



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**Facultad de Filosofía y Letras
Colegio de Geografía**

Vulnerabilidad de las unidades de producción de
café ante el cambio climático en el estado de
Chiapas.

TESIS

PARA OBTENER EL GRADO DE
LICENCIADA EN GEOGRAFÍA

P R E S E N T A:

DALIA LAGUNES RODRÍGUEZ

DIRECTOR DE TESIS:

Mtro. José Mauricio Galeana Pizaña



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2020



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.

Dedicatorias

A mis padres, las personas más importantes en mi vida, Margarita y Miguel, por ser siempre mi mayor apoyo para lograr mis sueños. Gracias por los consejos que me han dado para poder ser una mejor persona y sobre todo por el amor incondicional, paciencia y dedicación que me han brindado a lo largo de mi vida. Los amo con todo mi ser.

A mis hermanas, Lidia, Elisa y Claudia por todos los momentos compartidos, por siempre apoyarme y estar a mi lado en las buenas y en las malas. Las amo, juntas somos un gran equipo.

Agradecimientos

Al Mtro. José Mauricio Galeana Pizaña por todas sus enseñanzas como profesor y sobre todo como persona, por la paciencia, consejos y dedicación que me brindó a lo largo de este trabajo. Gracias por brindarme su amistad.

Al comité sinodal: Dra. Leticia Gómez Mendoza, Dra. María de Lourdes Rodríguez, Dr. Juan Manuel Núñez Hernández y Mtra. Flavia Tudela Rivadeneyra, gracias por amablemente leer este trabajo y con sus observaciones enriquecerlo.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y al Fondo Institucional de Fomento Regional para el Desarrollo Científico Tecnológico y de Innovación (FORDECYT), quienes financiaron el proyecto "Región Transfronteriza México-Guatemala: dimensión regional y bases para su desarrollo integral"; con clave: 291987, gracias al cual se me otorgó una beca para este trabajo.

A mis amigos con los que he compartido aventuras y diversión, que siempre me han apoyado incondicionalmente en mi crecimiento personal y académico.

Índice

Introducción.....	9
Justificación.....	10
Objetivos.....	11
Objetivo general.....	11
Objetivos particulares.....	11
Hipótesis.....	12
Capítulo I Marco teórico.....	12
1.1 Cambio climático.....	12
1.2 Vulnerabilidad.....	16
1.2.1 Los componentes que constituyen a la vulnerabilidad.....	20
1.3 Índice de vulnerabilidad.....	21
1.3.1 Índice de Vulnerabilidad al cambio climático realizado por UNIATMOS.....	22
1.4 La planta de café.....	24
1.4.1 Principales variedades de café.....	26
<i>Coffea arabica L.</i> (café arábica).....	26
<i>Coffea canephora</i> (café robusta).....	27
1.4.2 Efectos de las variaciones climáticas en el cultivo de café.....	28
1.5 Café en México.....	29
2. Capítulo II Antecedentes.....	35
3. Capítulo III Área de estudio.....	38
3. Estado de Chiapas.....	38
3.1 Climas del Estado de Chiapas.....	39
3.2 Áreas naturales protegidas en el Estado de Chiapas.....	40
3.3 Uso de suelo y tipos de vegetación del Estado de Chiapas.....	41
3.4 Principales ciudades del Estado de Chiapas.....	43

3.5 Población del Estado de Chiapas.....	44
3.6 Principales municipios productores de café en el Estado de Chiapas.....	45
3.7 Regiones económicas del Estado de Chiapas.....	46
4. Capítulo IV Metodología.....	48
4.1 EXPOSICIÓN.....	48
4.2 SENSIBILIDAD.....	57
4.3 CAPACIDAD ADAPTATIVA.....	61
5. Capítulo V Resultados.....	71
5.1 Exposición del café ante el cambio climático.....	71
5.2 Sensibilidad del café ante el cambio climático.....	73
5.3 Capacidad adaptativa del café ante el cambio climático.....	75
5.4 Vulnerabilidad del café ante el cambio climático.....	77
Conclusiones.....	84
Bibliografía.....	87

Índice imágenes

Imagen 1. Modelos de circulación general.....	16
Imagen 2. Enfoque de medios de vida según el Departamento para el Desarrollo Internacional (DFID, por sus siglas en inglés), adaptado de Ashley y Carney (1999).....	63

Índice de cuadros

Cuadro 1. Principales enfoques de vulnerabilidad: sistematización.....	18
Cuadro 2. Habitantes por Entidad Federativa.....	44

Cuadro 3. Regiones económicas de Chiapas.....	47
Cuadro 4. Valores máximos y mínimos de precipitación y temperatura media de cada modelo.....	51
Cuadro 5. Selección de los modelos utilizados.....	52
Cuadro 6. Promedio de los escenarios de precipitación.....	53
Cuadro 7. Promedio de escenarios en temperatura media.....	53
Cuadro 8. Parámetros climáticos y edafológicos para el cultivo de café.....	54
Cuadro 9. Límites de temperatura y precipitación tomando como referencia las fases fenológicas del café.....	55
Cuadro 10. Afectación de cada mes en precipitación y temperatura.....	56
Cuadro 11. Categorías de sensibilidad propuestas por SAGARPA.....	60
Cuadro 12. Categorías de sensibilidad propuestas por PROINDER.....	60
Cuadro 13. Categorías de sensibilidad propuestas por RIMISP.....	60
Cuadro 14. Categorías de exposición.....	73
Cuadro 15. Categorías de sensibilidad.....	75
Cuadro 16. Categorías de capacidad adaptativa.....	77
Cuadro 17. Categorías de Vulnerabilidad ante el cambio climático.....	80

Índice de mapas

Mapa 1. Grado de Vulnerabilidad al cambio climático en los municipios de México.....	24
Mapa 2. Estados productores de café.....	32

Mapa 3. Localización geográfica del Estado de Chiapas.....	38
Mapa 4. Climas del Estado de Chiapas.....	39
Mapa 5. Áreas Naturales Protegidas de Chiapas.....	40
Mapa 6. Clasificación del uso de suelo y vegetación de Chiapas.....	42
Mapa 7. Cabeceras regionales de Chiapas.....	43
Mapa 8. Principales municipios productores de café en el Estado de Chiapas.....	46
Mapa 9. Regiones Económicas de Chiapas.....	47
Mapa 10. Exposición del café ante el cambio climático en Chiapas.....	72
Mapa 11. Sensibilidad del café ante el cambio climático en Chiapas.....	74
Mapa 12. Capacidad adaptativa del café ante el cambio climático en Chiapas.....	76
Mapa 13. Índice de vulnerabilidad ante el cambio climático de los cultivos de Café en el estado de Chiapas.....	79

Índice de graficas

Gráfica 1. Superficie de café cosechada en el ciclo 2015-2016.....	32
Gráfica 2. Producción de café cereza en el ciclo 2015-2016.....	33
Gráfica 3. Población en Chiapas 2105.....	44

Índice de figuras

Figura 1. Datos utilizados en el cálculo de la exposición.....	49
Figura 2. Datos utilizados en el cálculo de la sensibilidad.....	58
Figura 3. Datos utilizados para el cálculo de la capacidad adaptativa obtenidos del censo agropecuario 2007.....	64

VULNERABILIDAD DE LAS UNIDADES DE PRODUCCIÓN DE CAFÉ ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL ESTADO DE CHIAPAS.

INTRODUCCIÓN

A partir de la Revolución Industrial, el efecto invernadero se ha agudizado por diversas actividades realizadas por los seres humanos que han liberado grandes cantidades de gases de efecto invernadero (GEI), como el dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y óxido nitroso (NO₂) a la atmosfera, dando por resultado un acelerado cambio en las condiciones climáticas en las últimas décadas. Los estudios de vulnerabilidad ante el cambio climático son muy importantes porque permiten predecir el nivel de afectación potencial de las poblaciones ante un fenómeno climático y tomar medidas para fortalecer las capacidades adaptativas de comunidades. Sabiendo que la agricultura es vulnerable al cambio climático y que se tienen escenarios en los que se contemplan fuertes variaciones en la temperatura y precipitación, es indispensable abordar el estudio y mapeo de la vulnerabilidad.

México es un país que frecuentemente se ve afectado por fenómenos climáticos como: huracanes, sequías e inundaciones, por ello resulta importante llevar a cabo estudios de vulnerabilidad desde el enfoque integrado, a partir del cual sea posible crear escenarios futuros, para entender la interacción entre los sistemas socio-ecológicos que se ven amenazados (Gutiérrez y Espinoza, 2010). El país está inmerso en mesoamérica, una de las regiones más vulnerables por la dinámica de factores sociales y ambientales. Dentro de los factores ambientales es posible distinguir el crecimiento de la incidencia de los huracanes en la región, la sensibilidad de la biodiversidad y los ecosistemas a cambios climáticos. Socialmente los factores que destacan en la influencia a la vulnerabilidad son la dependencia de la población a actividades como la agricultura, así como los altos niveles de pobreza y marginación (Gutiérrez, 2010).

El café es uno de los productos de exportación más importantes en el mercado internacional, sólo por debajo del petróleo en cuanto al valor de su producción. La importancia socioeconómica del café radica en su papel como producto agrícola, pues es el de mayor relevancia en el mercado internacional; se produce en 70 países que en su mayoría están situados a nivel del ecuador, debido a las condiciones agroclimáticas adecuadas que provee esta zona y que son idóneas para el establecimiento de los cafetales. De dichos países sólo el 10% aportan la mitad de la producción mundial, la cual, en promedio fluctúa en más de 100 millones de sacos de 60 kilogramos, con un valor estimado en más de 10 mil millones de dólares (COMCAFE, 2013). Para estudiar qué consecuencias traerá la vulnerabilidad al cambio climático sobre los cultivos de café, se hace indispensable realizar un índice de vulnerabilidad y con éste mapear el nivel de afectación que tendrán las distintas regiones de Chiapas, estado con condiciones ecológicas y de manejo agrícola típicas de trópico y principal productor de café en el país.

JUSTIFICACIÓN

Se tiene que tener en mente que México actualmente es uno de los principales productores de café a nivel internacional, décimo primer productor mundial y es considerado uno de los países altamente vulnerables ante el cambio climático; estudiar la vulnerabilidad asociada a las unidades de producción del café ante cambio climático se hace relevante y oportuno. El café es uno de los principales productos a nivel nacional y se le da seguimiento en la economía mundial, por tanto la producción cafetalera tiene un alto valor social y económico en el país y principalmente en Chiapas ya que es el principal estado productor de café con un volumen de 383, 060 toneladas, 2016 (SAGARPA, 2016).

Si se habla de la importancia de la producción cafetalera, cabe resaltar su positivo papel ambiental. Los cafetales se dan principalmente bajo sistemas que mantienen la cobertura vegetal sobre el suelo y esto reduce los problemas de erosión,

escorrentía, mantienen la humedad en el sustrato, estimulan el dinamismo de los nutrientes en el suelo y promueven la conservación de flora y fauna (Flores, 2015). La producción cafetalera en Chiapas tiene gran valor porque a través de esta actividad se generan relaciones entre México y Centroamérica, clave para el desarrollo de varios países centroamericanos, al generar miles de empleos en las plantaciones, el procesamiento y la comercialización del producto que además promueve la captación de divisas (Frenco y Parra, 2000). Además, los estudios de vulnerabilidad pueden ayudar a generar información que incidan en la asertividad de propuestas y paquetes tecnológicos para mantener la actividad económica y modos de vida de los productores y/o comercializadores asociados (Magaña, 2012).

OBJETIVOS

Objetivo general:

Analizar la vulnerabilidad de las unidades de producción de café ante el cambio climático en el estado de Chiapas.

Objetivos particulares:

- 1) Generar un modelo de exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa de las unidades de producción de café
- 2) Elaborar un índice de vulnerabilidad de las unidades de producción de café ante el cambio climático
- 3) Analizar la vulnerabilidad y su relación con la producción y productividad asociada al sector cafetalero.

Hipótesis

Más del 50% de las unidades de producción de café en el estado de Chiapas serán altamente vulnerables ante el cambio climático, ya que la planta es sensible a las variaciones climáticas afectando la maduración del fruto.

Capítulo I

Marco Teórico

A partir de la Revolución Industrial, el efecto invernadero se ha agudizado, por diversas actividades realizadas por los seres humanos que han liberado grandes cantidades de gases de efecto invernadero (GEI), como el dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4) y óxido nitroso (NO_2) a la atmósfera, dando por resultado un acelerado cambio en las condiciones climáticas en las últimas décadas. Desde los años ochenta se han realizado estudios de cambio climático, para saber qué tan vulnerables son las poblaciones ante los fenómenos climáticos y así fortalecer las capacidades adaptativas para responder de mejor manera ante las perturbaciones climáticas que se esperan (Magaña, 2012).

1. Cambio Climático

El clima es el estado más frecuente de la atmósfera de un lugar de la superficie terrestre; esto quiere decir, una descripción estadística de las condiciones meteorológicas más frecuentes en una región en cierto periodo de tiempo (INECC, 2018).

Los impactos negativos de las variaciones abruptas en el clima en diversos sectores de la actividad humana ha llevado a la sociedad, sobre todo a sus instituciones de gobierno, a interesarse en el estudio del cambio climático (Magaña, 2012).

La composición química de la atmósfera incluye mayoritariamente sólo dos gases, Nitrógeno (N), en un 79% y Oxígeno (O₂) en un 20%. El 1% restante lo integran gases tales como el Argón (Ar) en un 0.9% y el dióxido de carbono (CO₂) en casi 0.03% (Caballero, Lozano y Ortega, 2007). La composición de la atmósfera puede influir en el clima, mientras más gases de efecto invernadero como el CO₂ se encuentren en la atmósfera terrestre, mayor será la temperatura global del planeta, y entre menos gases, más fría será la Tierra (Caballero, et al, 2007). Los gases de efecto invernadero (GEI) son aquellos capaces de atrapar la radiación infrarroja que escapa de la superficie de la Tierra hacia el espacio y transferirla, en forma de calor, al resto de los gases que forman la atmósfera (Ruíz y Cruz, 2004). Existen dos tipos de gases de efecto invernadero: los de origen natural y los antropogénicos. Los principales gases de origen natural son el vapor de agua (H₂O), dióxido de carbono (CO₂), óxido nitroso (N₂O), metano (CH₄) y ozono (O₃), mientras que en aquellos con origen antropogénico destacan el hexafluoruro de azufre (SF₆), los hidrofluorocarbonos (HFC's) y perfluorocarbonos (PFC's) (Cepsa, 2015).

El efecto invernadero es un mecanismo de suma importancia para lograr las condiciones adecuadas para la viabilidad de vida en la Tierra y ha existido desde que ésta tiene atmósfera (Caballero, et al, 2007). No obstante, a partir de la Revolución Industrial el efecto invernadero se ha incrementado, debido a que las actividades realizadas por los seres humanos (actividades antropogénicas) han generado que se incrementen las emisiones de GEI y con ello, una acentuación del cambio climático derivado especialmente por el incremento en la concentración de CO₂ atmosférico. Los primeros estudios científicos donde se habla del calentamiento global por causas antrópicas empezaron en 1962 pero se les empezó a dar más importancia en los años ochenta e inicios de los noventa (Castillo, 2016).

En 1979 se llevó a cabo la primera Conferencia del Clima Mundial, con el objetivo de revisar los conocimientos existentes sobre el cambio y la variabilidad climática derivada de causas naturales y antropogénicas y para evaluar las posibles modificaciones futuras y sus implicaciones en las actividades humanas. En la época de 1980 se registraron altas temperaturas globales promedio y una serie de condiciones climáticas inusuales. Este par de hechos puso sobre la mesa la importancia del estudio de los GEI en la agenda de política internacional. Fue así que en 1987, después del Congreso Mundial sobre Clima y Desarrollo, el congreso Gobernante del programa de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente se reunió en Kenya y estableció, de una manera conjunta con la Organización Meteorológica Mundial (OMM), un organismo intergubernamental para realizar estudios sobre calentamiento global. Este organismo se convirtió en lo que actualmente se conoce como el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC) (Alavos, 2004).

En 1992 se realizó la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (mejor conocida como la Cumbre de la Tierra) en Río de Janeiro, Brasil, donde los líderes mundiales adoptaron el plan conocido como Agenda 21, un ambicioso programa de acción para el desarrollo sostenible global. Sus áreas de actuación eran básicamente la lucha contra el cambio climático, la protección de la biodiversidad y la eliminación de las sustancias tóxicas emitidas. Entró en vigor en 1994, después de haber recibido el número necesario de ratificaciones (De Vengoechea, 2012)

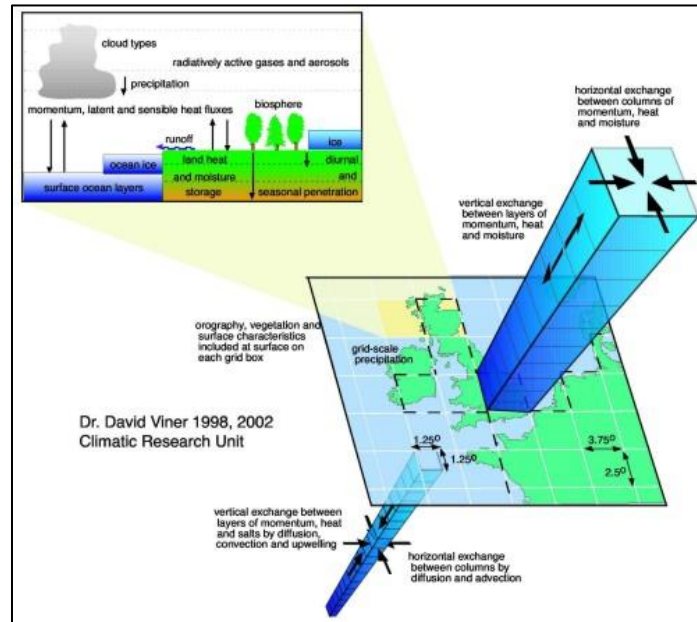
La definición del término “cambio climático” ha sido discutida y ha abierto el debate de múltiples sectores involucrados (sector académico, industrial-empresarial y, gubernamental). El IPCC (2007) define al cambio climático como las modificaciones termodinámicas que ocurren en la atmósfera a escala global, como consecuencia del incremento de las concentraciones de GEI, provocando el calentamiento del planeta (IPCC, 2007).

El cambio del clima puede deberse a procesos naturales internos o a un forzamiento externo (impulsores antropogénicos) (Caballero, et al, 2007). Las principales

actividades humanas que generan mayores emisiones de GEI son la generación de electricidad y quema de combustibles fósiles (26%), actividades industriales (19%), deforestación (17%), explotaciones agropecuarias (14%) y sector transporte (13%) (Castillo, 2016). Las emisiones futuras de GEI pueden variar, debido a diferentes factores como el crecimiento demográfico, el desarrollo socioeconómico o el cambio tecnológico. Los escenarios son modelos alternativos de lo que podría pasar en un futuro bajo ciertas condiciones y que en términos de cambio climático son de gran utilidad para el análisis y creación de modelos del clima, evaluación de impactos y generación de iniciativas de adaptación y mitigación (IPCC, 2000). En términos generales, los escenarios de cambio climático son una representación plausible y a menudo simplificada del clima futuro, y puede ser vista como la diferencia entre un escenario climático y el clima actual. El INECC describe a los escenarios de cambio climático como una representación plausible y a menudo simplificada del clima futuro, basados en un conjunto internamente coherente de relaciones climatológicas, que se construyen para ser utilizados de forma explícita en la investigación de las consecuencias potenciales del cambio climático antropogénico y sirven a menudo para las simulaciones de los impactos. Estos escenarios no son pronósticos climáticos, esto debido a que cada escenario es una representación alternativa de cómo se puede comportar el clima futuro (INECC, 2017).

Estos modelos son la herramienta disponible más avanzada para simular la respuesta de un sistema global en el incremento de las concentraciones de los GEI (IPCC, 2013).

Imagen 1. Modelos de circulación general.



Fuente: INGENCIV, 2017

1.2 Vulnerabilidad

Por el interés de estudiar cómo el cambio climático tendrá implicaciones en las actividades del ser humano, se han hecho estudios para tratar de tomar medidas para poder generar estrategias de adaptación. En estos estudios se habla de la vulnerabilidad, las comunidades o regiones y cómo éstas pueden ser dañadas en los ámbitos económicos y sociales ante un determinado riesgo. Un ejemplo de estudios de vulnerabilidad es el realizado por Conde y Saldaña en el 2007 llamado “Cambio Climático en América Latina y el Caribe: Impactos, vulnerabilidad y adaptación”, otro ejemplo es el realizado por Magaña y Gay en el 2002 llamado “Vulnerabilidad y Adaptación regional ante el cambio climático y sus impactos ambientales, sociales y económicos”. El término “vulnerabilidad” tiene varias definiciones debido a que se utiliza en varias disciplinas. Por ejemplo, Romero y Maskrey (1983) consideraban que el ser vulnerable a un fenómeno natural es “ser susceptible de sufrir daño y tener dificultad para recuperarse de ello”.

Cardona y Sarmiento (1989) mencionaban que la vulnerabilidad es “el nivel o grado al cual un sujeto o elemento expuesto puede verse afectado cuando está sometido

a una amenaza, donde el sujeto amenazado es aquel que compone el contexto social o material de una comunidad, como los habitantes y sus propiedades, una actividad económica, los servicios públicos, etc.". Por otra parte, instituciones como el Departamento de Asuntos Humanitarios de las Naciones Unidas manejaban la vulnerabilidad como el "grado de pérdida (de 0% a 100%) resultado de un fenómeno potencialmente dañino" (DHA, 1992).

De acuerdo con Magaña (2012), la vulnerabilidad es el grado de incapacidad para afrontar efectos negativos. En el Cuarto Informe de Evaluación del IPCC (2007) se refiere a la vulnerabilidad como: el grado de susceptibilidad o incapacidad de un sistema para afrontar los efectos adversos del cambio climático, incluyendo la variabilidad y los extremos climáticos. A pesar de la existencia de una amplia gama de definiciones y controversias alrededor del término y para fines prácticos del desarrollo de este trabajo, la definición que se adoptó fue la propuesta por IPCC, 2007, que dice que la vulnerabilidad es una función del carácter, magnitud y rapidez del cambio climático y la variación a la que un sistema está expuesto, su sensibilidad y su capacidad de adaptación.

Para realizar este tipo de estudios existen diferentes marcos conceptuales que ayudan a enmarcar los límites del abordaje. Lampis (2013) distingue tres tipos de enfoques de vulnerabilidad los cuales son:

1. **Enfoque de riesgo –amenaza (RA):** es aplicado a sistemas físicos como erupciones volcánicas, deslizamientos, orientado al análisis de desastres y riesgos. Este enfoque es utilizado principalmente en ingeniería y en física.
2. **Enfoque de construcción social del riesgo (CSR):** orientado a sistemas sociales, sobre todo la vulnerabilidad social, éste se estudia a partir de ciencias sociales.

3. Enfoque integrado (EI): combina características de la vulnerabilidad interna (social) de una unidad social (una población, un lugar) con su exposición a los factores de riesgo biofísico externo, generalmente se utiliza para el estudio de sistemas socio-ecológicos, debido a que está orientado al análisis de la vulnerabilidad de los sistemas humano-naturales a causa del cambio climático. Este es usado generalmente por ciencias físicas, naturales y sociales y por su poder integrador, será tomado para el presente trabajo.

Cuadro 1. Principales enfoques de vulnerabilidad: sistematización.

