



**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE
HIDALGO**

**INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ECONÓMICAS Y
EMPRESARIALES**

DOCTORADO EN CIENCIAS DEL DESARROLLO REGIONAL

**Balance hídrico y producción de aguacate.
Dimensiones del desarrollo sustentable en
Tancítaro, Michoacán, 2005-2020.**

Tesis que para obtener el grado de:

DOCTOR EN CIENCIAS DEL DESARROLLO REGIONAL

PRESENTA

M. C. Gerardo Ruíz-Sevilla

DIRECTOR DE TESIS:

Dr. Carlos Francisco Ortiz Paniagua

ININEE – UMSNH

Morelia, Michoacán, diciembre de 2020.

UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ECONÓMICAS Y EMPRESARIALES
DOCTORADO EN CIENCIAS DEL DESARROLLO REGIONAL
CARTA DE CESIÓN DE DERECHOS

En la Ciudad de Morelia, Michoacán, el día 17 de noviembre de 2020, el que suscribe **GERARDO RUIZ-SEVILLA**, alumno del programa de Doctorado en Ciencias del Desarrollo Regional adscrito al Instituto de Investigaciones Económicas y Empresariales, manifiesta ser el autor intelectual del presente trabajo de tesis, desarrollado bajo la dirección del Dr. Carlos Francisco Ortiz Paniagua, y cede los derechos del trabajo titulado **BALANCE HÍDRICO Y PRODUCCIÓN DE AGUACATE. DIMENSIONES DEL DESARROLLO SUSTENTABLE EN TANCÍTARO, MICHOACÁN, 2005-2020** a la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo para su difusión con fines estrictamente académicos.

No está permitida la reproducción total o parcial de este trabajo de tesis ni su tratamiento o transmisión por cualquier medio o método sin la autorización escrita del autor y/o director del mismo. Cualquier uso académico que se haga de este trabajo, deberá realizarse conforme a las prácticas legales establecidas para este fin.



GERARDO RUIZ SEVILLA



UNIVERSIDAD MICHUACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ECONÓMICAS Y EMPRESARIALES
DOCTORADO EN CIENCIAS DEL DESARROLLO REGIONAL

Dra. Odette Virginia Delfín Ortega.
Presidenta del H. Consejo Técnico.
Instituto de Investigaciones Económicas y Empresariales.
P R E S E N T E.

Por medio de la presente le enviamos un cordial saludo y nos permitimos hacer de su conocimiento que una vez revisada la Tesis Doctoral titulada **“BALANCE HÍDRICO Y PRODUCCIÓN DE AGUACATE. DIMENSIONES DEL DESARROLLO SUSTENTABLE EN TANCÍTARO, MICHUACÁN, 2005-2020”** del alumno **M.C. GERARDO RUIZ SEVILLA** del Programa de Doctorado en Ciencias del Desarrollo Regional del Instituto de Investigaciones Económicas y Empresariales de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, hemos encontrado que satisface plenamente los requerimientos hechos por el Jurado Sinodal, por lo que otorgamos nuestra autorización para que se lleve a cabo la impresión de la versión definitiva de la citada tesis y se continúe con el proceso de obtención del grado respectivo.

Sin otro asunto que tratar por el momento, quedamos a sus órdenes para cualquier duda o aclaración al respecto.

ATENTAMENTE.

Morelia, Mich., a 17 de Noviembre de 2020

Jurado Sinodal

Dr. Carlos Francisco Ortiz Paniagua
Director de Tesis

Dr. Antonio Favila Tello
Secretario

Dr. Jorge Silva Riquer
Primer Vocal

Dr. Rubén Chávez Rivera
Segundo Vocal

Dr. José Alfredo Uribe Salas
Tercer Vocal

UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ECONÓMICAS Y EMPRESARIALES
DOCTORADO EN CIENCIAS DEL DESARROLLO REGIONAL

CARTA DE ORIGINALIDAD

A QUIEN CORRESPONDA. –

Por este medio se hace constar que el trabajo de tesis titulado **“BALANCE HÍDRICO Y PRODUCCIÓN DE AGUACATE. DIMENSIONES DEL DESARROLLO SUSTENTABLE EN TANCÍTARO, MICHOACÁN, 2005-2020”**, realizado por el alumno **GERARDO RUIZ SEVILLA** con matrícula 9005316A del Doctorado en Ciencias del Desarrollo Regional, dirigido por el Dr. Carlos Francisco Ortiz Paniagua, fue analizado a través de la herramienta de detección de plagio PlagScan..

Con base en el reporte de las similitudes encontradas por dicha herramienta informática, **se considera que el trabajo de tesis no constituye un plagio** con respecto a obras de terceros.

Los resultados del análisis se encuentran bajo resguardo de la coordinación del Doctorado en Ciencias del Desarrollo Regional y de la Secretaria Académica del Instituto de Investigaciones Económicas y Empresariales de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

ATENTAMENTE. –

Morelia, Mich., a 17 de noviembre de 2020.


Dr. Carlos Francisco Ortiz Paniagua
Director de Tesis


M.C. Gerardo Ruiz Sevilla
Alumno

AGRADECIMIENTOS

- A la **VIDA**, por permitirme gozar de buena salud y ver día a día un nuevo amanecer.
- Con sinceridad, amor y eterna gratitud a **MIS PADRES**, por depositar su confianza en esta etapa de mi vida, además de brindarme su apoyo en todo momento y circunstancias de mi vida, dándome lo mejor de ellos. Los amo.
- A mis motores de vida, mis hermosas gotas de agua M y H, quienes con su amor y alegría han iluminado y dado sentido a mi vida.
- A la Dra. Ayala, gracias por compartir tantas experiencias. Sin duda tus palabras y acciones me ayudaron a fortalecerme, me aleccionaron y enseñaron a través del tiempo. Gracias.
- A mi tía Reyna Ruíz, gracias por tu valioso apoyo y consejos.
- A mi hermosa familia, gracias por acompañarme y apoyarme en todo momento.
- Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por el soporte económico durante el desarrollo de esta investigación. Espero recibir más apoyo, gracias.
- A mi querida Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH), donde inicié mi formación académica.
- A mi estimado director de tesis Dr. Carlos Francisco Ortiz Paniagua. ININEE – UMSNH amigo y asesor en este sendero académico. Quien durante el desarrollo de esta investigación fungió como tutor, animándome a seguir cuando más ya no podía. Gracias por confiar, compartir tus conocimientos e instruir con excelencia y disposición.
- A mis Sinodales: Dr. Antonio Favila, Dr. Rubén Chávez, Dr. Jorge Silva y Dr. Alfredo Uribe por las observaciones tan atinadas el documento final.
- Al Instituto de Investigaciones Económicas y Empresariales (ININEE) – Una excelente Institución, donde conocí magníficos profesores e hice muchos amigos.
- Al Dr. Casimiro Leco Tomás y al Dr. Francisco Javier Ayvar Campos por su valioso apoyo. Gracias por su colaboración y transigencia como Coordinadores del Doctorado en Ciencias del Desarrollo Regional.
- Al Dr. José de Jesús Alfonso Fuentes Junco. UPLAMAT - ENES campus Morelia. Estimado amigo y profesor Chucho, gracias por escucharme, entenderme y aconsejarme. Gracias por darme la oportunidad de seguirme desarrollando en la academia.
- Al Dr. Alberto Gómez Tagle Chávez. INIRENA – UMSNH. Por el apoyo, consejos y confianza depositada en la oportunidad brindada.
- A los profesores de italiano Filippo Simoncelli. CAAM-ENES y Leticia Marisela Cantón Gasca. IDIOMAS- UMSNH. Grazie mille amici.
- A mi buen amigo y profesor Christopher Hafid Ortiz Covarrubias (CHOC), que en momentos de recesión me brindó su apoyo, manteniéndome firme e incansable. Oss!
- A mis compañeros de generación, por acompañarme en este capítulo de vida y brindarme su amistad.
- Finalmente, estoy infinitamente agradecido con todas aquellas personas (amigos y amigas) que me apoyaron cercana y lejanamente, creyendo en la realización de esta tesis. Un gran abrazo fraternal.

ATL (proviene del náhuatl y significa: 'agua', 'fuente de vida').



“El agua es la fuerza motriz de toda la naturaleza”.

Leonardo Da Vinci.

“No se aprecia el valor del agua hasta que se seca el pozo”.

Proverbio inglés

Índice de Siglas	1
Resumen	3
Abstract	4
Introducción	5
Capítulo I	11
Fundamentos de la investigación	11
1. Planteamiento del problema.	11
1.1. Complicaciones derivadas de la producción de aguacate en el municipio de Tancítaro.	11
1.2 Justificación del estudio.	18
1.3 Pregunta general.	23
1.3.1. Preguntas particulares.....	23
1.3. Objetivo general.	23
1.3.1. Objetivos particulares:.....	23
1.4. Hipótesis general:	24
1.4.1. Hipótesis particulares.	24
Capítulo II	25
2.1. Marco contextual del municipio de Tancítaro como región de estudio.	25
2.1.1. Características generales.....	25
2.1.2. Aspectos bióticos.....	29
2.1.3. Aspectos climáticos.....	31
2.1.4. Aspectos fisiográficos.....	34
2.1.5. Geomorfología.....	34
2.1.6. Geología	37
2.1.7. Edafología.....	39
2.1.8. Hidrografía	42
2.1.9. Zonas de recarga hídrica.....	44
Capítulo III	48
3. Marco teórico	48
3.1. Revisión de los fundamentos teóricos del desarrollo local, desarrollo sustentable y servicios ecosistémicos.....	48
3.2. Desarrollo local (DL).....	50
3.3. Desarrollo sustentable.....	54
3.3.1. Indicadores de desarrollo sustentable.....	58

3.3.2. Servicios ecosistémicos (SE).....	59
3.3.3. Clasificación de los servicios ecosistémicos.	62
3.3.4. Importancia del servicio ecosistémico hídrico.	66
3.3.5. Valoración económica del ambiente.....	69
3.3.5.1. El valor económico del agua.....	73
3.3.5.2. Índice de Desarrollo Humano (IDH)	77
Capítulo IV.....	80
4. Materiales y métodos.....	80
4.1. Tipo de investigación.....	81
4.1.1. Exploratorio.....	81
4.1.2. Descriptivo.	82
4.2. Uso del Sistema de Información Geográfica (SIG).	82
4.2.3. Cambios en el entorno ambiental.	82
4.2.4. Cambio Uso de Suelo	83
4.2.5. Balance Hídrico (BH).....	84
4.2.6. Mapa de ollas de agua.	89
4.2.7. Construcción de índices.....	91
4.2.8. Prueba de medias.....	91
Capítulo V.....	93
5. Resultados.....	93
5.1. Cambio Uso de Suelo	93
5.2. Balance Hídrico (BH).....	95
5.3. Mapa de ollas de agua.	106
5.4. Índice de Desarrollo Humano (IDH).	109
Discusiones	117
Conclusiones.....	123
Recomendaciones.....	127
Referencias y bibliografía consultada	131

ÍNDICE DE MAPAS, GRÁFICAS, CUADROS Y TABLAS.

MAPA 1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL MUNICIPIO DE TANCÍTARO EN EL ESTADO DE MICHOACÁN. ELABORACIÓN PROPIA EN COREL DRAW 2019.....	26
MAPA 2 ÁREA DE PROTECCIÓN DE FLORA Y FAUNA PICO DE TANCÍTARO. (TOMADO DE CONANP, 2019).....	28
MAPA 3 CLIMA DEL MUNICIPIO DE TANCÍTARO. (TOMADO DE OET MUNICIPIO DE TANCÍTARO, 2010, P.29).....	33
MAPA 4 UNIDADES DEL RELIEVE DEL MUNICIPIO DE TANCÍTARO, MICH. (TOMADO DE OET MUNICIPIO DE TANCÍTARO, 2010, P. 26).....	36
MAPA 5 MAPA GEOLÓGICO DEL MUNICIPIO DE TANCÍTARO. (TOMADO DE OET MUNICIPIO DE TANCÍTARO, 2010, P. 20).	38
MAPA 6 EDAFOLOGÍA GENERALIZADA DEL MUNICIPIO DE TANCÍTARO (TOMADO DE OET MUNICIPIO DE TANCÍTARO, 2010, P. 23).....	41
MAPA 7 HIDROGRAFÍA DEL MUNICIPIO DE TANCÍTARO. ELABORACIÓN PROPIA CON DATOS VECTORIALES DE INEGI, 2014.	43
MAPA 8 ÁREAS DE DE RECARGA HÍDRICA EN EL MUNICIPIO DE TANCÍTARO (TOMADO DE OET MUNICIPIO DE TANCÍTARO, 2010, P. 38).....	45
MAPA 9 UBICACIÓN Y NÚMERO DE ESTACIONES. FUNETE: ELABORACIÓN PROPIA CON DATOS OBTENIDOS CON EL SOFTWARE CLIMATE NA V 6.30.....	86
MAPA 10 COBERTURA DE USO DE SUELO 2004. ELABORACIÓN PROPIA CON DATOS VECTORIALES DE MAS, 2016	94
MAPA 11 COBERTURA DE USO DE SUELO 2014. ELABORACIÓN PROPIA CON DATOS VECTORIALES DE MAS, 2016	95
MAPA 12 UBICACIÓN Y NÚMERO DE ESTACIONES GENERADAS CON CLIMATE NA V 6.30	96
MAPA 13 MAPA DE ISOYETAS DEL MUNICIPIO DE TANCÍTARO, MICHOACÁN. ELABORACIÓN PROPIA CON DATOS DE CLIMATE NA v6.30 (2020).....	97
MAPA 14 ISOTERMAS DEL MUNICIPIO DE TANCÍTARO. ELABORACIÓN PROPIA CON DATOS GENERADOS EN CLIMATE NA v6.30 (2020).....	99
MAPA 15 BALANCE HÍDRICO PARA EL MUNICIPIO DE TANCÍTARO, MICHOACÁN.	102
MAPA 16 DENSIDAD DE OLLAS CONSTRUIDAS EN EL MUNICIPIO DE TANCÍTARO, MICHOACÁN.	103

MAPA 17 DISTRIBUCIÓN DE OLLAS DE AGUA DE ACUERDO AL TIPO DE SUELO. ELABORACIÓN PROPIA.....	104
MAPA 18 DISTRIBUCIÓN DE OLLAS SEGÚN LA PENDIENTE. ELABORACIÓN PROPIA.	106
MAPA 19 OLLAS DE AGUA IDENTIFICADAS EN EL MUNICIPIO DE TANCÍTARO, MICHOACÁN.	108
GRÁFICA 1 COBERTURA DE USO DE SUELO TANCÍTARO, MICHOACÁN	94
GRÁFICA 2 PRECIPITACIÓN ACUMULADA ANUAL PARA TANCÍTARO, MICHOACÁN. TOMADO DE WEATHERSPARK.COM	97
GRÁFICA 3 PRECIPITACIÓN MEDIA PARA EL PERIODO 2011 A 2019. ELABORACIÓN PROPIA CON DATOS DE CLIMATENA.	98
GRÁFICA 4 TEMPERATURA MEDIA ANUAL EN TANCÍTARO, MICHOACÁN DEL PERIODO 2011 A 2019.	99
GRÁFICA 5 VALOR DE PRODUCCIÓN DE AGUACATE EN MICHOACÁN, AÑO 2017. CONSTRUIDO CON DATOS DE APEAM, 2018	109
CUADRO 1. UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS IDENTIFICADAS PARA EL ÁREA DEL MUNICIPIO DE TANCÍTARO.....	35
CUADRO 2 ELABORACIÓN PROPIA A PARTIR DE LA CLASIFICACIÓN DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS (MA, 2005).	64
TABLA 1 ESTACIONES METEOROLÓGICAS	85
TABLA 2 ESTACIONES VIRTUALES PERIODO 2011 - 2019.....	87
TABLA 3 DIFERENCIA DE COBERTURA DE USO DE SUELO PARA EL PERIODO 2004 - 2014.	93
TABLA 4 TABLA 4 COBERTURA DE USO DE SUELO 2004 - 2014.....	94
TABLA 13 DIFERENCIA DE MEDIAS, CONTRASTE ENTRE REGIÓN PRODUCTORA DE AGUACATE CON EL RESTO DE LOS MUNICIPIOS DE MICHOACÁN.....	115

Índice de Siglas

AICA. Área de importancia para la conservación de las aves.

