



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

LICENCIATURA EN CIENCIAS AMBIENTALES

Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad
Morelia

DIAGNÓSTICO DE LA VULNERABILIDAD DE
LOS PRODUCTORES DE CAFÉ ANTE EL CAMBIO
CLIMÁTICO EN LA COSTA DE OAXACA

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

LICENCIADO EN CIENCIAS AMBIENTALES

P R E S E N T A

CRISTÓBAL MICHAEL MÁRQUEZ PRADO

DIRECTOR DE TESIS: DR. ERICK DE LA BARRERA MONTPELLIER
CODIRECTOR: DR. EDISON ARMANDO DÍAZ ALVAREZ

MORELIA, MICHOACÁN

AGOSTO, 2018



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Agradecimientos Institucionales

Agradezco a la Universidad Nacional Autónoma de México por brindarme la oportunidad de ser parte de esta magnífica institución, por la formación académica que me brindaron y por darme la oportunidad de conocer el mundo.

Agradezco a los profesores de la Licenciatura en Ciencias Ambientales y al personal de la Escuela Nacional de Estudios Superiores Unidad Morelia por brindarme durante 4 años las herramientas y conocimientos para al final poder llevar a cabo esta tesis.

Agradezco a Ecosta por aceptarme y dejarme participar en varios proyectos con ellos desde el año 2013.

Agradezco al Dr. Erick de la Barrera por aceptar ser mi tutor, por su apoyo, paciencia y consejos a lo largo de la carrera y durante el proceso de escribir esta tesis. Gracias por la orientación y por permitirme cambiar de tema de tesis en un par de ocasiones.

Agradezco al Dr. Edison Díaz por ser mi cotutor y por brindarme su ayuda a lo largo de mi formación universitaria.

Agradezco a mis sinodales por su tiempo, valiosos comentarios y por las correcciones de este trabajo:

- Dr. Ernesto Vega
- Dra. Tuyeni Mwapambba
- Dr. Ivan Franch
- Dra. Ana Isabel Moreno

Agradecimientos Personales

A mis padres por apoyarme en todo momento, por su esfuerzo, paciencia y consejos.

A mis hermanos por acompañarme hasta este momento.

A todos mis amigos y profesores que en las distintas etapas de mi vida (Cbiche, Medicina, Biotecnología, UACH, UNAM Cánada y Ciencias Ambientales) que fueron pieza clave para en mi formación académica y personal.

Índice

Resumen.....	1
Abstract.....	2
1. Introducción	3
1.1 El café en el mundo.....	3
1.2 Producción, comercio y precios del café.....	4
1.3.1 Cambio climático, un riesgo para el cultivo de café	5
1.3.2 Precipitación como factor de riesgo para el cultivo de café	7
1.3.3 Broca del café.....	7
1.3.4 Roya del café.....	8
1.4 El sector cafetalero en México	10
1.4.1 Consumo de café y producción en México	12
1.4.2 El auge y la crisis del café.....	13
1.4.3 Situación del café en Oaxaca.....	15
1.5 Vulnerabilidad ante el cambio climático	16
1.6 Adaptación ante el cambio climático	17
2. Pregunta de Investigación	19
3. Objetivos.....	19
3.1 Objetivo General	19
3.2 Objetivos Particulares	19
4. Predicciones	19
5. Metodología	20
5.1 Sitio de Estudio: Villa de Tututepec de Melchor Ocampo	20
5.2 Análisis de la vulnerabilidad Física	21
5.3 Productividad potencial bajo el efecto del cambio climático.....	21
5.4 Amenaza por exceso o déficit hídrico	23
5.5 Vulnerabilidad Social y Capacidad Adaptativa	23
6. Resultados.....	25
6.1 Exposición al cambio climático y sensibilidad	25
6.2 Cambio de idoneidad del cultivo de café en el estado de Oaxaca	29
6.3 Análisis de la lluvia como factor de riesgo para el cultivo de café.....	31
6.4 Vulnerabilidad Social.....	31
6.5 Capacidad Adaptativa	33
7. Discusión	35
8. Recomendaciones	37

9. Conclusiones	40
10. Bibliografía.....	41
11. Anexos	47

Índice de gráficos

Gráfica 1. Producción histórica de café en México	15
Gráfica 2. Normales climatológicas y escenarios de cambio climático.....	27
Gráfica 3. Precipitación anual normal y los escenarios correspondientes para las localidades de San Vicente, Jocotepec, Peñas Negras y El Mamey.	28
Gráfica 4. Histórico de la precipitación anual.	31
Gráfica 5. Indicador de vulnerabilidad social.....	33
Gráfica 6. Indicador de capacidad adaptativa	¡Error! Marcador no definido.

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1. Municipio de Villa de Tututepec.	21
Ilustración 2. Puntos de inflexión de la curva de idoneidad.....	22
Ilustración 3. Metodología bola de nieves.	24
Ilustración 4. Cambios de la idoneidad para el cultivo de café en el Estado de Oaxaca para los RCP 45,60 y 85 para los años 90s.....	30

Índice de Tablas

Tabla 1. Requerimientos fisiológicos del café	4
Tabla2. Puntos de inflexion para los requerimientos fisiológicos del café.....	23
Tabla 3. Categorías de idoneidad para el cultivo de café.....	30

Resumen

Con los efectos del cambio global, el mundo moderno enfrenta distintas problemáticas, que incluyen eventos climáticos extremos cada vez más frecuentes y más intensos. Se prevén efectos negativos en la agricultura de secano, incluyendo al cultivo de café.

En México el cultivo de café tiene una gran importancia histórica, social, cultural y económica. Involucra millones de personas y un gran número de grupos indígenas. En el Estado de Oaxaca, existen muchas familias que dependen económicamente del café, las cuales cultivan el 20% del café en México. Sin embargo, cuentan con un rendimiento muy por debajo de la media nacional. Esta tesis se desarrolló en el municipio de Villa de Tututepec en Oaxaca, donde la producción de café ha disminuido un 90%. El objetivo de esta investigación es estimar los efectos del cambio climático, qué tan vulnerables son los productores ante estos cambios e identificar las causas de los bajos rendimientos. Para esto se realizaron entrevistas semiestructuradas para conocer el grado de vulnerabilidad social y la capacidad adaptativa de los productores de café. Se realizó un análisis de vulnerabilidad biofísica (temperatura y precipitación) usando modelos de predicción (RCP 45, 60 y 85) para los años 2030, 2060 y 2090. Los resultados muestran que debido al aumento de la temperatura habrá una disminución del área óptima cultivable en un 20% para el cultivo de café. Las modificaciones en el clima y la dependencia de un solo cultivo, las plagas, la edad avanzada de los cafetales, la falta de soporte técnico y económico para los campesinos los dejan en un alto grado de vulnerabilidad lo que pone en riesgo su modo de vida.

Abstract

With the effects of global change, the modern world faces different problems, which include increasingly frequent and intense extreme weather events. Negative effects are expected in rainfed agriculture, as is the cultivation of coffee. In Mexico, the cultivation of coffee has a great historical, social, cultural and economic importance. It involves millions of people and a large number of indigenous groups. In the State of Oaxaca there are many families that depend economically on coffee, which constitutes the 20% of coffee nationwide. However, they have a yield below the national average. This thesis was developed in the municipality of Villa de Tututepec in Oaxaca, where coffee production has decreased by 90%. The objective of this research was to estimate the effects of climate change, how vulnerable producers are to these changes and identify the causes of low yields. Semi-structured interviews were conducted to determine the degree of social vulnerability and the adaptive capacity of coffee producers. An analysis of biophysical vulnerability (temperature and precipitation) was carried out using prediction models (RCP 45, 60 and 85) for the years 2030, 2060 and 2090. The results show that due to the increase in temperature there will be a decrease in the optimum arable area by 20% for the cultivation of coffee. Changes in climate and dependence on a single crop, pests, the advanced age of coffee plantations, and a lack of technical and economic support for farmers leave them in a high degree of vulnerability which puts their livelihood at risk.

1. Introducción

1.1 El café en el mundo

El café es un arbusto que pertenece al género *Coffea* de la familia Rubiaceae. Es perennifolio y puede alcanzar hasta 10 metros de altura. Sus hojas son opuestas y alternas en el tallo ortotrópico y opuestas en ramas plagiotrópicas (Hernández et al. 2012). Debido a los requerimientos agroecológicos del cafeto, su producción se ve acotada entre los trópicos de Cáncer y Capricornio, sitios que cumplen con la altura, temperatura y precipitación necesaria. Dentro del género *Coffea* existen más de 100 especies, pero únicamente son tres las que tienen una gran importancia en el mercado global: *arábica*, *canephora* (robusta) y *liberica* en mucho menor grado (Jiménez & Carril, 2014). *C. arabica* cubre más del 60% de la producción mundial, a su vez *C. canephora* abarca prácticamente el resto mientras que *C. liberica* supone menos del 1% (ICO, 2014). El primero es considerado de una mayor calidad y alcanza precios más altos aunque hay países en desarrollo como China e Indonesia donde el café robusta es el grano de elección (ICO, 2015; Waller et al., 2007).

Los requerimientos fisiológicos varían según la variedad de café (Tabla 1), siendo el café robusta (*C. canephora*) el más resistente por ser capaz de soportar temperaturas mayores que el café Arabica. Con las modificaciones causadas por el cambio climático pasará a ocupar el lugar donde actualmente se cultiva el café Arábica como lo demostró Schroth et al. (2009) en Centro América y Simonett (1988) en Uganda.

	Arábica	Robusta
Temperatura Ideal	18-21°C	22-26°C
Temperatura media tolerada	24°C	30°C
Precipitación(mm)	1,200-1,800	1,200-3,000
Rango altitudinal (msnm)	600 – 2,000	0 – 1,500

Tabla 1. Requerimientos fisiológicos del café (Ruiz et, al. 2013)

1.2 Producción, comercio y precios del café

El café juega un papel fundamental en los países en vías de desarrollo que lo cultivan, ya que es una importante fuente de empleo, ingresos y divisas (FIRA, 2016), llegando a representar la principal fuente de las ganancias agrícolas de un país como es el caso de Guatemala (USDA, 2016). El café es el cultivo tropical de mayor valor en el mundo el cual es estimado en 90 billones de dólares anuales (Jaramillo et al. 2011). Los precios del café arábica se han incrementado durante los últimos dos años, debido al aumento de la demanda que incluso ha sobrepasado su producción la cual se ha visto disminuida por distintos factores (ICO, 2011).

En los últimos 50 años la producción y el consumo de café han aumentado considerablemente, debido a la gran variedad de productos de café, a los bajos precios y a la buena calidad del producto. Más de 70 países producen café pero el 60% de la producción proviene de cuatro países Brasil, Vietnam, Colombia e Indonesia (FIRA, 2016). Las exportaciones de café son una importante fuente de recursos en los países subdesarrollados. En el año 2012 la exportación de siete millones de toneladas tuvo un valor de 24 billones de dólares, cuando 10 años

antes había tenido un precio de 5.1 billones por 5.5 millones de toneladas (ICO, 2009).

1.3 Amenazas en el sector cafetalero

1.3.1 Cambio climático, un riesgo para el cultivo de café

Los problemas climáticos han afectado a la producción mundial de café, especialmente a Brasil el productor número uno del mundo, debido a una intensa sequía, también Centroamérica que se vio afectada por la roya. Debido a esto los precios internacionales vieron una elevada volatilidad en 2014 y se ubicaron un 30% arriba de los precios del 2011 (FIRA, 2016). Algunos países productores de café han tenido grandes ganancias a través de un alto rendimiento y grandes volúmenes de ventas. Sin embargo la mayoría del café en el mundo es producido por pequeños agricultores quienes enfrentan retos ante el cambio climático y las plagas, como es el caso de México.

En los últimos 100 la temperatura ha aumentado a un ritmo sin precedentes (Houghton et al. 2001). El cambio climático es aceptado como un riesgo que enfrentan las sociedades humanas (IPCC 2001) y ha sido reconocido como como un reto para el planeta, para el ambiente, para la gente y para la economía (Lindner et al. 2010). El cambio climático impactará de forma distinta las diferentes regiones del mundo (Beaumont et al. 2011), los mayores impactos se esperan en los países subdesarrollados debido a que están aislados geográficamente, tienen mayor dependencia a sectores donde el clima es muy importante como la agricultura, bajos ingresos y una baja capacidad de adaptación (Cline 2007, IPCC 2014). Se predice el aumento en la intensidad y frecuencia en eventos climáticos extremos (huracanes, inundaciones, heladas y

granizadas) las temperaturas se incrementaran y los patrones de lluvia se verán modificados y habrá mayor número de sequias más largas y severas (Seneviratne et al. 2012; Dai 2011; IPCC 2014), los cuales pueden tener efectos ambientales y sociales negativos ya sea a escala local o regional (SEMARNAT, 2009). También se prevé que el cambio climático va a causar que El Niño se vuelva más intenso y más frecuente lo que ocasionaría grandes sequias en algunos lugares e inundaciones en otros (Wara et al. 2005).