	Riesgo-Amenaza (RA)	Construcción social del riesgo (CSR)	Enfoque integrado (EI)
Alcance de la política en relación con el cambio climático	Mitigación del efecto de los desastres, compensación	Adaptación de los grupos sociales	Adaptación de los sistemas físicos y sociales, y de los ecosistemas
Problema principal	El desastre y el riesgo	La vulnerabilidad social	La vulnerabilidad de los sistemas humano-naturales al cambio climático
Pregunta de política pública aplicada	¿Cuál es el riesgo asociado con los efectos del cambio climático?	¿Cómo puede reducirse la vulnerabilidad social frente a las amenazas?	¿Cómo puede aumentarse la resiliencia de los sistemas humano-ambientales?
Objetivo principal	Previsión	Explicación	Anticipación
Significado de vulnerabilidad	La probabilidad y estimación del daño asociadas con niveles determinados de amenaza y vulnerabilidad	La susceptibilidad determinada por factores socioeconómicos frente a diferentes tipologías de amenaza	El riesgo relacionado con el efecto neto esperado de diferentes escenarios de cambio climático o riesgo asociado a un territorio

Dominio	Sistemas físicos	Sistemas sociales	Sistemas socioecológicos
Vulnerabilidad y capacidad de adaptación	No está conceptualizada la relación; se enfoca en la capacidad de respuesta. No considera los procesos continuos.	La vulnerabilidad determina la capacidad de adaptación	La capacidad de adaptación determina la vulnerabilidad futura (que finalmente es el concepto central, ya que determina la resiliencia)
¿A qué se refiere cuando habla de capacidad de adaptación?	A la capacidad de respuesta frente a eventos naturales, y al riesgo que se le asocia	A la adaptación; a la vulnerabilidad presente al cambio climático	A la adaptación frente a la vulnerabilidad futura en relación con el cambio climático
¿De dónde arranca su análisis?	Escenarios de amenaza	Estrés y eventos críticos en el presente (económicos, sociales y ambientales)	Escenarios de cambio climático y amenazas relacionadas con el cambio climático
Disciplina principal	Física e ingeniería	Ciencias sociales	Ciencias físicas, naturales y sociales

Fuente: (Lampis, 2013).

México es un país que frecuentemente se ve afectado por fenómenos climáticos como: huracanes, sequías e inundaciones, por lo que resulta importante llevar a cabo estudios de vulnerabilidad desde el enfoque integrado, a partir del cual, sea posible crear escenarios futuros, para entender la interacción entre los sistemas naturales y los sociales que se ven amenazados para lograr una mejor capacidad adaptativa de los sistemas socio-ecológicos a estos fenómenos (Gutiérrez y Espinoza, 2010). En estudios de vulnerabilidad ante el cambio climático autores como Magaña, Monterroso, Garay, entre otros, hablan de los componentes que nos permiten calcular la vulnerabilidad: Exposición, Sensibilidad y Capacidad Adaptativa que son compuestos por indicadores sociales, físicos y económicos.

1.2.1 Los componentes que contribuyen a la vulnerabilidad son:

La exposición: es el único de los componentes que constituyen a la vulnerabilidad que está directamente vinculado a los parámetros del clima, es decir, al carácter, la magnitud, la rapidez del cambio y la variación en el clima. Los factores típicos de exposición incluyen la temperatura, la precipitación, la evapotranspiración y el balance hídrico climático, así como eventos extremos, como fuertes lluvias y la sequía meteorológica. Los cambios en estos parámetros pueden ejercer mayor presión adicional sobre los sistemas (Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo (BMZ), la unidad especial del “Clima”, 2016).

La sensibilidad se entiende como el grado en el que un sistema es potencialmente modificado o afectado por un disturbio. La sensibilidad se forma típicamente por atributos biofísicos del sistema, como la topografía, la capacidad de los diferentes suelos para resistir la erosión, tipo de cobertura. Cabe mencionar que también se refiere a las actividades humanas que afectan y modifican la construcción física de un sistema. Como la mayoría de los sistemas se han adaptado a la situación actual, la sensibilidad ya incluye la adaptación histórica y reciente.

Los factores sociales como la densidad de la población deben ser tomados como sensibilidades si influyen a un impacto del cambio climático (Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo (BMZ), la unidad especial del “Clima”, 2016). El IPCC, 2007 define a la **sensibilidad** como el grado en que un sistema resulta afectado, positiva o negativamente, por la variabilidad o el cambio climático. Los efectos pueden ser directos o indirectos.

La Capacidad Adaptativa se entiende como la capacidad que tiene un sistema de enfrentar los efectos del cambio climático. El IPCC describe a la

capacidad adaptativa como la capacidad de un sistema para ajustarse al cambio climático para moderar los daños potenciales, aprovechar las oportunidades, o para hacer frente a las consecuencias (IPCC, 2007). La capacidad adaptativa de una sociedad refleja su capacidad de modificar sus características o comportamientos para poder enfrentar de una mejor manera los factores que impulsan el cambio (UNIATMOS, 2014).

1.3 Índice de vulnerabilidad.

“Existen factores de gran importancia para el análisis de la vulnerabilidad en una región. Los cuales pueden ser de tipo biofísicos y sociales. A partir de estos factores es posible generar índices de vulnerabilidad, los cuales pueden ser construidos en función de la perspectiva del creador” (Magaña, 2012).

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) define a un índice como un conjunto agregado o ponderado de parámetros o indicadores. Un indicador cuantifica un fenómeno y permite interpretar los cambios de un sistema a través de datos medibles. El propósito de hacer una adecuada selección de indicadores es llegar a la comprensión del proceso de cambio, ya que se pretende que a través de su evaluación se contribuya con elementos de juicio que permitan la toma de decisiones. (FAO, 2017).

Magaña (2012) menciona que un indicador es la magnitud utilizada para medir o comparar los resultados obtenidos en la ejecución de un proyecto, programa o actividad. Un índice es el coeficiente que expresa la relación entre la cantidad y la frecuencia de un fenómeno o un grupo de fenómenos. Para crear un índice de vulnerabilidad se necesita seleccionar los indicadores que lo formen, los cuales deben tener relación con aspectos físicos, económicos y sociales, para comprender las causas por las que una región, sector o grupo social es vulnerable a un cierto peligro. Para el caso de vulnerabilidad ante cambio climático, conviene que el indicador describa aspectos del sistema modificables para que se abra la posibilidad a propuestas de adaptación (Magaña, 2012).

Los indicadores sirven para ordenar y sistematizar la información, para poder planificar, evaluar y tomar decisiones, pues permiten constituir sistemas de información que dan cuenta de las características cuantitativas de un ámbito institucional, económico, geográfico, cultural, educativo, entre otros. Estos indicadores se construyen a partir de datos de censos de contextos regionales, nacionales o supranacionales. Los indicadores son datos cuantitativos producto de los procedimientos establecidos por el investigador, quien genera resultados que todos pueden observar de la misma manera (Magaña, 2012).

1.3.1 Índice de Vulnerabilidad al cambio climático realizado por UNIATMOS.

Este Índice fue elaborado por la Unidad de Informática para las Ciencias Atmosféricas y Ambientales (UNIATMOS) en el 2014 para estimar la vulnerabilidad de los 32 estados de México y elaborar medidas de adaptación para el cambio climático. Para la **exposición** se consideraron 13 variables en 3 grupos de indicadores a escala municipal: **frecuencia de eventos extremos** (Inundaciones, heladas, lluvias intensas, entre otros problemas reportados), **problemáticas ambientales** (total de problemas ambientales, superficie sin vegetación, pérdidas por cuestiones climáticas y pérdidas por falta de fertilidad en el suelo); y **clima y cambio climático** (temperatura y precipitación), (UNIATMOS, 2014).

Las variables se estandarizaron y se juntaron mediante una suma aritmética en cada componente y se obtuvieron los 3 subíndices: frecuencia de eventos extremos, problemas ambientales y clima y cambio climático. Después, los tres subíndices se integraron nuevamente para obtener el puntaje final de exposición por municipio. Al final, se normalizaron los valores en escala 0 a 100 y se dividió el recorrido en cinco partes iguales, definiendo así igual número de grados de exposición en el país.

Para la evaluación de la **sensibilidad** se tomaron en cuenta 9 variables agrupadas en tres subíndices: **población** (jefe de familia femenino, población indígena y población en pobreza alimentaria), **salud** (niños con baja talla al nacer, niño con

bajo peso al nacer y personas sin acceso a servicios de salud) y **productivo** (superficie en actividades primarias, superficie que no cuenta con riego y población dedicada a actividades primarias). Al igual que en las variables de exposición, se estandarizaron y se integraron mediante una suma aritmética de cada componente, obteniendo los 3 subíndices: Población, Salud y Productivo. Los subíndices se integraron nuevamente para obtener el puntaje final de sensibilidad por municipio y por último, se normalizaron los valores en escala 0 a 100 y se dividió el recorrido en cinco partes iguales, definiendo así igual número de grados de sensibilidad en el país (UNIATMOS, 2014).

En el caso de la **capacidad adaptativa**, se consideraron 16 variables en 4 capitales: **capital humano** (educación, alfabetización), **capital social** (formas de participación social), **capital financiero** (acceso a créditos, remesas, créditos, ahorros) y **capital natural** (recursos naturales). Se aplicó el mismo método de integración que los dos anteriores. Por tanto, los 4 capitales se integraron para construir el puntaje final de capacidad adaptativa y se dividió en cinco clases, definiendo mismo número de grados de capacidad en el país (UNIATMOS, 2014).

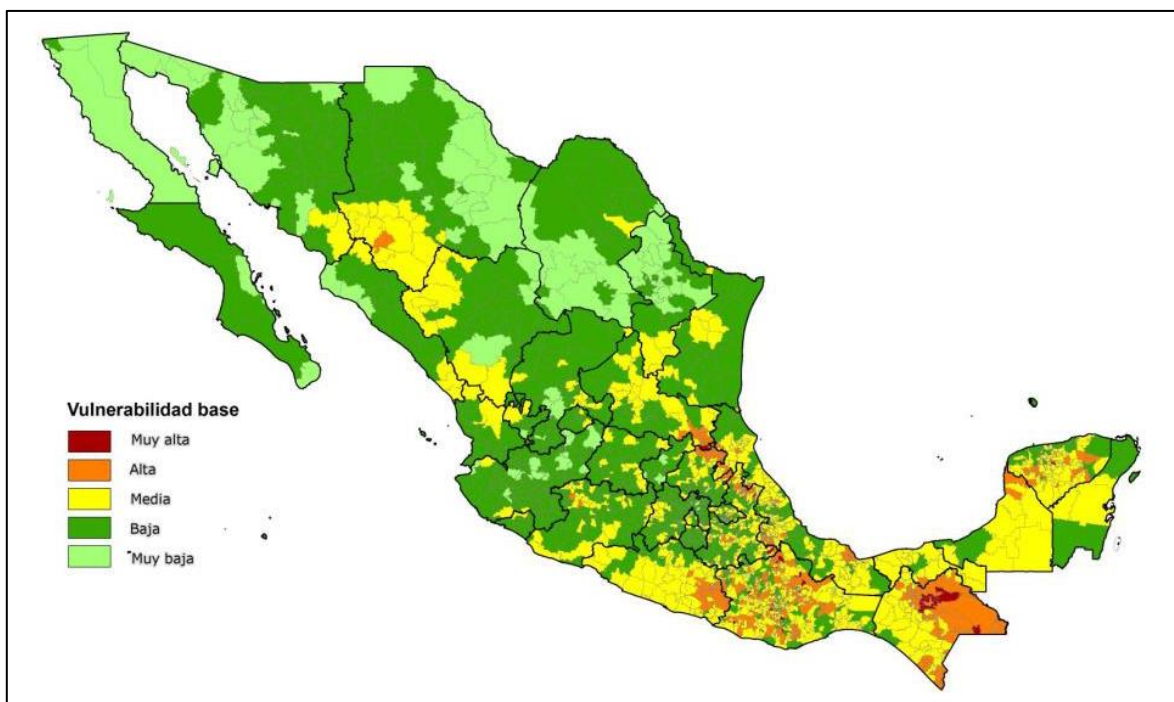
Para la **vulnerabilidad** se designó el mismo valor a los subíndices: Exposición, Sensibilidad y capacidad Adaptativa. Se utilizó la siguiente fórmula para la creación del índice:

$$\text{Vulnerabilidad} = (\text{Exposición} + \text{Sensibilidad}) - \text{Capacidad Adaptativa}$$

Formula 1. Cálculo de la vulnerabilidad al cambio climático.

La fórmula 1 expresa que las variables de exposición y de sensibilidad aumentan el puntaje final de la vulnerabilidad y representan el impacto del cambio climático en los municipios y la capacidad adaptativa, que representa el potencial humano y económico de implementar acciones, resta puntaje a la evaluación global de la vulnerabilidad de un municipio. Se tomaron los subíndices de exposición,

sensibilidad y capacidad adaptativa para integrar el índice de vulnerabilidad a escala municipal. El rango de valores final se dividió entre cinco grupos de acuerdo a una distribución geométrica de las frecuencias y a cada grupo se le asignó un indicador cualitativo de severidad en su vulnerabilidad (UNIATMOS, 2014).



Mapa 1. Grado de Vulnerabilidad al cambio climático en los municipios de México.

Fuente: UNIATMOS 2014 (<http://atlasclimatico.unam.mx/VyA/#1>)

1.4 La planta de café.

La agricultura es extremadamente vulnerable al cambio climático. Los cambios en los regímenes de lluvia aumentan las probabilidades de fracaso de las cosechas a corto plazo y de reducción de la producción a largo plazo (IFPRI, 2009). La planta del café viene de tierras africanas, posiblemente de Etiopía o Uganda. Al llegar a Europa el café comenzó a expandirse con el colonialismo, cultivándose en las regiones ubicadas entre el trópico de cáncer y el de capricornio (Contreras y Hernández, 2008). Perteneció a la familia de las rubiáceas (*rubiaceae*), que en su mayoría está compuesto por árboles y arbustos tropicales y engloba unos 500

géneros y más de 6.000 especies. El café pertenece al género *coffea* del cual existen más de 100 especies todas leñosas. Las hojas del genero *coffea* son elípticas y puntiagudas las cuales se organizan por pares a lo largo de las ramas.

El fruto se desarrolla en el curso de los seis o siete meses siguientes a la aparición de la flor; cambia desde el verde claro al rojo y cuando está totalmente maduro y listo para la recolección, al carmesí. Al fruto maduro se le dice cereza, uva o capulín, suele encerrar dos semillas rodeadas de una pulpa dulce, recubiertas de una película o cascarilla muy delgada que se le llama pergamino. La semilla del café contiene una compleja mezcla de componentes químicos; algunos de ellos no se ven afectados por el tueste, pero otros, en particular aquéllos de los que depende el aroma, son producto de la destrucción parcial del grano verde por la torrefacción. Los compuestos que extrae el agua se clasifican en componentes de sabor no volátiles y componentes de aroma volátiles. Uno de los no volátiles es la cafeína, entre los volátiles hay ácidos orgánicos, aldehídos, cetonas, ésteres, aminas y unos compuestos de azufre llamados mercaptanos. Las plantas de café producen la primera cosecha de rendimiento pleno cuando tienen en torno a cinco años de edad. Posteriormente mantienen una producción constante durante quince a veinte años. Algunas plantas rinden entre 900 gramos y 1.3 kilogramos de semillas de valor comercial al año (Contreras y Hernández, 2008).

El café es una planta tropical que generalmente se distribuye entre los 25° de latitud norte y los 25° de latitud sur. Es por ello que necesita unas condiciones ambientales un tanto específicas para poder ser considerado un café de calidad. La temperatura, precipitación, iluminación, pendiente, así como la composición del suelo son importantes para su desarrollo, en cada una de sus fases fonológicas, ya que las necesidades del cultivo en cada fase son muy específicas. Las condiciones influyen directamente en la incidencia de enfermedades del cultivo y van a ser muy importantes en la productividad del mismo, en la incidencia de enfermedades así como la capacidad de la planta para resistir o tolerar el daño causado por ellas (Rojo, 2014)

Los requerimientos climáticos y edáficos del cultivo dependen principalmente de la variedad de café que se cultive. En el siguiente apartado se describen los requerimientos agroecológicos de dos variedades: *coffea arabica* L. (café arábica) y *coffea canephora* (café robusta). En cuanto a los datos climáticos y edáficos es difícil encontrar cifras comunes entre autores, es por ello que para este trabajo se tomó como referencia la base de datos Ecocrop de la FAO que fue elaborada a partir de varios datos publicados por diferentes autores logrando así el establecimiento de parámetros estándar (FAO, 2007).

1.4.1 Principales variedades de café.

Las dos especies más importantes desde el punto de vista económico son *coffea arabica* L. (café arábica) y *coffea canephora* (café robusta). *C. arabica* supone más del 60% de la producción mundial, frente a *C. canephora* que abarca prácticamente el resto (Rojo, 2014)

- ***coffea arabica* L. (café arábica).**

Esta variedad crece mejor en climas subtropicales, libre de heladas y sin vientos fuertes; está muy bien adaptada a la altura por lo que generalmente se encuentra a altitudes que van desde los 1000 hasta 2400 msnm en los trópicos, aunque en altas latitudes se cultiva por debajo de los 600 m siempre y cuando haya una buena distribución estacional y períodos secos cortos. La calidad del café generalmente va ligada a la altitud donde se ha cultivado, las mejores calidades se ubican entre 900 y 1,200 m (Ruíz et al., 2013)

En cuanto a las necesidades lumínicas ligadas a las distintas fases fotosintéticas, el café arábica necesita periodos menores a 12 horas de luz, de otra forma se inhibe la floración lo cual resulta en un decremento de la producción por inhibición del fruto (Benacchio, 1982). La variedad *C. arabica* es mejor adaptada a la altura, por lo que se puede localizar desde los 1000 msnm hasta los 2400 siempre y cuando haya una buena distribución estacional y períodos secos cortos (Ruíz et al., 2013).

El café requiere una precipitación uniformemente distribuida durante nueve meses, seguidos por tres meses secos, aproximadamente 25 a 50 mm de lluvia por mes, esto para inducir la floración de la siguiente temporada de cultivo, por lo que un desfase en la temporada de lluvias puede provocar la pérdida de la cosecha. La precipitación anual apta para esta variedad es de 720 a 4200 mm, con poca tolerancia a cantidades mayores de agua, soportando una humedad relativa de media a alta de 70-85% (Ruiz et al.2013).

En cuanto a la temperatura, las condiciones aptas para el crecimiento del cultivo van de los 13°C a los 30°C con temperaturas óptimas de 16-21°C. Benacchio (1982), menciona que una vez pasando los 27°C se comienzan a observar daños en la planta ya que la fotosíntesis neta comienza a declinar y se nulifica a los 34°C esto ocasiona que el número de botones florales tiendan a decrecer, cuando las plantaciones se sujetan a ambientes cálidos. Este cultivo requiere sombra sólo en lugares donde las temperaturas son elevadas debido a los requerimientos de luz y temperatura. Sin embargo, puede ser cultivado sin sombra en ambientes donde la humedad relativa es elevada la mayor parte del año (Barandas, 1994). Los suelos más aptos para el cultivo de esta variedad son los suelos franco y franco-arcillosos, aunque generalmente con que tenga un pH entre 4.5 y 7 y contenido alto de materia orgánica así como buena permeabilidad, cumple con las condiciones necesarias para su siembra (Benacchio, 1982).

- ***Coffea canephora* (café robusta).**

El café robusta generalmente se adapta mejor a altitudes más bajas que van de los 100 a los 900 msnm, además es más tolerante al calor y es posible encontrarlo a nivel del mar. Debido a que los ciclos vegetativos tanto en *C. arabica* como en *C. robusta* solo varían por aproximadamente 10 días, las condiciones mencionadas de precipitación y luminosidad son casi las mismas. Para el caso del *C. robusta*, las condiciones aptas de precipitación van de 900 a 4000 mm ya que se adapta mejor a precipitaciones intensas superiores a 2,000 mm. Según Morfín et al., (2006) Arriba de 3,000 mm de precipitación la calidad del café se deteriora y pierde características de sabor.

Una diferencia notable de esta variedad respecto al café arábica es la tolerancia al calor. A temperaturas más altas se favorece el crecimiento vegetativo. Así mismo, el café robusta es mucho menos adaptable a temperaturas bajas que el café arábica ya que producen clorosis por la muerte de los cloroplastos, con lo que se detiene el crecimiento de la planta (Pérez y Geissert, 2006).

El rango de temperatura apto para el crecimiento de café robusta va de 12°C a 36°C, por lo cual el decremento fotosintético comienza a partir de los 32°C, por lo cual la maduración se detiene. En general el café robusta no es un cultivo de sombra debido a su resistencia al calor, a la altura y tamaño de sus hojas. Los suelos aptos para el café robusta son los mismos que para el arábica, con la diferencia de que el pH va de 4 a 8 (Ruiz et al., 2013). Estas características hacen del café robusta una variedad más resistente a las plagas. Presenta una concentración mayor de cafeína y un mejor rendimiento por hectárea que el café arábica. Cabe mencionar que el sabor y la calidad no son iguales (Ruiz et al, 2013).

1.4.2 Efectos de las variaciones climáticas en el cultivo de café.

Existen diversas respuestas de las plantas a las variaciones climáticas, una de las más importantes que es considerada en los modelos de cambio climático y sus respectivos escenarios, es el incremento de CO₂. Generalmente las plantas que se someten a ambientes enriquecidos de CO₂ muestran una respuesta positiva en el crecimiento, acumulación de materia seca y balance neto de asimilación de CO₂ hasta un tiempo definido de exposición (Ruiz et al, 1999). Un incremento de 300 ppm en el nivel de CO₂ muestra un incremento de la producción de biomasa para C. robusta, reflejado en el incremento fotosintético de 257% plántulas de C. robusta que incrementaron en promedio 175.5% su producción de biomasa (porcentaje de peso seco), producto de un incremento de 271% en la fotosíntesis (Nuñez et al., citado por Ruiz et al., 1999).

La precipitación también se ve significativamente alterada por las variaciones climáticas provocando lluvias atípicas escasas o en el caso extremo se alarga la temporada. Monroig (2001) menciona que, aunque el café muestra resistencia a la

sequía, un periodo seco prolongado disminuye la cosecha del año siguiente y ocasiona deficiencias nutricionales por una menor difusión de elementos en el suelo. Si este coincide con el periodo de crecimiento acelerado del grano, puede aumentar el porcentaje de granos vanos y negros afectando el rendimiento y la calidad del café.

Otra variable importante en cuanto al crecimiento del café es la temperatura. Ruiz (1999) menciona que las temperaturas altas (por arriba de la temperatura umbral máxima del cafeto) aceleran la senescencia o pérdida de los frutos, disminuyen la fotosíntesis, reducen el crecimiento, la producción. Pueden causar anomalías en la floración y por consiguiente una producción baja del fruto. Además de la ocurrencia de enfermedades y plagas y afectaciones en la longevidad de la planta. Temperaturas mayores a 30°C reducen la fotosíntesis y provocan aborto de flores (Monroig, 2001).

Los cambios climáticos de temperatura y precipitación aumentan la prevalencia de plagas y enfermedades, ampliando el rango altitudinal en el que sobreviven diferentes plagas y enfermedades. (FAO, 2011).

Las plagas reconocidas como las más importantes son la broca, la roya del café y de los mohos, los del género *Aspergillus* (FAO, 2011).

1.5 Café en México.

En México, la cafecultura es una actividad estratégica fundamental, ya que permite la integración de cadenas productivas, generación de divisas y empleos, el modo de subsistencia de muchos pequeños productores y alrededor de 30 grupos indígenas, tiene una enorme relevancia ecológica, pues más del 90% de la superficie cultivada con café se encuentra bajo sombra diversificada, que contribuye a conservar biodiversidad y como proveedor de vitales servicios ambientales a la sociedad (Figueroa, et al, 2015).