ANP. Área Natural Protegida.

APEAM. Asociación Productores y Empacadores Exportadores de Aguacate de México.

CDS. Comisión de Desarrollo Sustentable.

COFOM. Comisión Forestal del Estado de Michoacán

CONAFOR. Comisión Nacional Forestal.

CONAGUA. Comisión Nacional del Agua.

CONANP. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas.

CONAPO. Consejo Nacional de Población.

DEM. Modelo Digital de Elevación.

DOF. Diario Oficial de la Federación.

FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

GIRH. Gestión Integral del Recurso Hídrico.

IDH, Índice de Desarrollo Humano.

INEGI. Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

JLSV. Juntas Locales de Sanidad Vegetal.

MEA. Evaluación de los Ecosistemas del Milenio.

OCDE. Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos.

ODS. Objetivos del Desarrollo Sustentable

ONU. Organización de las Naciones Unidas.

PNUD. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.

RTP. Región Terrestre Prioritaria.

SAGARPA. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural.

SEDRUA. Secretaría de Desarrollo Rural y Agroalimentario.

SEMACDET. Secretaría de Medio Ambiente, Cambio Climático y Recursos Naturales.

SEMARNAT. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales.

SIAP. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera.

SIG. Sistemas de Información Geográfica.

TLCAN. Tratado de Libre Comercio de América del Norte.

UNESCO. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura.

UTM. Universal Transversa de Mercator.

Balance hídrico y producción de aguacate. Dimensiones del desarrollo sustentable en Tancítaro, Michoacán, 2005-2020

Resumen

La producción de aguacate es el cultivo más importante en términos de valor económico en Michoacán. Por lo tanto, la expansión del cultivo ha sido exponencial en los últimos 20 años en dicho estado. Esto cuestiona la sustentabilidad del cultivo, en términos de su aporte económico y social, así como el impacto ecológico, en particular en el sistema hídrico regional. El presente estudio tuvo como objetivo determinar los efectos de la producción de aguacate en la sustentabilidad del municipio de Tancítaro, Michoacán. Mediante la implementación de un Sistema de Información Geográfica se evaluó el efecto en el sistema hídrico; que cuantificó la cantidad de agua retenida y empleada para la producción. En tanto que mediante la prueba Z se determinó el impacto social de dicha producción. Los resultados obtenidos, mostraron una alteración y menoscabo en el Balance Hídrico (BH) equivalente a una pérdida de hasta 57% de agua se destina al cultivo. También se aprecia que hay un aporte mínimo al bienestar social, solo durante un período de tiempo, en tanto que en el aspecto económico si se contemplara el costo del agua, los márgenes de beneficio se reducirían en 13%.

Palabras clave: Balance hídrico, Cambio de Uso de Suelo, Desarrollo Sustentable, Índice de Desarrollo Humano, Aguacate.

Water balance and avocado production. Dimensions of sustainable development in Tancítaro, Michoacán, 2005-2020

Abstract

Avocado production is the most important crop in terms of economic value in Michoacán. Therefore, the expansion of the crop has been exponential in the last 20 years in that state. This question the sustainability of the crop, in terms of its economic and social contribution, as well as its ecological impact, particularly in the regional water system. The objective of this study was to determine the effects of avocado production on the sustainability of the municipality of Tancítaro, Michoacán. Through the implementation of a Geographic Information System, the effect on the water system was evaluated; which quantified the amount of water retained and used for production. Meanwhile, the Z test determined the social impact of said production. The results obtained showed an alteration and impairment in the Hydric Balance (BH) equivalent to a loss of up to 57% of water used for cultivation. It is also appreciated that there is a minimum contribution to social welfare, only during a period of time, while in the economic aspect if the cost of water were considered, profit margins would be reduced by 13%.

Keywords: Water Balance (BH), Land Use Change (CUS), Sustainable Development (DS), Human Development Index (HDI), Avocado.

Introducción

La agricultura es un elemento significativo en la degradación de los ecosistemas y escasez del agua, misma que se encuentra vinculada al desarrollo económico. Los cambios en la cobertura vegetal y el uso de suelo tienen afectaciones en los servicios ecosistémicos como: a) alteración del ciclo hidrológico, aumento de la escorrentía (erosión e inundaciones), impedimento de la infiltración del agua a mantos freáticos; b) pérdida de la biodiversidad (flora y fauna); c) alteración de los ciclos biogeoquímicos; d) alteración del clima global, a causa de la liberación de gases de efecto invernadero y por los cambios en los recursos hídricos y e) cambios físicos y químicos en los suelos (reducción de la fertilidad y pérdida de suelos). (Cayuela *et al*, 2006, p. 602).

Un ejemplo claro de este crecimiento económico que promueve el cambio de uso de suelo es el caso del cultivo de aguacate hass (*Persea americana*) en el municipio de Tancítaro, Michoacán, situado en la conocida franja aguacatera que se ha ido extendiendo de tal modo que en la actualidad este producto se encuentra presente en 53 de los 113 municipios del estado (Quadratin, 2018) donde sobresalen: Acuitzio, Apatzingán, Ario, Cotija, Los Reyes, Madero, Nuevo Parangaricutiro, Peribán, Salvador Escalante, Tacámbaro, Tancítaro, Tangamandapio, Tangancicuaro, Taretan, Tingambato, Tingüindín, Tocumbo, Turicato, Tuxpan, Uruapan, Ziracuaretiro y Zitácuaro conformando así 22 municipios. En estos sitios y en general, se ha ignorado el valor de algunos servicios ecosistémicos (SE) que proveen los bosques, entre los cuales destaca el agua, principal insumo agrícola, que no es contemplada en los costos de producción. En el caso de Tancítaro el principal cultivo corresponde al cultivo de aguacate hass (*Persea americana*); entre otros, este fruto resulta ser el primer factor detonante económico (Gutiérrez-Contreras, et.al.,2010, p. 649).

El Tratado de Libre Comercio y la respuesta ante las regulaciones impuestas por los EEUU, han hecho de la producción y comercialización del aguacate una

fuerza fundamental en términos de bienestar para las familias, generación de empleo y, en general, de impacto económico para el Estado de Michoacán. Durante el año de 2012 se estimó en \$160,600 millones y considerando que Michoacán produce el 90% del producto nacional, sería desastroso el daño que se haría a la entidad si esta actividad sufriera un fracaso por cuestiones que pudieran ser controlables con anticipación.

Si bien, las condiciones climatológicas y de la naturaleza en general junto con el entorno internacional pueden afectar este sector, es muy importante que asuntos que están bajo la dependencia de los actores preponderantes en este negocio se manejen con el cuidado debido (García, 2014, p. 28). Y es justo en las condiciones ambientales donde se prevé una complicación que podría generar a su vez otras de tipo económico y social. Hablamos del Servicio Ecosistémico (SE) más importante provisto por los bosques: el agua. En México, la disponibilidad natural media anual por habitante era de 11,500m³ para el año de 1954, y debido al crecimiento poblacional esta disminuyó a 4,094 m³ en 2004. Es decir, disminuyó un 64% en 50 años.

En 2020, con el aumento poblacional estimado por el Consejo Nacional de Población (CONAPO, 2003), y de continuar con los mismos esquemas de consumo y desperdicio del agua, la disponibilidad natural media por habitante podría ser de sólo 3,500 m³/persona/año (Breña y Breña, 2007, pág. 65). Se ha calculado que para el año 2025 el acceso por habitante disminuirá y apenas se dispondrá de 3,828 m³/persona/año (INEGI, 2014) cantidad que se ve afectada por factores naturales como las condiciones climáticas y geomorfológicas, además de las condiciones geológicas que también intervienen en las características de la recarga y el almacenamiento de aguas subterráneas (Iagua, 2015, p1). Mientras que dentro de las actividades humanas destaca principalmente el cambio de uso de suelo como el principal factor de degradación de los ecosistemas, pero que a la vez es uno de los motores más poderosos de la actividad económica, lo que induce a elevar las tasas de deforestación a nivel mundial y favorece el cambio climático (Klugman, 2011, p. 71).

Estos Servicios Ecosistémicos Hídricos (SEH), vistos desde la economía ambiental, pueden apuntalar para la obtención de información relevante para la toma de decisiones, lo que implicaría conocer cuáles son las condiciones necesarias y suficientes para alcanzar el desarrollo sustentable, qué políticas son las adecuadas para caminar hacia este objetivo y cuáles son los indicadores de los que disponemos para saber si caminamos o no en la dirección correcta (Labandeira, 2007, p. 31), por lo que en el caso de Tancítaro, también puede servir de instrumento eficaz de facilitación y mejoramiento del uso racional, manejo y gestión de los servicios ambientales (Herrado y Dimas, 2002, p. 12).

De este modo, valorar económicamente el agua principalmente para el riego, permitiría observar la “contribución” económica de la misma y determina si la gente acepta la inversión y si está dispuesta a pagar por los beneficios obtenidos (Pérez, 2002, p. 3). Bajo un esquema de sustentabilidad puede verse afectada por los efectos negativos como lo es la escasez hídrica, pues justo ahí la falta del recurso hídrico y el crecimiento constante de superficie cultivada podría ser sujeto de insustentabilidad derivada de la perturbación y modificación del paisaje como productor de agua, elemento esencial en la vida cotidiana y actividades humanas que al verse afectado tendría consecuencias en un ámbito de injusticia y desigualdad, promovidas por la propia inseguridad de la región que responde a una creciente demanda.

Según Martínez y Patiño (2012) en algunas regiones de México, se registra una condición de escasez. Por efecto del crecimiento poblacional, el desarrollo económico regional y la concentración en algunas zonas urbanas, se espera que para el año 2030 varias regiones hidrológicas de importancia y gran extensión se encuentren en condiciones de disponibilidad extremadamente baja (Martínez y Patiño, 2012, p13). En el país una crisis severa causada por el mal manejo del agua está siendo acentuada por las altas tasas de deforestación y la pérdida del servicio ecosistémico hidrológico proporcionado por los bosques y selvas del país (Manson, 2004, p1). Visto desde este ángulo, tenemos entonces que el agua disponible es inferior a la cantidad total de agua que fluye en el ecosistema, es decir que de la

cantidad de agua que fluctúa año con año, solo una parte es accesible para uso humano como fuente fiable de suministro.

Por lo anterior la UNESCO (2009, p3) en su reporte: “Integrated Water Resources Management in Action” el agua ha sido acordada como un “bien finito y económico tomando en cuenta la asequibilidad y el criterio de equidad”, esto en los llamados principios de Gestión Integral del Recurso Hídrico (GIRH)¹ los cuales se consagraron en la cumbre de Dublín en 1992 que se resumen de la siguiente manera: a) el agua dulce es un recurso vulnerable y finito, esencial para mantener la vida, el desarrollo y el medio ambiente. b) el desarrollo y la gestión del agua deben estar basados en un enfoque participativo, involucrando a usuarios, planificadores y realizadores de políticas a todo nivel. c) la mujer juega un papel central en la provisión, el manejo y la protección del agua y d) el agua es un bien público y posee un valor económico en todos sus usos y debe ser reconocida como un bien económico. Bajo este esquema, el agua tendría la necesidad de construir un modelo analítico que integre una visión de oferta y demanda y de cantidad y calidad para la valoración económica y social del recurso; además del diseño de incentivos para la sostenibilidad de las regiones hidrográficas (Escobar y Gómez, 2007, p18).

La situación circundante a la asignación de un valor económico al agua, alienta las polémicas y debates referentes a la misma, debido a que se deben considerar las tradiciones culturales y la cosmovisión de las sociedades, al igual que las características económicas que hacen referencia a la recuperación de los costos en su totalidad. La valoración económica de los recursos hídricos ejerce un papel preponderante en la gestión de la demanda y en una mejor distribución entre sus varios usos. Una gestión optimizada de los recursos hídricos exige decisiones basadas en la eficiencia económica, la igualdad social y, pero sobre todo en la sostenibilidad ecológica. En último término, el valor de los recursos hídricos no depende únicamente de su cantidad, sino de al menos cuatro factores más: calidad, ubicación, fiabilidad de acceso y tiempo de disponibilidad (UNESCO, 2017, párr. 2). El diseño de incentivos adecuados para la gestión del agua es un instrumento eficaz para inducir a los actuales y potenciales usuarios a su uso racional (como es el caso

de la agricultura), con el fin de disminuir los altos costos sociales que actualmente se presentan a causa de la escasez, mismos que tienen implicaciones económicas en la salud y el ambiente.

La investigación busca contribuir al conocimiento de cómo la intercepción de agua afecta otras regiones aledañas con la carencia de la misma y para el mismo riego de huertas a futuro, lo cual es insustentable para el cultivo de aguacate en el municipio de Tancítaro y su aprovechamiento en otros territorios. De esta manera se procura estimar los volúmenes de agua que son represados mediante la construcción específicas para la captación de agua y como incide su levantamiento sobre altitudes menores que demandan atención inmediata en cuanto al abastecimiento de agua. De igual manera está orientada a complementar información concerniente a las implicaciones de captar agua en ollas construidas sobre el terreno y sus afectaciones al ecosistema a fin de accionar y fomentar actividades que favorezcan la conservación y restauración de bosques en el municipio de Tancítaro y una producción sustentable de aguacate en la región de estudio.

En el primer capítulo de esta investigación estaremos abordando los fundamentos de la investigación. Se comenta la problemática del agua a nivel mundial, nacional y estatal y se plantea la problemática del agua retenida en ollas para el cultivo del aguacate en el municipio de Tancítaro. Se expone la justificación y se plantean las preguntas, objetivos e hipótesis. En el segundo capítulo se realiza una caracterización ambiental del municipio de Tancítaro, destacando características sociales, económicas y rasgos fisiográficos y ambientales. El tercer capítulo está dedicado al marco teórico que describe y vincula los enfoques del desarrollo local, el desarrollo sustentable, y los servicios ecosistémicos, así como las características del agua como un SE para su valoración económica a nuestra área de estudio. Se revisan las propuestas más aceptadas referentes a los servicios ecosistémicos y su clasificación, mismos que surgen de la economía ambiental.

El cuarto capítulo explica la metodología utilizada para esta investigación, pasando primeramente por los tipos de investigación y profundizando en los

Sistemas de Información Geográfica (SIG) como herramienta principal para contestar la pregunta de investigación. El capítulo quinto está dedicado a la presentación de los resultados, conclusiones y literatura citada.

Capítulo I

Fundamentos de la investigación.

