 mm. En el mes de julio las precipitaciones se mantienen entre los 200 y 300 mm al oeste y entre 100 y 200 al este de la cuenca. En los meses de agosto y septiembre en toda la cuenca se rebasan los 200 mm y en las zonas de Pluma Hidalgo y San José del Pacífico se superan los 400 mm. Este comportamiento atmosférico coincide con la temporada de ciclones y tormentas tropicales. En el mes de octubre, las lluvias descienden con valores por debajo de los 200 mm con algunas excepciones en áreas como Pluma Hidalgo y San José del Pacífico.





**Figura 4. Temperatura media anual en la cuenca del Río Copalita.**

Fuente: CONAGUA (2013).

La orografía de la cuenca del Río Copalita se encuentra incrustada entre lomeríos y cerros pronunciados; es decir, bastante accidentada que hace a la región inaccesible. Con regiones montañosas muy elevadas, pendiente que van desde ligeras a muy pronunciadas (mayores 40%) donde se encuentran el cultivo de café, los espacios planos son pocos, en algunas partes de la montaña se forman pequeños valles o lomeríos donde se siembra maíz y frijol, lo que hace que la cuenca sea considerada como no apta para actividades agrícolas por lo accidentado del lugar.

Finalmente; el clima, el relieve, la altitud y latitud son factores que influyen en la cantidad y calidad del grano de café que se produce en la cuenca del Río Copalita, las características físicas y geográficas de la región cafetalera de la cuenca son determinantes para la producción de café de altura, con manejo orgánico, resaltando Pluma Hidalgo por su calidad de café de altura a nivel nacional y con presencia en el mercado. Dentro de las comunidades caracterizadas por la producción de café, se mencionan sus características de altitud que van desde los 0-3,000 msnm, siendo considerada las zonas con altitudes de 600-1,600 msnm para producir café de calidad. La precipitación, temperatura y vegetación crea el tipo

de clima idóneo para la caficultura en la cuenca. De acuerdo a la clasificación climática generada para la cuenca del Río Copalita es posible detectar zonas potenciales para el desarrollo de la caficultura.

La diversidad de ambientes y los diversos tipos de vegetación dan como resultado diferentes tipos de clima. De acuerdo a la base de información de unidades climáticas del INEGI (2013), fue posible identificar las siguientes unidades climáticas en la cuenca alta, media y baja del Río Copalita favorables para el desarrollo de la caficultura, muy útil en la toma de decisiones a futuro y para la generación de propuestas y alternativas de solución. Según Rivera et al., (2013) para el 2050 habrá una fuerte disminución en el hábitat para el cultivo de café sufriendo una importante redistribución geográfica; para lo cual es muy importante la identificación de las unidades climáticas en la cuenca que permitan identificar las zonas potenciales y vulnerables en la misma (Cuadro 1).

**Cuadro 1. Clasificación climática de los municipios cafetaleros que integran la cuenca hidrográfica del Río Copalita**

Localidad	Altitud msnm	Precipitación mm	Temperatura °C	Clima
Candelaria Loxicha	0-2,200	2,692.3	12-33	Aw0(w)
Pluma Hidalgo	400-1,600	2,000-3,000	18-26	A(C)m(w)
Santiago Xanica	300-2,040	1,500-3,000	22-27	Aw0(w)
San Juan Ozolotepec	1,750-3,125		17	C(w2)(w)
San Mateo Piñas	1,675-2,600	2,300-2,750	21	Aw0(w)
San Miguel del Puerto	575-2,025	700 – 3,000	16-28	Aw0(w)
San Pedro el Alto	1,275-1,975	800-2,300	8-25	
Santa María Ozolotepec	800 -3,000	1,347.6	10-24	

Fuente: INEGI, 2013 y Atlas Climatológico de la UNAM, 2012.

Clima Aw0 (w). Catalogado como clima cálido sub húmedo. Se ubica en la parte baja de la cuenca en las inmediaciones de Bahías de Huatulco, con temperaturas mayores a los 22 °C, precipitación anual de 500-2,500 mm y con lluvias en verano.

Clima Aw1 (w). Catalogado como clima cálido sub húmedo que se ubica en la parte baja a la altura de San Miguel del Puerto, con temperaturas mayores a los 22 °C, precipitación anual de 500-2,500 mm, el mes más seco con 0-60 mm y con lluvias en verano.