En el ciclo 2015/16 la cosecha fue de 153.3 millones de sacos de 60 kilogramos (FIRA, 2016). El café juega un papel muy importante en los países en vías de desarrollo que lo cultivan, ya que es una importante fuente de empleo, ingresos y divisas. (FIRA, 2016).

El 72.1% de la producción mundial de café en el ciclo 2015/16 se concentró en cinco países: Brasil (32.2%), Vietnam (19.1%), Colombia (8.9%), Indonesia (7.7%) y Etiopía (4.2%). México se ubicó la décimo primera posición con una participación de 1.6% de la producción mundial. (FIRA, 2016).

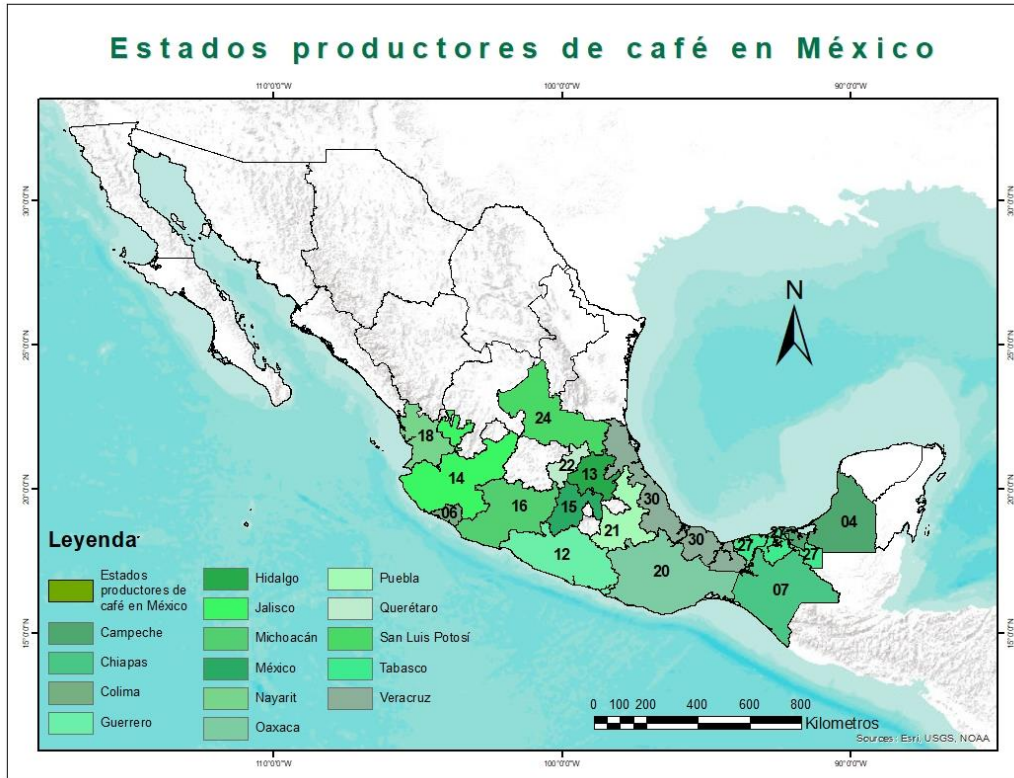
El café es considerado una de las materias primas más importantes a las que se les da seguimiento en la economía mundial. La producción cafetalera posee un alto valor económico y social, desempeña un papel ambiental importante, ya que su producción se da bajo sistemas que mantienen una cubierta vegetal casi permanente sobre el suelo, reduciendo así los problemas de erosión y pérdida de fertilidad del suelo (Flores, 2015).

El impulso de la cafecultura en México se inicia en la segunda mitad del siglo pasado, dentro de un contexto de apoyo a la concentración de tierras en manos privadas (Flores, 2015). La introducción del cultivo cafetalero a México de acuerdo con el poeta Salvador Novo, data de 1790. Otros datos afirman que el cafeto llegó en el año de 1796 a la región de Córdoba, Veracruz. Posteriormente, se introdujeron otras plantas al estado de Michoacán en 1823 y a la región de Tuxtla Chico, Chiapas durante 1847 (Figueroa, et al., 2018).

México cuenta con condiciones ideales para el cultivo del café, por sus zonas montañosas en el sureste del país que se encuentran a altitudes mayores a 900 msnm, así como temperaturas que van de 17.5° a 25.3 °C (FIRA, 2016). En México existen más de 500 mil productores de café, estos están distribuidos en 15 estados y 480 municipios. Los estados con mayor producción son Chiapas (41%), Veracruz (24%) y Puebla (15%) estos concentran en conjunto el 80% de la producción de café. Otros estados donde se cultiva en menor medida son: Oaxaca, Guerrero, San Luis Potosí, Nayarit, Hidalgo, Jalisco, Querétaro, Colima, Estado de México,

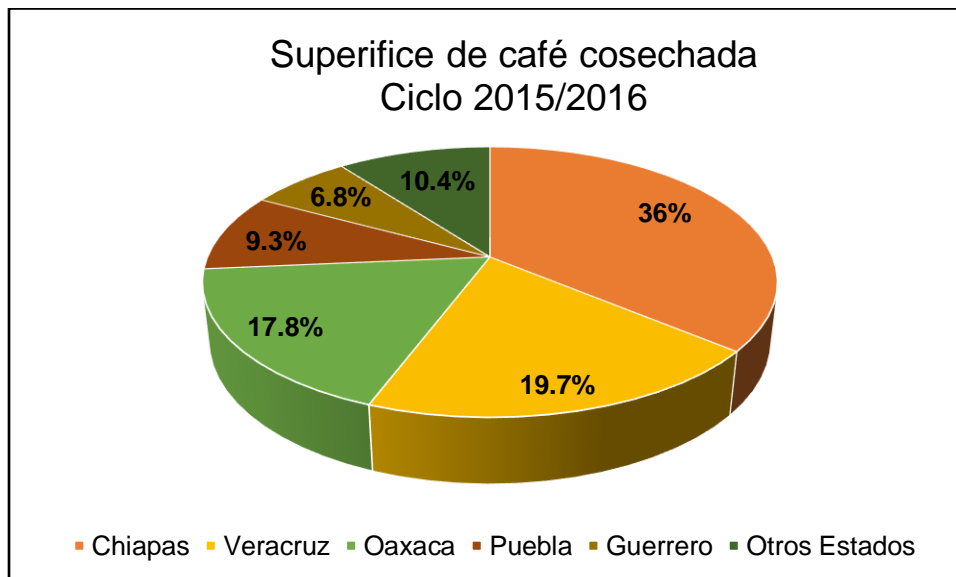
Campeche, Tabasco y Michoacán (INCAFECH, 2019) (Mapa 2). México es uno de los principales países productores de café orgánico del mundo, ocupando el segundo lugar por debajo de Perú, destinando 3.24% del total de la superficie cultivada de este producto para esta variedad, y exporta 28.000 toneladas, además de tener una gran diversidad de productores, incluyendo a hombres y mujeres, comunidades indígenas, aquellos que se dedican al café de especialidad, grandes, pequeños y en transición (INCAFECH, 2019). El cultivo de café orgánico surgió como una alternativa importante, para pequeños productores que previamente se dedicaron a la producción y comercialización de café convencional, pero se encontró cada vez más difícil ganarse la vida. Chiapas en el 2005 concentró el 59% de toda la tierra dedicada al cultivo de café orgánico en México. Los productores de café orgánico son agricultores muy pequeños que explotan un área media de 1.8 ha, con un rango de 0.5 ha a 5 ha (Folch y Planas, 2019).

En el ciclo cafetalero 2015/16 se destinaron 732,036 hectáreas al cultivo del café en México. De dicha superficie se cosecharon 664,963 hectáreas de la cual 89.6% se encontró en cinco entidades: Chiapas (36%), Veracruz (19.7%), Oaxaca (17.8%), Puebla (9.3%) y Guerrero (6.8%) (Gráfica 1).



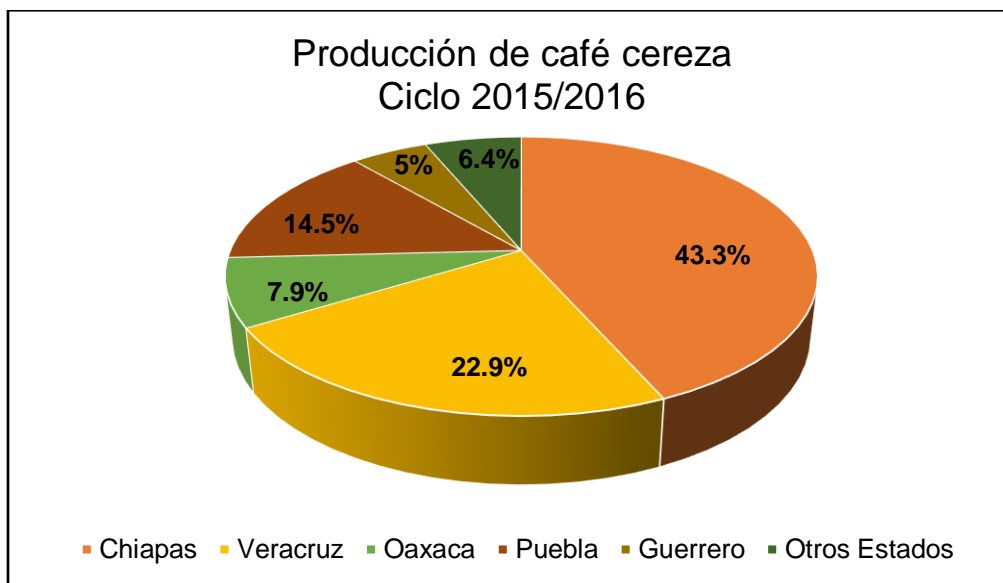
Elaboración propia con datos de INCAFECH

Mapa 2. Estados productores de café *Fuente: INCAFECH, 2019*



Gráfica 1. Superficie de café cosechada en el ciclo 2015-2016. **Fuente:** FIRA, 2016

En México, aproximadamente el 94.5% de la producción del café se obtiene de la especie arábica y el 5.5% corresponde a variedad robusta. En 2015/2016 se produjo café cereza en 15 entidades, en 5 de éstas se produjo el 93.6% de la demanda nacional: Chiapas (43.3%), Veracruz (22.9%), Puebla (14.5%), Oaxaca (7.9%) y Guerrero (5%) (Gráfica 2).



Gráfica 2. Producción de café cereza en el ciclo 2015-2016. **Fuente:** FIRA, 2016

En el periodo 2016-2017, México se colocó como el onceavo lugar como productor de café a nivel mundial, con 1.6% de la producción global y en el doceavo lugar a nivel internacional como exportador, de acuerdo con el director general de Expo Café 2017, Marcos Gottfried (El Economista, 2017). De los 15 estados productores, Chiapas ocupa el primer lugar nacional. La variedad de café que más se produce en el estado y en México es la denominada “arábica” (*coffea arabica*). También se produce café variedad “robusta” (*coffea canephora*), que es la otra especie que se produce comercialmente en el mundo y se usa sobre todo en la industria de los cafés solubles (Barrera y Parra, 2000).

La mayor parte de los productores de café en el país son ejidatarios que siembran el café en superficies menores a dos hectáreas, indicando que se trata de un cultivo preponderantemente de interés social (Folch y Planas, 2019). Así, la derrama económica y los beneficios sociales que produce el café en Chiapas son de la mayor

envergadura, tanto por la captación de divisas que se obtienen a partir de las exportaciones, como por los miles de empleos que se generan con su cultivo, procesamiento y comercialización.

Dentro de los grandes beneficios ambientales que se derivan del café, se destaca la conservación de los suelos, la flora y la fauna, y el papel fundamental que tienen los cafetales como pulmón ambiental con la generación de oxígeno y la fijación de carbono (Barrera y Parra, 2000). Chiapas es el estado líder en la producción de café en México, es importante resaltar que presenta un rendimiento por hectárea superior al promedio mundial, sus condiciones en este rubro son similares a países como Vietnam y China (Flores, 2015). El 53.85% de café se exporta a Estados Unidos; el volumen restante, a países miembros del bloque de la Unión Europea y otros como Japón, Cuba y Canadá (SAGARPA, 2017). Otro aspecto interesante de la cafecultura en Chiapas, es el valor que esta actividad tiene como punto de contacto de México con Centroamérica, al ser este cultivo parte importante del desarrollo de varios países del istmo centroamericano.

Capítulo II

Antecedentes

Por la importancia que tiene la planta del café en las actividades económicas de México, se han realizado estudios para identificar las implicaciones que tendrá el cambio climático en la producción del mismo. El trabajo realizado por el Centro de Ciencias de la Atmósfera de la Universidad Nacional Autónoma de México con el título de “Impactos potenciales del cambio climático en la agricultura: escenarios de producción de café para el 2050 en Veracruz (México)” (Gay et al 2004), sugiere que en el 2050 la producción del grano podría disminuir entre un 73-78% de acuerdo a los escenarios realizados y a un modelo econométrico desarrollado por Gay et al., 2004 para explorar la sensibilidad de la producción de café en Veracruz. En dicha investigación, se construyeron escenarios climáticos utilizando los modelos HADCM2 y ECHAM4 para ver las afectaciones en las fases fenológicas del café por el cambio climático y la variable de salarios, pues el café es de las actividades más importantes del estado de Veracruz; además mostraron que las implicaciones económicas de la caída en la producción podrían ser devastadoras en especial para los pequeños productores.

Un estudio realizado por Rivera et al., (2013) llamado “Vulnerabilidad de la producción del café (*coffea arabica* L.) al cambio climático global” utilizó un modelo teórico de la FAO_IIASA (2000) sobre el desarrollo del cultivo de café, todo esto en función de las características biológicas y las condiciones climáticas esperadas a mitad del siglo XXI. La zona de estudio fue la zona centro del estado de Veracruz que está conformada por las regiones cafetaleras de Atzacan, Misantla, Coatepec, Huatusco, Córdoba y Tezonapa, para este estudio se utilizaron los escenarios climáticos A2, A1B, B1 y datos anuales promedio mensuales de temperatura y precipitación a mitad del siglo XXI (2050). Las variables utilizadas fueron climáticas, rendimiento del cultivo de café y la radiación solar. Los resultados de este estudio mostraron que se espera un incremento en la radiación global de 0.3 a 1.1% y en la

temperatura del aire de 3 a 8.8% respecto a las condiciones climáticas promedio anuales a inicio de este siglo (INE, 2010). La precipitación, dependiendo del escenario y la referencia, disminuirá un 7.2% o incrementará un 1.4%. El análisis de los resultados de este estudio señaló que el principal factor climático que puede afectar la productividad del cultivo de café es la disminución esperada en la precipitación.

El estudio realizado por Granados, et al., 2014 con el título “Variación y cambio climático en la vertiente del Golfo de México. Impactos en la cafecultura” identificó y analizó los efectos del cambio climático sobre la producción cafetalera, en la vertiente del Golfo de México, en el estado de Veracruz. Extrajeron las anomalías en las variables temperatura y precipitación de los modelos de circulación general: Hadley, Echam y GFDL que fueron analizados mediante los climogramas de Thornthwaite. Los resultados que se obtuvieron demostraron que existirán cambios, ya que los climas según Thornthwaite migrarán de semicálidos a cálidos en el 2080. Además mostraron que la temperatura aumentará 4.6% °C y la precipitación disminuirá un 5.5% y que dichas variaciones impactarán en el desarrollo fenológico del café.

El estudio “Impactos del cambio climático en la floración y desarrollo del fruto del café en Veracruz, México” realizado por Villers et al., 2009, tuvo como finalidad obtener un mejor conocimiento de los posibles impactos del cambio climático sobre la floración y desarrollo del fruto para las especies *coffea arabica* y *coffea canephora* en Huatusco, Veracruz. Los autores construyeron la línea o escenario base, dados los períodos en los que las fases reproductivas del cafeto se desarrollan con la climatología de la región a través de diagramas ombrotérmicos. A estos diagramas les aplicaron los incrementos de temperatura y razones de cambio en la precipitación de las salidas de dos modelos de cambio climático para medir en cada modelo los posibles impactos en las fases reproductivas señaladas. Los escenarios de cambio climático mostraron que la climatología regional variará, y con ello fuertes impactos que alterarán el inicio de la floración (relacionado con disminución de lluvias). También demostraron que el cambio climático impactará sobre las variaciones en la disponibilidad de agua durante el crecimiento del fruto, impactando

principalmente al superávit hídrico y al aumento de la sequía que se presentará con mayor frecuencia durante la estación de lluvias.

El estudio realizado por Díaz et al., 2009 con el título “Condiciones para la adaptación de los pequeños productores de café ante presiones económicas mediante procesos de “mejoramiento” en la cadena productiva” propone el enfoque de medios de vida modificado para analizar las respuestas de los productores de café a un juego específico de las siguientes presiones: el mercado, el clima y las plagas. El enfoque de medios de vida se utilizó para entender las implicaciones de esas presiones en Veracruz. En este estudio se recolectó información en el año 2003 para 60 familias acerca de sus activos, características demográficas, acceso a apoyo técnico y servicios financieros, pérdidas económicas provocadas por problemas de precios, así como sobre sus estrategias específicas y las decisiones que han tomado como respuesta a las amenazas que sobre sus medios de vida han enfrentado. También se aplicaron entrevistas semi-estructuradas en la región a productores grandes y a técnicos, representantes de agencias públicas relacionados con el sector cafetalero intermedio y de exportaciones en la región de Veracruz central. Como resultado determinaron que los recursos claves, específicamente capital humano, social y financiero, son los activos que posibilitan a las familias la adaptación y participación en nuevas redes de mercado y nuevas cadenas de mercancías.

Todos los estudios de vulnerabilidad del café revisados en este trabajo no muestran un panorama “prometedor” para los productores, especialmente para los pequeños caficultores. Las diferencias entre los estudios documentados en esta sección, son las variables utilizadas y el método, también la perspectiva, ya que unos se basan en cómo afectará el cambio climático a la fenología del café, sin enfatizar en la afectación que tendrán los productores de café, por la disminución futura en la producción del grano a escala nacional.

Capítulo III

Área de estudio

3. Estado de Chiapas.

El área de estudio de esta investigación es el estado de Chiapas, específicamente las unidades de producción con cultivos de café. Se escogió este estado como área de estudio por la relevancia de Chiapas como el mayor productor de café en México. Se localiza al sureste de México, colinda al norte con el estado de Tabasco, al oeste con Veracruz y Oaxaca, al sur con el Océano Pacífico y al este con la República de Guatemala. Al norte 17°59', al sur 14°32' de latitud norte; al este 90°22', al oeste 94°14' de longitud oeste. Cuenta con una superficie de 4,415 km², es el octavo estado más grande de la República Mexicana al representar el 3.8 % de la superficie del país (Mapa 3).

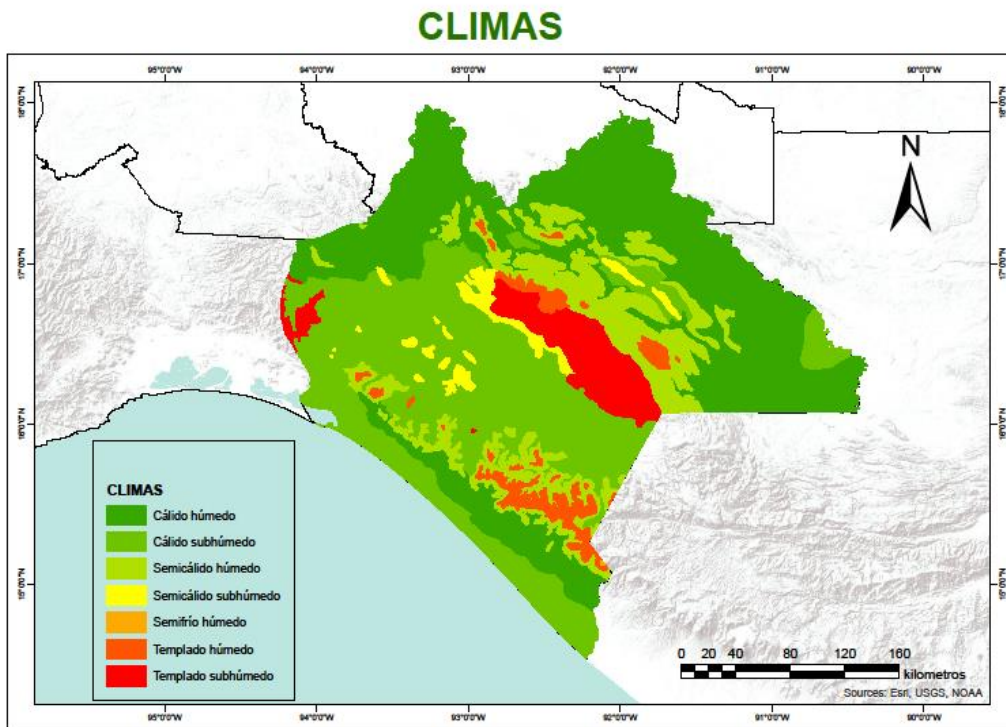


Elaboración propia **Mapa 3.** Localización geográfica del Estado de Chiapas. **Fuente:** Gobierno de Chiapas, 2018

3.1 Climas del Estado de Chiapas.

Más de la mitad de su territorio (54%) presenta clima cálido húmedo, el 40 % cálido subhúmedo, el 3% clima templado húmedo y el 3% restante tiene clima templado subhúmedo. La temperatura media anual varía dependiendo de la región, de 18°C en los Altos de Chiapas a los 28°C en la llanura costera. La temperatura promedio más alta es de 30°C y la mínima de 17.5°C. (Gobierno de Chiapas, 2018) (Mapa 4).

La región norte del estado presenta lluvias todo el año, en el resto de la entidad, caen abundantes lluvias en verano. La precipitación total anual varía dependiendo de la región de 1200 mm a 4000 mm (Soconusco). El clima en el estado de Chiapas favorece al cultivo del café, maíz, sandía, mango, plátano, aguacate, cacao, algodón, caña de azúcar, frijol, entre otros (Gobierno de Chiapas, 2018) .