Se inicia este apartado, con la presentación de los elementos que aportan fundamento al siguiente proyecto de investigación, basándose en la importancia que representa el Servicio Ecosistémico Hídrico (SEH) como elemento esencial del desarrollo sustentable para las actividades agrícolas y sus funciones propias dentro del ecosistema. En continuidad al desarrollo del trabajo de investigación, se despliegan los extractos que darán soporte al mismo, así como el planteamiento del problema que a continuación puntualizaremos.

1. Planteamiento del problema.

1.1. Complicaciones derivadas de la producción de aguacate en el municipio de Tancítaro.

Los desafíos comunes a los que nos enfrentamos en el mundo son la constante degradación y creciente escasez de los recursos naturales, el aumento de la demanda de alimentos procedentes de la agricultura, ganadería y pesca continúa aumentando rápidamente. El modelo actual de desarrollo agrícola que se presenta en el estado de Michoacán, denota una situación contraproducente tanto para los productores de aguacate como para el sector agrícola y la sociedad en general, mismo que económica y ambientalmente resulta insostenible. El continuo crecimiento en expansión, ha implicado un esquema productivo de mercado y de desarrollo agrícola y rural altamente dependiente de los vaivenes internacionales, en particular de los Estados Unidos mismo que mientras por una parte genera beneficios, también ha detonado efectos adversos en los aspectos socioeconómicos y ecológicos.

En principio en la dimensión social, hace falta acentuar la organización en la cadena productiva, la disgregación de las Juntas Locales de Sanidad Vegetal (JLSV), poner atención a los conflictos agrarios por cambio en la tenencia de la tierra, hurtos dentro de las huertas y constantes secuestros. Es importante comentar que el problema de la delincuencia es frecuente. Ávila (2014) menciona que existe una relación de los grupos delictivos con el manejo y aprovechamiento de los bosques.

El “papel” de estas células delictivas ha sido variado; pero consistentemente ha sido en “brindar protección” para talar de manera ilegal el bosque, forzar a la sesión de derechos de tierra y sus recursos entre otros lo que ha impedido el desarrollo y conservado el empobrecimiento de las comunidades. Y aunque las comunidades se han organizado no ha sido suficiente (Ávila, 2014, p. 169). Estos bosques ya no son seguros y la población ha sido sometida o reclutada por el crimen organizado (Amezcuca y Sánchez, 2015). También se ha observado que la expansión del fruto ha suscitado no solo en el cambio de uso de suelo sino también en el cambio de tipo de cultivo y por ende las comunidades ya no siembran granos de la dieta alimentaria básica, sino que ahora importan lo que antes producían (Bachmann-Fuentes, 2014, p. 99).

Por lo que se refiere al esquema económico, existen problemas en el descenso de la productividad y precios bajos en algunos períodos del año, se observan oscilaciones en la rentabilidad de la producción, baja disposición de recursos para mejorar la infraestructura, falta de tecnificación y altos costos de producción (De la Tejera *et al*, 2013, p. 35). Es importante señalar la falta de atención en este último par de conflictos, pues se considera que a largo plazo se tendrá que invertir más para obtener resultados favorables. La entidad contribuye con el 10% del Producto Interno Bruto (PIB) agrícola nacional y la agricultura aporta 7% del PIB estatal, estableciéndose en la principal actividad económica de algunas regiones y municipios (Ortíz, 2018, p. 75).

Concerniente a lo ambiental y como referencia, el estado de Michoacán destaca por la producción frutícola, principalmente del aguacate hass (*Persea americana*). A partir de la década de los ochentas, el porcentaje ocupado por la

superficie total de frutales era tan solo del 42%, esto representaba 21,241 has y para el año de 2009 el porcentaje creció a 55% (103,602 has). Consecutivamente, este cultivo se extendió en demasía, siendo necesario una considerable cantidad de personas para llevar a cabo el proceso.

Actualmente en la entidad existe una superficie sembrada de 169,939 ha, de las cuales 64,808 ha son de riego y 105,13 ha de temporal, obteniendo de ambos una producción de 548,150 Ton/temporada (SIAP, 2020) y desde el año 2018, ha habido una derrama económica importante que ha generado un impacto positivo en la economía regional, aumentando los ingresos de los productores, así como la creación de empleos directos e indirectos (Martín, 2012 en Villanueva y Zepeda, 2018, p. 3), para entonces se habían promovido más de 47 mil empleos directos, 70 mil estacionales y 187 mil indirectos (De la Tejera *et al*, 2013, p. 18). Esta actividad genera alrededor de \$30,265,787.40 anuales (Raya *et al*, 2019, p. 267).

La demanda de este fruto principalmente de E. U. ha tenido como consecuencia una transformación en el patrón de cultivos agrícolas y pérdida de la cobertura forestal original en territorios del estado de Michoacán, entidad que produce más del 86% de todo el aguacate mexicano, lo que se traduce en el aumento de insumos químicos, superficie y agua para cumplir con las exigencias internacionales de calidad e inocuidad para la exportación. Estos requerimientos, han inducido que durante las últimas décadas haya una expansión territorial conocida como franja aguacatera compuesta por casi el 50% de municipios en el estado; sin embargo, el producto se ha venido concentrando en su mayoría en tan solo 22 municipios: Acuitzio, Apatzingán, Ario, Cotija, Los Reyes, Madero, Nuevo Parangaricutiro, Peribán, Salvador Escalante, Tacámbaro, Tancítaro, Tangamandapio, Tangancícuaro, Taretan, Tingambato, Tingüindín, Tocumbo, Turicato, Tuxpan, Uruapan, Ziracuaretiro y Zitácuaro, reuniendo entre ellos el 92% del volumen de producción y el 90% de la superficie cosechada del estado. (Gutiérrez-Contreras, *et al.*, 2010, p. 649).

Tan solo en la región purépecha a la cual pertenece Tancítaro, se concentra el 68.5% de la producción de aguacate de Michoacán (Méndez, 2019, p. 9).

Municipio considerado como la “Capital Mundial del Aguacate”, tanto por el liderazgo en el volumen de producción del producto como por su tradición aguacatera que data de los años 70s (Burgos *et al.*, 2012, p. 58). El impulso en la producción de *Persea americana* tiene su origen en su alto consumo, resultado de la constante difusión de sus propiedades alimenticias y nutricionales; particularidades que han originado una gran demanda nacional e internacional.

La producción de aguacate se basa en un cultivo extensivo, que por sus prácticas agrícolas convencionales dañan los suelos en todas sus propiedades. Por consiguiente, para obtener buenos rendimientos, es necesario cultivarlo en grandes extensiones de tierra y utilizar desmesurados volúmenes de agua; elementos naturales disponibles en el municipio. Pero para la obtención de aguacate, no solo es ineludible el territorio y el agua, sino también se encuentra asociada con el uso y aplicación de agroquímicos, mismos que en un principio potenciaron grandes rendimientos por hectárea; pero con el tiempo llegó a tener un uso indiscriminado que en la actualidad está demostrado que puede generar problemas como la eliminación de organismos benéficos para el suelo y la propia planta; principalmente polinizadores, las plagas invasoras se hicieron más resistentes y tolerantes a los agroquímicos, aparecieron nuevos patógenos, existe un alto grado de dependencia para la producción de alimentos y por último la contaminación del agua, suelo y frutos (Delfín *et al.* 2018, p. 123).

Tradicionalmente, los agricultores se preocupaban por el mantenimiento de los componentes ecológicos, pero esta se ha ido perdiendo mientras aumenta la productividad (Manes, 2006, p. 4). Esto podría suponer un sacrificio para los quienes habitan en partes más altas y podría ser interpretado como una injusticia social promovida por la inequidad, respecto a la riqueza natural aprovechada por unos cuantos. Pues bien, para aumentar la producción se utilizan plaguicidas conocidos como piretroides, (paratión o el malatión) extremadamente tóxicos (SEMACDET, 2019). Mismos que están prohibidos en Europa y E.U., pero que se siguen utilizando en Michoacán.

De acuerdo a una nota de INFORURAL (2013) se aplican en promedio 900 mil toneladas de pesticidas al año, además de 30 mil toneladas de fertilizantes químicos causantes de enfermedades, principalmente aquellas de tipo respiratorias y de piel. Durante 1997, Tancítaro aunado a Peribán, Uruapan y Salvador Escalante se convirtieron en los primeros exportadores y desde entonces las normas para exportación hacia los E. U., se refieren a condiciones de fitosanidad y empaques, lo que implica mayor inversión en insumos agrícolas (agroquímicos).

La inversión puede ascender hasta un costo promedio de \$109,600.00 por hectárea en huertas de riego y \$86,100 en huertas de temporal. De esta cantidad, dos terceras partes se emplean en insumos y en mano de obra para la aplicación de los mismos pesticidas y fertilizantes. La nutrición es con fertilizantes sólidos, aplicándose en promedio 234 kg de Nitrógeno (N), 314 kg de fósforo (P) y 203 de potasio (K) por ha. (FIRA, 2007, p. 13,30-31). Pero dentro de la estructura de costos de producción, no se considera el agua utilizada, por el contrario, se percibe como un derecho humano y por tanto “gratis”, no obstante, eso no significa que el agua no pueda tener un valor económico.

Pero el inconveniente más severo que se prevé del llamado “oro verde” en el municipio, es la gran cantidad de agua que consume, pues cabe destacar que este tipo de cultivo puede requerir hasta 62.21 L/día, poco más de 1,800 lt/planta/mes. En términos generales, una hectárea de aguacate con 156 árboles puede consumir hasta 5.2 veces más agua que la de un bosque natural con una densidad de 677 individuos por hectárea. Esta dinámica ha ido adquiriendo un carácter regional de trascendencia social, pues beneficia económicamente a los productores a corto plazo, pero a la larga podrán existir costosas consecuencias. Parte de esta lista de complicaciones es el tema donde el cambio de uso de suelo forestal a agrícola y el uso intensivo de agroquímicos son los principales argumentos (Gómez-Tagle, 2018. p. 19). Sin olvidar que a partir del cultivo de aguacate se deriva una situación más preocupante: la posible escasez del agua, situación que comienza a resaltar, y es este mismo tema del que nos ocuparemos en esta investigación.

Uno de los principales efectos adversos, es la posibilidad de carencia de agua, en principio porque el municipio se caracteriza por un sustrato de alta permeabilidad, (misma que es importante para la recarga de acuíferos que mantienen las huertas) y seguidamente por la cobertura forestal, elemento del cual depende. Los suelos presentes en el área de estudio son asociaciones de Andosoles provenientes de sustratos geológicos de tipo volcánico y estos tienen la particularidad de tener bajos rendimientos agrícolas, pero permiten la infiltración y son muy susceptibles a la erosión eólica. Esto implica que el cambio de uso de suelo y de cultivos puedan tener un efecto boomerang sobre la misma producción de aguacate bajo riego, además de poner en riesgo la disponibilidad de agua para uso doméstico en otras localidades y municipios de menor altitud y contaminar los mantos freáticos (OET Municipio de Tancítaro, 2010, p.21).

Dentro del límite municipal encontramos el “Pico de Tancítaro”, este macizo montañoso es una entidad hidrológica, que constituye la base del desarrollo de aproximadamente 39,783 habitantes distribuidos en 81 poblaciones y comunidades alrededor de él, siendo para el aguacate, una de las áreas más importantes del país en la producción del mismo (INEGI, 2010 p. 6-7). Aquí se reportan cerca de 30 millones de m³ anualmente, beneficiando de esta manera a las actividades agrícolas y uso doméstico de los habitantes (Fuentes, 2004, p. 80). Es claro que esta agua se “produce” en esta elevación (3,800 m.s.n.m.), pero también es evidente que quien tiene mayor demanda de uso de este recurso líquido, es la agricultura, principalmente para el riego de aguacate.

Se ha reportado una sobreexplotación de estas fuentes que está conllevando a una reducción de la disponibilidad de agua (Fuentes, 2011, p. 33). Y es que se acentúa con las malas prácticas de distribución, como el reparto con canales con y sin revestimiento, escenario que es agravado por el incremento de la demanda del vital líquido por parte de los usuarios agrícolas, pues existe un sistema de disposición de agua que se esparce de modo que los productores reciben el agua con una confiabilidad dependiente de la ubicación de su predio en el método de

reparto. En este sentido, es de esperarse que la valoración que estos hacen del agua tenga una relación espacial bien determinada (Escobar y Jaramillo, 2007, p18).

A fin de buscar una solución a los problemas del agua y la deforestación, durante el año de 2003, la Federación puso en práctica el programa denominado: “Pago por Servicios Ambientales Hidrológicos” (PSAH) que tenía como propósito incentivar económicamente a los propietarios de los bosques procurando que las soluciones de uno de los problemas también ayudasen a resolver el otro (Muñoz, 2007, p. 79). Pero este no dio los resultados esperados, pues la condición del pago generó la inconformidad en los ejidatarios michoacanos que reciben entre \$380.00 y \$800.00/ha mientras que en el Estado de México se paga casi \$1,600.00/ha de bosque al año (La voz, 2019). Así mismo y como otra forma de procurar una solución a los problemas ambientales, sobre todo de bosque y agua, fue la declaración del Pico de Tancitaro como un “Área de Protección de Flora y Fauna” de carácter Federal y creada mediante decreto presidencial el 19 de agosto de 2009 en el Diario Oficial de la Federación (DOF, 2009), también es reconocida como “Área de importancia para la conservación de las aves” (AICA número C05) y además es la “Región Terrestre Prioritaria número 114”.

Como se ha mencionado anteriormente, el principal problema en el municipio y toda la franja aguacatera, es el cambio de uso de suelo y/o los cambios en los tipos de cultivos que tienen repercusiones ambientales, sociales y económicas; pero se pronostica la escasez de agua en el municipio. Además, porque este tipo de cultivo está ganando terreno, hacia las partes altas dentro del Área Natural Protegida (ANP), interrumpiendo la captación de agua e impidiendo la recarga de los mantos acuíferos, lo que puede resultar en el aumento de sequías y cambios en la temperatura ambiental. Otras externalidades suceden también, como el cambio en la estructura física y química del suelo, migración de especies, afectación del ciclo hidrológico, etc., cambios en el ecosistema que afectan en el desarrollo de la sociedad en general. Es una situación que no debe pasar por alto porque tiene repercusiones en la salud humana y el ambiente. Además de aumentar la inseguridad, misma que se ha visto incrementada en los últimos años. Y que ha

fomentado la devastación de los bosques para asegurar la expansión de la superficie de cultivo para el aguacate (Martínez y Padgett, 2013, p2).

Reiterativamente esta expansión implica mayor consumo de agua, problema que ha sido “resuelto” con la construcción de “ollas” para la retención del agua superficial y de precipitación, también conocidas como jagüeyes, estanques, presas, cajones de agua, trampas de agua o bordos de agua. ¿Pero cuánta agua se puede captar en el municipio de Tancítaro, solo para el riego de huertas de aguacate? Justo es el tema central de esta investigación en la que se determina el número de ollas de agua y se estima el volumen de agua represada para su posterior uso durante la temporada de secas. Que pueden dar como resultado la falta de la misma en otras regiones, cuencas y/o municipios de menor altitud.