El cambio climático representa una seria amenaza debido a los impactos directos que afectarán a la población y a distintos sectores económicos (Coumou & Stefan Rahmstorf, 2012). Los principales riesgos climáticos para las plantas de café ocurren cuando existen cambios en la precipitación y en la temperatura, influencia de plagas, enfermedades y eventos climáticos extremos (DFID, 1999; IPCC, 2007).

La altitud óptima para el cultivo de café arábica se localiza entre los 500 y 1800 m, fuera de esos niveles se pueden presentar fuertes limitaciones en relación con el desarrollo de la planta. Una precipitación menor a 1000 mm anuales limita el crecimiento de la planta y puede propiciar la defoliación e incluso la muerte de los cafetos. Mientras que precipitaciones mayores a 3000 mm al año la calidad del café puede verse afectada y el control fitosanitario se vuelve más difícil y costoso (Ruiz et al. 2012). Si la humedad relativa es mayor a 85% el cultivo se puede ver atacado por enfermedades fungosas (Barva & Heredia, 2011). La temperatura optima se ubica entre los 18 y 21°C pero puede tolerar temperaturas de hasta 23°C, mientras que temperaturas mayores a 23°C aceleran la maduración de los frutos lo que provoca una disminución en la calidad, mientras

que temperaturas menores a 10°C pueden ocasionar clorosis y detener el crecimiento de nuevas hojas (Camargo, 1985).

1.3.2 Precipitación como factor de riesgo para el cultivo de café

Para el cultivo de café no se utiliza riego, por lo que conocer la disponibilidad hídrica del cultivo puede ayudar a definir las épocas de siembra, cosecha, evaluar la magnitud y distribución de la floración y de la cosecha, manejo de arvenses, renovación de cultivos y el control fitosanitario.

La precipitación puede ser un factor de riesgo para el cultivo de café ya sea por deficiencia hídrica o por exceso lo cual puede afectar el crecimiento y desarrollo vegetativo y productivo de la planta. Un gran número de días de lluvia y la sobresaturación del suelo puede limitar el desarrollo del sistema radical provocando deficiencias nutricionales, y a su vez defoliación, baja producción y baja calidad de los frutos. El déficit de agua, por otro lado, puede causar daños en la cosecha si ésta coincide con el tiempo de floración (Arcila et al. 2007).

1.3.3 Broca del café

Además de las condiciones físicas que afectan el cultivo de café la broca, *Hypothenemus hampei* (Coleóptera: Curculionidae: Scolytinae) es la principal amenaza biótica para la producción de café en el mundo (Damon 2000; Jaramillo et al. 2006). Este insecto pasa la mayoría de su ciclo de vida dentro del fruto de café lo que dificulta el control de la plaga (Vega, 2009). Las hembras taladran el fruto y ovipositan junto a la semilla en donde la progenie puede alcanzar hasta 300 individuos por fruto, después de eclosionar las larvas consumen la semilla reduciendo la calidad y el rendimiento del producto (Jaramillo, 2009). Los ataques de broca dejan pérdidas monetarias mayores a 500 millones de dólares

anualmente y ha afectado a gran parte de los 25 millones de productores rurales a nivel mundial (Vega, 2003).

El Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, 2007) predice que habrá un aumento en la temperatura media global de 1.4° a 5.8°C para finales del siglo veintiuno (Houghton et al. 2001). Estos cambios en las condiciones climáticas tendrán también grandes repercusiones en las dinámicas de las poblaciones y en las plagas agrícolas (Porter et al. 1991; Cammell 1997) en las que la temperatura tiene una influencia muy grande y directa en el desarrollo, reproducción y supervivencia de los insectos de la broca (Bale et, al. 2002). El aumento en 1°C de la temperatura, traería un aumento en el desarrollo y en el número de generaciones de Broca por temporada de fructificación (Jaramillo et al. 2009). El origen geográfico de la Broca es desconocida, pero se cree que es África central, de donde se ha dispersado hacia todo el mundo junto con las plantas de café y granos (Guathier, 2010). Hasta 1996 no se tenían reportes de broca atacando plantaciones de café a una altura mayor de 1500 msnm que es donde se cultiva el café arábica. Esto sugiere que el origen de la broca fue en los cultivos de *C. canephora* la cual se cultiva a altitudes que van desde los 0 hasta los 1500 msnm (Jaramillo 2006; Barker 1984). Actualmente esta plaga ha llegado prácticamente a todos los lugares en donde se cultiva café incluida la remota isla de Hawái (Messing, 2012).

1.3.4 Roya del café

La roya *Hemileia vastatrix*, es un hongo que vive en las hojas del genero *Coffea*, siendo la especie *C. arabica* la que se ve más afectada. Esta plaga causa la defoliación cuando es aguda causando la muerte de las ramas y grandes

pérdidas en la cosecha. Los primeros síntomas de esta enfermedad son pequeñas lesiones amarillas en el envés de las hojas en donde el hongo ha penetrado a través de los estomas. Estas lesiones van creciendo y producen uredosporas de color naranja. Durante la etapa final de la enfermedad estas lesiones se vuelven necróticas (Avelino et al. 2015).

La roya se convirtió en una preocupación para los países latinoamericanos debido a que prácticamente todas las plantaciones son de cultivares susceptibles (Avelino et al. 2015). Sin embargo, debido a la efectividad del control químico y al poco daño ocasionado a altas altitudes, las autoridades agrícolas de los países de Mesoamérica y los agricultores consideraron que la roya era manejable y no representaba un gran riesgo, hasta el año de 1987 cuando una epidemia golpeó a Mesoamérica, el Caribe y a países de Sudamérica como Colombia, Perú y Ecuador la cual duró más de 15 años (Cressey, 2013).

En Colombia debido a la roya, la producción disminuyó un 31% en promedio de los años 2008 a 2011, en el Salvador disminuyó un 54% en el periodo 2013-2014, mientras en el resto de los países de Centro América disminuyó un 16% en el periodo 2012-2013 (Avelino et al. 2015). Aunque existen variedades resistentes a la roya en Centroamérica desde 1990, reemplazar los cultivos requiere de una gran inversión inicial. Además se tendría una gran disminución en la cosecha por los primeros años, por lo que los productores no pueden permitirse tal cambio (Avelino et al. 1999).

Las predicciones del efecto del cambio climático con el aumento de la temperatura y con la amenaza de la roya y la broca tendrán consecuencias serias para la producción de café. Principalmente se prevén serias consecuencias en los lugares en donde se produce *C. arábica* de alta calidad (Jaramillo, et al. 2009)

incluyendo las plantaciones de México, en donde es necesario evaluar que tan vulnerables son estos sitios ante las amenazas descritas.

1.4 El sector cafetalero en México

El café fue introducido en México a finales del siglo XVIII, los primeros cafetales fueron cultivados en Veracruz, en Acayucan y Amatlán. Para finales del siglo XIX el café ya había llegado a la zona del Soconusco en Chiapas (Rojas, 1996). El cultivo del café aumentó drásticamente en la década de los años 50 debido a la gran demanda mundial, los precios aumentaron y se volvió un cultivo muy atractivo. Para los años 70 el café era el tercer producto agrícola que más se exportaba, solo detrás del algodón y del tomate (Morales, 2013).

Según el SIAP y el Padrón Nacional Cafetalero en México se produce café en 12 estados, 404 municipios, 4,572 localidades lo cual involucra a 510,544 productores y una superficie de 675,258 hectáreas (AMECAFÉ 2014; SIAP 2012). La mayoría de la producción de café en México se concentra, Chiapas, Veracruz, Oaxaca y Puebla, que representan más del 90% de la producción nacional, más del 85% de la superficie cosechada y más del 80% de los productores (Bartra, 2006). En México la producción cafetalera es de suma importancia porque genera divisas, empleos y es el modo de vida y subsistencia de muchas familias en donde están involucrados cerca de 30 grupos indígenas (Escamilla et al. 2005). México es el país número uno en producción de café orgánico. Sólo en Chiapas se producen anualmente 18 millones de toneladas donde la participación de las mujeres indígenas es muy importante (Mariscal, 2011).

El café en México es de suma importancia ecológica, ya que el cultivo se lleva a cabo en parcelas bajo sombra con especies arbóreas nativas, lo cual promueve la conservación de la biodiversidad y la provisión de servicios ambientales (Escamilla & Díaz, 2002). En la producción de café en México existen dos tipos de productores: los pequeños y los grandes productores o finqueros (Renard, 1999; Toledo, 1999). Dentro de estos dos grupos hay grandes diferencias, el primer grupo no tiene acceso a tecnología que le permita procesar el grano y darle un valor agregado a su producto. El otro grupo es altamente especializado y tecnificado y el café es visto como una actividad empresarial en la que ellos realizan toda la cadena global, desde la producción hasta la exportación, teniendo grandes beneficios económicos (Renard, 1999). En algunas situaciones la diferencia de estos grupos lleva a que los pequeños productores vendan su café a las grandes fincas o a intermediarios (también conocidos como coyotes) los cuales después de procesar y vender el café ganancias mayores.

En México la producción de café ocupa un 3.3% de la superficie total cultivada. En el año 2014 ocupó la sexta posición solo por debajo de maíz, pasto, sorgo grano, frijol y caña. El 90% del café en México es producido en el trópico húmedo, donde hay un gran número de zonas con alta y muy alta marginación y se estima que cerca del 50% de la población en los principales municipios productores de café viven en condiciones de pobreza (CONEVAL, 2016). El 98% de los productores de café tiene predios con un tamaño menor a cinco hectáreas, de los cuales el 70% de los productores tienen menos de una hectárea, el 16% tiene entre una y dos hectáreas y el 10% entre tres y cinco hectáreas (AMECAFE. 2011).

En 1994, México exportaba entre 80 y 90% de la producción total de café, del cual el 90% era café sin procesar (café verde). Entre el 70 y 85% de estas exportaciones iban para Estados Unidos. En ese momento México producía entre el 4 y 5% del café consumido en el mundo, detrás de Brasil, Colombia e Indonesia (Piñón & Hernández-Díaz, 1998). Para el año 2011 México descendió a la posición número ocho de los mayores productores de café siendo desplazado por Vietnam, India, Honduras y Perú y en los últimos años se ha visto superado por países como Guatemala y Uganda (FIRA, 2016) . Las exportaciones de México son en su mayoría para Estados Unidos, mientras que la cantidad de producción de café en México va disminuyendo. Por otro lado la demanda de café, el número de establecimientos y puntos de venta va en aumento. En el panorama mundial, México ha reducido sus exportaciones debido a la reducción en la oferta nacional y aunque son mínimas las importaciones de café tienen una tendencia que va en aumento (ICO, 2012; 2016). En las exportaciones México contribuye con el 2.4% de la producción total con lo que se posiciona en el lugar número 11 a nivel mundial (SIAVI, 2017).

1.4.1 Consumo de café y producción en México

México es un país con bajo consumo de café comparado con otros países como Finlandia donde se consumen 12.2 kg o Suiza con 10.1 kg por persona al año. En los últimos años el consumo ha aumentado, pasando de 850 g en 2004 a 1.18 kg en 2014 y se espera que este año (2018) el consumo aumente a 1.8 kg (ICO, 2016). El 70% del café en México es consumido en los hogares, el resto en las cafeterías y centros de trabajo (AMECAFE, 2017). La producción promedio por hectárea en México en el periodo 2015/16 fue de 1.28 toneladas por hectárea. Este rendimiento es el más bajo del que se tiene registro. Entre los

cinco estados mayores productores de café en el país, Oaxaca tiene el rendimiento más bajo con 579 kg por hectárea, mientras Veracruz y Chiapas tienen un rendimiento de 1.5 toneladas por hectárea y Puebla de 1.8 toneladas por hectárea (SIAP, 2017).

1.4.2 El auge y la crisis del café

En 1959 fue fundado el Instituto Mexicano del Café (INMECAFÉ) el cual era el encargado de la regulación del café en todo el país. INMECAFÉ tenía la función de proporcionar asistencia técnica, realizar investigación, administrar e implementar las cuotas asignadas a México bajo el "*International Coffee Agreement*" y emitir los permisos de exportación (Renard, 2010). Así mismo eran los encargados de proporcionar variedades resistentes o mejoradas que pudieran adaptarse y resistir a las plagas y condiciones climáticas adversas (Renard, 2010). Para 1973 INMECAFÉ también era el encargado directo de la exportación de granos de café, con la creación de "unidades económicas de producción y comercialización" los cuales eran grupos organizados de campesinos que recibían atención financiera y técnica, INMECAFÉ tomó el control de casi todo el mercado de café en México y desplazó a los "coyotes" y al sector privado. Entre 1981 y 1982, el 85% de los pequeños productores estaban organizados y habían formado 3,328 unidades económicas de producción (Renard, 1999).