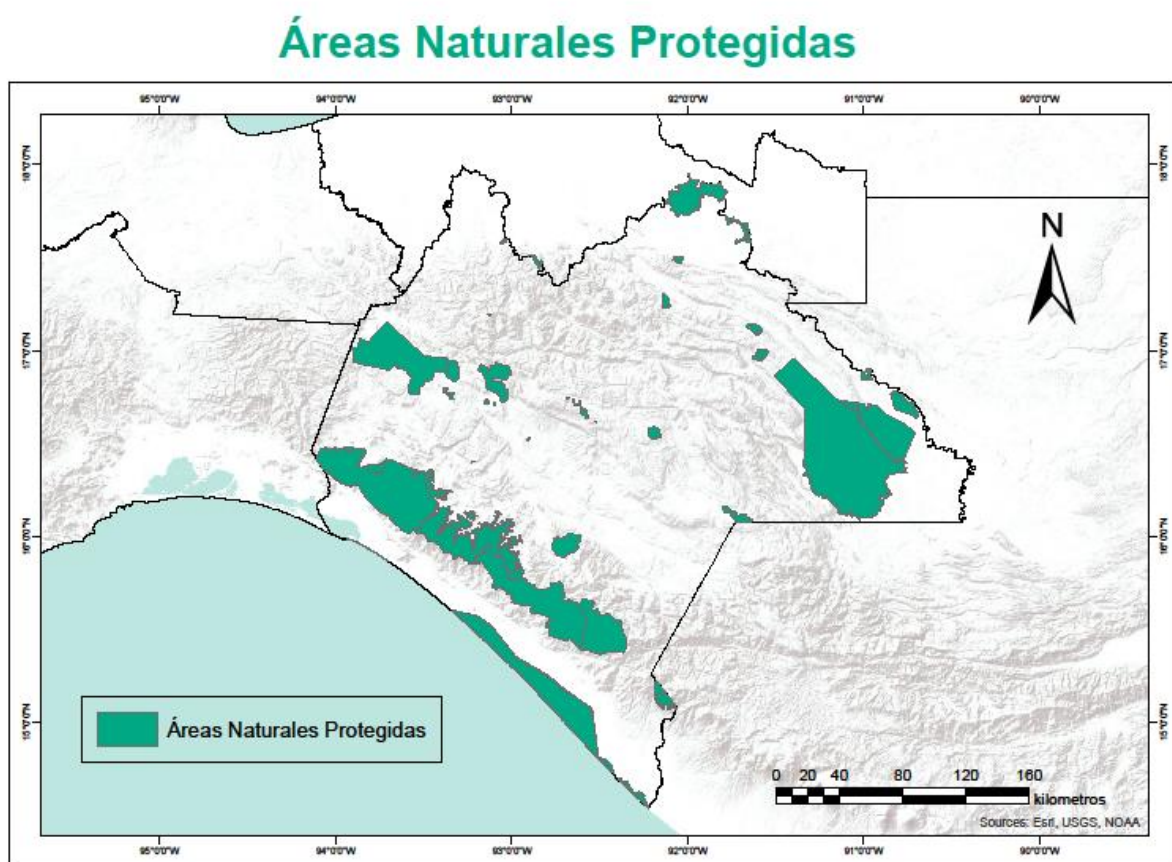


Elaboración propia **Mapa 4.** Climas del Estado de Chiapas. **Fuente:** Gobierno de Chiapas,

2018

3.2 Áreas Naturales Protegidas en el Estado de Chiapas.

Chiapas cuenta con una vasta diversidad territorial, ecológica y cultural. Es una de las entidades con mayor diversidad y riqueza de recursos naturales en el planeta. Posee siete de los nueve ecosistemas más representativos en el país y cuenta con 46 Áreas Naturales Protegidas. Es el segundo lugar nacional en términos de biodiversidad, al poseer una de cada tres especies de anfibios, una de cada cuatro especies de reptiles, tres de cada cuatro de aves, una de cada dos de mamíferos y una de cada tres especies de flora que existen en nuestro país (Mapa 5).



Elaboración propia con datos de CONANP

Mapa 5. Áreas Naturales Protegidas de Chiapas. **Fuente:** CONANP, 2017

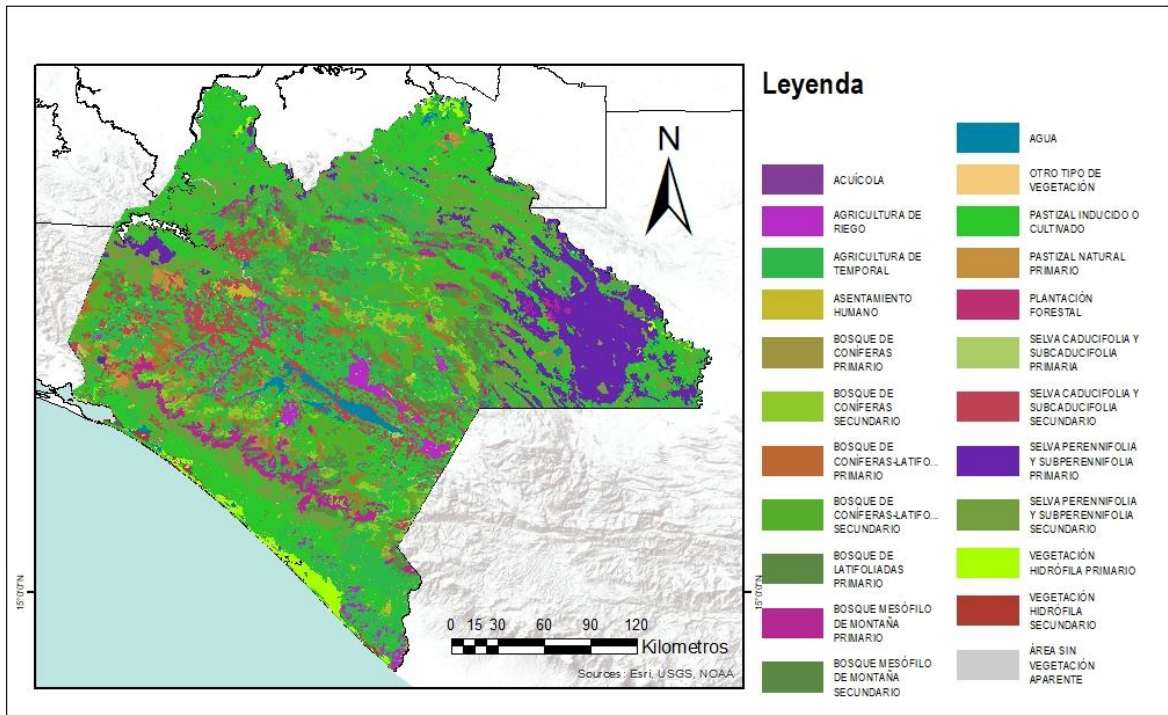
3.3 Uso de suelo y tipos de vegetación del Estado de Chiapas.

El estado tiene el privilegio de contar con diversos y estratégicos recursos naturales que le permiten contribuir con una parte importante de la riqueza nacional. Por ejemplo, la extensión de sus bosques y selvas ubican al estado en el segundo lugar en cuanto a superficie forestal y el aprovechamiento de maderas apreciadas como el pino, ciprés, liquidámbar, encino, macules, amate, cedro y caoba; le permite a la entidad obtener un importante volumen forestal maderable (Gobierno de Chiapas, 2018).

Chiapas es el segundo estado a nivel nacional con la mayor riqueza de especies de flora y de fauna soportada por la basta superficie forestal. En su diversidad florística hay más de 8,000 especies de plantas que representan el 36.7 % de la flora que se conoce en el país. La vegetación en el estado de Chiapas, puede incluirse en dos grandes grupos: bosques de clima templado y selvas tropicales. Aunque también se hayan pastizales, manglares y palmares (Todo para México, 2018).

De acuerdo a los datos más recientes con los que cuenta el país referente a uso de suelo y vegetación (serie VI de uso de suelo y vegetación de INEGI, 2017), Chiapas cuenta con un 24.3% de selva las cuales son caducifolia, subcaducifolia, perennifolia y subperennifolia; un 21.7% de bosques los cuales son de coníferas, coníferas-latifoliadas, latifoliadas y mesófilos; un 27.1% de pastizales inducidos o de cultivo y pastizal natural primario. Es importante resaltar que el 22.5% del uso de suelo en el estado de Chiapas está dedicado a la agricultura y solo un 1.01% son asentamientos humanos. Los 3.39 % restantes son de cuerpos de agua y país vecino (Mapa 6).

Uso de suelo y tipos de vegetación (2017)

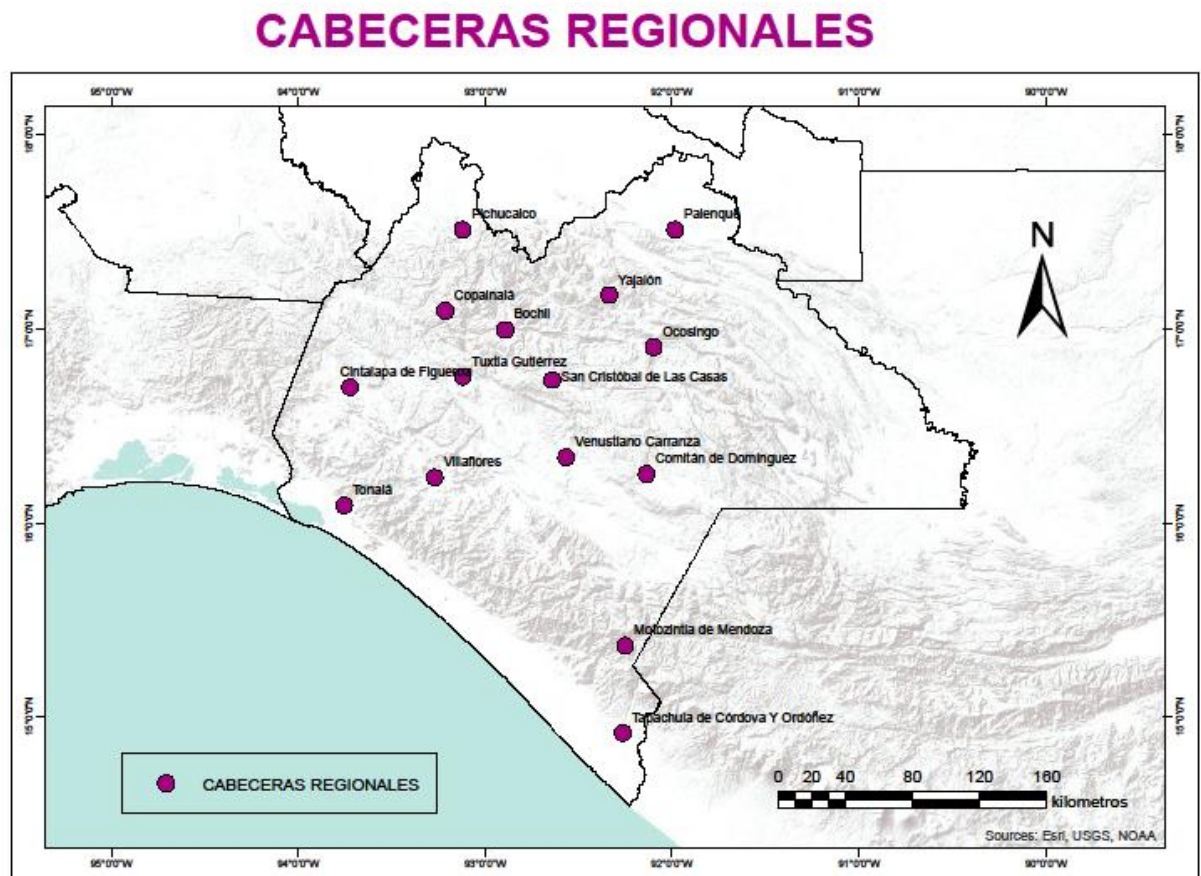


Elaboración propia con datos de INEGI

Mapa 6. Clasificación del uso de suelo y vegetación de Chiapas. **Fuente:** INEGI, 2017

3.4 Principales Ciudades del Estado Chiapas.

El estado de Chiapas cuenta con quince cabeceras regionales. Su capital es Tuxtla Gutiérrez y sus ciudades más importantes son: San Cristóbal de Las Casas, Tapachula, Palenque, Comitán y Chiapa de Corzo (Mapa 7).

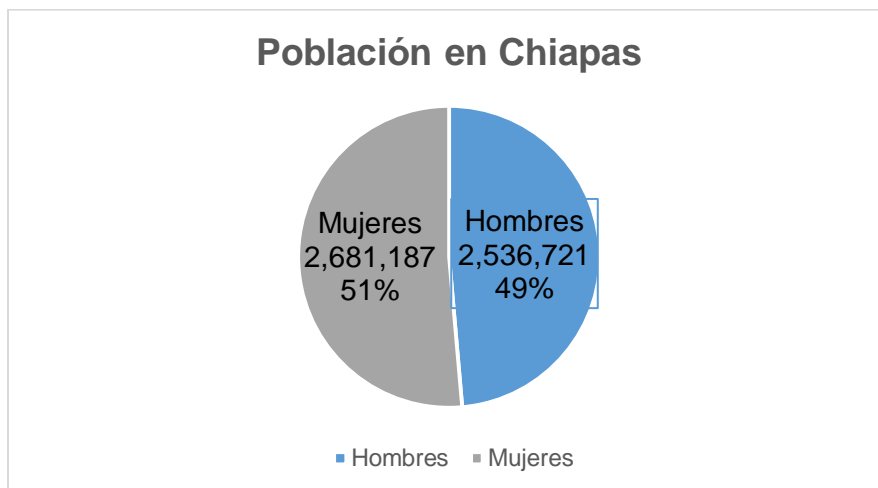


Elaboración propia con datos del Gobierno de Chiapas

Mapa 7. Cabeceras regionales de Chiapas. **Fuente:** Gobierno de Chiapas, 2018

3.5 Población del Estado de Chiapas.

De acuerdo con los datos obtenidos de INEGI en el 2015, el estado de Chiapas cuenta con un total de población de 5, 217,908 habitantes de los cuales, 2, 681,187 son mujeres y 2, 536,721 son hombres (Gráfica 3). Chiapas ocupa el séptimo lugar a nivel nacional por su número de habitantes (Cuadro 2).



Gráfica 3. Población en Chiapas 2105, INEGI, 2015.

Cuadro 2. Habitantes por Entidad Federativa.

Lugar a nivel nacional	Entidad Federativa	Habitantes
1	Estado de México	16 187 608
2	Ciudad de México	8 918 653
3	Veracruz de Ignacio de la Llave	8 112 505
4	Jalisco	7 844 830
5	Puebla	6 168 883
6	Guanajuato	5 853 677
7	Chiapas	5 217 908
8	Nuevo León	5 119 504
9	Michoacán de Ocampo	4 584 471
10	Oaxaca	3 967 889

Fuente: INEGI, 2015

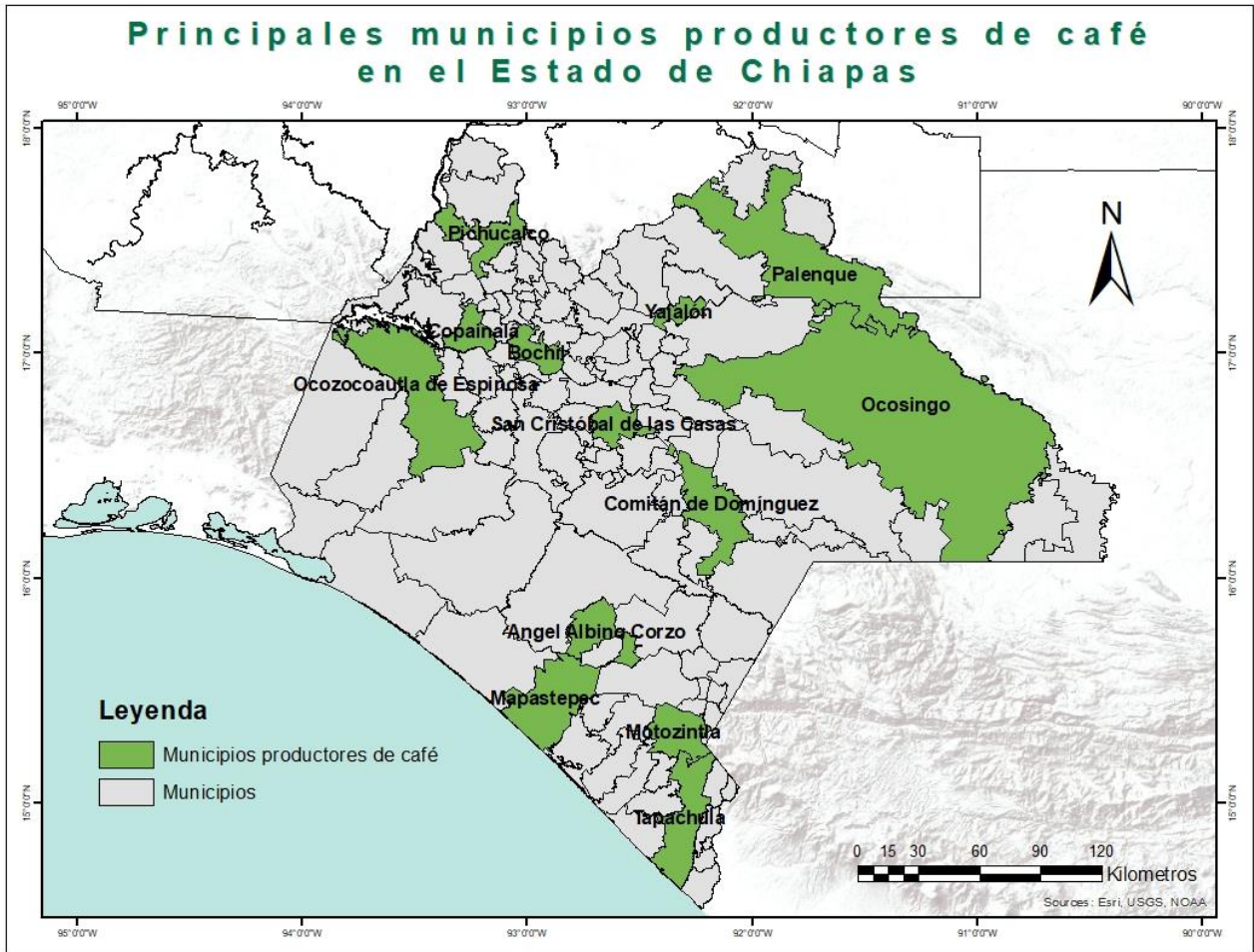
La cafecultura en Chiapas, emplea de manera directa a más de 180,000 familias en trabajos culturales de producción y comercialización del aromático en 88 municipios cafetaleros agrupados en 15 regiones socioeconómicas. (INCAFECH, 2019).

De acuerdo al Padrón Nacional Cafetalero, hay 180,856 productores en 253,764 hectáreas, esta actividad sustenta a más de un millón de chiapanecos que se dedican y benefician de la cadena productiva del café. Cabe señalar que el 61% de los productores de café son indígenas (INEGI, 2018).

Chiapas ocupa el primer lugar nacional en producción de café con el 35% de la superficie sembrada y el 41% de la producción nacional. (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2018).

3.6 Principales municipios productores de café en el Estado de Chiapas.

En el Estado de Chiapas los principales municipios productores de café son Ángel Albino Corzo, Bochil, Comitán de Domínguez, Copainalá, Mapastepec, Motozintla, Ocosingo, Ocozocoautla de Espinosa, Palenque, Pichucalco, San Cristóbal de las Casas, Tapachula y Yajalón. Aparte de los ya mencionados, hay 88 municipios aledaños que se dedican a la producción del café (mycoffeebox, 2018) (Mapa 8).



Elaboración propia con datos de mycoffebox, 2018

Mapa 8. Principales municipios productores de café en el Estado de Chiapas.

Fuente: mycoffebox, 2018

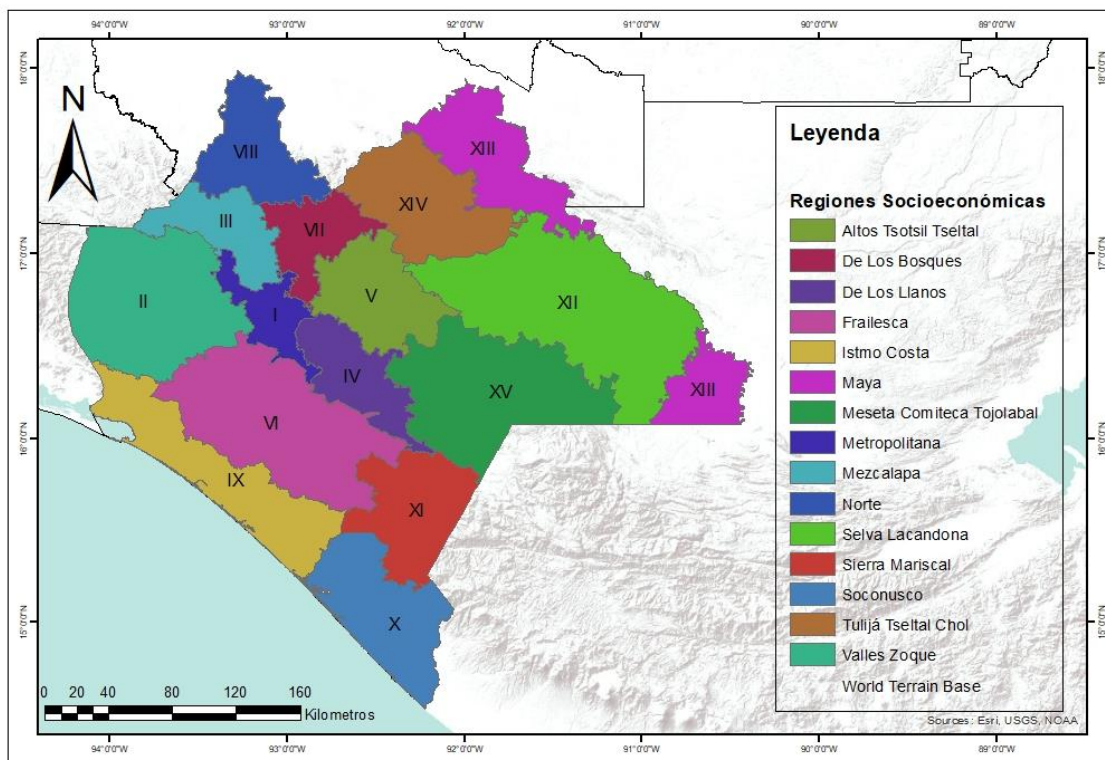
3.7 Regiones Económicas del Estado de Chiapas.

El estado está conformado por 122 municipios distribuidos en 15 regiones económicas. (Gobierno de Chiapas, 2018). (Cuadro 3) (Mapa 9).

Cuadro 3. Regiones económicas de Chiapas.

Región I. Metropolitana	Región IX. Istmo-Costa
Región II. Valles Zoque	Región X. Soconusco
Región III. Mezcalapa	Región XI. Sierra Mariscal
Región IV. De los Llanos	Región XII. Selva Lacandona
Región V. Altos Tsotsil-Tseltal	Región XIII. Maya
Región VI. Frailesca	Región XIV. Tulijá Tzeltal Chol
Región VII. De Los Bosques	Región XV. Meseta Comiteca Tropical
Región VIII. Norte	

Regiones Económicas del Estado de Chiapas



Elaboración propia con datos del Gobierno de Chiapas

Mapa 9. Regiones Económicas de Chiapas. **Fuente:** Gobierno de Chiapas

Capítulo IV

Metodología

1. Se llevó a cabo una revisión bibliográfica de las temáticas: cambio climático, vulnerabilidad, cultivo de café y de las unidades de producción del grano en el estado de Chiapas para obtener la información necesaria para realizar el índice de vulnerabilidad.
2. Se recopilaron bases de datos de la producción y productividad de las unidades de producción, así como de sus características socio-económicas con base en censos agropecuarios.
3. Se procesó información de escenarios de cambio climático del centro de ciencias de la atmósfera. Los modelos de circulación atmosférica que se utilizaron para esta investigación son: GFDL_CM3, HADGEM2_ES Y REA, los RFC ocupados fueron los 4.5 (emisiones bajas) y 8.5 (emisiones altas) y el horizonte que se utilizó fue el cercano. (2015-2039)
4. Se generó un índice de vulnerabilidad al cambio climático a partir del método propuesto por el centro de ciencias de la atmósfera (UNIATMOS) con modificaciones que están asociadas a la dinámica del café.

Los indicadores con los que está compuesto este índice de vulnerabilidad de las unidades de producción del café son: Exposición, Sensibilidad y Capacidad Adaptativa. Cada uno de ellos está compuesto por determinadas variables.

4.1 EXPOSICIÓN.

La exposición según el INECC (2012), se refiere al tipo y grado o naturaleza, a la que un sistema está expuesto a variaciones climáticas significativas. El análisis de cambio climático observado se relaciona con cambios del comportamiento de la precipitación, temperatura, y de eventos extremos. Ese análisis se debe basar en el clima observado y los escenarios de cambio climático (INECC, 2012).