1.2 Justificación del estudio.

Es necesario recordar que los bosques y selvas no sólo captan el agua de la lluvia, sino que también pueden modificar los patrones de precipitación a través de la regulación del clima regional; es decir nos proporcionan bienes y servicios pues existe una relación directa entre el tipo de vegetación y el clima, de ahí que el cambio climático se atribuye en gran medida a los cambios de uso de suelo. Así la formación de nubes y cantidad de lluvia dependerá del tipo de vegetación y altitud entre otros factores. Dicho de otra manera, existe una relación estrecha entre el estado de la cobertura vegetal y los suelos respecto de la conservación de cuencas y zonas de recarga de acuíferos, pues la cubierta vegetal protege al suelo, intercepta y canaliza la lluvia, en tanto que el suelo está expuesto a la erosión hídrica y eólica, fenómenos que degradan al suelo y modifican el régimen de escurrimiento (INEGI, 2017).

En el municipio de Tancítaro los problemas ambientales son más que evidentes, desde los incendios forestales para hacer cambios en la cobertura vegetal y uso del suelo, la erosión y cambios estructural fisicoquímico de los mismos,

cambio del paisaje, pérdida de hábitats para la flora y fauna y ahora uno que esta visible ante todos, la contaminación y escasez de agua. Todo esto ocasionado por la constante y creciente expansión de los huertos de aguacate hass (*Persea americana*), cultivo que sin duda permite importantes ingresos al estado a través de los altos volúmenes de producción, pero que a largo plazo la falta de agua y remoción de bosques puede afectar el ciclo hidrológico y clima local y regional, que además puede tener repercusiones en la salud y economía de la población.

En esta investigación se determina la cantidad y capacidad aproximada de “ollas de agua” construidas a lo ancho del municipio y que son utilizadas para el riego de huertas de aguacate, con la finalidad de determinar el volumen de agua “contenida” y se contrasta con un referente económico a fin de estimar un valor económico del agua que no está considerada en los gastos de inversión, pero que si tiene un impacto social, económico y ambiental. Existen reportes de que el Pico de Tancítaro produce alrededor de 30 millones de m³ de agua al año anualmente, que favorece a las actividades agrícolas y uso doméstico de los habitantes del municipio (Fuentes et. al., 2003, p. 80). Además de existir datos aproximados del consumo de agua de una huerta de aguacate; esto significaría poder estimar la cantidad necesaria para sostener la superficie aguacatera en el territorio municipal aproximándole un valor económico.

La escasez de agua es una situación prioritaria hoy en día y que debe atenderse mediante políticas públicas que concienticen y regulen el uso entre los usuarios. El tema del agua ha escalado en los últimos años en México bajo un contexto alarmante, ante la posible sequía, razón por la cual es necesario estudiar sus causas e impactos desde una perspectiva social, económica y ambiental. Con este análisis, se puede complementar en una propuesta de la construcción de una política pública que abone mejores escenarios de vida y apunte en la resolución del problema de escasez hídrica, además de que se espera que permitan cierta eficiencia de uso desde una perspectiva económica; determinada desde la perspectiva de los servicios ecosistémicos.

Según el anuario estadístico de Michoacán; los cuatro municipios que forman parte del Pico de Tancítaro (Nuevo Parangaricutiro, Peribán, Tancítaro y Uruapan), están dentro de los 41 municipios con producción forestal maderable y participan con el 13.6% de la producción total del estado. Sin embargo, y de continuar con una tala desmedida y cambios en los tipos de cultivo, se verá afectado el bosque original y por tanto se vislumbran importantes pérdidas en el volumen de agua captado por la vegetación original, aceleración de la erosión e impacto negativo en la producción de aguacate y otros cultivos (INEGI, 1996). Dicho en otras palabras, el desarrollo regional de la primera zona aguacatera del país se puede ver amenazado debido a la carencia en el suministro de agua, afectando no solo a los cultivos sino a la población en general que dependen de este recurso hídrico no sólo dentro del área de estudio, sino también en otros municipios aledaños y de menor altitud.

La región del “Pico de Tancítaro” es una de las entidades hidrológicas más importantes del estado para la producción de aguacate de exportación y el municipio de Tancítaro forma parte de esta franja aguacatera (Fuentes, 2004, p. 3). Dado que estos cultivos tienen como característica el utilizar grandes cantidades de agua, no se debe olvidar que existen otros usos en su demanda, tanto de los cultivos anuales de riego, como de las necesidades domésticas. Todas estas formas de utilización del recurso requieren de una gran cantidad de agua proveniente del macizo montañoso.

“Los parámetros de la red fluvial, tales como el número de escurrimientos, el orden de corrientes y la densidad de drenaje confirman la tendencia a concentrar fuertes volúmenes de agua. Respecto al tiempo de concentración se observa un tiempo mayor entre la ocurrencia de la lluvia y la presencia de las crecidas. Esto indica nuevamente la capacidad de escurrimiento de las cuencas presentes en el municipio de Tancítaro; sin embargo, ya se percibe una disminución en los volúmenes de agua y dificultad a su acceso” (Fuentes, 2004, p. 6).

No se debe olvidar que en el artículo 4° de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos se menciona lo siguiente: *“Toda persona tiene derecho a un medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar. El Estado garantizará el*

respeto a este derecho. El daño y deterioro ambiental generará responsabilidad para quien lo provoque en términos de lo dispuesto por la ley. Párrafo adicionado DOF 28-06-1999. Reformado DOF 08-02-2012” y “Toda persona tiene derecho al acceso, disposición y saneamiento de agua para consumo personal y doméstico en forma suficiente, salubre, aceptable y asequible. El Estado garantizará este derecho y la ley definirá las bases, apoyos y modalidades para el acceso y uso equitativo y sustentable de los recursos hídricos, estableciendo la participación de la Federación, las entidades federativas y los municipios, así como la participación de la ciudadanía para la consecución de dichos fines. Párrafo adicionado DOF 08-02-2012”.

Lo anterior significa que el agua es un elemento imprescindible dentro de los ecosistemas, que es necesario para la vida y actividades del hombre lo que hace considerarla como un derecho humano fundamental. Y precisamente por esto es necesario valorarla y gestionarla para mantenerla lo mejor posible, lejos de la contaminación. Pero, por otro lado, si existe un fomento a la escasez no se podría dar cumplimiento a ese artículo en ningún sentido. Además, en la relación agua y salud humana se observa la influencia que ejerce esta sobre la salud de las poblaciones.

Si el uso desmesurado de agua continúa en las actividades agrícolas, no sólo en Tancítaro sino también en otras entidades, quizás entonces se deba buscar instruir un modelo que asigne un valor económico dentro de los costos de producción. Motivo por el cual, la estimación del valor económico del agua para uso agrícola como uno de los servicios ecosistémicos más importantes proporcionado por el Pico de Tancítaro, nos podría permitir medir y comparar los diversos beneficios y a su vez añadir como instrumento de facilitación en el uso y manejo del agua en la elaboración de planes de financiación y proyectos hídricos a largo plazo, donde se vean involucrados todos los actores de la región.

Es importante aprender de la historia, con una situación similar ocurrida en la Región de Petorca, Chile, donde más del 30.0% de la producción de aguacate que se genera en esta provincia a costa de secar los ríos y dejar sin agua para su consumo a las comunidades del territorio. Lo ocurrido fue que para el mantenimiento

de las huertas de aguacate se procedió a la construcción justamente de ollas de agua. Y a mediados de los 90 se pasó de 2 mil hectáreas a más de 16 mil. Esta provincia concentra alrededor del 30.5% de toda la exportación del país de Chile, sembrada cerca de los ríos Petorca y Lingua, mismos que fueron declarados “agotados” en 1997 y 2004 respectivamente (Velásquez, 2018, p. 1). Motivo por el cual esta investigación es significativa por la generación de conocimientos, debido a que en la actualidad solo existen estimaciones de la cantidad de obras construidas; pero no se ha estimado su superficie ni la capacidad de las mismas. Para cerrar este apartado, se puede decir que existe una indebida apropiación del agua y que el cultivo de aguacate se realizó en lugares muy “aptos” desde el punto de vista hidrológico pero que se ha excedido la capacidad del sistema de recuperarse naturalmente.

1.3 Pregunta general.

¿Cuáles han sido los efectos en el sistema hídrico que inciden en la sustentabilidad de la producción de aguacate del municipio de Tancítaro, Michoacán desde las dimensiones: económica, social y ecológica?

1.3.1. Preguntas particulares.

- a) ¿Cómo ha incidido la retención de agua para producción de aguacate, en el ecosistema en el municipio de Tancítaro, durante el período 2004-2014?
- b) ¿A cuánto asciende, el valor del agua represada como insumo para la producción de aguacate en la generación de riqueza en la región municipio de Tancítaro?
- c) ¿Qué le ha aportado la producción de aguacate al desarrollo humano en el municipio de Tancítaro?

1.3. Objetivo general.

Determinar las dificultades hídricas en la sustentabilidad, desde sus dimensiones; económica, social y ecológica ocasionadas por la creciente producción de aguacate en el municipio de Tancítaro, Michoacán.

1.3.1. Objetivos particulares:

- a) Determinar los cambios en el entorno ambiental debido al represamiento de agua para la producción de aguacate en el municipio de Tancítaro.

- b) Estimar el valor económico que aporta el agua represada para la generación de riqueza en el municipio de Tancítaro a partir de la producción de aguacate.
- c) Identificar el aporte de la actividad productiva de aguacate en el bienestar de la población, durante los últimos 15 años.

1.4. Hipótesis general:

La producción de aguacate en el municipio de Tancítaro no es sustentable, en ninguna de sus dimensiones. En lo social, no presenta una mejora significativa del nivel de vida de la población, atribuible a la producción de aguacate. En lo económico no es un producto rentable, una vez que se incorpora el valor del agua represada, que no se considera en los costos de producción. En lo ecológico, la escasez de agua en la región se ha incrementado en los últimos años como consecuencia de su represamiento y promueve efectos negativos en el ecosistema original.

1.4.1. Hipótesis particulares.

- a) La extensión del cultivo de aguacate provoca cambios en el entorno ambiental afectando principalmente los cambios de uso de suelo y balance hídrico en el municipio de Tancítaro.
- b) El cultivo de aguacate en el municipio de Tancítaro omite el valor económico del agua en sus costos de producción. Estimar el valor económico que aporta el agua represada a la producción de aguacate y considerarlo en los costos, puede revelar inviabilidad económica reduciendo su competitividad y rentabilidad, características que lo alejan de la sustentabilidad.
- c) El IDH no muestra incremento relevante en la calidad de vida de la población que sea imputable a la producción de aguacate en el municipio de Tancítaro.

Capítulo II

2.1. Marco contextual del municipio de Tancítaro como región de estudio.

En esta sección se describen las características ambientales del municipio que hacen que el cultivo del aguacate en esta región sea uno de los cultivos más exitosos por su alta rentabilidad. La combinación de factores físicos y ambientales determina la potencialidad de una zona para una especie vegetal determinada por lo que las caracterizaciones agroclimáticas desempeñan un papel determinante en las actividades de planificación y en la toma de decisiones para la implementación de programas agrícolas (Garrido R. *et al*, 2013, p. 53). El municipio de Tancítaro forma parte de la conocida “franja aguacatera” que es una zonificación agroecológica que tiene características similares relacionadas con su aptitud y potencial para la producción de aguacate hass cubriendo otros municipios (FAO, 1996).

2.1.1. Características generales.

A continuación, se describe el entorno ambiental de Tancítaro, mismo que por sus aspectos físicos y bióticos permiten el crecimiento óptimo del aguacate ya sea de temporal o de riego. Este municipio (Mapa 1), se abastece de 16 cuencas que componen el Pico de Tancítaro y de estas dependen la población y cabecera municipal del mismo nombre (Fuentes, 2011, p. 33). Este municipio se localiza entre las coordenadas UTM mínimas: X= 762557.59 y Y=2122112.02 y máximas: X= 795089.85 y Y= 2162107.23, cuenta con una altitud mínima de 820 m.s.n.m. y una

máxima de 3840 m.s.n.m. Comprende una superficie de 715.056 km² (71,505.68 has) que representa el 1.22% del total del estado y una población de 29,414 habitantes (INEGI, 2015).

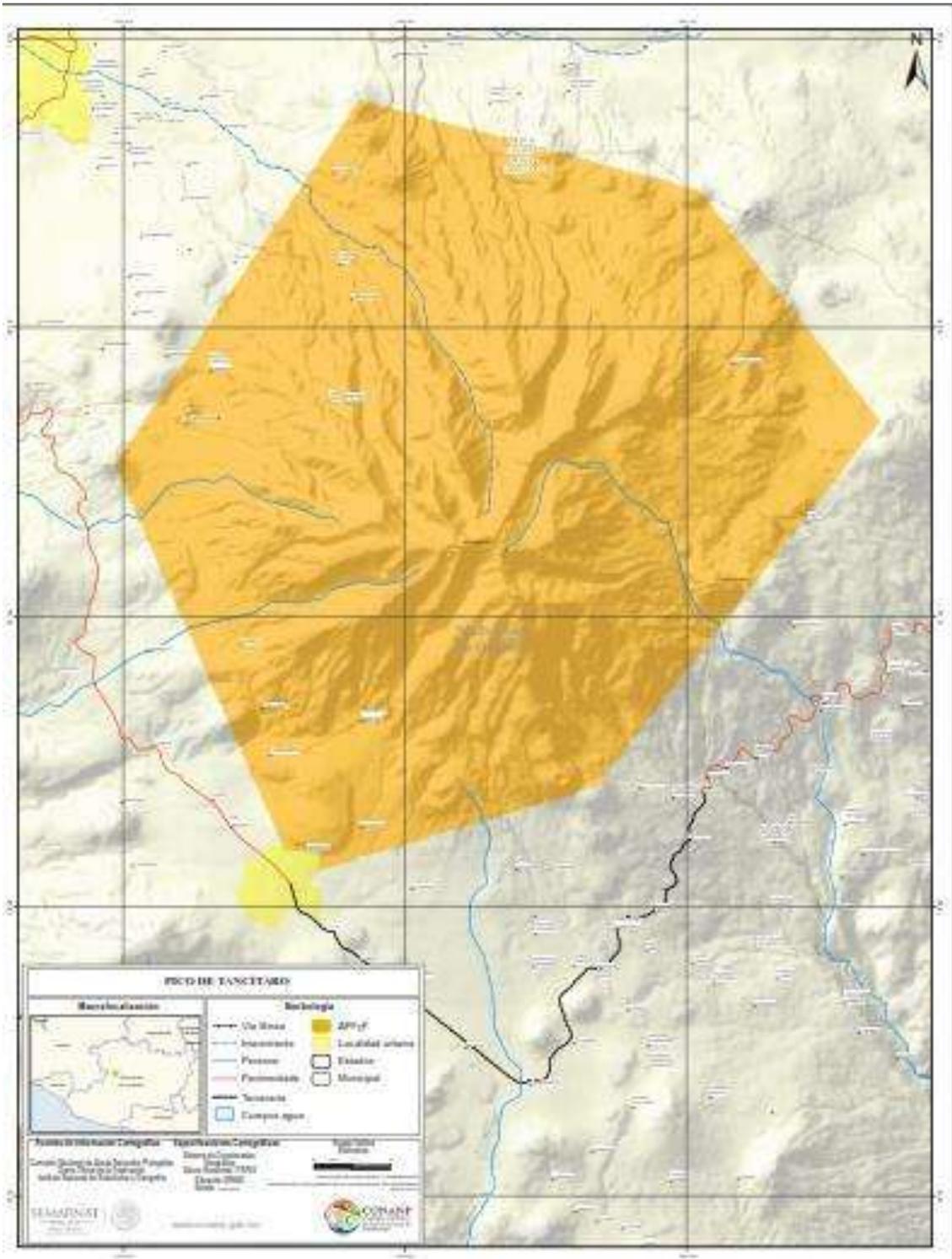


Mapa 1 Ubicación geográfica del municipio de Tancítaro en el estado de Michoacán. Elaboración propia en Corel Draw 2019.