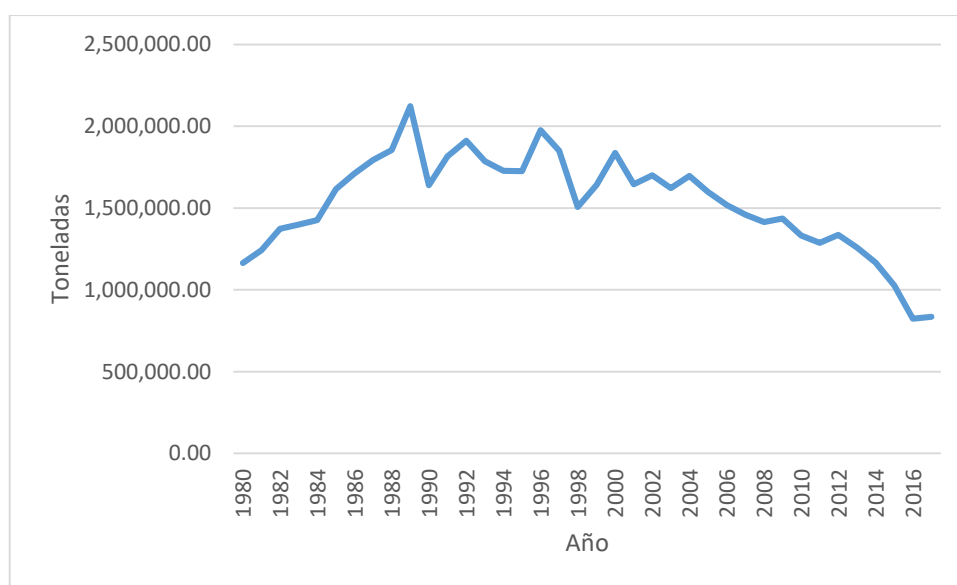
La época dorada del café en México fue de los años 1960 a 1988 cuando los precios y las exportaciones tuvieron un gran incremento. A inicio de los años 80 el café era el producto número uno en exportación agrícola y sólo era superado por el petróleo y el turismo en la generación de divisas (Renard, 2010). La

producción de café en México aumentaba y los productores tenían un precio justo por su trabajo. En el año de 1989 el gobierno mexicano renunció al control del mercado debido a los ajustes políticos del Banco Mundial y otras organizaciones financieras internacionales. En 1989, INMECAFÉ quedó fuera del consenso internacional entre los Institutos del Café de los países productores y se perdió el apoyo técnico y económico que se le brindaba a los pequeños productores. INMECAFÉ dejó sus actividades ese año y fue finalmente desmantelado en el año de 1993 dejando a los campesinos por su propia cuenta (Renard, 2010).

A pesar de ello, la producción de café siguió creciendo hasta los años 90s, pero debido a una caída en los precios internacionales, varios cafetales fueron abandonados (FAO, 2016). Ante el desmantelamiento de INMECAFÉ los productores se vieron incapaces de responder ante las nuevas condiciones del mercado. Décadas de gobierno autoritario y políticas de control sobre la producción de café explican el fallo de los productores mexicanos para crear nuevas asociaciones de comercio (Paré, 1993; Renard, 1999; CNOC, 2006). Luego de la desaparición de INMECAFÉ surgió el programa de financiamiento del café, el cual era otorgado por el Programa Nacional de Solidaridad (PRONASOL) de los años 1989 a 1991. Cuando desapareció este programa la Secretaría de Desarrollo Social fue la encargada de dar el apoyo hasta el año de 1996 (Becerra, 2013). La desaparición de estos programas trajo repercusiones en los cafetales, los cuales dejaron de tener asesoría técnica y apoyo financiero hasta la fecha.

La producción de café en México ha disminuido en la última década a una tasa de 4.2% y se encuentra debajo del nivel histórico más bajo desde 1980 (Gráfica

1), esto se debe al envejecimiento de los cafetos que provoca una reducción en la productividad (FIRA, 2016). Así mismo la falta de soporte técnico y apoyo económico, aunado a la proliferación de plagas que han afectado a los cultivos en los últimos años (en especial la broca y la roya). Además de eso, los campesinos se enfrentan a una fuerza más grande como lo es el cambio climático y las repercusiones que este puede tener para su modo de vida.



Gráfica 1. Producción histórica de café en México según el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP, 2017), expresado en toneladas.

1.4.3 Situación del café en Oaxaca

El estado de Oaxaca ocupa el tercer lugar nacional en superficie sembrada superado por Chiapas y Veracruz y el cuarto puesto por volumen de producción, debajo de Puebla. En la entidad, la superficie sembrada de café en el año 2016 fue de 139,000 hectáreas equivalente al 20% del total nacional, con una producción de 66,651 toneladas de café cereza y un rendimiento de 0.579 toneladas por hectárea (SIAP, 2016).

El café se produce principalmente por pequeños productores en distintas comunidades indígenas. El café se cultiva en todas las regiones de Oaxaca: Valles Centrales, Cañada, Costa, Istmo, Mixteca, Sierra norte, Sierra Sur y Papaloapan (INEGI, 1997). La actividad cafetalera representa el sostén de muchas familias, solo en el año 2000 la cafeticultura era el segundo lugar generador de divisas en la balanza agrícola, había 200 mil productores los cuales involucraban a más de un millón de personas en la producción (Salinas, 2000). En la región Costa se ubica el municipio de Villa de Tututepec, en este municipio el cultivo de café tiene una gran importancia económica para las personas que participan en la cadena productiva. La producción de café en este municipio se ha reducido en un 90% en los últimos 13 años, pasando de 3,000 toneladas en el año 2003 a tan solo 300 toneladas en el 2016 (SIAP, 2016).

1.5 Vulnerabilidad ante el cambio climático

Vulnerabilidad es la susceptibilidad o capacidad de un sistema de enfrentarse a los efectos negativos del cambio climático (IPCC 2001). El tercer reporte del IPCC (2001) define a la vulnerabilidad como “el grado en el que un sistema es susceptible o incapaz de hacer frente a los efectos adversos del cambio climático incluyendo la variabilidad climática y los eventos extremos” y está en función de distintos factores como el carácter de la amenaza, la magnitud, rango de variación climática, la sensibilidad y la capacidad de adaptación (McCarthy et al., 2001). También puede entenderse como lo propenso de la humanidad y de los sistemas ecológicos a sufrir daño y la habilidad de ellos de responder al estrés causado por los efectos del cambio climático (Adger et al. 2007).

La vulnerabilidad ante el cambio climático puede variar entre poblaciones, ambientes, interacciones y normas sociales, instituciones políticas, recursos, conocimientos, tecnologías y las desigualdades entre individuos (Adger 1996). La vulnerabilidad cuenta con una dimensión interna (social) y una externa (biofísica), la interna es la capacidad de defensa y seguridad, poder anticiparse, enfrentar, resistir y recuperarse de un daño, mientras que la dimensión externa es la exposición y riesgo a un determinado fenómeno (Bohle, 2001). Los factores internos de vulnerabilidad que son relevantes para la reducción de desastres son cuatro: ambientales, físicos, económicos y sociales (ONU, 2004).

La vulnerabilidad también es influenciada por las instituciones y las dinámicas económicas, la cual puede ser determinada por su exposición a factores físicos y a la habilidad y capacidad de adaptarse al cambio (Granados, 2012).

1.6 Adaptación ante el cambio climático

La adaptación es la capacidad de un sistema para prepararse al cambio climático con el fin de reducir o mitigar un posible daño. La capacidad de las personas para responder ante estos riesgos es diferente dependiendo de distintos factores (IPCC, 2001). Las poblaciones más vulnerables tendrán una menor capacidad de prepararse, responder y recuperarse de las amenazas climáticas, esa población se verá mayormente afectada por los riesgos ambientales y climáticos (Lynn et al. 2011). Los efectos del cambio climático serán más severos en algunos segmentos de la población, debido a las condiciones geográficas, culturales, económicas, políticas y a la asociación con ambientes sensibles al cambio de clima (Lynn et al. 2011). En los países en vías de desarrollo como México, el riesgo en los sistemas socioeconómicos es mayor debido a las malas

condiciones políticas y económicas. Los factores que influyen directamente en la capacidad adaptativa de los países son el acceso a tecnología, infraestructura, información, conocimientos, habilidades, instituciones, equidad, capital social, y desarrollo económico (IPCC, 2014). En las comunidades cuya principal fuente de ingresos es la agricultura, la pobreza tiene un gran impacto en la vulnerabilidad, porque está asociado directamente con el acceso a recursos, y esto con la capacidad de respuesta de las poblaciones. La vulnerabilidad depende de la riqueza, donde la pobreza limita la capacidad de adaptación (Watson et. al. 1998).

2. Pregunta de Investigación

¿Qué tan vulnerables son los productores de café en Villa de Tututepec ante el cambio climático?

3. Objetivos

3.1 Objetivo General

- Determinar el grado de vulnerabilidad de los cafetaleros de Villa de Tututepec ante el cambio climático

3.2 Objetivos Particulares

- Determinar la distribución espacial de las zonas cafetaleras de Oaxaca más vulnerables ante el cambio climático.
- Valorar las causas en la disminución de la producción de café.
- Aportar un marco de referencia para el diseño o creación de acciones que permitan mitigar los efectos del cambio climático

4. Predicciones

1. El aumento en la temperatura y la disminución en la precipitación tendrán efectos negativos sobre la producción de café.
2. Los productores de café son muy vulnerables a los efectos del cambio climático debido a su nivel socioeconómico y a la dependencia de un solo cultivo.

5. Metodología

5.1 Sitio de Estudio: Villa de Tututepec de Melchor Ocampo

El municipio de Villa de Tututepec de Melchor Ocampo ubicado en las coordenadas 97°36', 16°08' se localiza en la costa del Estado de Oaxaca. Se encuentra a 352 kilómetros de la capital del estado (Ilustración 1). El municipio cuenta con una superficie total de 1,208.49 km² de los cuales se cultivan 28,000 hectáreas es decir 23% de su superficie. Los pastizales, el limón, la copra, el café y el maíz son los cultivos más importantes (SIAP, 2017). Este trabajo se centró en las localidades de Peñas Negras, Santiago Jocotepec, San Vicente y El Mamey que son las zonas cafetaleras más importantes del municipio (Ilustración 1).

El municipio cuenta con un índice de marginación de 0.333 que lo clasifica con un grado de marginación alto (CONEVAL, 2016). Para el año 2015 el municipio contaba con una población de 72,890 habitantes, de estos 82.5% se encontraba en pobreza, 43% de los cuales encontraban en pobreza extrema (INEGI, 2016). La escolaridad de la población de 15 años o mayor era de 6 años. En el mismo año 37% de la población presentó rezago educativo, 57% no tuvo acceso a servicios de salud, la carencia a la seguridad social afectó a 91.4% y 87.7% no cuenta con disponibilidad de servicios básicos en sus casas y 32.6% presentó carencia alimenticia (CONEVAL, 2016; INEGI, 2016).

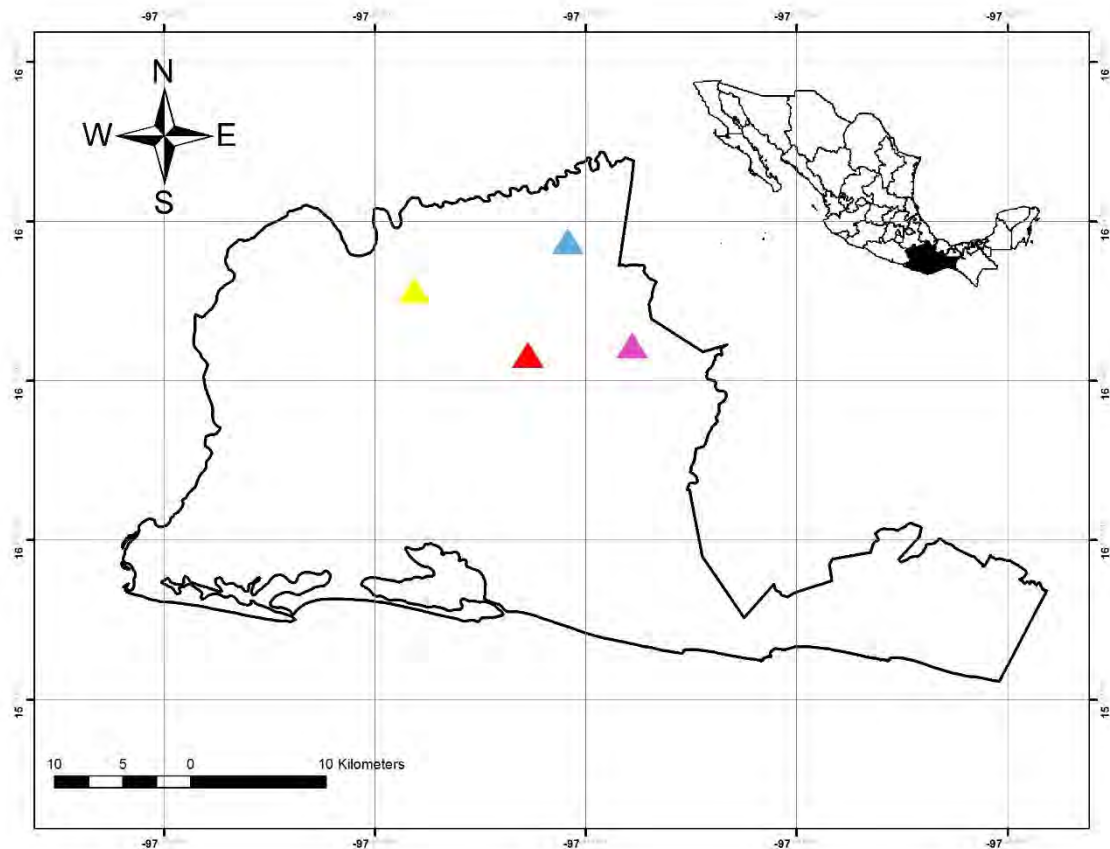


Ilustración 1. Municipio de Villa de Tututepec, Oaxaca y las localidades objeto.