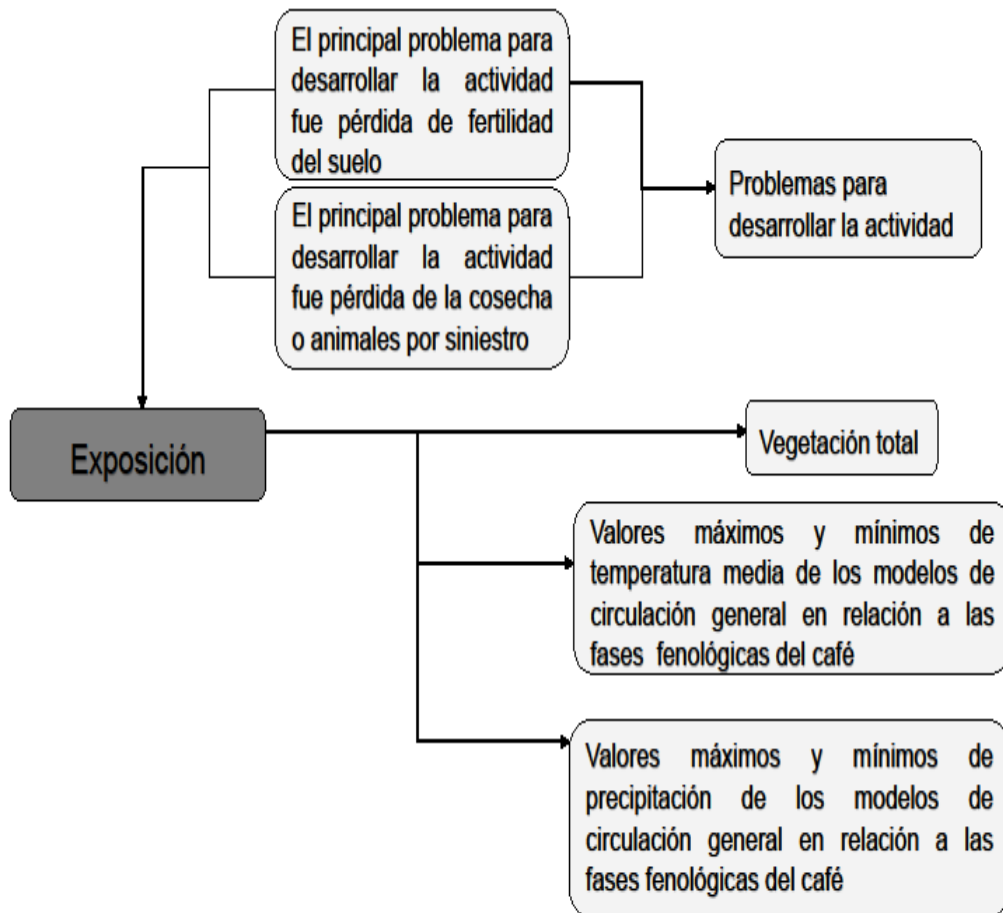


Figura 1. Datos utilizados en el cálculo de la exposición.

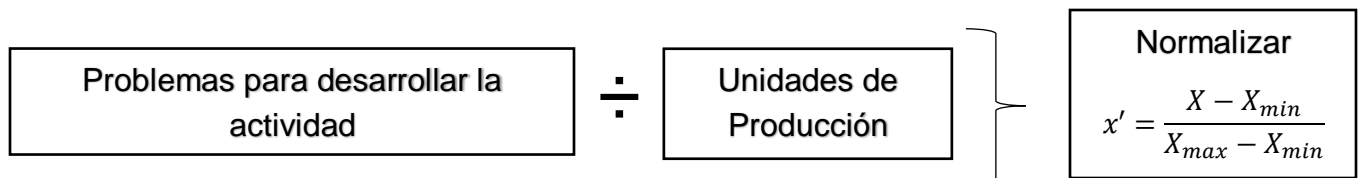
Para la elaboración del indicador exposición se utilizaron variables del Censo Agropecuario del 2007 y se estudiaron las fases fenológicas de la plata del café para ver qué tanto afectaba el cambio climático a éstas, para ello también se utilizaron tres modelos de circulación general tomando en cuenta el futuro cercano, estos modelos son: GFDL_CM3, HADGEM2_ES y REA.

Los modelos de circulación general seleccionados forman parte de los cinco modelos utilizados en la actualización de los escenarios de cambio climático para

estudios de impactos, vulnerabilidad y adaptación realizado por UNIATMOS, estos tres modelos son los más apropiados para la zona de estudio, se utilizaron los RFC 4.5 y 8.5 para tener una mejor variabilidad de cómo se podría comportar el clima futuro, de acuerdo con el INECC es apropiado usar más de un MCG y un forzamiento, esto debido a la incertidumbre. Se optó por utilizar solo un horizonte (cercano) debido a que la problemática del café ya tiene repercusiones actuales y se pretende tener soluciones cercanas.

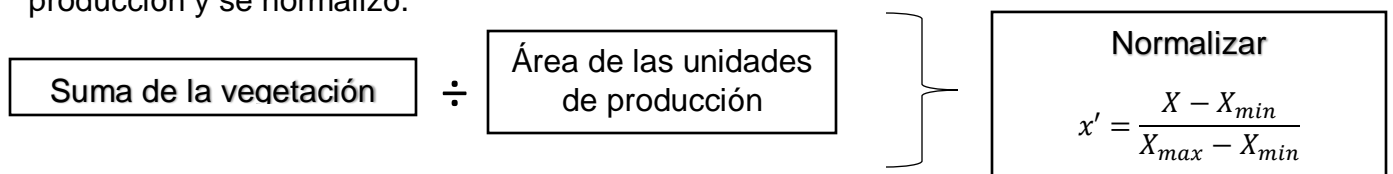
Las variables del Censo Agropecuario utilizadas fueron:

- El principal problema para desarrollar la actividad fue pérdida de fertilidad del suelo.
- El principal problema para desarrollar la actividad fue pérdida de la cosecha o animales por siniestro.



Estas variables fueron divididas entre las unidades de producción y normalizadas.

La variable suma de la vegetación se dividió entre el área de las unidades de producción y se normalizó.



Para estimar los valores máximos y mínimos de precipitación y temperatura media de los modelos de circulación general en relación con las fases fenológicas del café, primero se descargaron los siguientes datos mensuales de la página de UNIATMOS:

-Climatología base (1950-2000) Temperatura media mensual

-Climatología base (1950-2000) Precipitación

-Escenarios de temperatura media con base en el modelo GFDL-CM3 (RFC 4.5 y 8.5)

-Escenarios de precipitación con base en el modelo GFDL-CM3 3 (RFC 4.5 y 8.5)

-Escenarios de temperatura media con base en el modelo HADGEM2-ES (RFC 4.5 y 8.5)

-Escenarios de precipitación con base en el modelo HADGEM2-ES (RFC 4.5 y 8.5)

-Escenarios de temperatura media con base en el modelo REA (RFC 4.5 y 8.5)

-Escenarios de precipitación con base en el modelo REA (RFC 4.5 y 8.5)

Posteriormente se utilizó la herramienta Zonal Statistics as Table, para obtener el promedio de los datos de precipitación y temperatura media, después se utilizó Excel para obtener los datos máximos y mínimos de los modelos y escoger los mejores modelos para el trabajo.

Cuadro 4. Valores máximos y mínimos de precipitación y temperatura media de cada modelo.

PROMEDIO PRECIPITACIÓN							
Meses	Actual	Media GFDL_CM3 RCP 45	Media GFDL_CM3 RCP 85	Media HADGEM2_ES RCP 45	Media HADGEM2_ES RCP 85	Media REA RCP 45	Media REA RCP85
Enero	56.23	53.65	59.71	54.78	56.54	52.73	52.7
Febrero	48.62	41.01	45.74	44.87	49.94	44.09	44.26
Marzo	46.92	37.07	39.15	45.29	46.79	41.91	41.3
Abril	62.9	52.4	58.61	54.8	52.13	57.56	57.01
Mayo	128.83	117.45	122.12	128.68	116.66	120.91	122.49
Junio	314.59	310.54	308.24	316.92	296.01	304.25	302.24
Julio	320.35	304.35	293.41	331.82	301.32	302.95	301.89
Agosto	305.56	308.59	301.28	283.79	280.59	297.17	295.22
Septiembre	368.23	361.81	361.16	365.39	373.85	361.93	364.83
Octubre	220.13	228.79	244.1	191.22	208.02	222.24	222.35
Noviembre	103.74	119.04	109.76	120.91	132.91	99.69	99.74
Diciembre	67.91	64.99	64.01	68.23	74.29	63.52	64.13

PROMEDIO TEMPERATURA MEDIA							
Meses	Actual	Media GFDL_CM3 RCP 45	Media GFDL_CM3 RCP 85	Media HADGEM2_ES RCP 45	Media HADGEM2_ES RCP 85	Media REA RCP 45	Media REA RCP85
Enero	18.36	19.5344278	19.43	19.69	19.85	19.19	19.35
Febrero	19.44	20.3364641	20.44	20.53	20.44	20.42	20.53
Marzo	21.18	22.5019381	22.51	22.25	22.17	22.34	22.29
Abril	23.15	24.7032663	24.69	24.56	24.31	24.44	24.58
Mayo	23.99	25.7807004	25.63	25.52	25.88	25.29	25.18
Junio	23.56	25.2450118	25.1	24.89	24.91	24.76	24.74
Julio	22.85	24.5112652	24.66	24.02	24.24	24.07	24.22
Agosto	23.07	24.6351954	24.94	24.31	24.66	24.23	24.32
Septiembre	22.68	24.325643	24.49	24.22	24.4	23.75	23.89
Octubre	21.6	23.1431412	22.97	23.03	23.26	22.61	22.76
Noviembre	20.01	21.6569195	21.54	21.69	21.84	21.04	21.07
Diciembre	18.85	20.28	20.3	20.42	20.13	19.8	19.87

Se escogieron los modelos de circulación general que contenían los valores máximos y mínimos de precipitación: GFDL_CM3 con RFC 8.5 y HADGEM_ES con RFC 8.5, y de temperatura media: HADGEM2_ES con RFC 8.5 y REA con RFC 4.5 como se muestra a continuación:

Cuadro 5. Selección de los modelos utilizados.

PRECIPITACIÓN						
Meses	GFDL CM3 45	GFDL CM3 85	HADGEM2 ES 45	HADGEM2 ES 85	REA 45	REA 85
Enero		X				X
Febrero	X			X		
Marzo	X			X		
Abril		X		X		
Mayo			X	X		
Junio			X	X		
Julio		X	X			
Agosto	X			X		
Septiembre		X		X		
Octubre		X	X			
Noviembre				X	X	
Diciembre				X	X	

TEMPERATURA MEDIA						
Meses	GFDL CM3 45	GFDL CM3 85	HADGEM2 ES 45	HADGEM2 ES 85	REA 45	REA 85
Enero				X	X	
Febrero	X					X
Marzo		X		X		
Abril	X			X		
Mayo				X		X
Junio	X					X
Julio		X	X			
Agosto		X			X	
Septiembre		X			X	
Octubre				X	X	
Noviembre				X	X	
Diciembre			X		X	

X= Valores Altos
X= Valores Bajos

Los modelos con más valores máximos y mínimos se sumaron con el clima actual y después se dividieron entre dos para sacar el promedio para cada mes como se muestra en el (Cuadro 6) para precipitación y el (Cuadro 7) para temperatura, como ejemplo del mes de Enero.

Cuadro 6. Promedio de los escenarios de precipitación.

ENERO PRECIPITACIÓN								
FID	COUNT	AREA	MEAN	Media GFDL CM3 RCP _85	Media REA RCP 85	Suma de los dos modelos	Promedio	ENE_CON
0	28	0.001944	84.71429	85.39286	82.71429	168.10715	84.053575	0
1	54	0.00375	37.07407	35.62963	35.07407	70.7037	35.35185	0
2	2	0.000139	21	19	19	38	19	0
3	12	0.000833	55.66667	56.58333	53.66667	110.25	55.125	0
4	25	0.001736	37.08	35.84	33.16	69	34.5	0
5	28	0.001944	160.3214	165.1429	158.3214	323.4643	161.73215	0
.....10312	303	0.021042	10.23762	6.349835	5.237624	11.587459	5.7937295	0

Cuadro 7. Promedio de escenarios en temperatura media.

ENERO TEMPERATURA MEDIA								
FID	COUNT	AREA	Media Actual	Media HADGEM2 ES RCP 85	Media REA RCP 45	Suma de los dos modelos	Promedio	ENE_CON
0	28	0.001944	17.38929	19.05	18.28929	37.33929	18.669645	0
1	54	0.00375	12.78889	14.05185	13.58889	27.64074	13.82037	0
2	2	0.000139	25.55	27	26.45	53.45	26.725	0
3	12	0.000833	20.55	21.875	21.45	43.325	21.6625	0
4	25	0.001736	20.588	22.8	21.492	44.292	22.146	0
5	28	0.001944	22.75714	24.125	23.65714	47.78214	23.89107	0
.....10312	303	0.021042	27.2429	28.35545	28.1429	56.49835	28.249175	0

Cuadro 8. Parámetros climáticos y edafológicos para el cultivo de café.

	<i>Cofea arabica</i>		<i>Cofea robusta</i>	
	Min	Max	Min	Max
Precipitación apta (mm)	750	4200	900	4000
Precipitación optima (mm)	1200	1800	1700	3000
Temperatura apta (°C)	13	30	12	36
Temperatura optima (°C)	16	21	20	30
pH del suelo apto	5	6	5	6.3
pH del suelo óptimo	4.5	7	4	8
Altitud apta (msnm)	1000	2400	100	700
Altitud óptima (msnm)	1200	1700	200	900
Pendiente Apta	0	60	0	60
Pendiente Optima	0	45	0	45

Para el cultivo de café se tomaron en cuenta las siguientes variables; temperatura máxima, temperatura mínima, precipitación, porcentaje de pendiente, pH y altitud; y se establecieron a partir de la base de datos de Ecocrop (FAO, 2000) los rangos de valores óptimos y aptos para cultivo de café en cada una de las variables como se muestra en el (Cuadro 8).

Se tomaron los valores aptos y óptimos para cada variedad tanto para *coffea arabica* como para *coffea robusta* del cultivo, tomando en cuenta las necesidades de temperatura y precipitación dependiendo la fase fonológica en la que se encuentre el café en cada mes del año como se muestra en el (Cuadro 9).

Cuadro 9. Límites de temperatura y precipitación tomando como referencia las fases fenológicas del café.

Meses	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero
Ciclo Vegetativo		Crecimiento Vegetativo							Crecimiento Vegetativo			
		Crecimiento de hojas					Reposo Poda		Formación de yemas foliares			
Ciclo Reproductivo		Crecimiento de Organos Reproductivos										
		Llenado del grano		Maduración del fruto				Inducción	Floración			Llenado de grano
									Cosecha comercial			
Temperatura	En un rango óptimo de 18 a 22°C y apto de 14 a 30°C											
Precipitación	No mayor a 30°C											
Déficit hídrico												
		Sensible					Tolerante					Sensible
	Uniformemente distribuida no mayor a 220mm mensuales			no 50 mm mensuales			Uniformemente distribuida no mayor a 220mm mensuales					

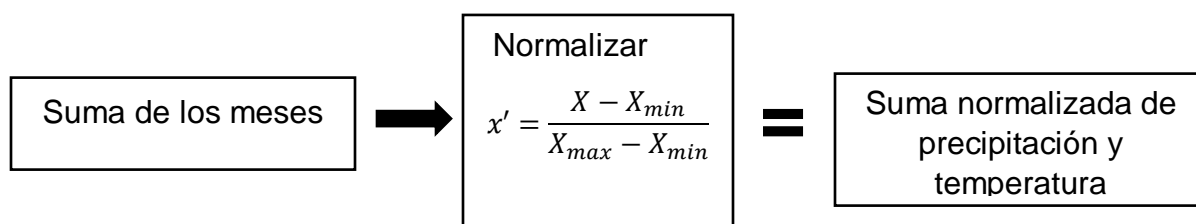
Dadas las fases fenológicas del café, cuando los meses de Enero, Febrero, Marzo, Abril, Mayo, Junio, Octubre, Noviembre, Diciembre superaron los 220 mm en precipitación, se les asignó el número uno, si no lo superaron se les asignó el número cero y cuando los meses de Julio, Agosto, Septiembre superaron los 50 mm en precipitación, se les asignó uno y cuando no lo superaron se les asignó cero, como se muestra en el (Cuadro 10). El uno significa que hay una afectación en la temperatura y precipitación.

Cuadro 10. Afectación de cada mes en precipitación y temperatura.

PRECIPITACIÓN														
FID	ENE_CON	FEB_CON	MAR_CON	ABR_CON	MAY_CON	JUN_CON	JUL_CON	AGO_CON	SEP_CON	OCT_CON	NOV_CON	DIC_CON	SUMA	SUM_EST_P
0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	5	0.5
1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	3	0.3
2	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	6	0.6
3	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	4	0.4
4	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	3	0.3
5	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	5	0.5
6	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	6	0.6
7	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	5	0.5
8	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	6	0.6
9	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	5	0.5
10	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	4	0.4
.....10312	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	4	0.4

TEMPERATURA MEDIA														
FID	ENE_CON	FEB_CON	MAR_CON	ABR_CON	MAY_CON	JUN_CON	JUL_CON	AGO_CON	SEP_CON	OCT_CON	NOV_CON	DIC_CON	SUMA	SUM_EST_T
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0.2
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
.....10312	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	2	0.4

Se sumaron todos los resultados de los meses y después se normalizaron los datos



Por ultimo para obtener el indicador exposición se sumaron las cuatro variables y se dividieron entre cuatro, posteriormente se normalizó y después se clasificó en

cinco categorías (Muy baja, Baja, Media, Alta y Muy alta) para su posterior espacialización.

4.2 SENSIBILIDAD

Como se explicó anteriormente, para elaborar un índice de vulnerabilidad se necesitan indicadores relacionados con aspectos físicos, económicos y sociales.

- **¿Qué es la Sensibilidad?**

La sensibilidad se entiende como el grado en el que un sistema es potencialmente modificado o afectado por un disturbio. Se forma típicamente por atributos biofísicos del sistema, donde se incluye la topografía, la capacidad de los diferentes suelos para resistir la erosión y el tipo de cobertura. Cabe mencionar que también se refiere a las actividades humanas que afectan y modifican la construcción física de un sistema. Como la mayoría de los sistemas se han adaptado a la situación actual, la sensibilidad ya incluye la adaptación histórica y reciente. Los factores sociales como la densidad de la población deben ser tomados como sensibilidades si influyen en el cambio climático (Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo (BMZ), la unidad especial del “Clima“, 2016).

En el presente trabajo se estimó la sensibilidad a partir del tipo de agricultura familiar que está usando el productor. Es importante resaltar la importancia de la agricultura familiar en la seguridad alimentaria, ya que genera empleos agrícolas, la mitigación de la pobreza, conservación de la biodiversidad y tradiciones culturales. (Salcedo & Guzmán, 2014). La FAO (2014) define a la agricultura familiar como todas las actividades agrícolas de base familiar y está relacionada con varios ámbitos del desarrollo rural. La agricultura familiar es una forma de clasificar la producción agrícola, forestal, pesquera, pastoril y acuícola gestionada y operada por una familia y que depende principalmente de la mano de obra familiar, incluyendo tanto a mujeres como a hombres.

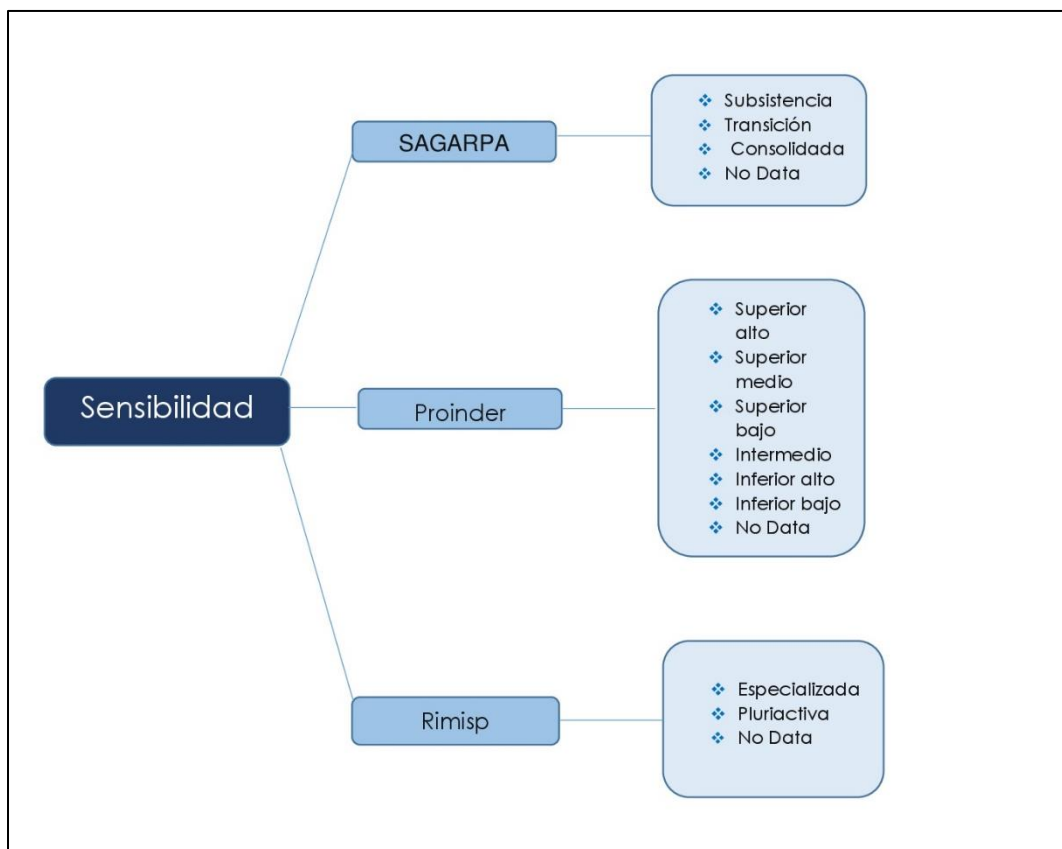


Figura 2. Datos utilizados en el cálculo de la sensibilidad.

En este trabajo para obtener la sensibilidad se tomaron en cuenta tres visiones institucionales de agricultura familiar:

1. **Visión de la FAO-Sagarpa (2012):** entiende que la agricultura familiar o pequeña agricultura está compuesta por “los productores agrícolas, pecuarios, silvicultores, pescadores artesanales y acuicultores de recursos limitados que, pese a su gran heterogeneidad, poseen las siguientes características principales: acceso limitado a recursos de tierra y capital, uso preponderante de fuerza de trabajo familiar, siendo el (la) jefe(a) de familia quien participa de manera directa en el proceso productivo; es decir, aun cuando pueda existir cierta división del trabajo, el (la) jefe(a) de familia no asume funciones exclusivas de gerente, sino que es un trabajador más del núcleo familiar.

2. **Visión de Proinder-IIICA (2007):** define a la Agricultura Familiar como un conjunto heterogéneo de productores y sus familias (entre ellos los campesinos en su concepción clásica) que reúnen los siguientes requisitos: intervienen en forma directa en la producción aportando el trabajo físico y la gestión productiva, no contratan mano de obra permanente; cuentan con limitaciones de tierra, capital y tecnología.