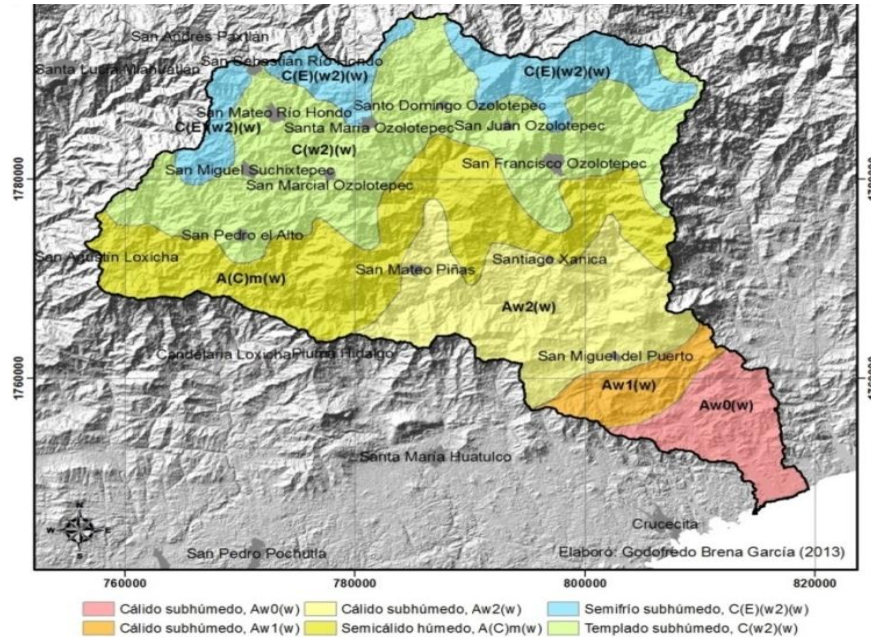
Clima Aw2 (w). Este tipo de clima cálido sub húmedo abarca una región más extensa desde San Miguel del Puerto hasta Santiago Xanica por el norte y hasta San Mateo Piñas por el noroeste.

Clima A(C) m (w). El clima Semicálido húmedo es una franja que se ubica en la parte media alta a la altura de San Agustín Loxicha.

Clima C (E) (w2) (w). Catalogado como clima semifrío subhúmedo está en la parte alta abarcando las poblaciones de San Miguel Suchixtepec, San Marcial Ozolotepec, Santo Domingo Ozolotepec y San Francisco Ozolotepec.

Clima C (w2) (w). Este tipo de clima templado subhúmedo se ubica en la parte más alta de la región montañosa a la altura de San José del Pacífico y San Sebastián Río Hondo (Figura 5).

La caracterización y detección por eje permite tener un amplio panorama sobre la situación del agroecosistema de café en la cuenca por los servicios agroecosistemicos que brinda, sus características de relieve (con pendientes de ligeras a pronunciadas mayores a 40%), altitud y latitud están ligados directamente a la producción de café; en cambio los factores que pueden llegar a alterar la producción son la temperatura, precipitación, intensidad de vientos, sequias y huracanes; las cuales pueden en determinado momento poner en riesgo las plantaciones cafetaleras. Permiten generar propuestas de solución para hacer frente al cambio climático. Según Rivera et al., (2013) durante el trascurso del siglo XXI se verán afectados diferentes cultivos agrícolas, entre ellos el café.



**Figura 5. Unidades climáticas en la cuenca del Río Copalita.**

Fuente: INEGI (2013).

De acuerdo con AMECAFE (2013) los resultados de la relación causa-efecto, sirven para generar propuestas de solución que ayuden a mitigar los efectos del cambio climático en las plantaciones de café. La variabilidad del clima trae como consecuencias problemas fitosanitarios (comúnmente plagas y enfermedades), afectando áreas que están por encima de los 1,500 msnm lo cual representa altos costos de producción en los productores de escasos recursos y a pequeña escala a corto y mediano plazo según el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) (2012). Según la SAGARPA (2013) este año la variabilidad del clima trae consecuencias devastadoras en los cultivos, la principal preocupación es por los brotes de roya en la zona cafetalera de la Sierra Sur y Costa de Oaxaca, por lo que habrá que implementar medidas de seguridad que hagan frente a este problema.