5.2 Análisis de la vulnerabilidad Física

Para llevar a cabo el análisis de vulnerabilidad física se adaptó la definición del IPCC (2001), para la escala de nuestro estudio, en donde definimos a la vulnerabilidad como los cambios en el clima que pueden afectar al cultivo de café. La vulnerabilidad de los pequeños productores de Oaxaca se basa en tres factores: exposición al cambio climático, vulnerabilidad social y la capacidad adaptativa.

5.3 Productividad potencial bajo el efecto del cambio climático

Para conocer que tan expuestos se encontrarán los productores de café ante el cambio climático se utilizaron datos climáticos actuales y escenarios de

precipitación y temperatura para los años 2030, 2060 y 2090. En particular se utilizaron ensambles de 17 modelos de predicción, basándonos en la metodología de Sáenz-Romero (2010, 2012).

Para ilustrar la variabilidad de temperatura y precipitación que existirá en Oaxaca se hicieron mapas para los RCP (Trayectorias de Concentración Representativas) 45, 60 y 85 para el año 2090 en el ambiente de programación DINAMICA EGO (Soares-Filho et al., 2002), los cuales se compararon con las necesidades fisiológicas determinadas por Ruiz et al. (2013) del café para conocer cómo se verán afectadas las plantaciones debido a las modificaciones en el clima.

Se realizó una clasificación de idoneidad a una escala estatal en la que se usaron como insumos la información climática actual, las RCP para el año 2090 y el mapa topográfico. Con esta información se utilizó una función gaussiana con cuatro puntos de inflexión para cada una de las variables (Ilustración 2), siendo los puntos medios los valores óptimos (1) y los extremos los valores donde la producción de café se nulifica (0).

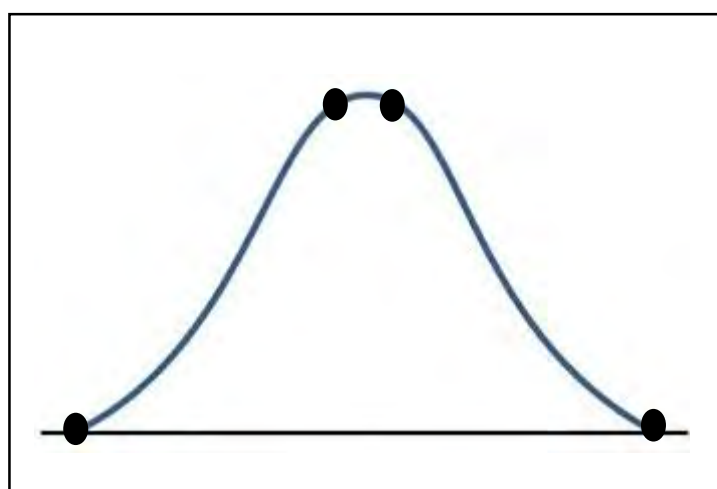


Ilustración 2. Puntos de inflexión que determinaron la curva de idoneidad.

Variable	Puntos de Inflexión			
	5	16	22	34
Temperatura (°C)	5	16	22	34
Lluvia (mm)	1000	1,200	1,800	2,900
Altura (msnm)	1000	1,200	1,700	2,800

Tabla 2. Requerimientos fisiológicos del café (Ruiz et al. 2013). Los valores extremos indican donde se nulifica la producción de café y los puntos medios indican los óptimos.

5.4 Amenaza por exceso o déficit hídrico

Para el análisis de la precipitación como un factor de riesgo, debido a la falta de estaciones climatológicas en el sitio de estudio, se utilizó la información climatológica de la estación 20350 de CONAGUA que es la estación climatológica más cercana, ubicada en el municipio vecino de Jamiltepec que se encuentra a 44 km de distancia. De la cual se obtuvieron los datos de precipitación de los últimos 18 años para conocer si el lugar había presentado casos de escasez o de exceso de lluvia y para conocer la distribución de los días de lluvia a lo largo del año, además junto con los escenarios futuros de precipitación se obtuvo un histograma de frecuencias de distribución de lluvia.

5.5 Vulnerabilidad Social y Capacidad Adaptativa

Se realizaron 55 entrevistas semiestructuradas en 4 localidades del municipio de Villa de Tututepec. Se utilizó el método de bola de nieve (Ilustración 3; Teddlie 2007) en el cual se identifican las personas de interés (productores) a partir de alguien conocido que en esta ocasión fue la organización Ecosta. Las preguntas fijas incluían los factores que más afectan la producción de café, si tienen acceso a algún tipo de apoyo para el cultivo de café y la edad de los cafetos entre otros.

(Consultar el cuestionario en el Anexo 1). También se tuvo la flexibilidad de adaptarse a los entrevistados, para de esta manera aclarar términos, identificar ambigüedades y reducir los formalismos con los campesinos para poder obtener la información deseada.

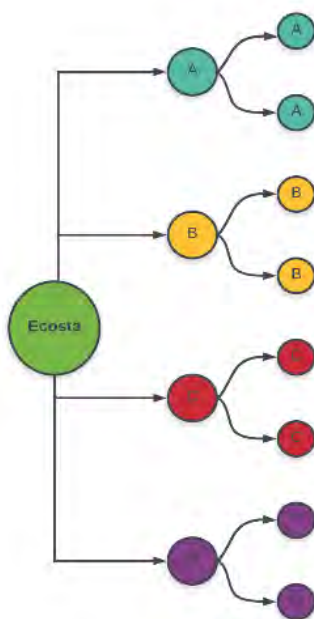


Ilustración 2. Metodología bola de nieve, en donde Ecosta fue el informante inicial y el contacto con los informantes de las distintas localidades.

Se hizo una lista de 11 indicadores; precio, acceso al agua, enfermedades, porcentaje de afectación por plagas, dependencia del cultivo, edad de las plantas, rendimiento por hectárea, producción, medida de la parcela, número de cultivos y ocupación. La información se categorizó según cada pregunta y las respuestas obtenidas (Anexo 2), donde se compararon las respuestas con las medias nacionales o con los valores más altos y más bajos entre los distintos productores, con el fin de homogeneizar los datos y convertir datos cualitativos en cuantitativos. Después de categorizar la información se utilizaron los valores promedio para cada variable. Para estos indicadores se usaron valores del 0 al

1, para obtener el grado de vulnerabilidad social siendo el 0 lo menos vulnerable y el 1 la condición más vulnerable.

Para el análisis de la capacidad adaptativa se tomaron en cuenta 10 preguntas distintas en las que se utilizó una escala binaria 0 y 1, el 0 representa un “sí” y el 1 un “no” a cada pregunta.