En la parte más alta del municipio de Tancítaro se encuentra el Área de Protección de Flora y Fauna (APFFPT), reconocida como área de importancia para la conservación de las aves (AICA número C05) y además Región Terrestre Prioritaria número 114 (RTP-114). Lugar donde existen bosques de pino de altura, oyameles, encinos, pinos de diversas especies, y pastizales además de agricultura de temporal en las zonas bajas. También es considerada como la zona productora de aguacate más importante del país, y forma parte de la denominada: “Franja aguacatera” cuyas formas de producción agrícola demandan una gran cantidad de agua (Fuentes, 2011, p. 33). Esta ANP (Mapa 2) abarca los municipios de Tancítaro, Peribán de Ramos, Nuevo Parangaricutiro y Uruapan y fue establecida mediante Decreto como Parque Nacional el 27 de julio de 1940.

Actualmente está bajo la categoría de “Área de Protección de Flora y Fauna”, misma que fue recategorizada el 19 de agosto de 2009, pertenece a la Región CONANP: Occidente y Pacífico Centro y tiene una superficie total de 23,405.92 ha (234.0592 Km²) (DOF, 2013, p.2). Su principal objetivo es constituir el instrumento rector de planeación y regulación el cual establece las actividades, acciones y lineamientos básicos para el manejo y la administración del Área Natural Protegida (ANP) con carácter de Área de Protección de Flora y Fauna Pico de Tancítaro antes señalado, su delimitación y ubicación de las subzonas está conformada de la siguiente manera:

- I. Zona núcleo, conformadas por las subzonas:
 - a) De Protección Pico de Tancítaro-Piedra del Horno, con una extensión de 1,080.563357 hectáreas, conformada por un polígono, y b) De Uso Restringido Cerro Tancítaro-La Culebra y La Zafra-Cerro San Pedro con una superficie de 1,709.738968 hectáreas, está integrada por dos polígonos.
- II. Zona de amortiguamiento, conformadas por las subzonas:
 - a) De Aprovechamiento Sustentable de los Recursos Naturales Laderas Medias Circundantes del Tancítaro, abarca una superficie de 12,286.690369 hectáreas, constituida por cuatro polígonos;
 - b) De Aprovechamiento Sustentable de los Ecosistemas Laderas Bajas del Tancítaro, abarca una superficie de 6,889.181620 hectáreas, comprendida en siete polígonos;
 - c) De Uso Público Cerro Grande - Cenizas Volcánicas abarca una superficie de 730.600124 hectáreas, constituida por tres polígonos y,
 - d) De Recuperación Ladera Norte y Ladera Oriente abarca una superficie de 709.146517 hectáreas, constituida por dos polígonos.



Mapa 2 Área de Protección de Flora y Fauna Pico de Tancitaro. (Tomado de CONANP, 2019).

2.1.2. Aspectos bióticos.

En este aspecto, la vegetación presente en la parte más alta, que predominan son los bosques de *Pinus hartwegii* y los bosques de Abeto (incluye pino-encino), mientras que en la zona de amortiguamiento son los bosques mixtos (pino-encino) los que prevalecen (OET Municipio de Tancítaro, 2010, p. 56). Este tipo de cobertura forestal en conjunto con otros factores permite el abastecimiento de agua atmosférica. Se registran las siguientes especies de flora: Pino ortiguillo (*Pinus pseudostrobus*), Pino, ocote chino (*Pinus leiophylla*), Pino avellano (*Pinus douglasiana*), Pino canis (*Pinus maximinoi*), Pino lacio, pino real, ocote (*Pinus devoniana*), Pino colorado, teocote (*Pinus teocote*), Pino de las alturas (*Pinus hartwegii*), Pino real (*Pinus montezumae*), Encino (*Quercus rugosa*), Encino, encino jarriillo (*Quercus laurina*), Encino chicharrón, encino chilillo, encino hojarasco, encino huaje, encino pepitillo (*Quercus crassifolia*), Encino roble, encino roble prieto (*Quercus obtusata*), Encino aguacatillo, encino de asta, encino bellotero, encino cenizo (*Quercus candicans*), Encino (*Quercus crassipes*), Abeto (*Abies sp.*), Madroño (*Arbutus xalapensis*), Carpe americano (*Carpinus caroliniana*), Cedro de San Juan (*Cupressus lusitanica*), Dalia (*Dahlia scapigera*) (SIMEC, 2018, p. 2).

Por su ubicación, presenta mayor distribución efectiva de especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010. Protección ambiental -Especies nativas de México de flora y fauna silvestres - Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio. Lista de especies en riesgo; dentro de las especies de flora podemos encontrar: vara de San Juan (*Phymosia rosea*), enebro azul (*Juniperus monticola*), cedro blanco (*Cupressus lusitánica*) especies sujetas a Protección Especial; la flor de tila (*Tilia mexicana*) la cual se encuentra en Peligro de Extinción (DOF, 2013, p4).

Sus cerca de 716 especies de plantas proveen de alimento, refugio y sitios de reproducción a las especies de fauna silvestre registradas, algunas están incluidas en la Norma Oficial Mexicana 059- sujetas a protección especial o en peligro de extinción- como: Gavilán de Cooper (*Accipiter cooperii*), Clarín jilguero

(*Myadestes occidentalis*), Salamandra o ajolote cabeza chata (*Ambystoma amblycephalum*), Rana fisgona de Pátzcuaro (*Eleutherodactylus angustidigitum*), Tuza michoacana (*Zygogeomys trichopus*) y Rata cambalachera de Tancítaro (*Nelsonia goldmani*) (SEMARNAT, 2016, 2018). Tiene también especies de flora amenazadas como el cedro blanco, el enebro azul (*Juniperus monticola*) y la tilia mexicana (*Tilia americana var. mexicana*).

También se registran: Zorrillo narigón (*Conepatus leuconotus*), Ardilla (*Sciurus aureogaster*), Tlacuache (*Didelphis virginiana*), Liebre torda (*Lepus callotis*), Armadillo nueve bandas (*Dasybus novemcinctus*), Rana (*Rana montezumae*), Iguana negra (*Ctenosaura pectinata*), Ardilla voladora del sur (*Glaucomys volans*), Murciélago hocicudo de Curazao (*Leptonycteris curasoae*) (SIMEC, 2018, p. 2). Es importante destacar la declaración de esta zona como RTP-114 para la conservación porque incluye especies endémicas, un ejemplo ya mencionado es de un género panocrónico endémico de esta región: *Zygogeomys*, una tuza muy poco conocida aún. Los vertebrados en general son peculiares (Arriaga *et al*, 2000).

Otras especies endémicas son: Zacatonero Pecho Negro (*Peucaea humeralis*), Colibrí berilo (*Amazilia berillyna*), Loro Corona Lila (*Amazona finschi*), Madroño (*Arbutus occidentalis*), Rascador cejas verdes (*Arremon virenticeps*), Ticuiliche (*Aspidoscelis calidipes*), Rascador gorra canela (*Atlapetes pileatus*), Zumbador Mexicano (*Atthis heloisa*), Tepozán Cimarrón (*Buddleja parviflora*), Sapo Pinero (*Incilius occidentalis*), Matraca Serrana (*Campylorhynchus gularis*), Matraca Barrada (*Campylorhynchus megalopterus*), Chipe Rojo (*Cardellina rubra*), Zorzal Mexicano (*Catharus occidentalis*), Lagartija (*Aspidoscelis sackii*), Musaraña Orejillas de Goldman (*Cryptotis goldmani*), Vencejo Cara Blanca (*Cypseloides storeri*), Codorniz Coluda Transvolcánica (*Dendrortyx macroura*), Cardellina rubra (*Ergaticus ruber*), Enebro Azul (*Juniperus monticola*), Trepatroncos Mexicano (*Lepidocolaptes leucogaster*), Carpintero Enmascarado (*Melanerpes chrysogenys*), Mulato Azul (*Melanotis caerulescens*), Zacatonero Serrano (*Oriturus superciliosus*), Chachalaca Pálida (*Ortalis poliocephala*), Rata Arrocera (*Osgoodomys banderanus*), Colorín Vetridorado (*Passerina leclancherii*), Codorniz Barrada (*Philortyx fasciatus*),

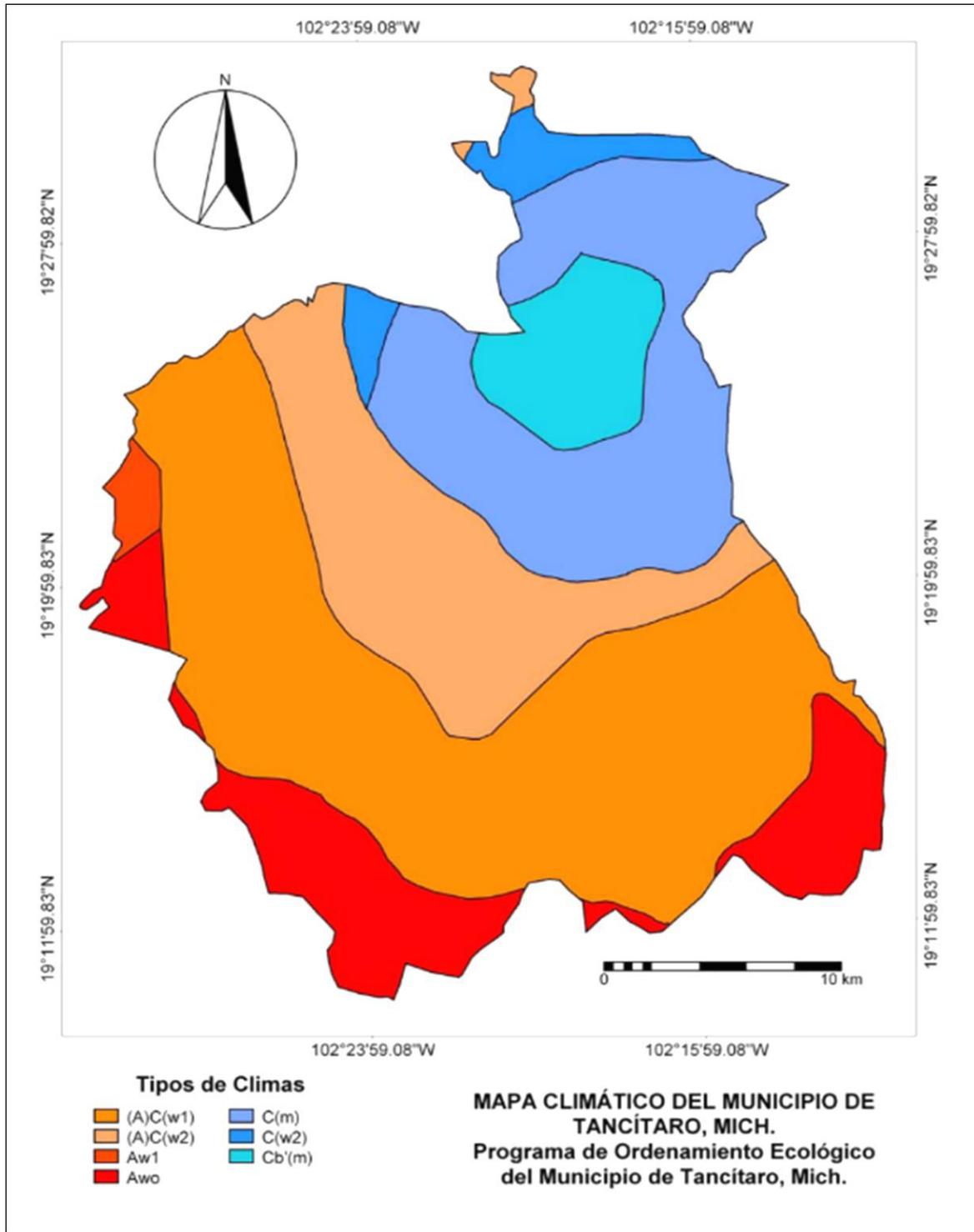
Carpintero Transvolcánico (*Picooides stricklandi*), Rascador de Collar (*Pipilo ocai*), Culebra Café de Occidente (*Rhadinaea hesperia*), Cotorra Serrana Occidental (*Rhynchopsitta pachyrhyncha*), Mirlo Azteca (*Ridgwayia pinicola*), Hediondilla (*Roldana lineolata*), Chintete Común, Lagartija Escamosa, Lagartija Escamuda, Roño Espinoso, Lagartija Espinosa del Pacífico (*Sceloporus horridus*), Lagartija-Espinosa de Pedregal (*Sceloporus pyrocephalus*), Vencejo Nuca Blanca (*Streptoprocne semicollaris*), Conejo (*Sylvilagus cunicularius*), Salta paredfeliz (*Thryothorus felix*), Coa citrina (*Trogon citreolus*), Saltapared cola larga (*Tryomanes bewickii*), Vireo amarillo (*Vireo hypochryseus*), Vireo Enano (*Vireo nelsoni*), Vireón alerquín (*Vireolanlus melitophrys*), (*Perymenium alticola*), (*Polyanthes geminiflora*), (*Quercus martinezii*), Lirio (*Rhynchostele cervantesii*), (*Senecio stoechadiformis*), (*Senecio toluccanus*), Rata de la caña del pacífico (*Sigmodon allenii*) (CONANP, 2019).

2.1.3. Aspectos climáticos.

Sin duda, el clima es otro factor que favorece el cultivo del aguacate en el municipio, pero que está sufriendo cambios dados el rompimiento en la estructura del ciclo hidrológico y el reemplazo de bosques originales. El clima predominante en el municipio es (A)C(w1) y (A)C(w2). Semicálido y subhúmedo en primavera, semiseco en otoño, seco en invierno, del grupo C, temperatura media anual mayor de 18 °C, la temperatura del mes más frío es menor de 18 °C, temperatura del mes más caliente mayor de 22 °C. (PEOTM, 2014, p.85). También se presentan los mayores promedios de tormentas eléctricas registradas en Tancítaro y la Meseta Purépecha (PEOTM, 2014, p.89) (Mapa 3).

El clima en el municipio de Tancítaro se caracteriza por poseer un rango altitudinal de 3,020m en una distancia máxima de 28 km., característica que trae como resultado cambios drásticos en la expresión climática de los paisajes y se refleja claramente en las comunidades vegetales, la fauna, el régimen hídrico, la humedad y por supuesto, en las actividades económicas. En la región destaca “El

Pico de Tancítaro”. Es un sitio de gran importancia ambiental y económica; sin embargo, no cuenta con una red de estaciones climatológicas. Todas las estaciones cercanas al macizo volcánico se localizan más allá del municipio de Tancítaro, por lo que la climatología de esta zona es completamente desconocida. Los climas en la zona de estudio siguen un patrón altitudinal influenciados en su humedad por la Depresión (OET municipio de Tancítaro, 2010, p. 27).



Mapa 3 Clima del municipio de Tancítaro. (Tomado de OET municipio de Tancítaro, 2010, p.29)

2.1.4. Aspectos fisiográficos.

Como se venía comentando, la elevación más notable del municipio y del estado es el conocido “Pico de Tancítaro” con una elevación máxima de 3,857 m.s.n.m. ubicado en el municipio del mismo nombre; seguido de Patambán (3,525 m. en el municipio de Tangancícuaro); Cerro de Quinceo (2,750 m. en el municipio de Morelia); el Tzirate (3,300 m. en el municipio de Quiroga) y el Cerro de San Andrés (3,605 m. en el municipio de Hidalgo) (PEOTM, 2014, p.66).