#### Aspectos biológicos de la cuenca del Río Copalita.

Los principales tipos de vegetación en la región son los bosques de pino distribuidas en zonas templadas. Selva baja caducifolia con una pérdida del 75% de sus hojas en tiempo seco. Selva mediana sub caducifolia que conserva sus hojas en un 50% todo el año. Bosque mesófilo de montaña con vegetación densa, húmeda, clima templado y laderas. Bosque de encino con altitudes superiores a los 800 m. Selva mediana subperennifolia con comunidades vegetales de 15-30 m de altura. Su importancia radica en la diversidad de ambientes donde destacan selvas medianas, bosques de coníferas, gran variedad de encinos. Predominan los bosques de pino encino en la parte norte y en la selva mediana caducifolia de la sierra sur, existen muy pocas áreas con bosque mesófilo de montaña (CONABIO, 2013).

Según la CONAFOR (2007) los bosques de pino-encino en la cuenca corren un gran riesgo por la extracción de madera provocando disminución o extinción de especies vegetales y animales, afectando las corrientes de agua y mantos freáticos, y por el abastecimiento que brindan a la población (INEGI 2013).

La agrobiodiversidad es un factor crucial para la resistencia y adaptación local del agroecosistema. Los ecosistemas que conforman la cuenca del Río Copalita, son de vital importancia para el desarrollo del

cultivo de café, se encuentran una gran diversidad de ecosistemas que van desde las selvas bajas caducifolias, selvas medianas, bosques mesófilos de montaña y bosque de pino encino (CONABIO, 2013).

Componente ecológico. El estado y uso de los recursos naturales de la cuenca se refleja en el bosque, por la extracción leña y madera; lo cual ha provocado un grave deterioro o incluso la devastación de los bosques de pino-encino principalmente, con las consecuentes alteraciones de poblaciones de especies vegetales y animales, la señal más grave del problema es la disminución y/o pérdida de las corrientes de agua y la disminución de la infiltración en los mantos freáticos y calidad de agua (CONABIO, 2013) la extracción de leña para uso doméstico y la extracción de madera que se ha convertido en ingresos de recursos económicos, lo cual ha provocado un grave deterioro (INEGI, 2013). Esto se debe a que en los núcleos agrarios no existe una planeación del uso del suelo que indique efectivamente el uso y manejo de los recursos (Martin *et al.*, 2010).

### **Variables climáticas que influyen en el ciclo fenológico de desarrollo de café**

Los efectos que el cambio climático puede tener dentro de los sistemas de producción de café y otros cultivos, ponen en riesgo a las comunidades. Los elementos del clima más importantes y de relación más íntima con la delimitación de las áreas ecológicamente aptas para el cultivo de café, son la intensidad lumínica o irradiación, la precipitación y la temperatura.

El rango de temperatura media diaria aumenta de 12.8 °C a 13.1 °C en 2050, esta es la diferencia entre la temperatura mínima y la máxima durante un día, con número máximo acumulativo de meses secos permanece constante en cinco meses por lo que la producción de café se desplazara. En las zonas bajas de la cuenca pierde aptitud el cultivo y a partir de la zona media y alta gana aptitud el cafeto, las afectaciones son mínimas, marcando un ligero desplazamiento de 100 m aproximadamente de la zona baja a la zona media y zona alta.

### **Impactos negativos generados por el cambio climático**

La alteración de los fenómenos meteorológicos ha afectado seriamente la actividad cafetalera en el Estado de Oaxaca, cuyo impacto se ve reflejado principalmente en el eje social y económico, donde por lo común se considera como desastre natural. Este se define como como evento o suceso que ocurre de forma repentina o inesperada que difícilmente puede ser intervenida, causando alteraciones intensas, representadas por muertes, devastación de bienes parciales o totales y daños al ambiente, generando efectos sobre la estructura socioeconómica a corto y largo plazo, lo que determina la necesidad de asistencia e intervención inmediata y que ejercen gran impacto en los elementos con alto grado de vulnerabilidad como la producción cafetalera (Llanes, 2003).