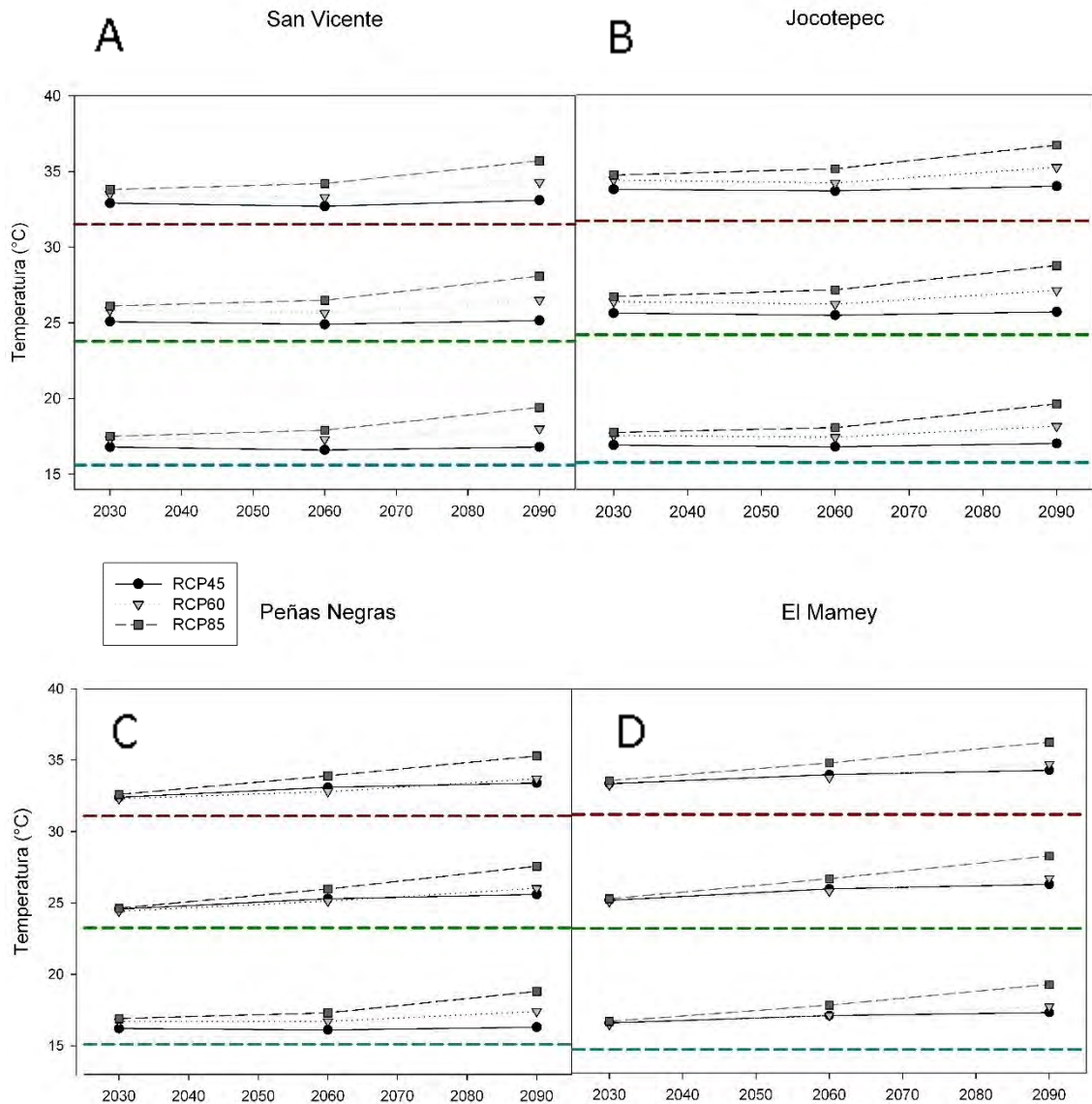
6. Resultados

6.1 Exposición al cambio climático y sensibilidad

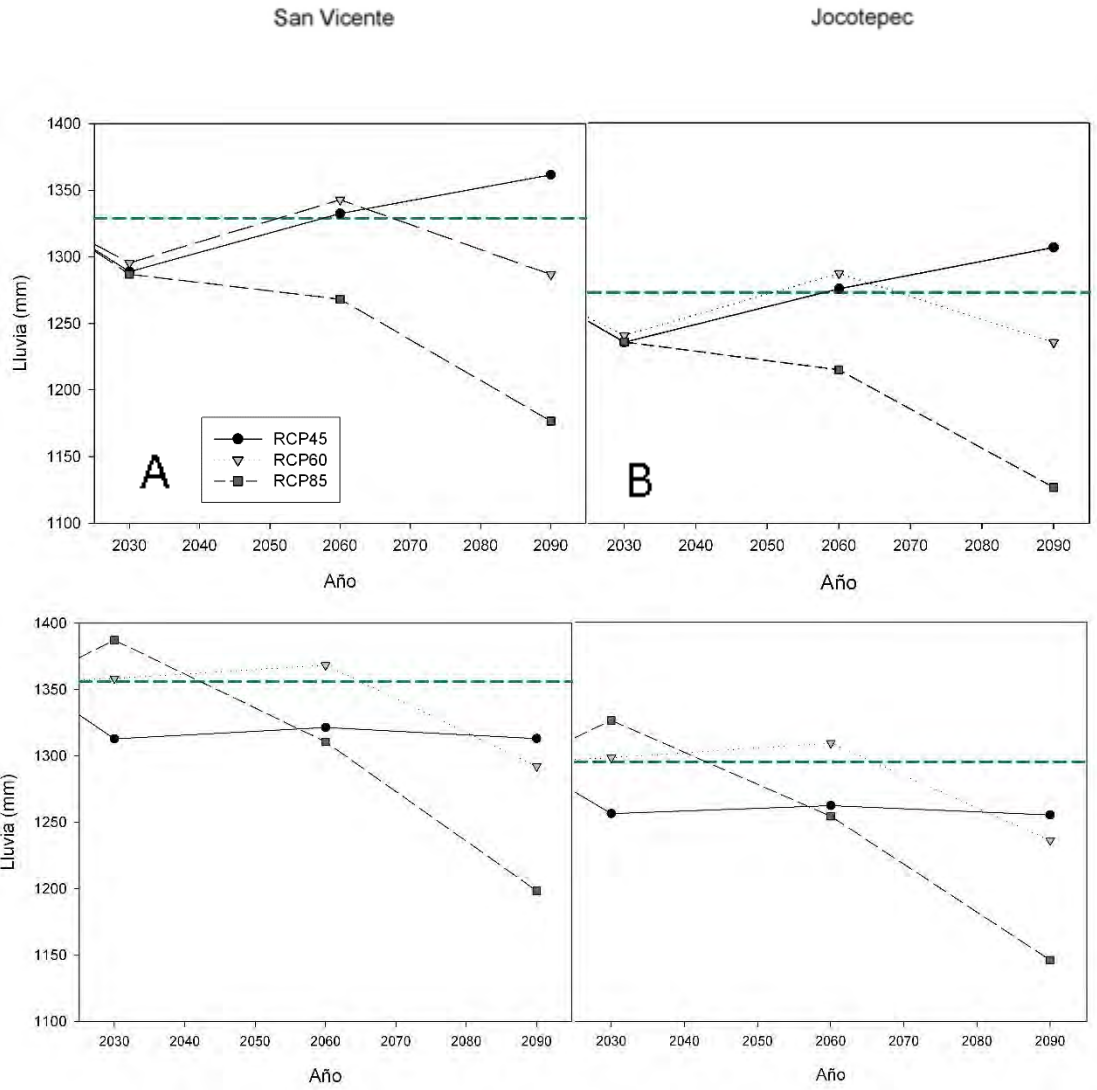
Los escenarios de clima para los años 2030, 2060 y 2090 estiman un aumento en la temperatura y una disminución en la precipitación en las distintas localidades estudiadas. En particular, en San Vicente y Jocotepec los cambios estimados de temperatura y precipitación fueron los mismos. Las temperaturas mínimas, medias y máximas normales para la localidad de San Vicente fueron de 15.6, 23.7 y 31.5°C, respectivamente, y de 16.7, 24.8 y 32.7°C para Jocotepec. La precipitación anual en San Vicente fue de 1,329 mm y de 1,273 mm en Jocotepec. Se estima que para el año 2090 en el ensamble RCP45 las temperaturas mínimas se incrementen en 1.2°C, las temperaturas máximas en 1.5°C y las medias anuales en 1.3°C. Mientras que la precipitación aumentará 33 mm. El RCP60 prevé que en 2090 la temperatura mínima se incremente en 2.3°C mientras que la temperatura media y máxima se incrementaran en 2.8 y 2.7°C respectivamente mientras que la precipitación disminuirá tan solo 38 mm. Para el RCP85 la precipitación disminuirá 147 mm lo que representa el 11% de la precipitación actual. Las temperaturas mínimas, medias y máximas se incrementaran en 3.7, 4.3 y 4.1°C respectivamente.

En la localidad de Peñas Negras las temperaturas normales mínimas, medias y máximas fueron de 15.1, 23.2 y 31.1°C respectivamente, mientras la precipitación anual acumulada es de 1356 mm (Gráficas 2 y 3). El RCP45 muestra un aumento de 1.2°C en la temperatura mínima y de 2.3°C en las temperaturas medias y máximas para el año 2090 y una disminución de la precipitación de 43 mm. El RCP60 se estima un aumento de entre 2.3 y 2.7°C en las temperaturas y una disminución de 63 mm en la cantidad de lluvia anual. El RCP85 sugiere un aumento de la temperatura de 3.7°C para las temperaturas mínimas, de 4.2 para las temperaturas máximas y de 4.3°C para la temperatura promedio anual y una disminución de 157 mm en la precipitación es decir 10% comparado con la precipitación actual.

La precipitación anual normal de la localidad El Mamey es de 1295 mm, y las temperaturas mínimas, medias y máximas son de 16.3, 23.6 y 32.2 °C. Para el año 2090 según el RCP45 se prevé un aumento de 1.8 °C para las temperaturas mínimas y un aumento de 2.3 y 3.1 °C para las temperaturas máximas y medias anuales. También se prevé una disminución de 40 mm en la precipitación. Mientras que para el escenario RCP60 se prevé una disminución de 59 mm y un aumento de las temperaturas de 2.2 a 2.7 °C. En el escenario RCP85 se prevé una disminución de 149 mm en la precipitación y un aumento de 3.7°C en las temperaturas mínimas y de 4.2 °C en las temperaturas máximas y medias.



Gráfica 2. Normales climatológicas y escenarios de cambio climático para cuatro localidades cafetaleras del municipio de Villa de Tututepec de Melchor Ocampo, Oaxaca. Se muestran las temperaturas (A-D) normales mínimas (líneas azules), medias (líneas verdes) y máximas (líneas rojas) y escenarios para 2030, 2060 y 2090 a partir de los ensambles RCP45 (círculos), RCP60 (triángulos) y RCP85 (cuadrado).



Gráfica 3. Se muestra la precipitación anual normal (líneas azules punteadas) y los escenarios correspondientes para las localidades de San Vicente, Jocotepec, Peñas Negras y El Mamey.

6.2 Cambio de idoneidad del cultivo de café en el estado de Oaxaca

En general la idoneidad climática para el café Arábica se mantiene en las zonas con mayor altitud. En el estado de Oaxaca la mayor pérdida de idoneidad ocurrirá en las zonas bajas. En la actualidad el área categorizada como “muy adecuada” es de 1, 963,220 hectáreas y para los RCP45 y 60 esto se verá disminuido en 75,000 hectáreas y para el RCP 85 disminuirá en casi un cuarto de millón de hectáreas. La zona considerada como “no adecuada” en la actualidad cubre una superficie de 3, 720,489 hectáreas, para los RCP 45 y 60 esto aumentara a casi 4, 300,000 hectáreas es decir, habrá una disminución del 15% del área cultivable y del 20% en el RCP 85 (Ilustración 4 y Tabla 3).

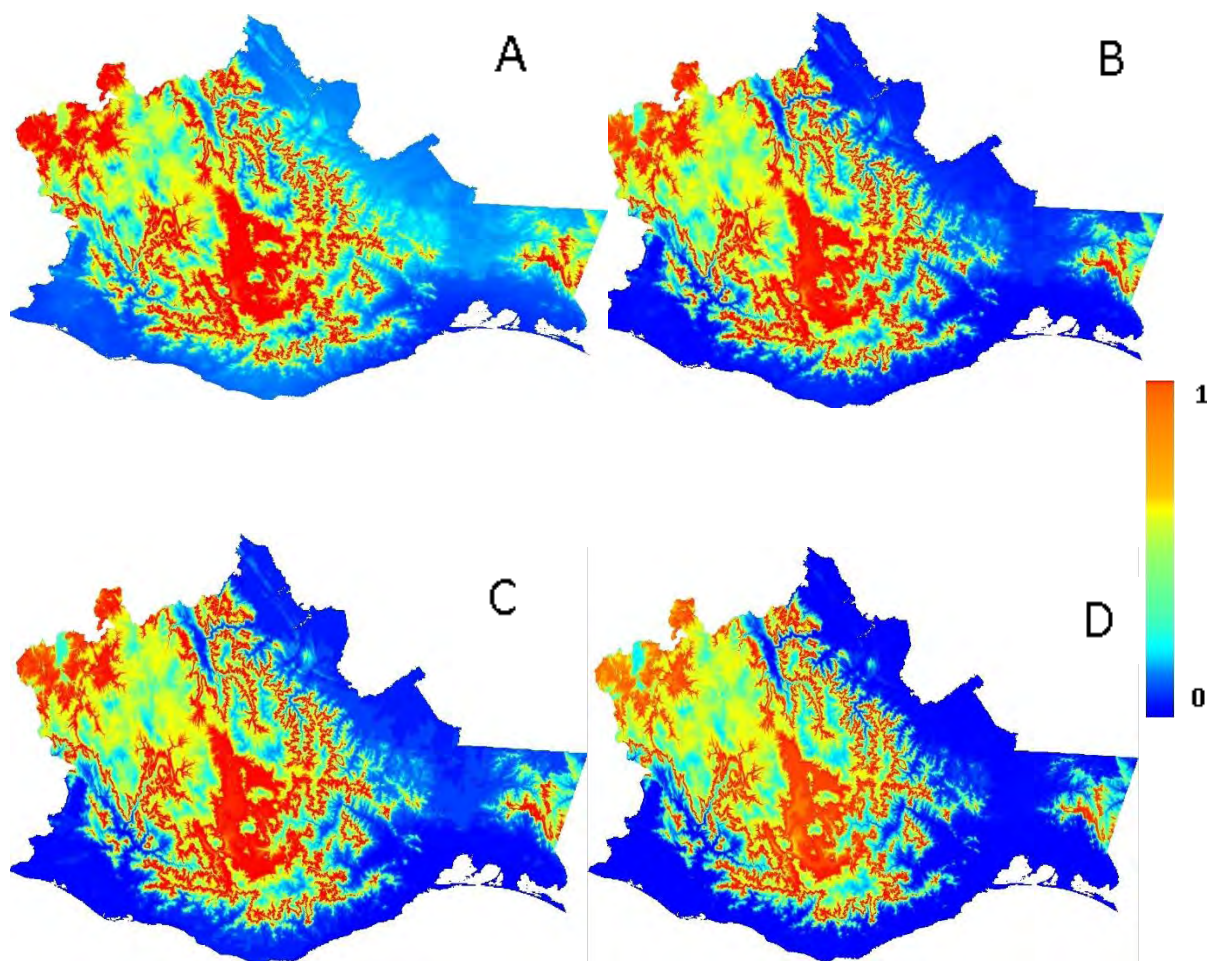


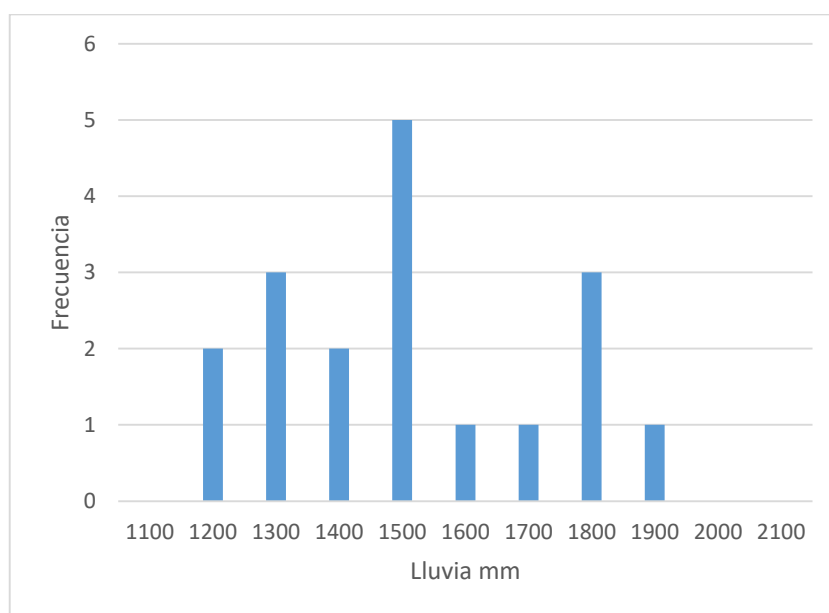
Ilustración 3. Cambios de la idoneidad para el cultivo de café en el Estado de Oaxaca. A) Actualidad B) RCP 45 año 2090 C) RCP60 año 2090 D) RCP85 año 2090. El color rojo representa los sitios óptimos mientras el color azul representa los lugares donde la idoneidad es nula.