Rzedowski. (1978), en su esquema de las principales provincias fisiográficas de México ubica al Parque Nacional Pico de Tancítaro en el Eje Volcánico Transversal. Federico Mooser, según Clausen (1959), parece haber sido uno de los primeros en usar el nombre de cinturón volcánico transmexicano. Según Mooser (1972), el Eje Volcánico tiene un arreglo “zigzagueante” provocado por la presencia de un sistema fundamental de fragmentación ortogonal con dirección noroeste y nordeste, en las fracturas. Las de esta última orientación parecen estar relacionadas con movimientos transcurrentes principalmente en la porción oriental y central, lo que le imprime al Eje este aspecto zigzagueante. Los grandes estratovolcanes, como el Tancítaro, Nevado de Toluca, Popocatépetl y Nevado de Colima, estarían situados en los vértices meridionales de este sistema (García, 1998).

2.1.5. Geomorfología

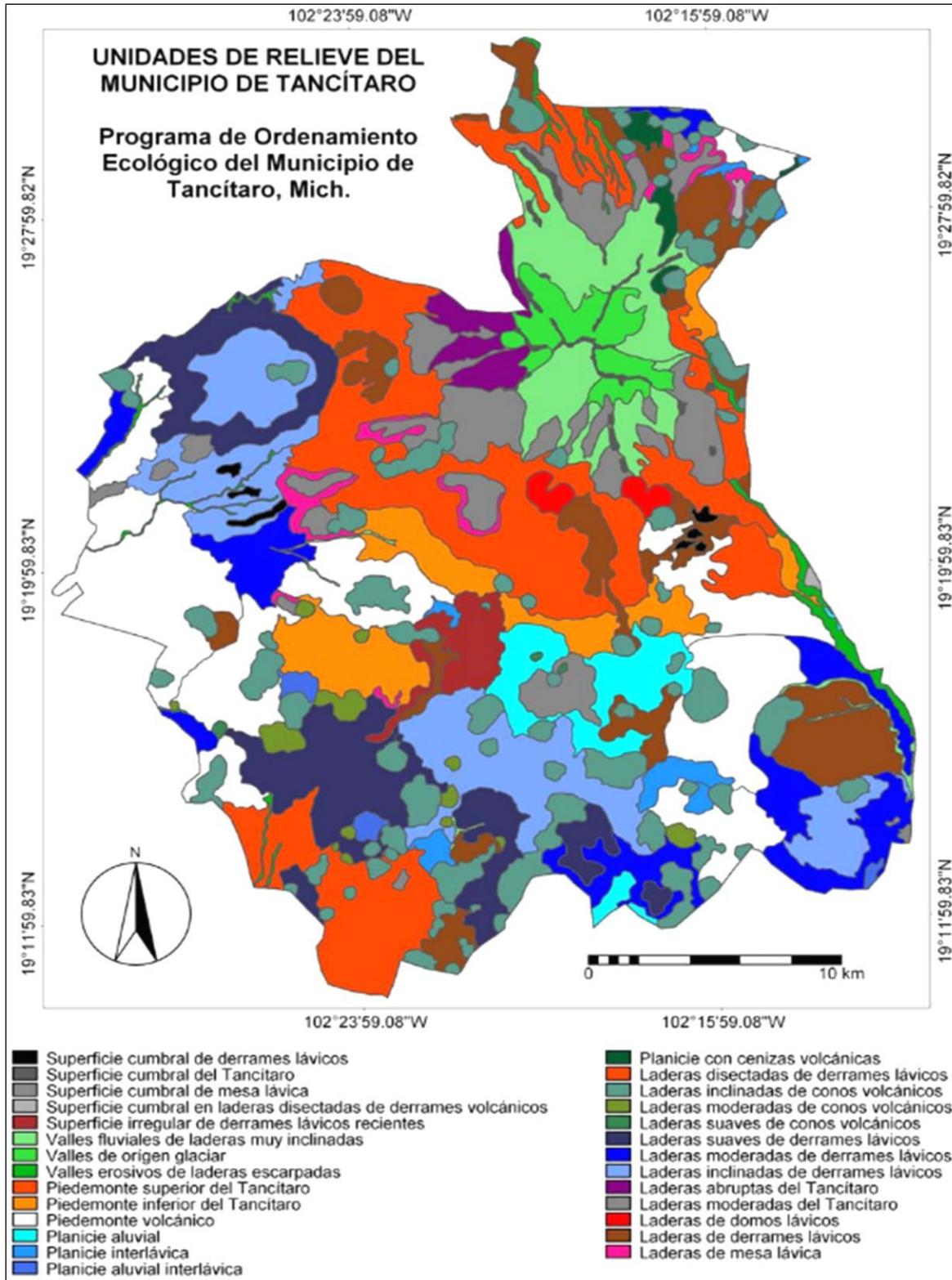
Las geoformas en el municipio de Tancítaro, juegan un papel importante en la distribución de suelos y recursos hídricos necesarios para el cultivo de aguacate, estos están representados por sistemas volcánicos y sedimentos derivados de dichos productos. Una actividad volcánica es característica de la región por lo menos durante los últimos 500 mil años (Mapa 4). El área de estudio está clasificada dentro del Ambiente Morfogenético denominado Sistema Volcánico Transversal y los paisajes geomorfológicos característicos son las Sierras y los Piedemontes. Dentro de las elevaciones se diferencian cuatro niveles: Colinas, Lomeríos Bajos,

Lomeríos Altos y Sierra. Existen cinco unidades geomórficas (Cuadro 1) principales subdivididas en 13 subunidades secundarias, 20 unidades de tercer orden y 24 de cuarto orden del (OET municipio de Tancítaro, 2010).

Cuadro 1. Unidades geomorfológicas identificadas para el área del Municipio de Tancítaro.

1. Sistema Tancítaro.	4. Derrames lávicos
Cimas. Superficie cumbral del Tancítaro Laderas. Laderas externas Valles. Valles amplios y valles angostos	Mesas de coladas de lava. Cimas. Superficie cumbral de mesa lávica. Laderas. Laderas de mesa lávica. Derrames lávicos.
2. Estructuras volcánicas	Cimas. Superficie cumbral de derrames lávico, Laderas. Laderas disectadas de derrames lávicos. Superficie irregular de derrames lávicos recientes.
Conos volcánicos. Laderas estructurales de conos volcánicos. Domos volcánicos. Laderas de domos lávicos	
3. Planicies	5. Piedemonte
Planicies acumulativas Planicie aluvial Planicie aluvial interlávica Planicie con cenizas. Planicie interlávica	Laderas Piedemonte superior Valles erosivos de laderas escarpadas

Fuente: Tomado del OET municipio de Tancítaro, 2010.



Mapa 4 Unidades del relieve del municipio de Tancítaro, Mich. (Tomado de OET municipio de Tancítaro, 2010, p. 26).

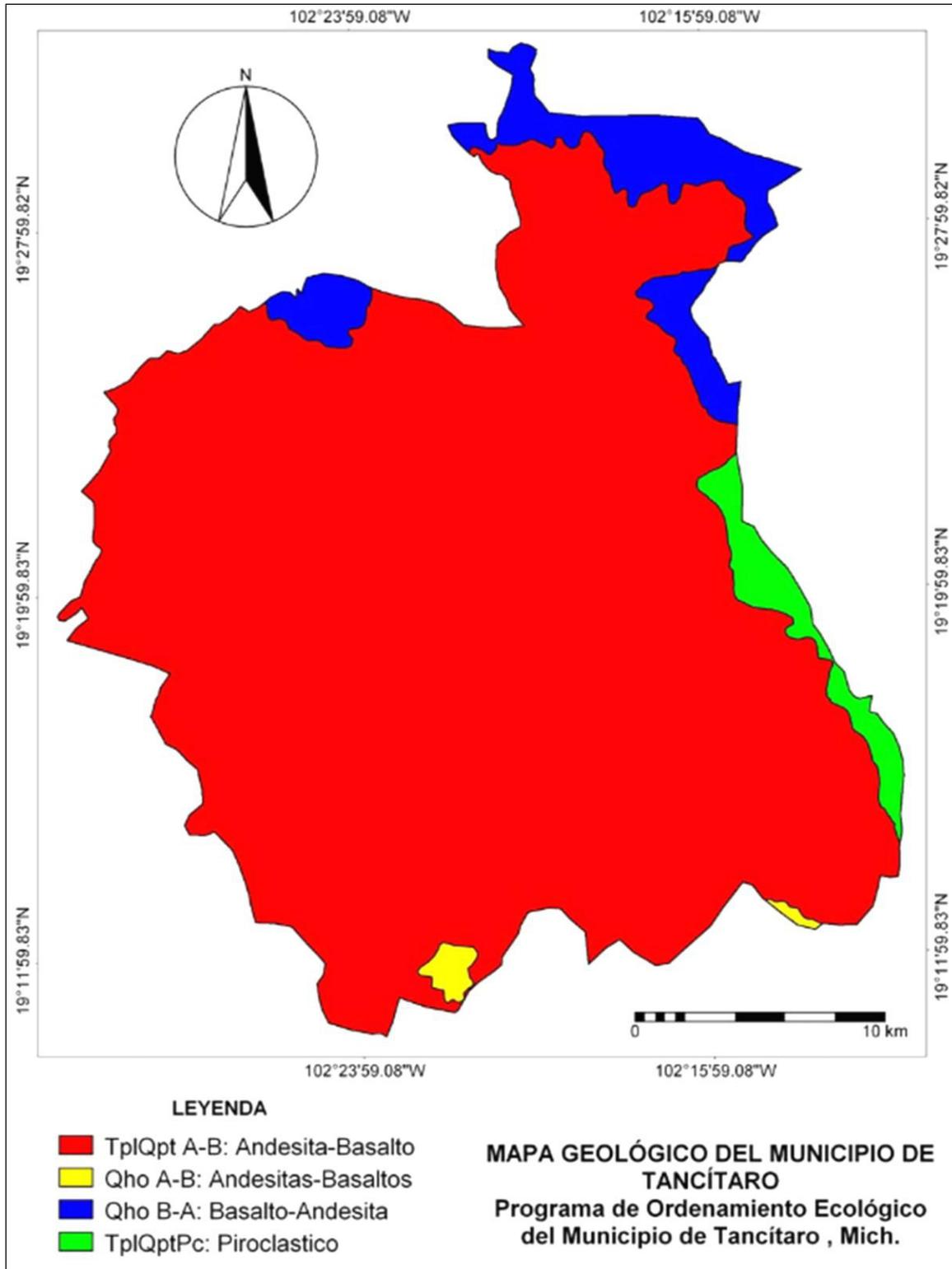
2.1.6. Geología

Por su parte los aspectos geológicos son importantes en el Tancítaro dadas las características presentes en sus rocas volcánicas provenientes de lavas (también llamadas malpaís) y que son relevantes como zonas colectoras de agua y alimentado de acuíferos del subsuelo. Se encuentran derrames y productos piroclásticos de composición andesítica, manifestaciones aisladas de vulcanismo reciente. Las rocas son Ígneas extrusivas, tobas básicas, brechas volcánicas básicas y basaltos del cenozoico cuaternario (Zamora *et al.*, 2007, p. 42). Existen abundantes derrames y productos piroclásticos de composición andesítica (roca ígnea extrusiva básica). Además, existen manifestaciones locales aisladas de vulcanismo reciente como las que se encuentran en el Volcán Parícutín. Desde el punto de vista químico se ha considerado como una provincia caracterizada por su abundancia de andesitas y por la relación que guarda su contenido de óxido de silicio (SiO_2), óxido de sodio (Na_2O) y óxido de potasio (K_2O) (García, 1998).

De acuerdo con Garduño (1999), el municipio forma parte de la margen activa generada por la subducción constante del piso del océano Pacífico. Y se localiza dentro de dos regiones (OET Municipio de Tancítaro, 2010, p. 18):

- 1) Una zona de distribución de volcanes monogenéticos, donde se observa el Parícutín. Se caracteriza principalmente por la actividad magmática que existió a partir de la placa de Cocos.
- 2) La región: “Vulcanismo de la región de Zamora” donde pertenece el Pico de Tancítaro, caracterizándose por la formación de grandes estructuras de volcanes – escudo y estrato volcanes.

En general el municipio de Tancítaro se localiza en una capa de sustratos rocosos endógenos de tipo volcánico, con edades recientes (Mapa 5).



Mapa 5 Mapa geológico del municipio de Tancítaro. (Tomado de OET Municipio de Tancítaro, 2010, p. 20).

2.1.7. Edafología

No menos importante, son los suelos del municipio que están dominados por asociaciones de Andosoles que son superficies provenientes de sustratos geológicos de tipo volcánico. Una característica importante es que estos generalmente tienen bajos rendimientos agrícolas; sin embargo, se consiguen altos rendimientos con programas adecuados de fertilización. Aunque el uso más favorable para su conservación es el forestal y una característica es que son muy susceptibles a la erosión eólica (OET Municipio de Tancítaro, 2010, p.21) ambas características si bien han permitido el crecimiento de huertas, también pueden ser el detonador de consecuencias negativas para la economía, la sociedad y el ambiente. Generalmente, corresponden a Andosol ócrico, Andosol húmico y Regosol éutrico, de clase textual media en los 30 cm superficiales del suelo en una fase física pedregosa que impide el uso de maquinaria agrícola. Son suelos formados por actividad volcánica reciente y con bajo rendimiento para la agricultura (Zamora *et al.*, 2007, p. 42).