Situación que en años anteriores a afectado seriamente a los productores de café, por la caída de árboles de sombra de los huertos, provocando erosión hídrica y deslaves de los suelos, influyendo directamente en el manejo, rendimiento y la producción de café, afectando a familias completas de campesinos que se dedican a la cafecultura. Las afectaciones se han dado en el sector rural y urbano obligándolos a buscar nuevas estrategias de supervivencia y aumentando la pobreza y marginación en el sector poblacional. Actividad muy importante por su manejo agroforestal y la relación que existe para el mantenimiento de cuencas.

### **Escenarios futuros para la producción de café en Oaxaca.**

Los escenarios actuales o bases para modelar el clima y el cambio climático que se generan para construir escenarios base en los estudios específicos de vulnerabilidad, nos permiten analizar las tendencias de erosión, deforestación, simulan la atmosfera y los océanos a nivel global, estudian las variaciones temporales, sus variaciones con la altura, corrientes marinas, temperatura, salinidad con respecto al tiempo y al espacio. Estos modelos simulan las condiciones globales de temperatura, precipitación y radiación incidente. Bajo condiciones actuales o de una duplicación de bióxido de

carbono asociado directamente con la actividad humana provocando el calentamiento global. Una simulación de las condiciones actuales y futuras del mundo (Magaña *et al.*, 2000).

El CIAT (2012), en un análisis de la tendencia del clima hacia la zona cafetalera en México y otros cultivos importantes, predice el comportamiento del clima en el cultivo; permite analizar la aptitud del café en esta zona de la cuenca, la precipitación anual actual en las zonas cafetaleras es de 2,021 mm, de 1,974 mm en 2020 y disminuye a 1949 mm en el año 2050. La temperatura media anual actualmente es de 21.8 °C en las zonas de cultivo de café, con el cambio climático se prevé que habrá un aumento de las temperaturas y el incremento medio es de 2.2 °C para el año 2050, que pasa por un incremento de 0.9 °C en el 2020. Estos cambios en la temperatura forzarían a una mayor evapotranspiración, aumentando la demanda hídrica en el cultivo de Café.

Diferentes centros de investigación como IPCC, UNIATMOS y la UNAM pronostican que para los años 2050 y 2060 se pronostican incrementos en la intensidad de los ciclones tropicales, los cuales causaran daños en los cultivos ubicados en las zonas costeras, mientras que al subir el nivel del mar los acuíferos costeros se salinizarán. En zonas semiáridas se espera una mayor frecuencia y severidad de sequías y calor excesivo.

El impacto más fuerte en la actividad cafetalera, es cada vez más evidente, por los altos costos de producción, los productores manifiestan que no alcanza para sostener a la familia, los que obtienen una producción de 4-6 quintales, les alcanza por un periodo de 5- 6 meses, los que obtiene menos de 4 quintales los obliga a buscar otra forma de generar ingresos que les permita cubrir al menos la canasta básica de alimentación en sus núcleos familiares.

## CONCLUSIONES

La caracterización del agroecosistema de café bajo sombra en la cuenca del Río Copalita es un sistema 100 % rustico artesanal, bajo sombra con un sistema de manejo agroforestal amigable con el medio ambiente.

Por lo tanto se puede decir que la parte media y alta de la cuenca del Río Copalita se considera apta para cafecultura, las áreas cafetaleras que se encuentran por debajo de los 600 msnm, de frente en la franja costera, pierden aptitud y se irán desplazando hacia las partes altas, ubicando a Oaxaca dentro de los cuatro Estados principales para la producción de café.

Las condiciones climáticas en la cuenca ofrece notables ventajas para el desarrollo de la cafecultura en la selva mediana subperenifolia y en los bosques mesófilos de montaña, en las zonas conocidas como Los Loxichas, Los Coatlanes y la zona de Los Ozolotepec donde el desarrollo de la cafecultura es amigable con el medio ambiente y manejo de cuencas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Asociación Mexicana de la Cadena Productiva del Café (AMECAFE). 2013. Plan de innovación de la cafecultura de México. Estrategias de innovación hacia la competitividad en la cafecultura 2011. México D.F. 123 p.

Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 2012. Escenarios del Impacto del Clima Futuro en Áreas de Cultivo de Café en México., Informe final. P-37.