Categoría	Actual	RCP 45	RCP 60	RCP 85
No adecuado	3,720,489	4,290,624	4,281,713	4,481,157
Poco adecuado	1,882,606	1,512,422	1,506,861	1,613,149
Moderadamente adecuado	2,120,036	1,977,735	1,992,108	1,845,545
Muy adecuado	1,963,220	1,887,699	1,888,345	1,727,186

Tabla 3. Categorías de idoneidad para el cultivo de café según Ruiz et al. 2013, donde se muestra la superficie actual de cada categoría y las modificaciones que tendrá ante el cambio climático representadas en hectáreas.

6.3 Análisis de la lluvia como factor de riesgo para el cultivo de café

Con los datos meteorológicos se puede observar que en el sitio no ha habido amenaza por déficit (menor a 1000 mm) ni amenaza por exceso, (mayor a 2900 mm) de lluvia (Gráfica 4). Los distintos escenarios de cambio climático sugieren que habrá una disminución de la precipitación del 10%, pero aún con esta reducción la cantidad de lluvia se encuentra dentro de los rangos para el cultivo de café. Del mismo modo la cantidad de meses secos se mantendrá constante en 5 meses y no pondrá en riesgo el cultivo de café (Anexo X).

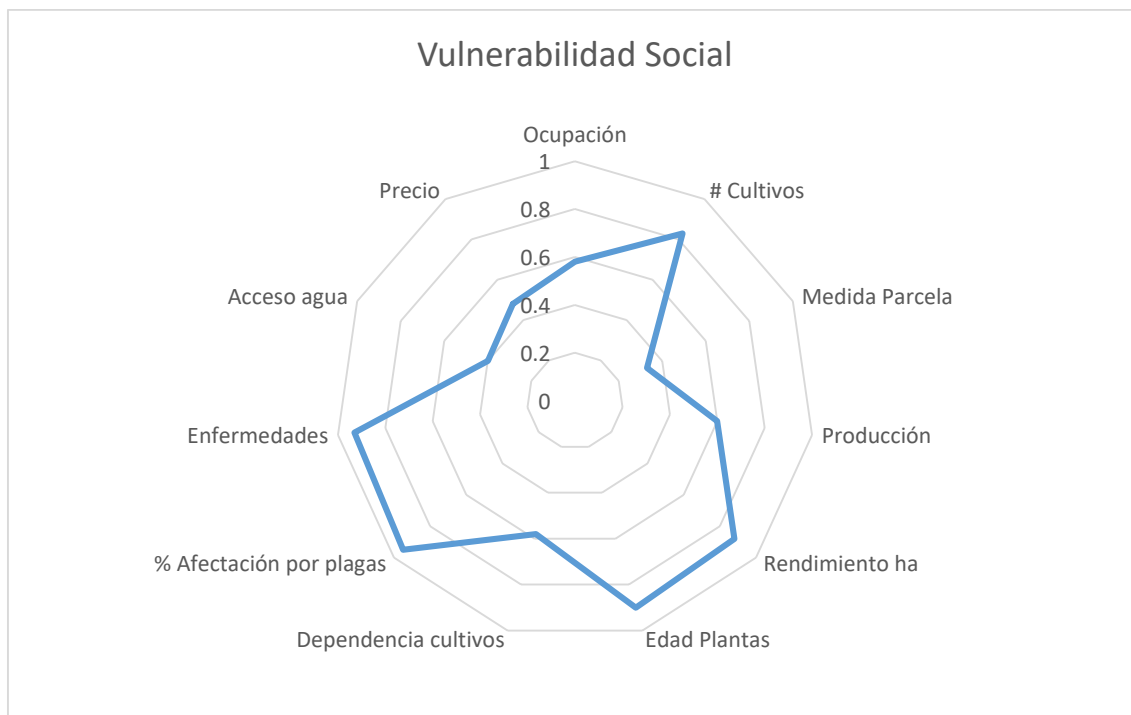


Gráfica 4. Histórico de la precipitación anual de la estación climatológica de Jocotepec de los años 1998-2016.

6.4 Vulnerabilidad Social

Los productores de café mencionaron que su principal fuente de ingresos es lo obtenido de trabajar el campo. Solo unos pocos tienen ganado o trabajan de peones en la cosecha de otros cultivos. Según la clasificación realizada (Anexo

3), resulta en un valor de 0.6 en la variable de "Ocupación" (Gráfica 5). La variedad de cultivos es muy baja teniendo un valor de 0.83 en promedio, siendo el café y la milpa en su mayoría lo único que cultivan. Las parcelas miden entre 1.5 y 16 hectáreas con una moda de 3 (11 productores) y una mediana de 5, resultando en un valor de 0.17. La producción va de los 300 kg a los 6,000 kg por parcela, con un promedio de 2,300 kg para dar un valor de 0.6. El rendimiento por hectárea se encuentra muy por debajo de la media nacional con un promedio de 487 kg mientras la media nacional fue de 1.28 toneladas para el año 2016, por lo que se le asignó un valor de 0.88. La edad promedio de las plantas supera los 40 años por lo que le corresponde un valor de 0.9. La dependencia al cultivo de café es del 58% en promedio por lo que se asigna el mismo valor en el indicador. La disminución de la producción por plagas (afectación) fue muy alta con una disminución de 95% en la producción. El número de plagas o enfermedades que han afectado al cultivo de café también es muy alto siendo la roya y la broca las principales amenazas, pero además se ha identificado presencia de ojo de gallo y deficiencia de hierro dejando a este indicio con un valor de 0.93. El acceso al agua en las parcelas es relativamente fácil obteniendo un valor de 0.4. La mayoría de los productores venden su café a intermediarios (coyotes) los cuales deciden el precio de compra que puede ir desde los 25 hasta los 45 pesos por kilogramo, sin darles ninguna garantía del precio a los productores, en este aspecto tienen un valor de 0.48.



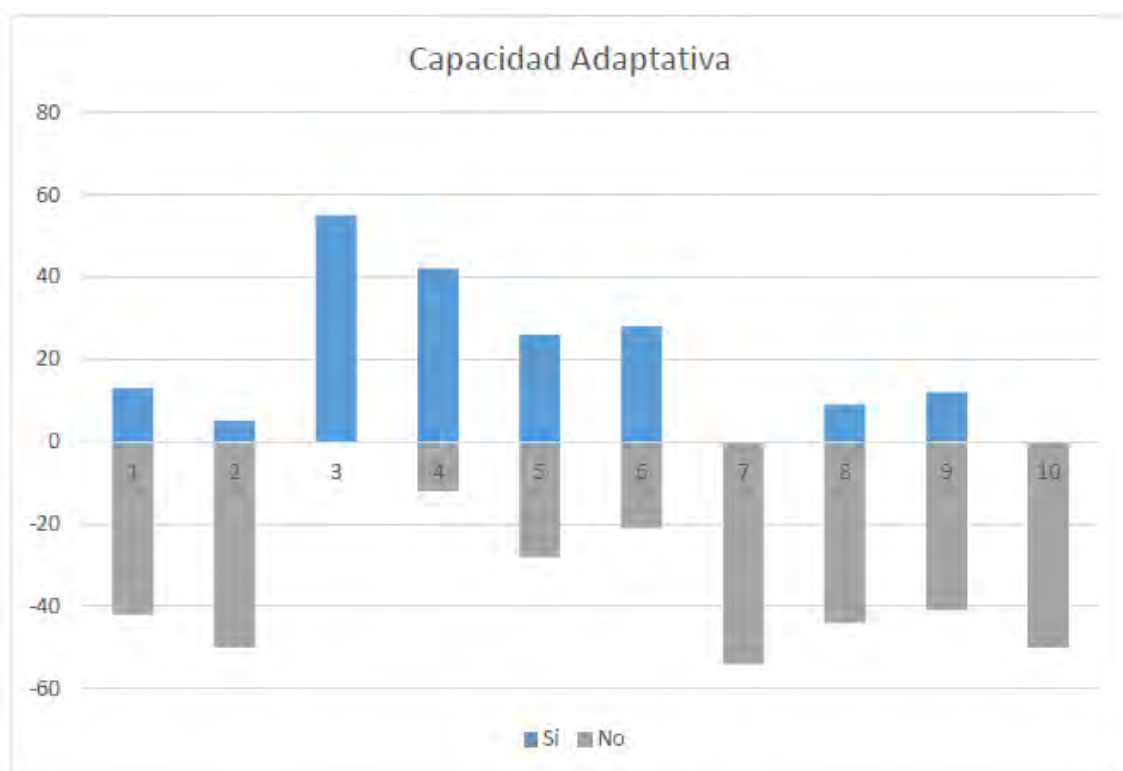
Gráfica 5. Indicador de vulnerabilidad social. Un valor alto indica una alta vulnerabilidad.

De las 11 variables analizadas para la vulnerabilidad social, 8 se encuentran arriba de 0.5, esto indica que los productores son muy vulnerables en esos aspectos. Siendo la edad de las plantas, las plagas, el porcentaje de afectación, la dependencia de un solo cultivo y el bajo rendimiento las variables con valores más altos.

6.5 Capacidad Adaptativa

Se analizaron algunos aspectos económicos para conocer si los productores le dan valor agregado al producto y a quien se lo venden, el acceso a préstamos, si cuentan con apoyos para el control de plagas y variedades resistentes entre otras. Las preguntas no siempre fueron contestadas por los 55 entrevistados por lo que el número puede variar según la pregunta.

Para la primera pregunta ninguno de los 55 productores le da valor agregado al café y lo venden como pergamino. De 53 productores solo 12 cuentan con certificación de su café. De 53 campesinos solo 9 han tenido acceso a algún tipo de préstamo. Ninguno cuenta con un seguro contra pérdidas. De 49 campesinos 28 cuentan con alguna variedad de café resistente ante plagas. De 54 productores 42 han obtenido algún tipo de apoyo contra la roya pero solo 26 han obtenido apoyo contra la broca. Ninguno de los entrevistados gasta en transportar su cultivo. De 55 productores solo 5 cuentan con otro cultivo que les da ganancias económicas. 13 de los 55 productores venden su café a una ONG y el resto se lo vende a los coyotes de la zona (Gráfica 6).



Gráfica 6. Indicador de capacidad adaptativa de 10 variables, de izquierda a derecha: (1) ¿Vende el café a una ONG?, (2) ¿Cuenta con otro cultivo que le de ganancias económicas?, (3) ¿Gasta en transportar el producto?, (4) ¿Recibió apoyo contra la roya?, (5) ¿Recibió apoyo contra la broca?, (6) ¿Tiene variedades resistentes?, (7) ¿Cuenta con seguro contra pérdidas?, (8) ¿Ha tenido acceso a algún préstamo relacionado al cultivo de café?, (9) ¿Su café cuenta con alguna certificación?, (10) ¿Le da algún valor agregado a su producto?

7. Discusión

Existe un gran número de estudios sobre los efectos del cambio climático en el cultivo del café en el mundo, en donde analizan que tan vulnerables serán los agricultores ante estos cambios tomando en cuenta aspectos sociales y ambientales (Avelino et al. 2015; Läderach 2016). Estos estudios sugieren que en México la vulnerabilidad de los cafetaleros ante el cambio climático es de nivel medio (Baca et al. 2014). En contraste la integración de los resultados de esta tesis para determinar el grado de vulnerabilidad de los productores en la costa de Oaxaca indica que la vulnerabilidad es de nivel alto. Los factores ambientales mostraron una disminución en la idoneidad del cultivo y los factores sociales mostraron prácticas y técnicas agrícolas poco adecuadas, una alta susceptibilidad a las plagas que sumadas a la falta de tecnologías, asesoría técnica y apoyos económicos los vuelven muy vulnerables.

Factores biofísicos

Cuando las temperaturas superan 23°C se acelera el desarrollo y la maduración de los frutos y esto hace que disminuya la calidad del café (Ruiz et al. 2013). Las predicciones sugieren que para el año 2030 todas las localidades habrán superado la temperatura media anual tolerada y la producción se verá afectada, ya que cuando las plantas llegan a 24°C la fotosíntesis comienza a disminuir y se nulifica a los 34°C. También el aumento en las temperaturas medias anuales puede provocar el aborto de las flores (Nunes et al. 1968). Los RCP 60 y 85 las temperaturas máximas anuales superarán los 34°C cuando lo recomendado para el mes más cálido son 28°C (Anh Tuahn et al. 2009; Pérez y Geissert, 2006).