3. **Visión de FIDA-Rimisp (2014):** entiende que la agricultura familiar se refiere al ejercicio de una actividad económica, llevada a cabo por un grupo social unido por lazos de parentesco o de sangre, la familia, que trabaja y genera productos, bienes y servicios. Incluye una forma social de trabajo y de producción en la que una actividad (la agricultura) es realizada por un grupo doméstico unido por lazos familiares

Características que tienen en común las diferentes definiciones de Agricultura Familiar:

- En las explotaciones predomina el trabajo familiar.
- La administración de la unidad económico-productiva se le adjudica a la/el jefa/e de hogar.
- El tamaño de la explotación y/o de la producción es un factor determinante para su clasificación.

Para la elaboración del indicador de sensibilidad se tomaron las categorías que cada una de las instituciones utilizó y que se muestran en los cuadros 11, 12 y 13.

Cuadro 11. Categorías de sensibilidad propuestas por SAGARPA.

SAGARPA	Categorización
Subsistencia (> 50% UP todo al consumo familiar y de animales)	3
Transición (En las AC en donde predominan las UP que venden: >50% UP que comercializan mediante intermediarios y mayoristas)	2
Consolidada (En las AC en donde predominan las UP que venden: >50% UP que comercializan mediante agroindustrias, cadenas comerciales, exportación, procesamiento)	1
No data... (agricultura de riego o no hay unidades de producción)	0

Cuadro 12. Categorías de sensibilidad propuestas por PROINDER.

PROINDER	Categorización
Superior alto (cumple las 3 condiciones)	1
Superior medio (cumple con marginación y sólo una de las variables)	2
Superior bajo (sólo cumple con el criterio de marginación)	3
Intermedio (marginación media)	4
Inferior alto (Cumple los dos filtros: marginación y pluriactivos)	5
Inferior bajo (Cumple sólo marginación)	6
No Data	0

Cuadro 13. Categorías de sensibilidad propuestas por RIMISP.

RIMISP	Categorización
Especializada	1
Pluriactiva	0.5
No Data	0

Se categorizaron cada una de las subvariables, después se normalizaron, se sumaron las tres variables: SAGARPA, Proinder y Rimisp. Por último, se dividió entre 3 para tener el resultado de sensibilidad. Después se clasificó en cinco

categorías (Muy baja, Baja, Media, Alta y Muy alta) para su posterior espacialización.

4.3 CAPACIDAD ADAPTATIVA

El IPCC describe a la capacidad adaptativa como la capacidad de un sistema para ajustarse al cambio climático para moderar los daños potenciales, aprovechar las oportunidades, o para hacer frente a las consecuencias (IPCC, 2007). La capacidad adaptativa de una sociedad refleja su capacidad de modificar sus características o comportamientos para poder enfrentar de una mejor manera a los factores que impulsan el cambio. (UNIATMOS, 2014).

Para comprender la naturaleza de los capitales fue necesario partir del concepto de medio de vida. Este enfoque nació a finales de la década de 1980 como respuesta a la necesidad de contar con un marco propicio para el análisis integral de las estrategias de vida de los hogares rurales (D. Stoian y J. Donovan, 2004).

Chambers y Conway (1991) entienden que un medio de vida comprende las posibilidades, activos (incluyendo recursos tanto materiales como sociales) y actividades necesarias para ganarse la vida. Un medio de vida es sostenible cuando puede soportar tensiones y choques y recuperarse de los mismos, y a la vez mantener y mejorar sus posibilidades y activos, tanto en el presente como en el futuro, sin dañar la base de recursos naturales existente.

El análisis de medios de vida ha surgido como un enfoque que permite entender las relaciones del ser humano con su ambiente a nivel familiar (Ellis 1998, Bebbington, 1999). Generalmente este enfoque ha sido utilizado para entender las implicaciones de las decisiones de las familias rurales en la seguridad de sus medios de vida y el medio del cual dependen (R. Díaz et. al, 2008). El análisis de medios de vida también ha proporcionado herramientas para entender como algunas familias no

pueden afrontar con eficacia las presiones exógenas y cambios en el ambiente tanto como institucional o biofísico (Eakin, 2006).

Los activos o capitales hacen referencia a los bienes tangibles e intangibles, capacidades y demás recursos que tienen las personas o que pueden acceder a ellos para alcanzar sus objetivos de medios de vida. Están representados en un pentágono que simboliza el nivel de acceso que tienen las personas a estos. Lo ideal sería que este pentágono fuera simétrico, lo que indicaría un acceso equilibrado en los 5 tipos de capitales. (M. Urueña, L. Martínez, 2017). Los cinco capitales se definen a continuación:

- 1. Capital Humano:** Este permite a las personas desarrollar diferentes estrategias de medios de vida para lograr sus objetivos. Como ejemplos: competencias, conocimiento, capacidad de trabajo y salud.
- 2. Capital social:** Este habla de redes e interconexiones (tanto verticales como horizontales) que incrementan su capacidad de trabajar juntas y amplían su acceso a instituciones mayores. Como ejemplos: pertenencia a grupos formalizados, relaciones de confianza y reciprocidad.
- 3. Capital natural:** Son los recursos y las reservas naturales de los que dependen las personas, tales como tierras, bosques y otros.
- 4. Capital físico:** Son las infraestructuras básicas y bienes de producción. Ejemplos: refugios, edificios, herramientas, equipamientos, semillas, ganado, transporte accesible y comunicaciones.
- 5. Capital financiero:** Este se refiere a la disponibilidad de efectivo o equivalente, que permite a las personas adoptar diferentes estrategias en

relación con los medios de vida. Ejemplos: ahorros, capitales líquidos (ganado o joyas), créditos, pensiones o giros

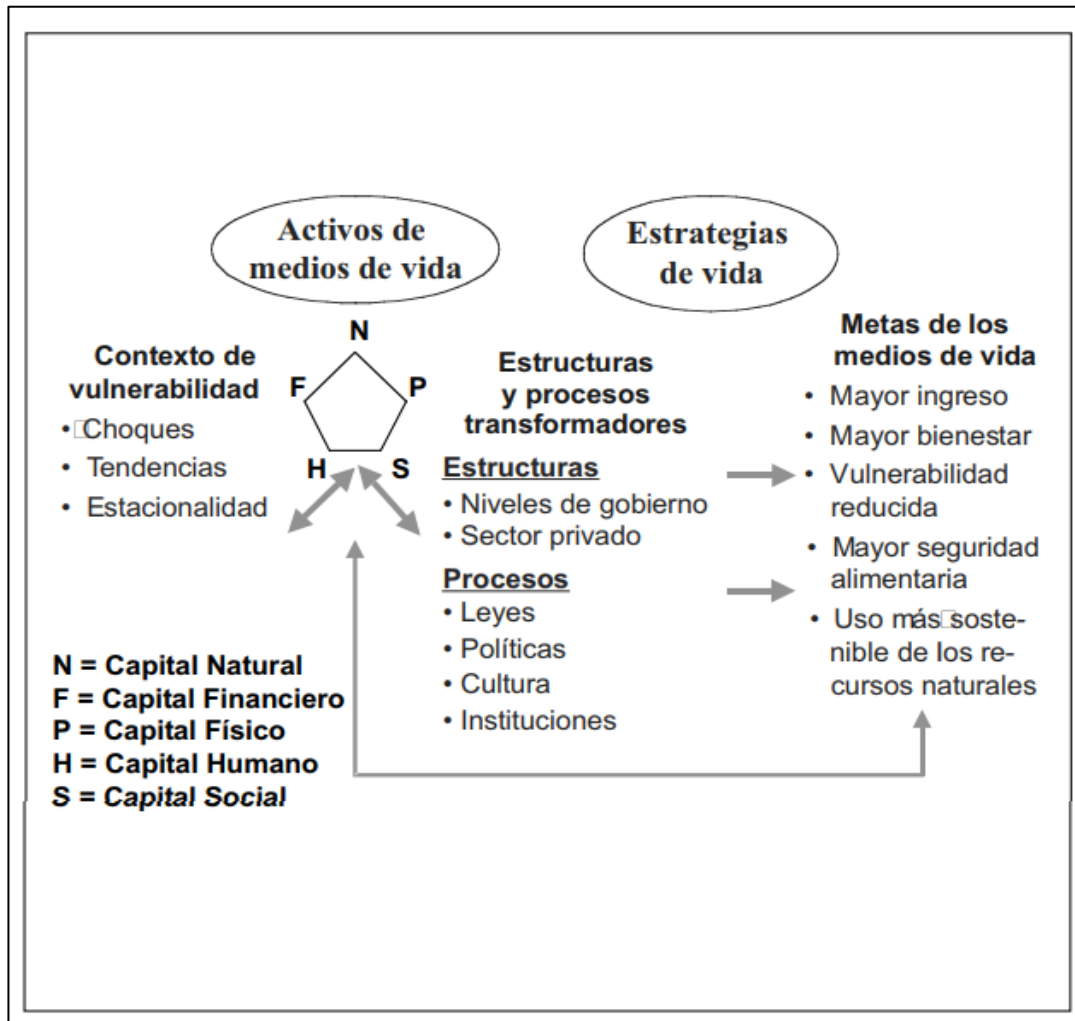


Imagen 2. Enfoque de medios de vida según el Departamento para el Desarrollo Internacional (DFID, por sus siglas en inglés), adaptado de Ashley y Carney (1999).

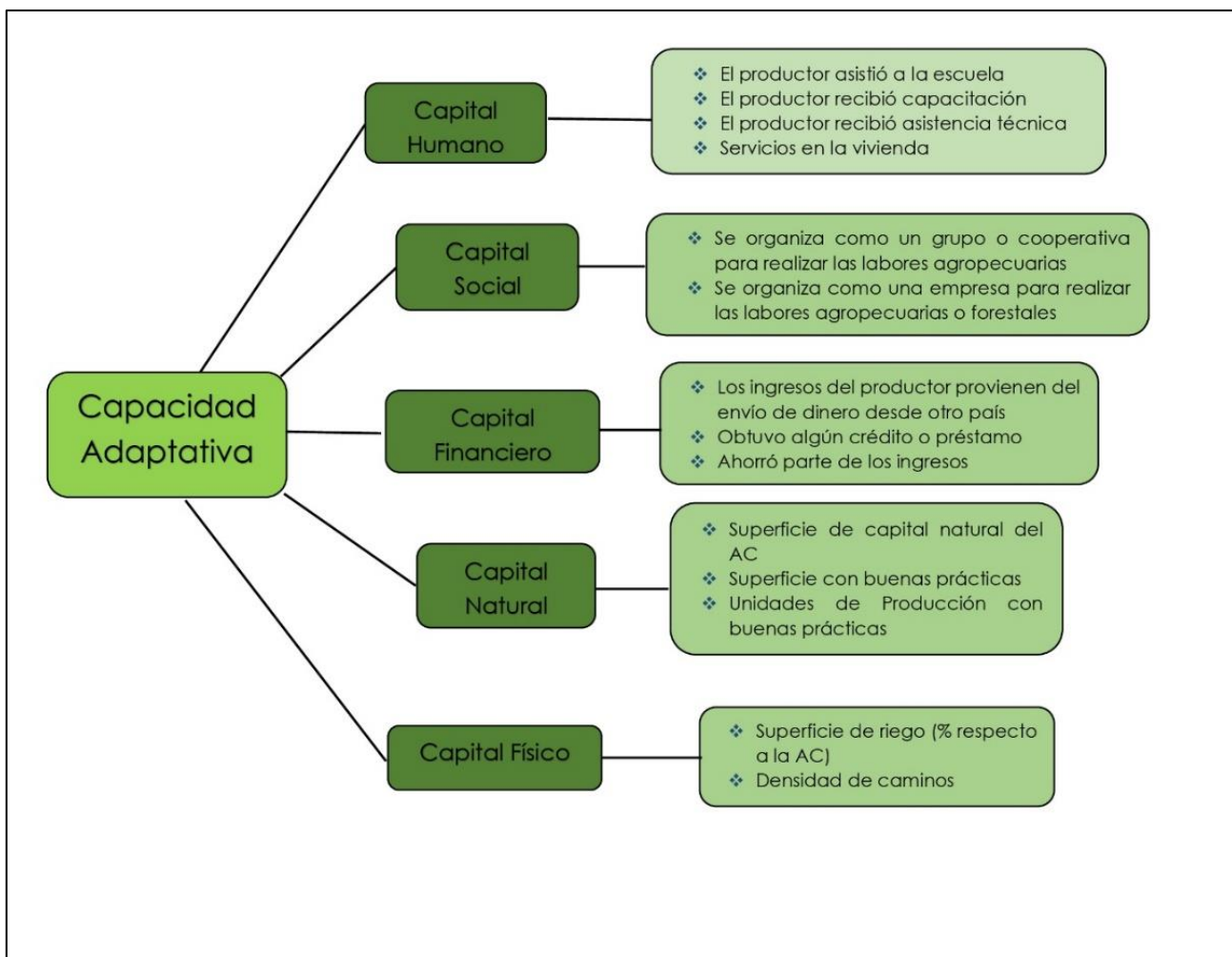


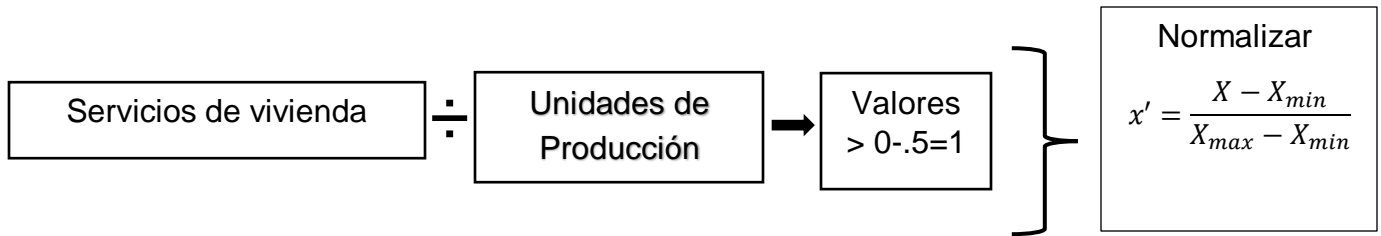
Figura 3. Datos utilizados para el cálculo de la capacidad adaptativa obtenidos del censo agropecuario 2007.

Para la elaboración del indicador capacidad adaptativa, se utilizaron las variables del censo agropecuario 2007 y la densidad de caminos para crear cada uno de los cinco capitales.

Para el capital humano se usaron cuatro variables:

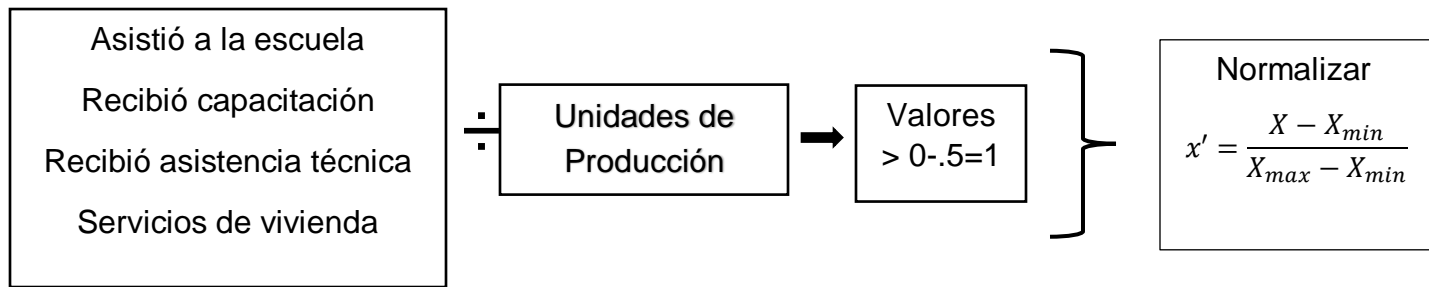
- El productor asistió a la escuela (%)
- El productor recibió capacitación (%)
- El productor recibió asistencia técnica (%)
- Servicios en la vivienda

SERVICIOS DE VIVIENDA



Servicios de vivienda se obtuvo de un índice compuesto por variables del censo agropecuario 2007, este índice señala si la vivienda cuenta con agua, energía eléctrica, gas, piso de cemento y paredes de tabique.

CAPITAL HUMANO

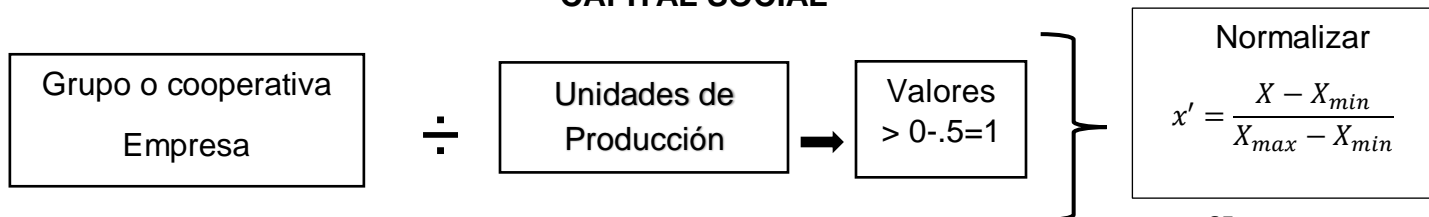


Cada una de las variables se dividió entre la unidad de producción, los resultados mayores a 0.5 se aproximaron a 1, después se sumaron y se dividieron entre cuatro para después normalizarlo.

Para el capital social se usaron dos variables del censo agropecuario 2007:

- Se organiza como un grupo o cooperativa para realizar las labores agropecuarias forestales (%)
- Se organiza como una empresa para realizar las labores agropecuarias o forestales (%)

CAPITAL SOCIAL

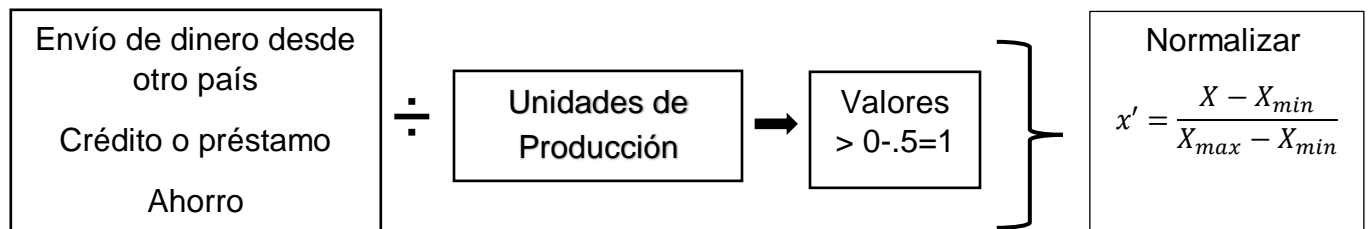


Cada una de las variables se dividió entre las unidades de producción, los resultados mayores a 0.5 se aproximaron a 1, después se sumaron y se dividieron entre dos para después normalarlo.

Para el capital financiero se tomaron tres variables del censo agropecuario 2007:

- Los ingresos del productor provienen del envío de dinero desde otro país (%)
- Obtuvo algún crédito o préstamo (%)
- Ahorró aparte de los ingresos

CAPITAL FINANCIERO

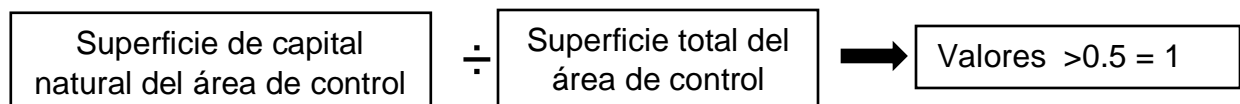


Cada una de las variables se dividió entre las unidades de producción, los resultados mayores a 0.5 se aproximaron a 1, después se sumaron y se dividieron entre tres, para después normalizarlo.

Para el capital natural se usaron tres variables del censo agropecuario del 2007:

- Superficie de capital natural del área de control (%)
- Superficie con buenas prácticas
- Unidades de producción con buenas prácticas

SUPERFICIE DE CAPITAL NATURAL DEL ÁREA DE CONTROL



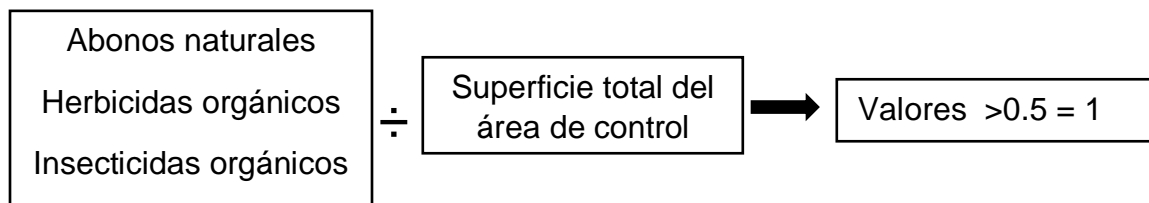
La superficie de capital natural del área de control se dividió entre la superficie total del área de control, los valores mayores a 0.5 se aproximaron a 1.

Superficie con buenas prácticas y unidades de producción con buenas prácticas son índices compuestos con variables del censo agropecuario 2007.

En el índice de superficie con buenas prácticas se utilizaron estas variables:

- Abonos naturales
- Herbicidas orgánicos
- Insecticidas orgánicos

ÍNDICE DE SUPERFICIE CON BUENAS PRÁCTICAS

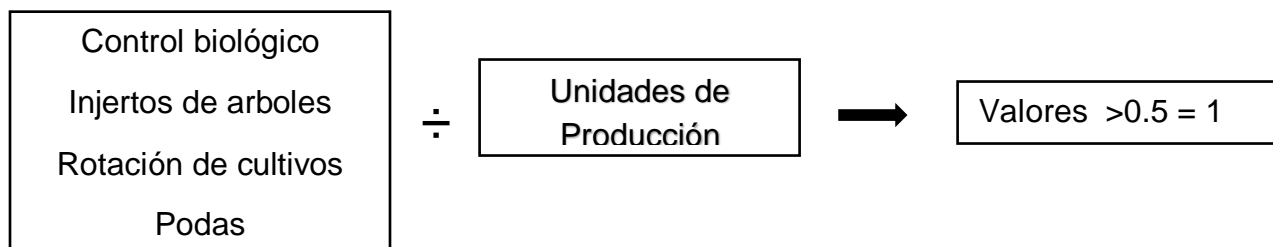


Estas variables se dividieron entre la superficie total del área de producción, los resultados mayores a 0.5 se aproximaron a 1, después se sumaron y se dividieron entre tres.

En el índice de unidades de producción con buenas prácticas se utilizaron estas variables:

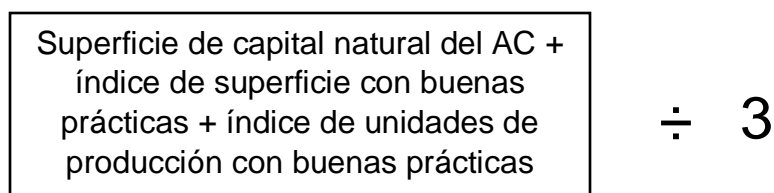
- Control biológico
- Injertos de arboles
- Rotación de cultivos
- Podas

ÍNDICE DE UNIDADES DE PRODUCCIÓN CON BUENAS PRÁCTICAS



Estas variables se dividieron entre las unidades de producción, los resultados mayores a 0.5 se aproximaron a 1, después se sumaron y se dividieron entre cuatro.

CAPITAL NATURAL

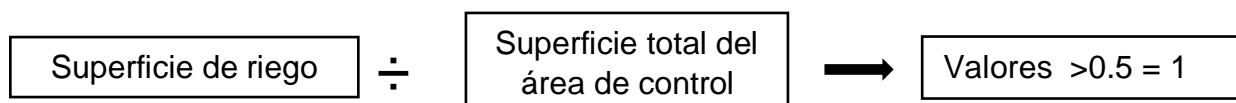


Para el resultado final del capital natural se sumaron las variables y se dividieron entre tres, para después normalizarlo.