Comisión Nacional de Áreas Biológicas (CONABIO). 2013. Sierra Sur y costa de Oaxaca. RTP-129. Oaxaca. México D.F. 5 p.

Comisión Nacional Del Agua (CONAGUA). 2013. Sistema Meteorológico Nacional de México. Información Histórica del Clima por Estado en línea, Oaxaca, México D.F. En: <http://www.conagua.gob.mx>. (Consultado: 08/07/2013).

Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). 2007. Protección, restauración y conservación de suelos forestales. Manual de obras y prácticas. Tercera edición. Zapopan, Jalisco, México. 298 p.

Comisión Nacional para el Desarrollo de Pueblos Indígenas (CDI). 2008. Condiciones Socioeconómicas y Demográficas de la Población Indígena. Región Sur. Primera Edición. Tomo I. Oaxaca. México D.F. pp- 161-179 En: <http://www.cdi.gob.mx> (Consultado:30/09/2014)

Consejo Nacional de Población (CONAPO). 2012. Índice de marginación por localidad 2010. En: <http://www.conapo.gob.mx> (Consultado: 06/06/2014)

Coria, I. D., 2008, El estudio del impacto ambiental: características y metodologías. Universidad del Centro Latinoamericano, Vol. 11, numero 020. Rosario, Argentina, pp 125-135.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2013. Realidad, datos y espacio. Revista Internacional de Estadística. Vol. I. Tramas Familiares en el México contemporáneo. Una perspectiva sociodemográfica. México D.F. 88p. En: <http://www.rdeinegi.org.mx/>. (Consultado: 07/09/2013).

Llanes, B.C. 2003. Los desastres nunca serán naturales. Boletín del Instituto de la vivienda. Vol. 18. No. 47. México D.F. pp. 41-53 En: <http://www.redalyc.uaemex.mx/>. (Consultado:03/03/2013)

Magaña, R. V., Boris G., Buenfil F. J., Gomez M. L. 2000. Escenarios del cambio climático y tendencias en la zona del Golfo de Mexico. pp571-672.

Martin, G. C. I., Camacho, C. A., Campo S., Anta, F., Chapela, González M. A. 2010. Indigenous and community conserved areas in Oaxaca, Mexico. *Management of Environmental Quality: An International Journal* pp 250-266

Moguel, P. y V. M. Toledo., 2004. Conservar produciendo: biodiversidad, café orgánico y jardines productivos. *Biodiversitas*.[www.cobabio.gob.mx](http://www.cobabio.gob.mx). NUM. 55. pp 2-7. (consultado:13/07/2013).

Rivera, S. R. M., Gavrilov, I. N., Castillo, A. M., Ordaz, C. V. M., Díaz P. G., Guajardo P. R. A. 2013. Vulnerabilidad de la producción del café (*Coffea arabica L.*) al cambio climático global. Terra Latinoamericana. Vol. 31, núm. 4. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo A. C. Chapingo, México. pp. 305-313.

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2013. Informe anual del sistema producto café en Oaxaca. México D.F. 8 p.

Selener, D.; N. Endara y J. Carvajal. 1999. Guía práctica sondeo rural participativo. Segunda Edición. Instituto Internacional de Reconstrucción Rural. Ecuador. 131 pp.

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2013. Anuario estadístico de la producción agrícola 2011. Secretaría de Agricultura, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). México, D. F. In: [http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com\\_wrapper&view=wrapper&Itemid=351](http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=351) (consultado enero, 2013).

Sistema Nacional de Información Municipal (INAFED). 2010. En: <http://www.inafed.org.mx/>. (Consultado: 07/09/2013)

Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). 2012. Atlas Climático y de Cambio Climático del Estado de Oaxaca, México Centro de Ciencias de la Atmósfera Ciudad Universitaria, D.F. En: <http://www.atlasclimatico.unam.mx/oaxaca>. (Consultado en junio del 2013).

Villavicencio, E.L. 2013. Caracterización Agroforestal en sistemas de café tradicional y rustico, en San Miguel, Veracruz, México. Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente, Vol., 19. No. 1. Universidad Autónoma de Chapingo, Chapingo. México D.F. pp. 67-80.

**\* Artículo recibido el día 12 de agosto de 2016 y aceptado para su publicación el día 28 de abril de 2017**