Los escenarios muestran que la precipitación disminuirá en promedio 150 mm en las distintas localidades, pero nunca será menor a 1100 mm esta cantidad de lluvia es suficiente para el cultivo de café pero se encuentra en la categoría de “poco adecuada” (Anh Tuan et al., 2009). En algunos casos cuando la precipitación no es suficiente se puede complementar con riego (IFA, 1992). Dentro de las localidades el acceso al agua no fue mencionado como un problema ya que en la mayoría tienen fácil acceso a ella, pero no cuentan con la tecnología para poder regar y una inversión de este tipo reduciría las ganancias de los productores. Los requerimientos de precipitación también pueden variar un poco dependiendo del tipo de suelo, sus propiedades, la humedad y de las prácticas de cultivo (Ruiz et al. 2013). Ante el aumento en la temperatura y la disminución de la precipitación se prevé un cambio altitudinal en el cultivo para que las condiciones sigan siendo las óptimas (Gay et al. 2006).

Factores Sociales

La primera problemática social identificada es que los productores de café se encuentran en zonas con alta marginación y altos índices de pobreza, se encuentran desorganizados y sin accesos a créditos, lo cual coincide con lo encontrado por Martínez (2004). La mayoría de los productores entrevistados solo realiza una actividad económica que es la agricultura, y dependen en gran medida de un solo cultivo, el café. El tamaño de las parcelas en el sitio de estudio es mayor que en la media nacional, pero cuentan con la desventaja de que algunos terrenos cuentan con una pendiente muy inclinada lo que dificulta trabajar en estos sitios. Los bajos precios a los que el café es vendido muchas veces no cubren los costos de producción. Esto a su vez lleva al descuido de las

huertas las cuales se vuelven más susceptibles a plagas, disminuyendo la calidad del café por lo que las familias buscan nuevas fuentes de ingresos siendo la migración a Estados Unidos una de las principales opciones (Hernandez, 2001, 2005; Mestries, 2003). Además las plagas y la edad avanzada de las plantas hacen que la productividad haya ido disminuyendo en los últimos años. Si a esto sumamos los bajos precios al que venden el café, la dependencia a un solo cultivo, estar aislados geográficamente y la falta de organización, la situación se vuelve más desfavorable.

8. Recomendaciones

La mejor forma de adaptación para los agricultores ante el cambio climático es mediante modificaciones en los cultivos y en las prácticas agrícolas, promoviendo la diversificación de cultivos (Tucker, et, al. 2010).

Una de las técnicas agrícolas que ha demostrado disminuir la vulnerabilidad de los cultivos es el manejo de agroecosistemas, debido a la variedad de cultivos y los arreglos espaciales y temporales que compensan las pérdidas (Altieri, 2009). De esta forma, cuando el precio el café caiga, las plagas sean muy fuertes o la plantación no sea viable económicamente, el sitio puede ser revertido al bosque que lo precedía a diferencia de las plantaciones intensivas (McNeely 1995). En la costa de Oaxaca los cultivos de café son parte de sistemas agroforestales, por lo que es muy probable que la recuperación del bosque nativo sea rápida y cambiar a otros cultivos forestales puede ser también una opción económicamente viable.

Los agricultores necesitan acceso a tecnologías que les permitan combatir las plagas, regar los cultivos y manejar la fertilidad del suelo, para de esta manera

poder estar preparados ante los riesgos climáticos, asegurando la producción de café y alimentos, buscando al mismo tiempo mecanismos que permitan la conservación de los ecosistemas.

La instrucción a la población sobre su potencial de adaptación y del manejo de sus parcelas podría traer grandes mejoras a los agricultores. La certificación del café ha sido propuesta como un medio para promover la conservación del café de sombra y la cual le da un mayor beneficio económico al productor con lo que puede reducir su vulnerabilidad y aumentar su capacidad adaptativa (Rice & Ward 1996; Dietsh et al., 2004). La creación de cooperativas en el norte de Nicaragua donde más de 7,000 pequeños productores formaron una asociación que provee asistencia técnica, ejecuta programas de desarrollo y también se encarga de la certificación del café ha traído grandes beneficios a las comunidades. Han obtenido mejores precios, han mejorado su calidad de vida e incluso han obtenido representación política (Bacon, 2004), funciones que desarrollaba INMECAFÉ hasta antes de su desmantelamiento.

Existe la Coordinadora Estatal de Productores de Café de Oaxaca (CEPCO) que junto con otras organizaciones civiles como Michiza, la cual trabaja en el municipio de Villa de Tututepec, buscan asegurar precios mínimos a los productores, certificar el producto, asegurar el mercado por un largo plazo y mejorar las condiciones económicas y sociales. A pesar de los esfuerzos de las organizaciones muchos productores de café no pertenecen a ninguna organización y no tienen acceso a ningún beneficio que las organizaciones podrían proveer.

El apoyo económico y técnico a los campesinos, el desarrollo y uso de cultivares resistentes a altas temperaturas y a plagas son necesarias y pueden ser la mejor

opción a largo plazo para continuar con la producción de café. Para esto es necesaria la implementación de programas sociales para obtener apoyo del gobierno y la participación de organizaciones no gubernamentales los cuales puedan proporcionar recursos y conocimiento necesarios para la adaptación mientras las comunidades se empoderan y se dirigen hacia sus propias necesidades.

La disminución en la producción de café en algunos sitios en más de un 90% (SIAP) debido a las plagas y enfermedades demuestra una gran fragilidad en el sector cafetalero. Pero al mismo tiempo ofrece una oportunidad de corregir estas deficiencias y enfrentar las adversidades de distintas maneras a tiempo.

A medida que se obtengan más datos en una escala mayor de tiempo, la información de los factores sociales puede mejorar y volverse más completa y de esta manera explicar mejor que tan vulnerables son los campesinos y conocer la capacidad adaptativa con la que cuentan. La creación o aplicación de cooperativas y políticas enfocadas en apoyar a los productores podrían modificar los resultados obtenidos. Las acciones que puede tomar cada familia en su parcela pueden tener repercusiones en la productividad, en la conservación de biodiversidad y en que tanto se ven afectados por eventos climáticos extremos o plagas, las decisiones tomadas a escala local serán las más importantes y las que tendrán una gran repercusión en la vida de los campesinos y en como enfrentan los efectos del cambio climático.

9. Conclusiones

- El grado de vulnerabilidad de los productores es alto.
- El aumento en la temperatura y la disminución de la precipitación tendrá efectos negativos en la producción de café, siendo la temperatura el principal problema ya que el suministro de agua para los cultivos puede suplirse con riego y buenas prácticas agrícolas.
- La presencia de plagas y la falta de apoyos para combatirlas son actualmente la causa de la disminución del 90% en la producción.
- La edad avanzada de los cafetales son la causa de la disminución sostenida de los últimos años.
- Son muy pocos los productores que forman parte de alguna cooperativa u organización cafetalera lo que limita su acceso a apoyos.
- Los productores deben buscar variedades de café que puedan resistir temperaturas mayores, o buscar cultivos que les permitan remplazar al café.

10. Bibliografía

- Adger, W. N., H. Eakin, and A. Winkels, 2007: Nested and networked vulnerabilities in South East Asia. *Global Environmental Change and the South-east Asian Region: An Assessment of the State of the Science*.
- Adger, W. N.: 1996: *Approaches to Vulnerability to Climate Change*, Centre for Social and Economic Research on the Global Environment, University of East Anglia, Norwich, and University College London: 96-05.
- Adger, W.N., N.W. Arnell and E.L. Tompkins, 2005: Successful adaptation to climate change across scales. *Global Environ. Chang.*, 15, 77-86.
- Altieri M, Nicholls C., 2009: *Cambio Climático y Agricultura Campesina: Impactos y respuestas adaptativas*. LEISA. Vol. 24. Universidad de California, Berkeley USA. 4p.
- AMECAFE, 2016: *Análisis del Mercado de Consumo de Café en México y segmentación de consumidores de café 2016*.
- AMECAFE. 2011: *Plan de Innovación en la caficultura de México. Proyecto Estratégico Fomento Productivo*. México, D. F.
- AMECAFÉ-SIAP. 2012: *Padrón nacional cafetalero*. Recuperado el 13 de Diciembre de 2012: <http://amecafe.org.mx/padron-nacional-cafetalero/>
- Arcila P, Farfán V, Moreno B, Salazar G, Hincapié G. 2010: *Sistemas de producción de café en Colombia*. Federación Nacional de Cafetaleros de Colombia.
- AMECAFE, 2016: *Asociación Mexicana de la Cadena Productiva del Café, A.C.* https://amecafe.org.mx/wp-content/uploads/2016/10/3_procafe.pdf
- Avelino, J., Cristancho, M., Georgiou, S. et al. *Food Sec.* 2015: The coffee rust crises in Colombia and Central America (2008–2013): impacts, plausible causes and proposed solutions. *Food security*. Volume 7, Issue 2, pp 303–321
- Avelino, J., Muller, R. A., Eskes, A., Santacreo, R., & Holguin, F. 1999: La roya anaranjada del cafeto: mito y realidad. In B. Bertrand & B. Rapidel (Eds.), *Desafíos de la caficultura en Centroamérica* (pp. 194–241).
- Bacon CM, Philpott SM, Ernesto Mendez V, Läderach P, Rice RA (2014) Shade coffee: update on a disappearing refuge for biodiversity. *Bioscience* 64:416–428
- Baker PS (1984). Some aspects of the behaviour of the coffee berry borer in relation to its control in southern Mexico (Coleoptera: Scolytidae). *Fol Entomol Mex* 61: 9–24.

- Bale J, Masters GJ, Hodkinson ID, Awmack C. (2002) Herbivory in global climate change research: direct effects of rising temperature on insect herbivores. *Glob. Change Biol.* 8: 1–16.J.
- Bartra, Armando 2006 "Virtudes económicas, sociales y ambientales del café certificado: el caso de la Coordinadora Estatal de Productores de Café de Oaxaca," en Beatriz Caníbal Cristiani, Gabriela Contreras Pérez y Arturo León López (eds.), *Diversidad rural: Estrategias económicas y procesos culturales*. México City: Plaza y Valdés/UAM-Xochimilco.
- Bohle, H-G. 2001: Vulnerability and Criticality: Perspectives from Social Geography, *IHDP Update 2/2001*, Newsletter of the International Human Dimensions Programme on Global Environmental Change, 1–7
- CAMARGO, A.P., 1985: Florescimento e frutificação do café arábica nas diferentes regiões cafeeiras do Brasil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.20, n.7, p.831-839, 1985
- Cammell M, Knight J. 1997: Effects of climate change on the population dynamics of crop pests. *Adv Ecol Res* 22: 117–160.
- Chávez-Becker, Carlos, & Natal, Alejandro, 2012: Desarrollo regional y acción de base: El caso de una organización indígena de productores de café en Oaxaca. *Economía, sociedad y territorio*, 12(40), 597-618.
- CNOC. 2004: El mercado mundial del café y sus tendencias. Coordinadora Nacional de Organizaciones Cafetaleras, México. Coordinadora Estatal de Productores de Café de Oaxaca.
(<http://www.gloobal.net/iepala/gloobal/fichas/ficha.php?id=16859&entidad=Agentes&html=1>)
- Cressey, D., 2013: Coffee rust regains foothold. Researchers marshal technology in bid to thwart fungal outbreak in Central America. *Nature*, 493, 587.
- Damon A., 2000: A review of the biology and control of the coffee berry borer *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae). *Bull Entomol Res* 90: 453–465.A.
- DFID, 1999: Departament for Internacional Development UK, Hojas Orientativas sobre los Medios de Vida Sostenibles. Available: <http://community.eldis.org/.59c21877/SPGS1>. Pdf and <http://community.eldis.org/.59c21877/SPGS2>.
- Díaz R. Heakin H, Castellanos E, Jiménez G., 2009: Condiciones para la adaptación de pequeños productores de café ante presiones económicas mediante procesos de "upgrading" en la cadena productiva. *Revista Iberoamericana de la Red de Economía Ecológica*. Vol. 10: 61-72.