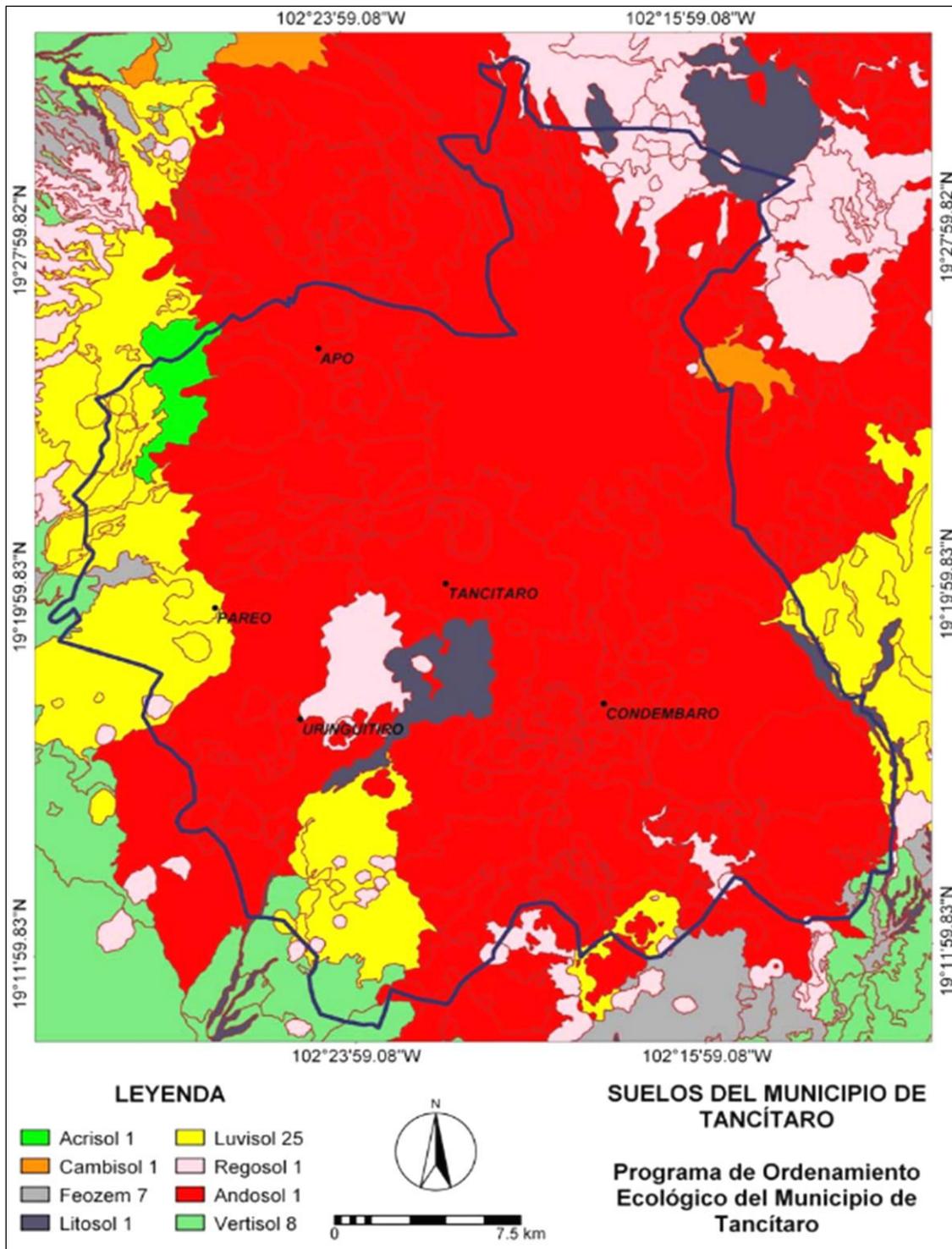
En áreas que oscilan a una altura inferior a 2,980 m.s.n.m. (sur de Apo, noroeste de Tancítaro, oeste del Cerro Prieto) se han reportado suelos con profundidad mayor a un metro, espesor del horizonte A de 26-52 cm, con nula reacción al ácido clorhídrico, textura gruesa, estructura de forma migajosa, tamaño medio, desarrollo moderado con la denominación del horizonte A como úmbrico. En lo que respecta a la textura, predominó en toda el área la de migajón arenosa en las siguientes proporciones: Arena 64-68%; Limo 22-26% y Arcilla 10%; el pH es 5.7 ligeramente ácido; la cantidad de materia orgánica es 4.8 muy rica. Mientras que para alturas superiores a 2,980 m.s.n.m. (E Piedra del Horno, Cerro Tancítaro, Cerro La Cruz, etc), el suelo tiene una profundidad menor a 1 m, el espesor del horizonte A se reporta de 14-28 cm, reacción al ácido clorhídrico nula, textura gruesa, estructura de forma de bloques subangulares de tamaño fino y desarrollo débil con la denominación de ócrico. En algunas áreas los suelos tienen limitantes severas por las rocosidades (García, 1998).

A continuación, se hace una breve descripción de los suelos presentes en el municipio de Tancítaro (Mapa 6). Primeramente, se encuentran los Luvisoles y sus asociaciones, que se caracterizan por ser suelos arcillosos con rendimientos moderados y son particulares de zonas de selvas bajas. Igualmente, se destinan sobre todo a la agricultura. En el caso de Tancítaro, su distribución se da acompañando cultivos de aguacate con buenos rendimientos. E igualmente son suelos con alta susceptibilidad a la erosión.

Asimismo, se encuentran otros suelos delgados y rocosos compuestos de cenizas volcánicas con fertilidad y rendimientos variables para la agricultura y la ganadería. En el municipio se asocian a unidades litológicas muy recientes de lava volcánica (el Paricutín, las lavas de La Lagunilla y cerca de Zacán en el Cerro Isingo al norte del Municipio) y se les conoce como suelos de tipo Regosol. Con menor superficie y asociados a la presencia de estos últimos se encuentran los Litosoles, de fertilidad variable y presencia de rocas o tepetate en el límite inferior del suelo. Se consideran en este sentido suelos de importancia hídrica deben ser protegidos y conservados, aprovechando el casi nulo manejo que se hace de estos territorios.

Posteriormente, y en orden de importancia se encuentran los Vertisoles y sus asociaciones de suelo, correspondientes a climas templados y cálidos, con una marcada estación seca y otra lluviosa, como sucede en Tancítaro. A este tipo de suelo le sigue en presencia los Acrisoles ubicados hacia el oeste del municipio; estos son suelos ácidos que acumulan arcilla en el subsuelo y por ser en general de colores claros o pardos (rojos, amarillos o amarillos claros con manchas rojas) y pobres en nutrientes. Por último, hay otras dos pequeñas unidades de suelos Cambisoles y los Feozem, los primeros son suelos jóvenes y poco desarrollados con características de la roca subyacente, son de moderada a alta susceptibilidad a la erosión y los segundos son suelos con una capa superficial oscura, suave, rica en materia orgánica y en nutrientes, son de profundidad muy variable. Y cuando son profundos suelen utilizarse en agricultura con rendimientos altos (ya sea de riego, de temporal o para hortalizas). En zonas con pendiente y poco profundos, se

erosionan con facilidad, aunque susceptibles de utilizarse en ganadería (OET Municipio de Tancítaro, 2010, p. 21-22).

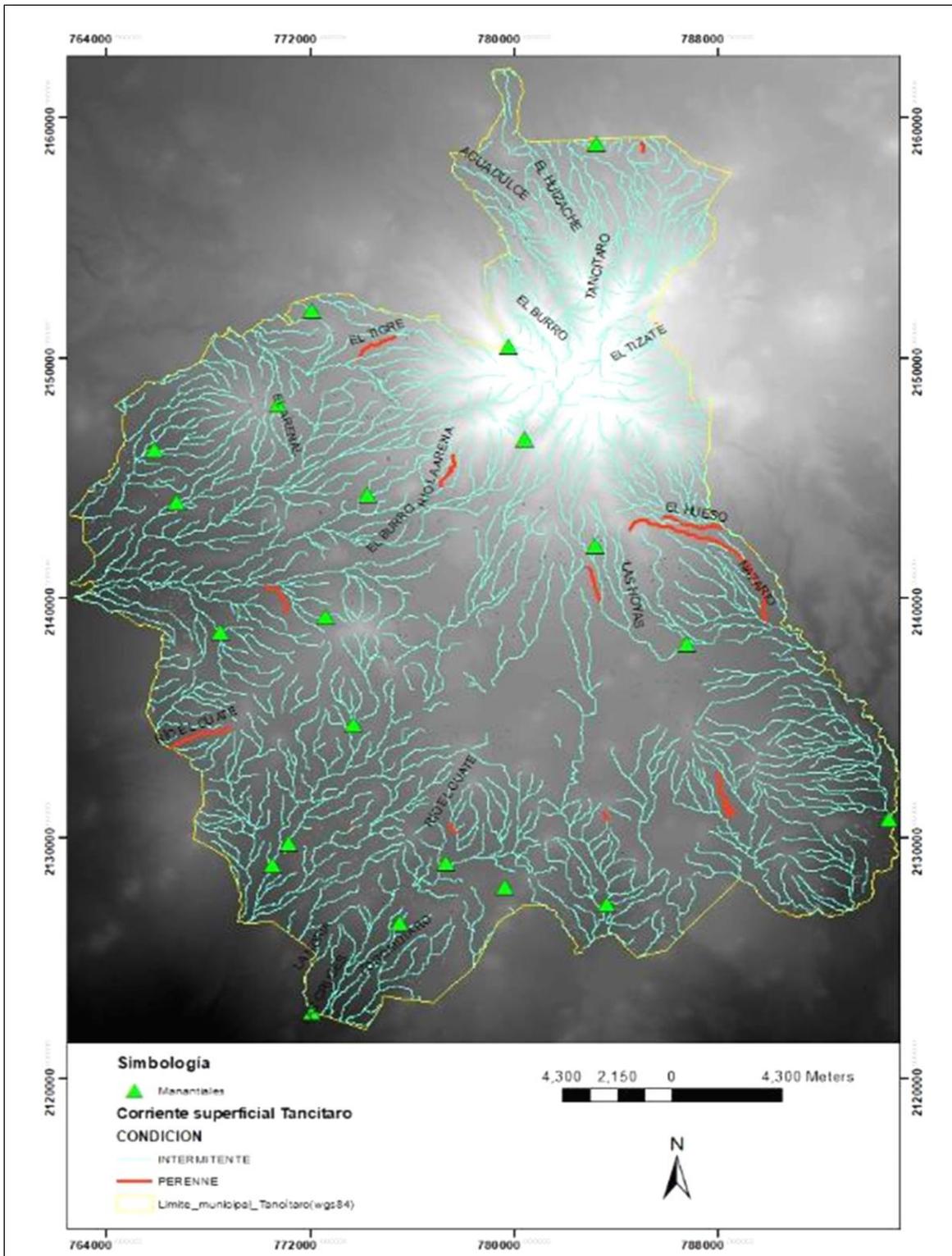


Mapa 6 Edafología generalizada del municipio de Tancítaro (Tomado de OET Municipio de Tancítaro, 2010, p. 23)

2.1.8. Hidrografía

Todo el territorio municipal se encuentra en la cuenca del río Tepalcatepec y en la Región hidrológica Balsas, no existen escurrimientos permanentes por el substrato geológico en el que se ubican y que ha sido mencionado, su rasgo más importante es porque constituye una extensa superficie de captación de agua, conformada por 16 cuencas hidrológicas alrededor del Pico de Tancítaro que en conjunto representan una superficie de 678.1 km²; lo que le confiere gran importancia dentro del ciclo de captación de agua y recarga de acuíferos (DOF, 2009, p. 14). No presenta importantes cuerpos de agua, solo algunos escurrimientos de bajo caudal (100 – 200 m³/s) un lecho de río temporal y algunas corrientes que desaparecen durante el estiaje (Mapa 7). Respecto a la hidrología subterránea, la permeabilidad es media en materiales consolidados (Zamora, 2007, p. 42).

La región forma parte de la cuenca del río Balsas a través de las subcuencas del río Tepalcatepec y Cupatitzio. Los afluentes al río Tepalcatepec al oeste del Parque son: Apo, Choritiro; al sur y poniente del área existen un sin número de ríos intermitentes que drenan hacia el río Cupatitzio y que son los siguientes: Piedra azul, Las Tinajas, Tancítaro, La Gringa, El Fresnito, Rancho Nuevo, Tiscato, Las Amapolas, La Culebra, Charapondiro entre otros. Referente a los manantiales, solo podemos encontrar dos: Barranca Charapondiro (del Agua) que suministra agua potable a las poblaciones de Zirimondiro y Tancítaro y el de La Zafra que suministra agua potable al pueblo de Apo; sin embargo por sus características edafológicas y de la misma vegetación es una zona importante en la recarga de acuíferos; esto se puede constatar al poniente del Parque en alturas más bajas en los Chorros del Varal y al oriente en las cercanías de Uruapan en la barranca del río Cupatitzio (García, 1998, p. 11).

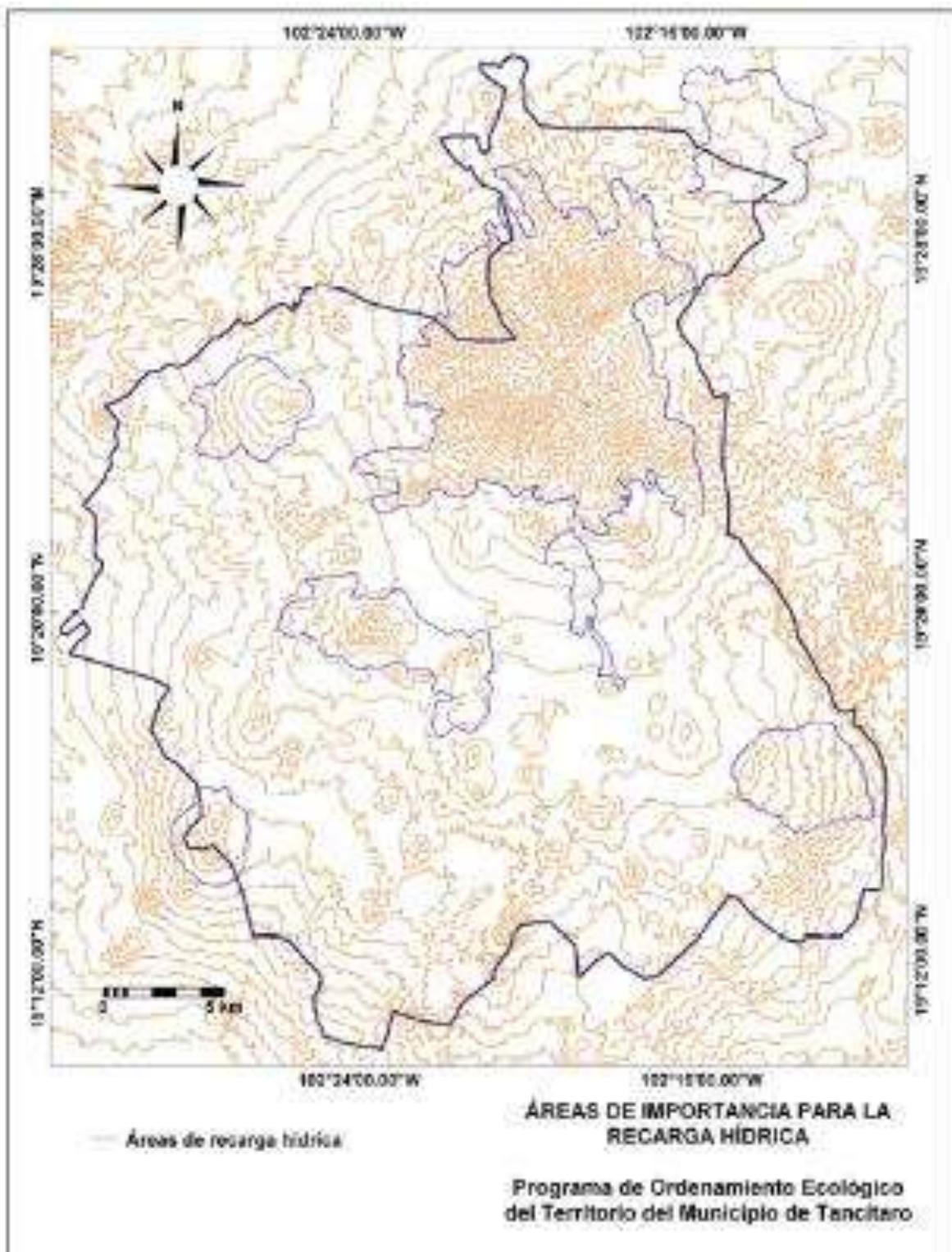


Mapa 7 Hidrografía del municipio de Tancitaro. Elaboración propia con datos vectoriales de INEGI, 2014.