Para el capital físico se tomaron las variables del censo agropecuario 2007 y densidad de caminos, las variables fueron:

- Superficie de riego (% respecto a la AC)
- Densidad de caminos

SUPERFICIE DE RIEGO



La variable de superficie de riego se dividió entre la superficie total del área de control, los resultados mayores a 0.5 se aproximaron a 1.

Densidad de caminos se obtuvo con un kernel de densidad del shapefile de red v 2017 de INEGI, posteriormente los resultados se normalizaron.

CAPITAL FÍSICO

$$\boxed{\text{Superficie de riego} + \text{Densidad de caminos}} \div 2$$

Para obtener el capital físico se sumaron las variables y se dividieron entre 2.

Para obtener el resultado final de Capacidad Adaptativa, se sumaron los cinco capitales, se dividieron entre cinco, y por último se normalizó el resultado.

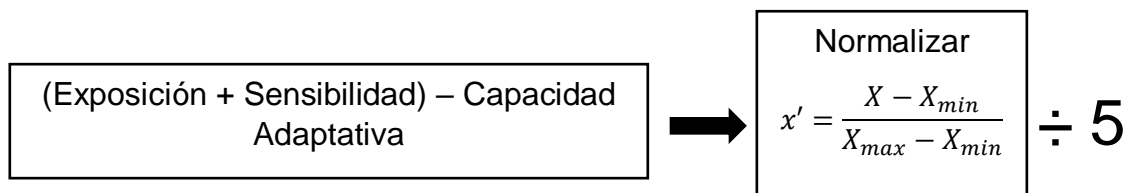
CAPACIDAD ADAPTATIVA

$$\begin{array}{c} \boxed{\begin{array}{c} \text{Capital humano} \\ + \\ \text{Capital Social} \\ + \\ \text{Capital Financiero} \\ + \\ \text{Capital Natural} \\ + \\ \text{Capital Físico} \end{array}} \div 5 \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{c} \boxed{\begin{array}{c} \text{Capital humano} \\ + \\ \text{Capital Social} \\ + \\ \text{Capital Financiero} \\ + \\ \text{Capital Natural} \\ + \\ \text{Capital Físico} \end{array}} \right\} \begin{array}{c} \boxed{\begin{array}{c} \text{Normalizar} \\ \\ x' = \frac{X - X_{min}}{X_{max} - X_{min}} \end{array}} \end{array}$$

Para obtener la vulnerabilidad de las unidades de producción de café en el estado de Chiapas ante el cambio climático, se decidió asignar el mismo valor a los tres indicadores: exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa. Se utilizó la siguiente fórmula para obtener la vulnerabilidad:

$$Vulnerabilidad = (Exposición + Sensibilidad) - Capacidad Adaptativa$$

La exposición y la sensibilidad sumadas representan el impacto del cambio climático a las unidades de producción de café. Por su parte, la capacidad adaptativa, representa el potencial humano y económico de implementar acciones.



Para finalmente obtener el índice de vulnerabilidad se sumaron los indicadores de exposición y sensibilidad, después se le restó capacidad adaptativa, obtenido el valor de la vulnerabilidad, éste se normalizó y posteriormente se obtuvieron cinco categorías (Muy baja, Baja, Media, Alta y Muy alta) para su posterior espacialización.

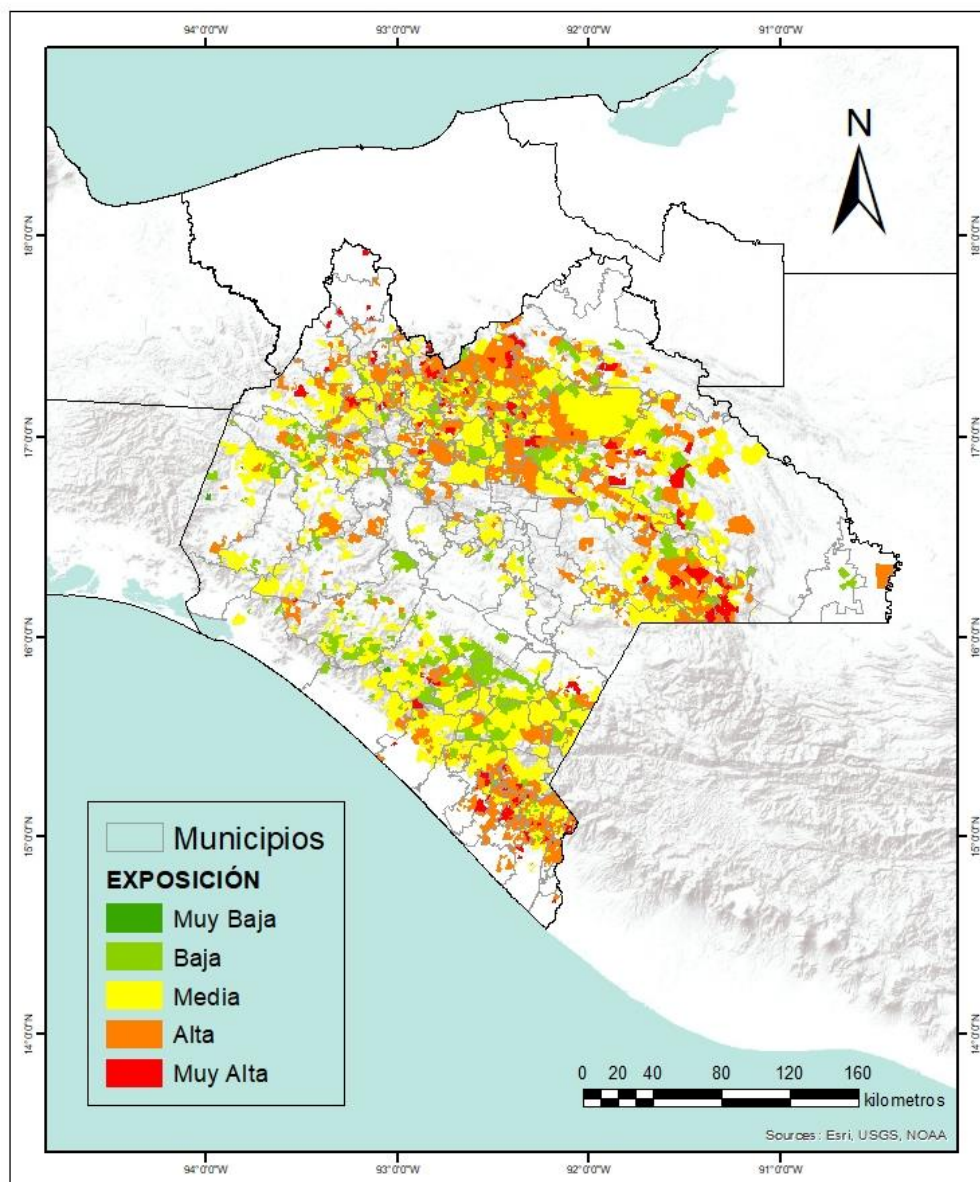
RESUMEN.

En este capítulo se presentan los resultados que se obtuvieron siguiendo la metodología anteriormente descrita. Se divide en cuatro apartados, donde se muestra cada uno de los elementos de la fórmula de vulnerabilidad y su distribución respecto a las unidades de producción cafetaleras así como el volumen de producción asociado.

5.1 Exposición del café ante el cambio climático.

En el mapa 10 se observan los distintos grados de exposición al cambio climático de los cultivos de café en el estado de Chiapas. Se puede observar que el 11.33% de las unidades de producción dedicadas a la producción del café se encuentran en las categorías bajas de exposición; mientras que 45.32 % se encuentra en las categorías medias. Las unidades de producción de café en el estado de Chiapas con una alta exposición al cambio climático (43.35 %), se concentran en la región del Soconusco, la Selva Zoque, las Montañas del Norte, los Altos y algunas zonas dispersas de la Selva Maya. Los cultivos de café presentes en la sierra madre destacan con categorías de exposición medias y bajas. Cabe destacar que el volumen de producción podría verse afectado por el cambio climático, ya que las categorías altas y muy altas concentran el 43.35 % del volumen de producción de café en el estado (Cuadro 14).

Exposición del café ante el cambio climático



Elaboración propia

Mapa 10. Exposición del café ante el cambio climático en Chiapas.

En el cuadro 14 se puede observar el número de unidades de producción dedicadas al café y la distribución de éstas en las categorías de exposición; las categorías altas (alta y muy alta exposición) agrupan el 43.35%, la categoría de exposición media el

45.32% y las bajas (baja y muy baja exposición) el 11.33% de las unidades dedicadas al café. El 43.43% de la superficie cosechada que se encuentra en las categorías altas de exposición, un 44.45% en la categoría media y en las categorías bajas un 12.11%. El 43.35% del volumen de la producción de café se encuentra en las categorías altas de exposición, el volumen de producción que se encuentra en la categoría media es de 44.38% y en las bajas el volumen de producción es de 12.27%.

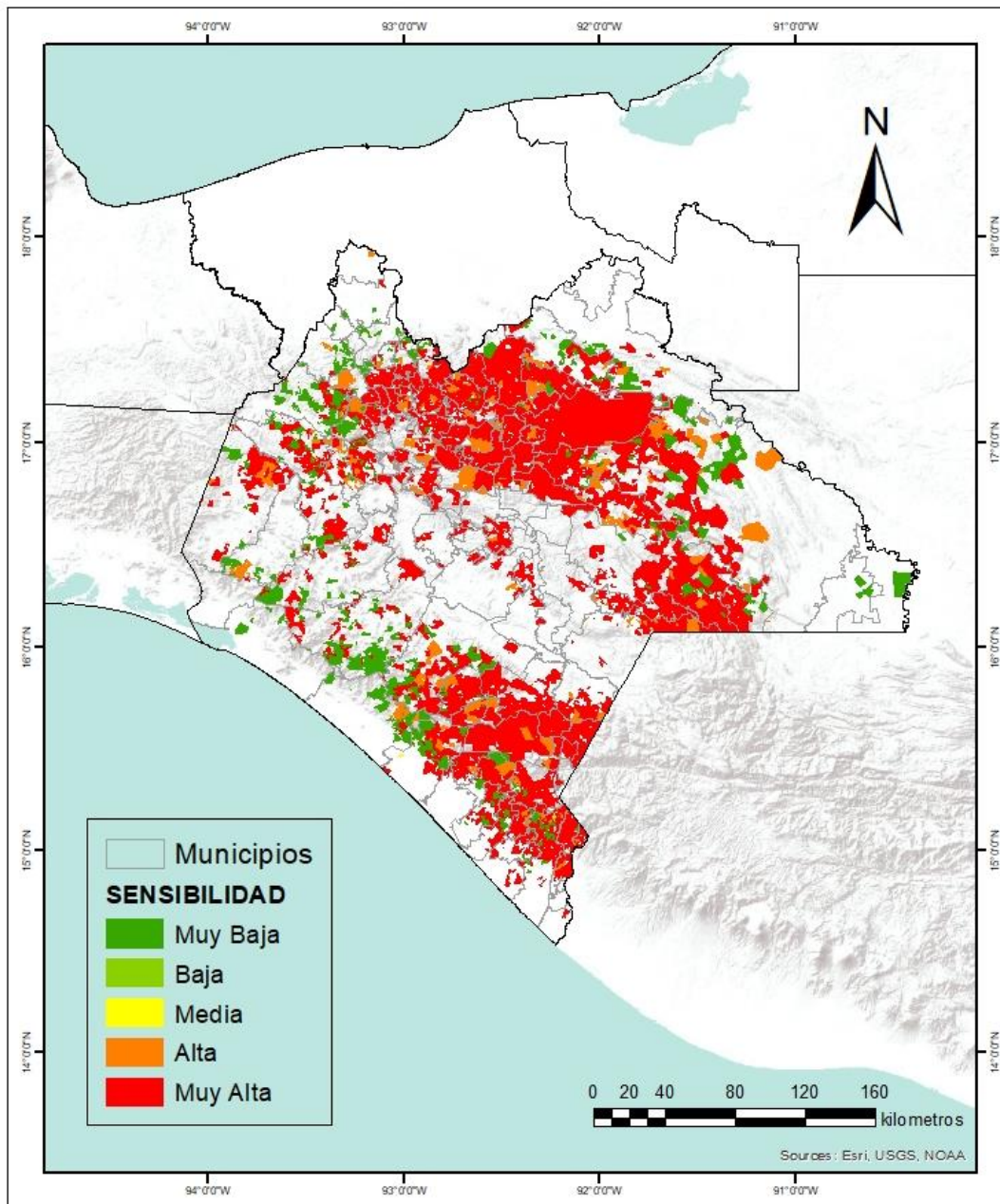
Cuadro 14. Categorías de exposición.

Categorías	Unidades de producción con café	Porcentaje de unidades con café	Superficie cosechada (ha)	Porcentaje de la superficie cosechada	Volumen de producción (ton)	Porcentaje del volumen de producción
Muy Baja	27	0.03%	260.4	0.13%	1146.8	0.37%
Baja	11910	11.30%	24515.8	11.98%	370661	11.90%
Media	47757	45.32%	90912.4	44.45%	138222.5	44.38%
Alta	40544	38.47%	75876.2	37.10%	115574.1	37.11%
Muy Alta	5144	4.88%	12949.9	6.33%	19438.8	6.24%

5.2 Sensibilidad del café ante el cambio climático.

En el mapa 11 se muestran las distintas categorías de sensibilidad de los cultivos de café al cambio climático en el estado. Para las unidades de producción en el estado de Chiapas se observa gran sensibilidad al cambio climático, puesto que las categorías alta y muy alta representan el 97.18% en casi todas las regiones cafetaleras: la región del Soconusco, la Sierra Madre, la zona sur de la Selva Zoque, las Montañas del Norte, los Altos y buena parte de los cultivos de café de la Selva Maya. Por lo tanto su volumen de producción también podría verse severamente afectado por las variaciones climáticas esperadas en el futuro, pues las categorías altas concentran el 89.94 % del volumen de producción de café en el estado (Cuadro 15).

Sensibilidad del café ante el cambio climático



Elaboración propia

Mapa 11. Sensibilidad del café ante el cambio climático en Chiapas.

En el cuadro 15 se puede observar el número de unidades de producción dedicadas al café y la distribución de éstas en las categorías de sensibilidad; las categorías

altas (alta y muy alta sensibilidad) agrupan el 97.18%, la categoría de sensibilidad media el 0.05% y las muy bajas el 2.77% de las unidades dedicadas a la producción de café. El 90.29% de la superficie cosechada se encuentra en las categorías altas de sensibilidad, el 0.04% de la superficie cosechada se encuentra en la categoría media y un 9.67% se encuentra en las categorías muy bajas. El 89.94% del volumen de la producción se encuentra en las categorías altas de sensibilidad, el 0.04% se encuentra en la categoría media y un 10.01% en las categorías bajas.

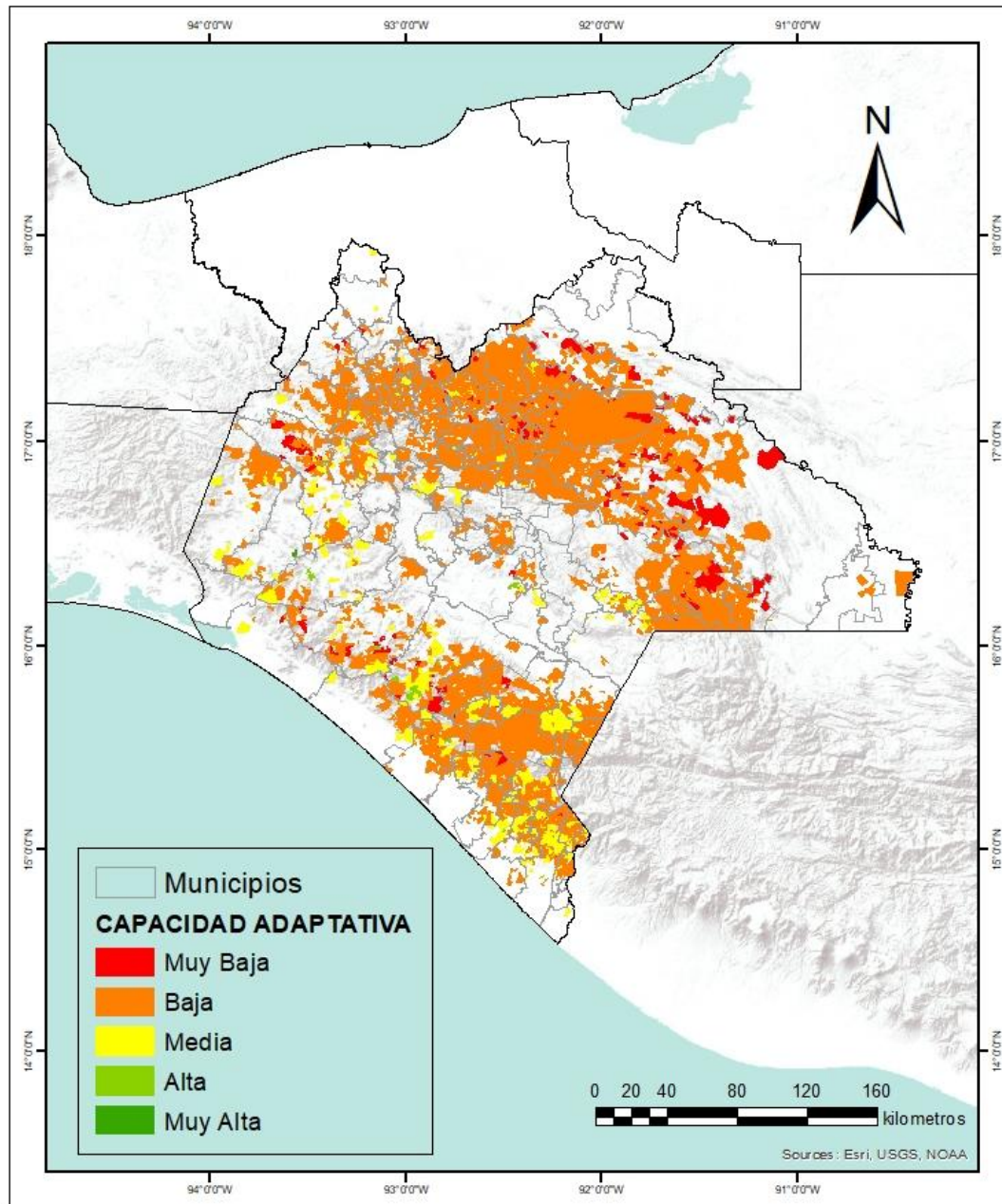
Cuadro 15. Categorías de sensibilidad.

Categorías	Unidades de producción con café	Porcentaje de unidades con café	Superficie cosechada (ha)	Porcentaje de la superficie cosechada	Volumen de producción (ton)	Porcentaje del volumen de producción
Muy Baja	2915	2.77%	19773.1	9.67%	31188.6	10.01%
Media	57	0.05%	84.2	0.04%	133.8	0.04%
Alta	10063	9.55%	18987.6	9.29%	28718.3	9.22%
Muy Alta	92347	87.63%	165669.8	81%	251407.4	80.72%

5.3 Capacidad adaptativa del café ante el cambio climático.

En el mapa 12 se reflejan las cinco categorías correspondientes a la capacidad adaptativa de las unidades de producción del café ante el cambio climático para el estado. En contraste con el mapa de sensibilidad (Ver mapa 11), en este mapa de capacidad adaptativa se pueden observar casi exclusivamente categorías bajas con un porcentaje de 88.64% para la totalidad de las zonas cafetaleras, mientras que las categorías medias tienen un 11.26% y las altas un 0.10%. Las regiones de menor capacidad adaptativa en el estado de Chiapas son la región del Soconusco, Sierra Madre, Selva Zoque, Montañas del Norte, los Altos y la Selva Maya. Cabe destacar que el volumen de producción podría verse afectado ya que las categorías bajas y muy bajas de capacidad adaptativa concentran el 82.91% del volumen de la producción de café en Chiapas (Cuadro 16).

Capacidad adaptativa del café ante el cambio climático



Elaboración propia

Mapa 12. Capacidad adaptativa del café ante el cambio climático en Chiapas.

En el cuadro 16 se puede observar el número de unidades de producción dedicadas al café y la distribución de éstas en las categorías de capacidad adaptativa; las categorías altas (alta y muy alta capacidad adaptativa) contienen solo al 0.10% de las unidades de producción cafetalera, la categoría media el 11.26% y las bajas (baja y muy baja capacidad adaptativa) al 88.64% de las unidades dedicadas al café. El 0.61% de la superficie cosechada se encuentra en las categorías altas de capacidad adaptativa, el 16.27% de la superficie cosechada se encuentra en la categoría media y el 83.12% se encuentra en las categorías muy bajas. El 0.84% del volumen de la producción se encuentra en las categorías altas de la capacidad adaptativa, el 16.25% en la categoría media y el 82.91% en las categorías bajas de capacidad adaptativa.

Cuadro 16. Categorías de capacidad adaptativa.

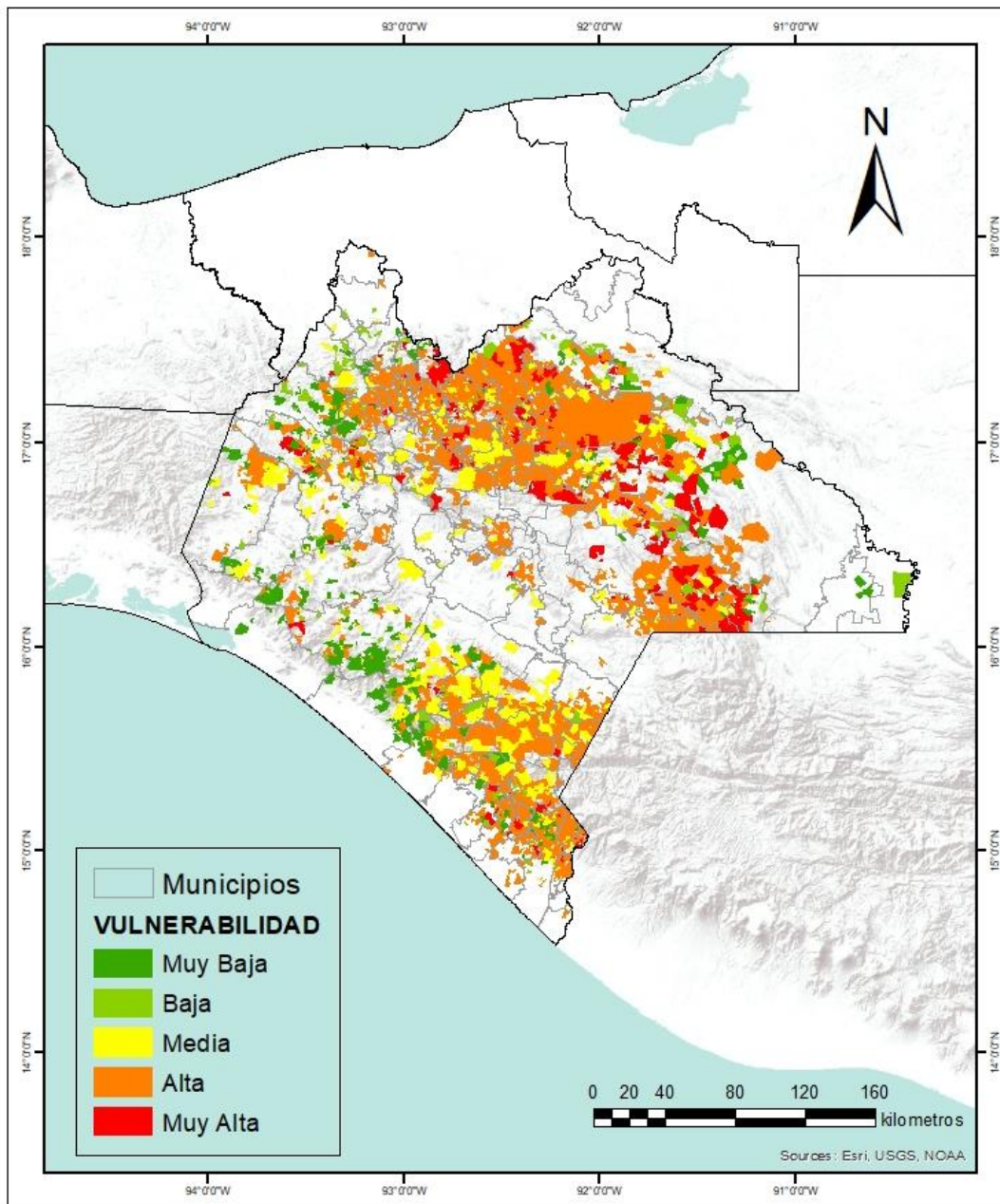
Categorías	Unidades de producción con café	Porcentaje de unidades con café	Superficie Cosechada (ha)	Porcentaje de superficie cosechada	Volumen de producción (ton)	Porcentaje del volumen de producción
Muy Baja	2422	2.30%	5044.8	2.47%	7531.1	2.42%
Baja	90992	86.34%	164938.1	80.65%	250697.6	80.49%
Media	11866	11.26%	33282.3	16.27%	50612.4	16.25%
Alta	99	0.09%	1168.8	0.57%	2489.2	0.80%
Muy Alta	3	0.01%	80.7	0.04%	117.9	0.04%

5.4 Vulnerabilidad del café ante el cambio climático.

En el mapa 13 se observan las cinco categorías resultantes del índice de vulnerabilidad al cambio climático de las unidades de producción de café en el estado de Chiapas. El escenario que se muestra no es muy prometedor, ya que la mayoría de las regiones con presencia de cultivos de café se encuentran en categorías de vulnerabilidad altas (71.82 %) y muy altas (8.18 %). Las regiones más vulnerables al cambio climático son especialmente las zonas cafetaleras de la región Soconusco, las Montañas del Norte, los Altos, la zona sur de la Selva Zoque y parte del café en la Selva Maya. De acuerdo con el censo agropecuario del 2007,

de las 248,083 unidades de producción que se encuentran en el Estado, 105,382 que equivale al 42.48% son de café, es decir, casi la mitad de las unidades de producción, lo que demuestra que el café es una de las actividades más importantes en Chiapas.