- Dim Coumou & Stefan Rahmstorf, 2012. A decade of weather extremes. *Nature Climate Change* 2, 491-496.
- Eakin, H. C., Lemos, M. C., & Nelson, D. R. (2014) Differentiating capacities as a means to sustainable climate change adaptation. *Global Environmental Change*, 27, 1-8.
- Escamilla P, Ruiz R, Díaz P, Landeros S. Platas R, Zamarripa C., González H, 2005. El agroecosistema café orgánico en México. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (Costa Rica)* No. 76 p. 5-16.
- Escamilla, P. E., & Díaz, C., 2002: *Sistemas de cultivo de café en México*. México: CRUCO-CENIDERCAFE, Universidad Autónoma Chapingo.
- Figueroa Hernández Esther, Pérez Soto Francisco, Godínez Montoya Lucila, 2012: *Producción y consumo de café*. Ecorfa, p. 13-22.
- FIRA 2016. *Café 2016. Panorama Agroalimentario*. Dirección de Investigación y Evaluación Económica y Sectorial.
- Gay C, Estrada F, Conde C, Eakin H, Villers L. 2006. Potential impacts of climate change on agriculture: a case study of coffee production in Veracruz, México. *Climate Change* 3-4: 259-288.
- Guathier N (2010) Multiple cryptic genetic units in *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytinae): evidence from microsatellite and mitochondrial DNA sequence data. *Biol J Linn Soc* 101: 113–129.N.
- Hernández, L. 2001. *Café: la crisis ya es eterna*, *La Jornada*, 10 junio 2001.
- Hernández, L. 2005. *Migración y Café*, *Memoria* (199) págs. 14-24
- Houghton JT, Ding Y, Griggs DJ, Noguera M, et al. (2001) *Climate Change 2001: The Scientific Basis*. 769 (Cambridge University Press, Cambridge).
- ICO, 2009: *Climate change and coffee*. International Coffee Organization .Report presented to the International Coffee Council 103rd session. 23–25th September 2009. London, UK. Report presented to the International Coffee Council 103rd session. 23–25th September 2009. London, UK.
- ICO, 2011: *Annual Review, retrospective*.
<http://www.ico.org/documents/cy2012-13/annual-review-2011-12e.pdf>
- ICO, 2012: *Tendencias en el consumo de café en determinados países importadores*. Consejo Internacional del Café, 109° período de sesiones, 24–28 septiembre 2012. Londres, Reino Unido. Disponible en.
<http://dev.ico.org/documents/icc-109-8c-trendsconsumption.pdf>
- ICO, 2013: *International Coffee Organization - Historical data*. In: *Historical Data*. http://www.ico.org/new_historical.asp?section=Statistics.
- INEGI, 1997. *El Café en el Estado de Oaxaca*. VII Censo Agropecuario.

- IPCC, 2001: Climate Change, Impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of Working Group 2 to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. McCarthy JJ, Canziani OF, Leary NA, Dokken DJ, White KS (eds.) Cambridge: Cambridge University Press
- IPCC, 2007: Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Equipo de redacción principal: Pachauri, R.K. y Reisinger, A. (directores de la publicación)]. IPCC, Ginebra, Suiza, 104 págs
- IPCC, 2014: Cambio climático 2014: Impactos, adaptación y vulnerabilidad – Resumen para responsables de políticas. Contribución del Grupo de trabajo II al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea y L.L. White (eds.)]. Organización Meteorológica Mundial, Ginebra, Suiza, 34
- Jaramillo J, Borgemeister C, Baker PS, 2006: Coffee berry borer *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae): searching for sustainable control strategies. *Bull Entomol Res* 96: 223–233.
- Jaramillo J, Chabi-Olaye A, Kamonjo C, Jaramillo A, et al., 2009: Thermal Tolerance of the Coffee Berry Borer *Hypothenemus hampei*: Predictions of Climate Change Impact on a Tropical Insect Pest. *PLoS ONE* 4(8): e6487.
- Jaramillo J, Muchugu E, Vega FE, Davis A, Borgemeister C, Chabi-Olaye A., 2011: Some Like It Hot: The Influence and Implications of Climate Change on Coffee Berry Borer (*Hypothenemus hampei*) and Coffee Production in East Africa. *PLoS ONE* 6(9): e24528.
- Jiménez Elena Rojo, 2014: Café I. (*Coffea*). *Reduca (Biología)*. Serie Botánica. 7 (2): 113-132.
- Mariscal, A., 2011: El café orgánico de Chiapas crece a contracorriente y sin incentivo. CNN México. Consultado en: http://www.ecosur.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=184:el-cafeorganico-de-chiapas-crece-a-contracorriente-y-sin-incentivo&catid=154:ecomedios&Itemid=1138&lang=tze
- Martínez, C., 2004: Transformación de la actividad cafetalera en los años noventa. *El Sector Agropecuario Mexicano Frente al Nuevo Milenio*, Instituto de Investigaciones Sociales (UNAM) y Plaza Valdés.
- Moguel, P., & Toledo, V. (1999). Review: Biodiversity Conservation in Traditional Coffee Systems of Mexico. *Conservation Biology*, 13(1), 11-21.

- Morales Becerra, Israel., 2013: La vida entorno al café: marginación social de pequeños productores en San Pedro Cafetitlán, Oaxaca, México. *Diálogos Revista Electrónica de Historia*, 14(1), 79-96.
- OIC. 2012: Informe Mensual sobre Mercado de café. Organización Internacional del Café. Febrero. Disponible en: <http://dev.ico.org/documents/cmr-0212-c.pdf> OIC.
- Paré, Luisa, 1993 : “Du paternalisme de l'état à l'inconnu: quels modèles après la disparition de l'Institut Mexicain du Café?” pp. 56–63 in *Les caféicultures mexicaines: La force de la tradition, les risques de la décomposition*. GEODOC 39, Moca series, 3. Le Mirail: UFR Géographie et Aménagement, Université de Toulouse–le Mirail.
- Piñón Jiménez, Gonzalo; Hernández-Díaz, Jorge, 1998: El café: crisis y organización: Los pequeños productores en Oaxaca. México, [UABJO], 12.
- Porter JH, Parry ML, Carter TR, 1991: The potential effects of climate change on agricultural insect pests. *Agric For Meteorol* 57: 221–240.
- Renard Marie-Christine 2010. The Mexican Coffee Crisis. *Latin American Perspectives*. Volume: 37 issue: 2, page(s): 21-33
- Renard, M. –C., 1999: The interstices of globalization: The example of fair trade coffee. *Sociologia Ruralis*, 39(4), 484-500.
- Rojas, Basilio, El café: historia sucinta de la deliciosa rubiácea. México, [SAGARPA/Consejo Mexicano del Café], 1996, 13-15.
- Ruiz C., J.A., G. Medina G., I. J. González A., H.E. Flores L., G. Ramírez O., C. Ortiz T., K.F. Byerly M. y R.A. Martínez P. 2013. Requerimientos agroecológicos de cultivos. Segunda Edición. Libro Técnico Núm. 3. INIFAP. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias-CIRPAC-Campo Experimental Centro Altos de Jalisco. Tepatitlán de Morelos, Jalisco, México. 564 p.
- Salinas Callejas, Edmar, 2000: “Regulación y desregulación en el caso del café”. *Análisis Económico*, vol. XV, no. 031 (2000), 191-192.
- Schroth G, Laderach P, Dempewolf J et al., 2009: Towards a climate change adaptation strategy for coffee communities and ecosystems in the Sierra Madre de Chiapas, Mexico. *Mitig Adapt Strateg Glob Chang* 14:605–625
- SEMARNAT, 2009: Cambio climático: ciencia, evidencia y acciones. México, 82.
- SIAP, 2014. Sistemas Producto Café. Descripción consultada el 08 de diciembre de 2014 en <http://w4.siap.gob.mx/sispro/portales/agricolas/café/Descripcion.pdf>

- SIAP 2016. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. En:
http://infosiap.siap.gob.mx/aagricola_siap_gb/icultivo/index.jsp
- SIAVI, 2017: Sistema de Información Arancelaria Vía Internet de la Secretaría de Economía.
- Simonett O., 1988: Using GIS in a Global Context: The Global Resource Information Database (GRID). Proceedings, Eighth Annual ESRI User Conference
- Teddle Ch, Yu F. Methods sampling, 2007: Typology with examples. *J Mix Methods Res*; 1(1):77-100.
- Tornincasa, Patrizia & Furlan, Michela & Pallavicini, Alberto & Graziosi, Giorgio. 2018: Coffee species and varietal identification.
- Trápaga Y, Torres F. 1994: El Mercado Internacional de la Agricultura Orgánica. UNAM/Juan Pablos. México. 221 pp.
- Tucker C, Eakin H, Castellanos E. 2010: Perceptions of risk and adaptation: Coffee producers, market shocks, and extreme weather in Central America and México. *Glob Environ Change* 20: 23-32
- USDA, FAS, 2016 : Guatemala: Coffee Annual
<https://www.fas.usda.gov/data/guatemala-coffee-annual-1>
- Vega FE, Rosenquist E, Collins W. 2003: Global project needed to tackle coffee crisis. *Nature* 435: 343.
- VEGA, FE., INFANTE, F., CASTILLO, A. and JARAMILLO, J., 2009: The coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Curculionidae): a short review, with recent findings and future research directions. *Terrestrial Arthropod Reviews*, vol. 2, no. 2, p. 129-147.
- Verchot, I. v., m. Van noordwijk, s. kandji, t. tomich, c. ong, a. albrecht, j. mackensen, c. bantilan, k. v. anupama, and c. Palm. 2007. Climate change: Linking adaptation and mitigation through agroforestry. *Mitigat. Adapt. Strateg. Global Change* 12: 901–918.
- Waller, J. M.; Bigger, M. y Hillocks, R. J. 2007. Coffee Pests, Diseases and Their Management. CABI. 437 pp.
- Wara MW, Ravelo AC, Delaney ML (2005) Permanent El Niño-like conditions during the Pliocene warm period. *Science* 309: 758–761.

11. Anexos

Anexo 1

Entrevista:

Nombre:

Localidad:

Ocupación:

¿Qué cultiva?

Tamaño parcela:

¿Desde hace cuando cultiva café?

¿Cuál es la edad de sus plantas?

¿Dónde consiguió las plantas?

¿Por qué empezó a cultivar café?

¿Cuál es su dependencia económica del café?

¿Cuánto produce?

¿A quién le vende el café?

¿A qué precio?

¿El café que produce es orgánico o convencional?

¿Cómo ha sido el precio del café con el paso del tiempo?

¿Cuántas plantas tiene por hectárea?

¿Su parcela se ha visto afectada por plagas, sequia o granizo? ¿Cuáles?

¿Cómo es el acceso al agua en su parcela?

¿Hay cultivos en la región que dejen mayor ganancia que el café?

¿Cambiaría su cultivo?

¿Gasta en el transporte o procesamiento del café?

¿Cuenta con acceso a insumos para combatir la roya?

¿Cuento con acceso a insumos para combatir la broca?

¿Cuenta con variedades resistentes a plagas? ¿Cuáles?

¿Cuenta con seguro contra pérdidas?

¿Tiene o ha tenido acceso a algún préstamo?

¿Tiene alguna regulación para producir café?

¿Recibe apoyos del gobierno?

Anexo 2

Respuestas a las preguntas, indicadores, categorización.

Producción kg	
<1000	1
1000-1999	0.75
2000-2999	0.5
3000-4000	0.25
>4000	0

Rendimiento kg/ha	
<500	1
500-999	0.75
1000-1499	0.5
1500-2000	0.25
>2000	0

Precio (mxn)	
<29	1
30-39	0.75
40-49	0.5
50-59	0.25
>60	0

Número de cultivos	
1-2	1
3	0.75
4	0.5
>4	0.25

Edad Planta	
<15	0
15-20	.5
>20	1

Acceso al agua	
Fácil	.33
Medio	.66
Difícil	.99

Plagas	
Roya	.4
Broca	.4
Cualquier otra	.1

Anexo3

Tayectorias de concentración representativos (RCP)

Existen bases de datos que tienen como objetivo documentar las emisiones y concentraciones de gases de efecto invernadero (GEI) y las proyecciones de cambio de cobertura terrestre de los denominados RCP "camino de concentración representativos" (Representative Concentration Pathways por sus siglas en inglés).

Los RCP representan diferentes escenarios de intrusión de los GEI en el balance del calor que entra y sale en el sistema troposfera-superficie de la Tierra. Este flujo de calor se llama "*forzamiento radiativo*" y le afectan factores tanto naturales como antropogénicos. En total hay cuatro escenarios RCP y cada uno corresponde al "*forzamiento radiativo*" proyectado para final del siglo XXI: 2.6, 4.5, 6 y 8.5. Los RCP se basan en una combinación de modelos de evaluación integrados, modelos climáticos simples, modelos de química de la atmósfera y modelos del ciclo del carbono. De acuerdo a simulaciones recientes las concentraciones de CO₂ al año 2100 llegarán a 421ppm (RCP2), 538ppm (RCP4), 670ppm (RCP6) y 936ppm (RCP8). Si a esto se le agregan las concentraciones de CH₄ y N₂O, las concentraciones de CO₂ equivalente combinadas alcanzarían 475ppm, 630ppm, 800ppm y 1313ppm respectivamente (IPCC, 2013; van Vuuren et al. 2011).

Ecosta

Ecosta es una Organización no Gubernamental que está constituida como una Sociedad de Solidaridad Social, ha trabajado desde 1993 realizando actividades en 21 comunidades de la costa de Oaxaca, en donde se ha buscado el desarrollo sustentable con actividades como propagación y reforestación de especies nativas, cría y reproducción de fauna local, creación de plaguicidas y fertilizantes orgánicos entre otros. Esta organización fue muy importante para el desarrollo de la tesis ya que fueron los encargados de presentarnos con los productores de las distintas localidades para llevar a cabo las entrevistas.