Vulnerabilidad del café ante el cambio climático



Elaboración propia

Mapa 13. Índice de vulnerabilidad ante el cambio climático de los cultivos de Café en el estado de Chiapas.

En el cuadro 17 se puede observar el número de unidades de producción dedicadas al café y la distribución de éstas en las categorías de vulnerabilidad ante el cambio climático; las categorías altas (alta y muy alta vulnerabilidad ante el cambio climático) agrupan el 80%, la categoría media al 16.85% y las bajas (baja y muy baja vulnerabilidad ante el cambio climático) al 3.15% de las unidades dedicadas a la producción de café. El 72.72% de la superficie cosechada se encuentra en las categorías altas en el índice de vulnerabilidad, el 16.81% de la superficie cosechada se encuentra en la categoría y un 10.48% en las categorías bajas en el índice de vulnerabilidad. El 72.52% del volumen de la producción se encuentra en las categorías altas, un 16.57% en la categoría media y un 10.9% en las categorías bajas del índice de vulnerabilidad.

Cuadro 17. Categorías de Vulnerabilidad ante el cambio climático.

Categorías	Unidades de producción	Unidades de producción con café	Superficie cosechadas	Volumen de producción	Porcentaje de las unidades de producción de café	Porcentaje de superficie cosechada	Porcentaje del volumen de producción
Muy Baja	8660	2070	13478.16	21720.02	1.96%	6.59%	6.97%
Baja	5424	1256	7956.49	12230.3	1.19%	3.89%	3.93%
Media	50948	17754	34374.23	51621.91	16.85%	16.81%	16.57%
Alta	160406	75684	131781.77	200388.36	71.82%	64.44%	64.34%
Muy Alta	22645	8618	16924.19	25487.74	8.18%	8.28%	8.18%
Total	248083	105382					

Comparando este trabajo con el realizado por el Centro de Ciencias de la Atmósfera se pueden observar similitudes en los resultados, ya que el índice de vulnerabilidad en el estado de Chiapas mostró que el 72.52 % del volumen de producción de café tiene alto y muy alto nivel de vulnerabilidad ante el cambio climático (ver Cuadro 17) y el realizado por el Centro de Ciencias de la Atmósfera mostró que la producción disminuirá entre un 73-78% y resalta las implicaciones económicas que tendría la

caída de la producción del café en especial para los pequeños productores; igualmente el índice de vulnerabilidad en el estado de Chiapas desarrollado en este trabajo demuestra que la agricultura familiar se verá mayormente afectada en el indicador de sensibilidad (ver Cuadro 15, página 75). Esto debido a que todas las unidades de producción de café que se encuentran en las categorías altas son de agricultura familiar, ya que no cuentan con las características necesarias para ser una agricultura consolidada.

Una diferencia que se tuvo con el trabajo realizado por Rivera et al., 2013 es que el estudio de Rivera sólo analizó el efecto que tendrá del cambio climático en la especie *coffea arabica* y no contempló a la especie *coffea canephora*. Una similitud que tienen ambos trabajos es que se considera que la variación de la precipitación afectará más al café que la temperatura. Con el índice de vulnerabilidad en el estado de Chiapas que se desarrolló en este trabajo, se demuestra que la disminución de la precipitación afecta la maduración del fruto y el grano, mientras que el incremento de la temperatura no tendrá tanta repercusión en el cafeto. (Ver Cuadro 9 página 55) donde se puede observar que los meses que se verán afectados en precipitación son junio, julio, agosto y septiembre, mientras que en la temperatura no se muestran afectaciones en la fenología del café.

El estudio realizado por Granados, Medina, Peña, 2014 también muestra los mismos resultados que el índice de vulnerabilidad en cuanto a las representaciones climáticas futuras, solo que ellos usaron diferentes modelos de circulación general (Hadley, Echam y GFDL). Al igual que en otros trabajos se llega a la misma conclusión en cuanto a las variables climáticas, la variable que afectará más al café es la precipitación. (Ver cuadro 9 página 55) esto debido a que afecta a la fenología del café en la parte de la maduración del fruto y el grano.

El estudio realizado por Villers et al. 2009 tiene mucha similitud metodológica con los anteriores trabajos abordados en esta discusión, porque se enfoca más en la floración y desarrollo del fruto del café. Sin embargo, difiere de este trabajo porque la construcción del índice de vulnerabilidad además de tomar en cuenta la fenología del café usa datos de los medios de vida de las unidades de producción y del tipo

de agricultura que se practica en las unidades productivas, pues el índice reconoce e integra la importancia de la actividad económica y la influencia de los capitales en la capacidad adaptativa.

El estudio realizado por Díaz et al., 2009 a diferencia de los otros trabajos mencionados, le da más peso a la parte social al igual que el Índice desarrollado en esta tesis. Sin embargo existe una diferencia metodológica entre el trabajo de Díaz y colaboradores con el índice de vulnerabilidad, pues el índice asigna el mismo peso a los capitales contemplados en el cálculo de la capacidad adaptativa, mientras que en el método de Díaz et al., 2009 los capitales más importantes para la adaptación (los que son asignados con mayor peso) son los capitales humano, social y financiero.

Teniendo en mente la gran vulnerabilidad de los sistemas cafetaleros en México que fue demostrado a través del índice, es importante crear programas que promuevan y ayuden a la agricultura familiar en el estado. Se podría adoptar la agricultura orgánica pues de acuerdo con IFOAM, 2008 “la agricultura orgánica es un sistema de producción que mantiene y mejora la salud de los suelos, los ecosistemas y las personas. Se basa fundamentalmente en los procesos ecológicos, la biodiversidad y los ciclos adaptados a las condiciones locales, sin usar insumos que tengan efectos adversos. La agricultura orgánica combina tradición, innovación y ciencia para favorecer el medio ambiente que compartimos y promover relaciones justas y una buena calidad de vida para todos los que participan en ella”. Hay que tomar en cuenta que el estado de Chiapas es el segundo producción de café orgánico en el país y que se debe de seguir promoviendo este tipo de cultivo por los beneficios económicos y ambientales que este trae a la comunidad, ya que como se mencionó anteriormente, la producción de café orgánico se da bajo sistemas que mantienen una cubierta vegetal casi permanente sobre el suelo, reduciendo así los problemas de erosión y pérdida de fertilidad del suelo (Flores, 2015), mientras que el café de sol promueve la deforestación y por tanto la erosión y pérdida de nutrientes del suelo.

Es importante resaltar que la FAO ha incrementado su cartera de proyectos en los últimos años al tema del cambio climático, Entre 2009 y 2017, la Organización ha desarrollado más de 300 proyectos y programas para la adaptación y mitigación del cambio climático en los sectores agrícolas (FAO,2017). Por tanto, en México se deben tomar medidas para que los cultivos, en este caso el café, no se vean afectados ante el cambio climático en un futuro ya que podría traer repercusiones económicas, para ello los tomadores de decisiones deben alentar la producción orgánica otorgando créditos, apoyar la conversión a la agricultura orgánica, realizar y fomentar la investigación y el desarrollo tecnológico.

Este trabajo demostró que las unidades de producción de café serán altamente vulnerables al cambio climático en Chiapas y habrá una gran repercusión económica en el estado. Es importante que se tomen medidas para que no haya tanta vulnerabilidad y sobre todo que no se vean tan afectadas las unidades de producción que se dedican a la agricultura familiar.

Conclusiones

En este estudio se analizó la vulnerabilidad de las unidades de producción de café ante el cambio climático, para comprobar si se verán afectadas por las variaciones esperadas. Para ello se realizó un índice de vulnerabilidad de las unidades de producción de café ante el cambio climático en el estado de Chiapas. El resultado demostró que la hipótesis planteada en este trabajo es verdadera, ya que el 80% de las unidades de producción de café en el principal estado cafetalero de México, se verán afectadas por el cambio climático y con ello seguramente se observarán afectaciones en los medios de vida de los productores del estado, en el que la producción del café representa una de las actividades económicas más importantes.

- Se comprobó que las unidades donde predominantemente se concentra la agricultura familiar, presentan un mayor grado de vulnerabilidad en comparación con aquellas unidades de producción donde predominan los sistemas de agricultura consolidada. Lo anterior se deriva después de revisar el indicador de sensibilidad, ya que éste calcula qué tipo de agricultura se practica en las unidades de producción, así que si tiene una sensibilidad alta, se practica la agricultura familiar y esta categoría obtuvo un 97.18%. en unidades de producción dedicadas al café.

En este estudio se comprobó que:

- Las unidades de producción del café en el estado de Chiapas serán sumamente afectadas por el cambio climático, ya que el 72.72% de la superficie cosechada se encuentra con una vulnerabilidad alta, lo que equivale a un 72.52% del volumen de la producción.
- La planta de café se verá afectada y tendrá alteraciones en la maduración del fruto, por las variaciones de precipitación esperadas.

- Las zonas cafetaleras que se verán más afectadas ante el cambio climático son las localizadas en la región del Soconusco, las Montañas del Norte, los Altos, la zona sur de la Selva Zoque y parte del café en la Selva Maya.
- Como se sabe, la agricultura en México es extremadamente vulnerable al cambio climático (IFPRI, 2009), hacer estudios como este de vulnerabilidad con diferentes tipos de cultivos, es de utilidad para crear programas para el apoyo de los mismos y poder tener la capacidad para responder a los cambios climáticos esperados. Es importante que los tomadores de decisiones, comunidades, productores, entre otros generen estrategias adaptativas que garanticen que la producción de café siga siendo viable en el estado de Chiapas y sobre todo crear programas para ayudar a la agricultura familiar.
- El papel de la geografía en el análisis de la vulnerabilidad del café ante el cambio climático cobra importancia porque ayuda al entendimiento del nivel o grado de vulnerabilidad del sistema de producción en lugares específicos y abona en la visualización espacial y con ello, a la focalización asertiva de las distintas estrategias de políticas públicas construidas para apoyar al sector cafetalero, el cual en conjunto, representa a muchas personas que basan en la cafecultura sus medios de vida. La geografía en este contexto es clave ya que brinda a tomadores de decisiones y/o productores, la visión territorial del cultivo de café.
- Una limitación de este trabajo es que no considera las respectivas variedades de café (arábica o robusta), por lo que se sacó un promedio de las dos especies para ver cuáles eran los rangos óptimos para éstas y así realizar un segmento del índice. Un área de oportunidad del índice sería ajustar respecto a la distribución espacial de cada variedad. Además de las variedades, se debe incorporar dentro del análisis el tipo de sistema de producción al cual está asociado el cultivo de café, dado que permitiría identificar diversas prácticas de manejo así como el uso de la sombra para el cultivo (café comercial de sol, café comercial de sombra, café de sombra tradicional, café rusticano, etc.). Aunado a lo anterior, incluir en el análisis las plagas de la

roya y la broca, tanto de su distribución actual como futura bajo escenarios de cambio climático, podría representar una estrategia adaptativa útil para los productores.

Bibliografía

Baradas, M. (1994) Crop requirements of tropical crops. In: Handbook of agricultural meteorology. J.F. Griffiths Editor. Oxford Univ. Press. New York. pp. 189-202

Benacchio, S.S (1982) Algunas exigencias agroecológicas en 58 especies de cultivo con potencial de producción en el Trópico Americano. FONAIAP-Centro Nal. de Inv. Agropecuarias. Ministerio de Agricultura y Cría. Maracay, Venezuela. pp. 202.

Benavides, H. and León, G. (2007). Información técnica sobre gases de efecto invernadero y el cambio climático. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales- IDEAM, (IDEAM-METEO/008-2007), pp.25-32.

Caballero, M., Lozano, S. and Ortega, B. (2007). Efecto invernadero, calentamiento global y cambio climático: una perspectiva desde las ciencias de la tierra. Revista Digital Universitaria, 8(10), pp.3-8. Versión en línea: http://www.revista.unam.mx/vol.8/num10/art78/oct_art78.pdf [Acceso 14 Oct. 2017].

Cambio climatico.org. (n.d.). *Causas antrópicas del cambio climático*. [En línea] disponible es: <http://www.cambioclimatico.org/contenido/causas-antropicas-del-cambio-climatico> [Accedió 24 Septiembre. 2018].

Castillo, J. (2016). Los negocios del cambio climático. 1st ed. Barcelona: Virus, pp.16-52.

Climático, I. (2019). *Vulnerabilidad al cambio climático*. [En línea] gob.mx. Disponible en: <https://www.gob.mx/inecc/acciones-y-programas/vulnerabilidad-al-cambio-climatico-80125> [Acceso 19 Agosto. 2018].

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. (2015). *Bosques, selvas y cafés de Chiapas*. Disponible en: <https://www.gob.mx/conabio/prensa/bosques-selvas-y-cafes-de-chiapas?idiom=es> [Acceso 11 Dic. 2018].

Contreras, A. and Hernández, G. (2008). Versión en línea: <http://www3.inecol.edu.mx/biocalfe/ARCHIVOS/libros/qbh/> [Accedió 8 Nov. 2017]

Díaz, R., Eakin, H., Castellanos, E. and Jiménez, G. (2009). Condiciones para la adaptación de los pequeños productores de café ante presiones económicas mediante procesos de "upgrading" en la cadena productiva. *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica*, (10), pp.61-72.

Duarte, C., Alonso, S., Benito, G., Dachs, J., Montes, C., Pardo, M., Ríos, A., Simó, R. and Valladares, F. (2006). *Cambio global Impacto de la actividad humana sobre el sistema Tierra*. 1st ed. Cyan, Proyectos y Producciones Editoriales, S.A, pp.73-101.

El Cambio Climático y los Gases de Efecto Invernadero (GEI) en Cepsa. (2015). Cepsa.

El Economista. (2018). México, onceavo productor de café en el mundo. Visto en línea: <https://www.eleconomista.com.mx/empresas/-Mexico-onceavo-productor-de-cafe-en-el-mundo--20170829-0056.html> [Accedió 9 de Enero del 2018].

FAO. (2000). ECOCROP. Versión en línea www.ecocrop.fao.org. FAO. Roma, Italia.

Figueroa, E., Pérez, F. and Godínez, L. (2018). La producción y el consumo del café. México: ECORFAN, pp.6-13.

Folch, A. and Planas, J. (2019). Cooperation, Fair Trade, and the Development of Organic Coffee Growing in Chiapas (1980–2015). *Department of Economic History, Institutions, Policy and World Economy, University of Barcelona, Av. Diagonal, 690, 08034 Barcelona, Spain*, 11(2), pp.1-4.

Fritzsche, K., Schneiderbauer, S., Bubeck, P., Kienberger, S., Buth, M., Zebisch, M. and Kahlenborn, W. (2016). El Libro de la Vulnerabilidad Concepto y lineamientos para la evaluación estandarizada de la vulnerabilidad. Berlín: Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH., pp.21-24.

Gay, C., Estrada, F., Conde, C. and Eaki, H. (2004). *IMPACTOS POTENCIALES DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA AGRICULTURA: ESCENARIOS DE*

PRODUCCIÓN DE CAFÉ PARA EL 2050 EN VERACRUZ (MÉXICO). Centro de Ciencias de la Atmósfera, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Disponible

en:https://repositorio.aemet.es/bitstream/20.500.11765/9071/1/0064_PU-SA-IV-2004-C_GAY.pdf [Acceso 19 Dic. 2018].

Granados, R., Medina, M. and Peña, V. (2010). SITUACIÓN Y DESAFÍOS DEL SECTOR ORGÁNICO DE MÉXICO. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, [En línea] (4), pp.473-485. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v5n3/v5n3a11.pdf> [Acceso 8 Nov. 2018].

Granados Ramírez, R., Medina Barrios, M. and Peña Manjarrez, V. (2014). Variación y cambio climático en la vertiente del Golfo de México. Impactos en la cafeticultura. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas Vol.5*, [En línea] (3), pp.473-485. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v5n3/v5n3a11.pdf> [Acceso 12 Nov. 2018].

Gutiérrez, M. and Espinosa, T. (2010). Vulnerabilidad y adaptación al cambio climático Diagnóstico inicial, avances, vacíos y potenciales líneas de acción en Mesoamérica. Banco Interamericano de Desarrollo, (IDB-TN-144), pp.16-26.

Ico.org. (2018). *International Coffee Organization - What's New*. [En línea] Disponible en: <http://www.ico.org/> [Acceso 9 Diciembre. 2018].

INECC, *Escenarios de cambio climático*. [En línea] gob.mx. Disponible en: <https://www.gob.mx/inecc/acciones-y-programas/escenarios-de-cambio-climatico-80126> [Acceso 28 Oct. 2018].

IPCC, Resumen para responsables de políticas. Escenarios de Emisiones. Informa especial del IPCC. (2000). Grupo Internacional de Expertos sobre el cambio Climático, (92-9169-413-4), pp.3-7.

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.

Lampis, A. (2013). Vulnerabilidad y adaptación al cambio climático: debates acerca del concepto de vulnerabilidad y su medición. *Revista Colombiana de Geografía*, 22(0121-215X), pp.17-33.

Magaña, V. (2012). *Guía Metodológica para la Evaluación de la Vulnerabilidad ante Cambio Climático*. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD)., 3, pp.25-27.

Magaña, V. and Gay, C. (n.d.). *Vulnerabilidad y Adaptación regional ante el cambio climático y sus impactos ambiental, social y económicos*. Centro de Ciencias de la Atmósfera. Programa de Investigación en Cambio Climático, Universidad Nacional Autónoma de México.

Martínez, J., Fernández, A. and Osnaya, P. (2004). *Cambio climático: una visión desde México*. 1st ed. México: Instituto Nacional de Ecología. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, pp.17-27, 109-119.

Monroig, M. (2001) *El cafeto y el cambio climático*. Universidad de Puerto Rico, Recinto Universitario de Mayagüez, Colegio de Ciencias Agrícolas. Servicio de Extensión Agrícola. Mayagüez, Puerto rico.

Monterroso, A., Fernández, A., Trejo, R., Conde, A., Escandón, J., Villers, L. and Gay, C. (2014). *Vulnerabilidad y adaptación a los efectos del cambio Climático en México*. Centro de Ciencias de la Atmósfera. Programa de Investigación en Cambio Climático, Universidad Nacional Autónoma de México. En línea: <http://atlasclimatico.unam.mx/VyA/#4> [Acceso 12 Oct. 2017].

Nunes, M., J.F. Bierhuizen and C. Ploegman (1968) *Studies on the productivity of coffee. I. Effect of light, temperature and CO₂ concentration on photosynthesis of Coffea arabica*. *Acta Bot. Neerl.*, 17:93-102.

Perfecto I, Vandermeer J. (2014) *Coffee Agroecology: A New Approach to Understanding Agricultural Biodiversity, Ecosystem Services and Sustainable Development*. London: Earthscan. 352 pp.

Rindermann, R., Gómez, M. and Ortigoza, J. (2009). *Propuestas para el fomento de la agricultura orgánica en México*. [En línea] 2000agro Revista Industrial del Campo. Disponible en: <http://www.2000agro.com.mx/organicos/propuestas-para-el-fomento-de-la-agricultura-organica-en-mexico/> [Acceso 8 noviembre 2018].

Rivera Silva, M., Nikolskii Gavriilo, I., Castillo Álvarez, M., Ordaz Chaparro, V., Díaz Padilla, G. and Guajardo Panes, R. (2013). Vulnerabilidad de la producción del café (*Coffea arabica* L.) al cambio climático global. *Terra Latinoam vol.31*, [En línea] (4), pp.305-313. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v31n4/2395-8030-tl-31-04-00305.pdf> [Acceso 6 Oct. 2018].

Rojas, P. (2019). *¿Qué es un Modelo GCM - Modelos de Circulación General?*. [En línea] IngeCiv. Disponible en: <https://www.ingeciv.com/que-es-un-modelo-gcm-modelos-de-circulacion-general/> [Acceso 26 Octubre. 2018].

Ruíz Corral, J.A. (2013) *Requerimientos Agroecológicos de Cultivos*. Versión en línea:http://www.inifapcirpac.gob.mx/publicaciones_nuevas/Requerimientos%20Agroec%20de%20Cultivos%202da%20Edici%F3n.pdf

Solis, L., Lagunas, J. and Cortez, K. (2019). *Productores de café en Chiapas - MyCoffeeBox.com*. [En línea] MyCoffeeBox. Disponible en: <https://mycoffeebox.com/productores-de-cafe-en-chiapas//> [Acceso 26 Febrero 2019]

Vergés, A., Cobo, R. and Paz, L. (2011). La hora del café dos siglos a muchas voces. 1st ed. México: Conabio, pp.53-55, 69-71.

Villers, Lourdes, Arizpe, Nancy, Orellana, Roger, Conde, Cecilia, Hernández, Josefina, IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA FLORACIÓN Y DESARROLLO DEL FRUTO DEL CAFÉ EN VERACRUZ, MÉXICO. *Interciencia* [en línea] 2009, 34 (Mayo-Sin mes): [Fecha de consulta: 12 de Marzo de 2019] Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33911403004> ISSN 0378-1844

Waller, J. M.; Bigger, M. y Hillocks, R. J (2007). *Coffee Pests, Diseases and Their Management*. CABE. pp.437.