2.1.9. Zonas de recarga hídrica

Primordialmente, las zonas de recarga están conformadas por depósitos recientes de lavas, grandes elevaciones y zonas con cobertura vegetal importante en altitudes superiores. Existen un total de siete zonas de recarga que destacan por su magnitud, distribución y localización (Mapa 8):

1. La primera zona de recarga es el “Pico de Tancítaro”, delimitada por el contacto de piedemonte hasta la cima. De acuerdo con Fuentes (2003), esta elevación provee más de 30 millones m³ de agua superficial a los acuíferos de Cotija, Uruapan y Apatzingán.
2. Otra zona importante es las “Lavas del Paricutín”, que tienen una función de esponja al estar constituida por lavas recientes y porosas, absorbiendo gran parte de las aguas pluviales que sobre ella caen.
3. De igual forma, pero de menor magnitud es la que corresponde a las lavas recientes y tobas basálticas que forman un complejo volcánico que facilita la infiltración, al noreste de la ciudad de Tancítaro.
4. También se cuenta con una zona de recarga ubicada al sur de la cabecera municipal, que combina una elevación de gran magnitud (Cerro de San Miguel) con lavas recientes (Cerro El Pedregal).
5. Otra zona de recarga hidrológica se ubica en los cerros Guanimba y Grande al noroeste de Tancítaro debido a su cobertura extensa y a que se ubica en una zona de altitud elevada.
6. Otra elevación importante que por su tamaño y ubicación permiten la recarga de acuíferos se ubica hacia el sureste del municipio en el cerro denominado Cerro Pucuaró.
7. Finalmente, la otra zona se localiza al suroeste del municipio ocupando una gran área en franca zona de transición hacia la zona cálida y con coberturas de pino, pino-encino y selvas bajas caducifolias en su parte más baja. Esta elevación se denomina Cerro El Cirian (OET, 2010, p. 37-38).



Mapa 8 Áreas de de Recarga Hídrica en el municipio de Tancitaro (Tomado de OET Municipio de Tancitaro, 2010, p. 38)

Para cerrar este capítulo donde se ha descrito el marco contextual del área de estudio y destacado las características agroclimáticas y físicas que han sido el soporte de la producción tan exitosa del aguacate en el municipio. Se puede decir que la combinación de cada uno de los factores ambientales que interactúan entre sí y que dan como resultado un bien o servicio ecosistémico en la región, han servido para potenciar la producción de aguacate en la región, desempeñando un papel determinante en las actividades agrícolas y que han permitido que el cultivo de aguacate sea uno de los cultivos más exitosos por su alta rentabilidad, no solo en el municipio de Tancítaro, sino también en la franja aguacatera, por lo que es importante dar prioridad a la planificación y ejecución de proyectos dentro de un marco de sustentabilidad para la toma de decisiones en la implementación de programas agrícolas.

Es importante conocer la relación suelo – bosque – agua pues en estos elementos encontramos servicios ecosistémicos de soporte y regulación, lo que significa que al modificar o alterar uno de estos componentes trae como consecuencia la afectación de los otros dos. Por tanto, si se realiza un cambio de uso de suelo se obtendrá un cambio en la cobertura vegetal (que también puede ser inducida) y a su vez un cambio en el ciclo hidrológico y el clima. Eso solo considerando un cambio de uso del suelo, pues no se deben olvidar los procesos erosivos y efectos directos sobre la flora y fauna del lugar; además de la contaminación de aguas superficiales y mantos freáticos para el caso de actividades agrícolas. Con esto se quiere destacar la fragilidad del suelo, del bosque y del agua.

De igual manera, la “captura” de agua mediante ollas o jagueyes, puede impedir tanto el escurrimiento de aguas superficiales como la infiltración, lo que puede traer como consecuencia la escasez de la misma en otros territorios afectando directamente la vegetación que depende de ella y modificando el clima y ecosistema en general. En otras palabras, la capacidad de carga ecológica está íntimamente relacionada con la resistencia de un ecosistema y cuando se rebasa el umbral de resiliencia de un ecosistema, se “rompe” esa resistencia y es cuando las perturbaciones desequilibran definitivamente el ecosistema.

Se debe tener en cuenta que Michoacán, con su superficie arbolada de 2.2 millones de hectáreas de bosques y selvas ocupa el primer lugar nacional en producción de resina, con 16 mil toneladas anuales; el tercer lugar en producción de madera, con 48,000m³ y el quinto en materia de biodiversidad. (COFOM, 2016). Esto significa que la vocación natural productiva del estado es mayormente forestal.

De esta manera surgen un par de preguntas para la actividad productiva: En el aspecto económico: ¿está bien empleado el esfuerzo que supone la actividad productiva del aguacate y que involucra a todos los usuarios del agua en el municipio en el corto, mediano y largo plazo?

¿Socio ambientalmente es rentable y beneficiosa la producción de este cultivo con respecto a la población o se podría hacer una buena gestión de los recursos disponibles para disminuir los gastos a futuro?

Capítulo III

3. Marco teórico.

En este capítulo se abordan temas prioritarios como el desarrollo local, el desarrollo sustentable bajo un enfoque de servicios ecosistémicos y el desarrollo humano.

3.1. Revisión de los fundamentos teóricos del desarrollo local, desarrollo sustentable y servicios ecosistémicos.

La idea del desarrollo antes de la postguerra era relacionado con el crecimiento económico pues se creía que al tener mejoras sobre todo en el aspecto económico se generaba un efecto irradiante hacia el sector marginado (Rofman *et al.*, 2002, p. 1). Así durante el inicio de los años 50 y hasta los 70 existía un patrón caracterizado por la subjetividad del concepto de desarrollo. Dudley Seers (1970) contribuye sobre el significado de este, apuntando a que cada individuo en la sociedad introdujera sus propios juicios acerca del mismo (Boisier, 2001, p. 1-3). Es importante conocer sobre el concepto de desarrollo, el cuál es definido por el Institut d'Estudis Catalans como "la acción de desarrollar o de desarrollarse". Otra acepción del concepto desarrollar, la más economicista, considera que desarrollar es "hacer pasar por una serie de estados sucesivos, cada uno de los cuales es preparatorio del inmediato siguiente, hacer cambiar gradualmente de un estado a otro más perfecto, más complejo" (Casellas, 2014. p6). Esta definición es quizás la que más se ha entendido por desarrollo. Mientras que para Wences Reza (2004), el desarrollo, "es un fenómeno multifacético, es decir que tiene que ver con lo ambiental, económico, social, político y cultural". Pero lo más importante, no hay que dejar de lado el factor conflictividad, que conlleva las relaciones entre grupos sociales organizados (p.17).

Por su parte Sergio Boisier (2001), enmarca el desarrollo como como “un proceso localizado de cambio social sostenido que tiene como finalidad última el progreso permanente de la región, de la comunidad regional como un todo y de cada individuo residente en ella” (Boisier, 2001, p. 7). Por otro lado, Amartya Sen (2000) enunció que en el desarrollo de una sociedad es imperante analizar la vida de quienes la integran, es decir que no puede considerarse que hay éxito económico sin tener en cuenta la vida de los individuos que conforman la comunidad, entendido como el desarrollo de las propias personas de la sociedad. De ahí que este autor formula el desarrollo como “un proceso de expansión de las libertades que disfrutan los individuos, como el aumento de las rentas personales, la industrialización, los avances tecnológicos y la modernización social” (Sen, A. 2000, p.19).

El concepto de desarrollo apalea a diversos sentidos de acuerdo a las áreas del conocimiento que nos interesen. Por ejemplo, en ciencias como lo es la biología, se refiere a un proceso como el crecimiento y maduración de un ser viviente, mientras que, en las áreas afines a las ciencias sociales, el desarrollo se utiliza para referirse a las condiciones productivas de una sociedad y sus afluencias para una mejoría en el bienestar y condiciones de vida de la población. En este último caso, tiene un significado y entendimiento complicado, el cual está definido acorde a diversos elementos, como pueden ser el acceso a bienes y servicios de educación, salud, etc. Bajo este esquema, entonces la finalidad de cualquier política de Estado debería estar encaminada a lograr el mayor grado de desarrollo en las distintas áreas de la comunidad (ambiental, económico, social, organizacional, etc.) (Raffino, 2020, p. 1).

Esto significaría que el desarrollo podría contar con dos extremos: primeramente, aquellos individuos que considerados con mayor riqueza (que serían los que se desarrollan) de bienes y servicios y opuestamente, aquellos que no la tienen. Entendiendo este “movimiento” dentro un conjunto de bienes y prácticas relacionadas con la tecnología – productividad y la afluencia de las personas. En el caso del municipio de Tancítaro, se puede referir a la actividad agrícola, donde unos son dueños de grandes propiedades y el extremo opuesto podrían ser los jornaleros

y otros usuarios del agua (doméstico principalmente) que pueden verse beneficiados o perjudicados.

El conocimiento del desarrollo debe ser entendido como un concepto multidimensional y dinámico. Pues se refiere a cambios (cuya dirección y velocidad constituyen puntos controversiales) en los planos: económico, político, social, ambiental, tecnológico y territorial y por lo tanto se asocia a procesos y cuestiones tales como el crecimiento de la producción, el progreso técnico, la distribución del poder, la distribución del ingreso, la distribución de oportunidades individuales y colectivas, la preservación de los recursos y del medio ambiente en general, y la organización territorial de la sociedad (Boisier, 1987, p. 53)

3.2. Desarrollo local (DL)

Surge como respuesta a la desorganización económica y desempleo originados por la bajada en el sector industrial e incremento de las necesidades en la población, sobre todo aquellas de carácter económico donde los procesos locales aparecieron (OCDE, 1995, p. 21). Las principales teorías acerca del DL se ubican entre 1930 y 1938 sobresaliendo las a) de localización que estaban relacionadas con costos de transporte y la producción acumulada. Se intenta explicar las diferencias en el tamaño poblacional y concentración en la actividad económica y b) las basadas en la economía cuyo fin era explicar que el desarrollo y crecimiento de una región estaba determinado por la relación entre servicios y bienes (Tello, 2006, p. 8). Este tipo de desarrollo surge en Europa con un enfoque productor, aprovechando sus recursos y bienes donde se intensifica la agricultura, mientras que en América Latina se caracteriza por un estado que intenta detonar procesos de acumulación de capital (Klein, 2005, p. 25-39; Manzanal, 2006, p. 21-50), a partir de la delegación de responsabilidades a municipios, provincias o departamentos. En México es la federación y sus programas quienes han asumido esta iniciativa hasta nivel de localidad. (Finot, 2001).

Este concepto suele interpretarse acorde al campo de estudio y su aplicación; sin embargo, se puede decir que es un proceso cuya característica es el aprovechamiento de variables en una región dada; es decir sin utilizar recursos externos (Garofoli, 1981, p. 95). Otros, como González y López (2004, p. 1) lo conceptualiza como crecimiento económico y se mide en términos de ingreso (González y López, 2004, p. 1). Entretanto el PNUD, refiere que el desarrollo local debe tener activos de ciudadanía, el cual “promueve la generación de capacidades de los sujetos para lograr su acceso a todas las oportunidades reconocidas y ofrecidas por su territorio” (PNUD, 2006, p. 1). Es decir, atribuye la corresponsabilidad de los actores en el proceso y las potenciación con otras instancias que convergen en el territorio como elementos que caracterizan el desarrollo local. Mientras que la OCDE, establece que el objetivo del desarrollo local es: “construir las capacidades institucionales y productivas de un territorio definido, con frecuencia una región o municipalidad, para mejorar su futuro económico y la calidad de vida de sus habitantes”. (Clark, Huxley y Mountford, 2012, p. 11).

Por otro lado está la conceptualización propuesta por Albuquerque (2000, p. 1 -13), precisando al desarrollo local como un “proceso de transformación de la economía y las sociedades locales, orientado a superar las dificultades y retos existentes, que busca mejorar las condiciones de vida de su población mediante una actuación decidida y concertada entre los diferentes agentes socioeconómicos locales (públicos y privados), para el aprovechamiento del fomento de las capacidades de emprendimiento empresarial locales y la creación de un entorno innovador en el territorio”.

Por su parte, Vázquez-Barquero (1999, p. 52), uno de los principales teóricos en la especialidad en la Unión Europea, lo precisa como “un proceso de crecimiento económico y cambio estructural, liderado por la comunidad local utilizando el potencial de desarrollo, que conduce a la mejora del nivel de vida de la población local”, y posteriormente lo define como “un proceso de crecimiento y cambio estructural, que mediante la utilización del potencial de desarrollo existente en el territorio, conduce a elevar el bienestar de la población de una localidad o una

región”. (Vázquez-Barquero, 1999, p. 52). Boisier (1999, p. 12) puntualiza que el desarrollo local es un “proceso de organización humana y estructuración de factores productivos, como los recursos materiales disponibles en el entorno, la infraestructura productiva, así como el capital físico, el capital humano y el capital social, que parte de la detección, utilización y activación de las potencialidades de lo local, que por ende permiten contribuir al desarrollo regional; esto es, la habilidad para innovar a nivel local”.

Gallichio (2006) señala la coexistencia de distintas visiones del desarrollo local y la manipulación del discurso teórico que ha servido para enarbolar diferentes intereses y objetivos, pero sustentándose como un modelo de tipo económico. De esta manera el desarrollo local, todavía se percibe con un enfoque capitalista aun cuando se introdujo la parte ambiental, pero el fundamento principal sigue siendo el aumento de capital. Se ha comprobado que si se tiene un PIB alto no significa que existe mejoramiento de condiciones ambientales y sociales (Gudynas, 2011). Las reflexiones acerca del desarrollo local en México han tenido transformaciones significativas en los últimos quince años. Entre los rasgos más notables del debate reciente, al igual que lo ocurrido en otras partes del mundo, aparece la adopción cada vez más generalizada del enfoque de lo local, el cual amplía y articula la perspectiva de los análisis sectoriales o de población objetivo (Abardía, 2008, p. 9). Finalmente, el desarrollo local es interpretado y/o conceptualizado por diversos autores como desarrollo regional, desarrollo endógeno, desarrollo endógeno descentralizado, desarrollo desde abajo, desarrollo desde dentro (Craviotti, 2008, p. 184; Tello, 2006, p. 25; Boisier, 1999, p. 14, Leal y Cortés, 1995, p. 160)

Por último, Amartya Sen (2000), sugiere que el “desarrollo” debe ser comprendido como la ampliación de la capacidad de los individuos de hacer “elecciones”. De esta forma, el desarrollo local puede ser entendido como un conjunto de acciones o proyectos, acordada entre los diferentes actores sociales, que crean las condiciones para que los individuos amplíen tal capacidad (Sen, A. 2000, p.20). Siendo entonces, el desarrollo local principalmente quien modifica y mejora las condiciones de vida de la población en un determinado territorio bajo la

premisa económica, social y ambiental; es decir se convierte en una estrategia de acciones y decisiones articulados entre sí, para mejorar las condiciones de vida de los actores. En este sentido, en el municipio de Tancítaro se ha modificado principalmente el ecosistema natural, que como se observa en la descripción del área, cuenta con elementos que optimizan el desarrollo agrícola para huertas de aguacate, actividad que trae riqueza económica, no solo localmente sino de toda una región. Lamentablemente, este crecimiento económico solo es para algunos y no se toma en cuenta el insumo más importante: el agua, pues quizás se considera un derecho y un recurso inagotable.

En esta investigación, se estudia el elemento agua como componente fundamental del desarrollo local dentro del municipio de Tancítaro, misma que se capta (“produce”) en el Área de protección de flora y fauna Pico de Tancítaro principalmente y una parte se retiene en ollas o jagueyes construidos para almacenar agua superficial, misma que se destina para el riego y producción de Aguacate Hass. Parte de la investigación que se atiende, es la estimación de la cantidad de agua represada y aproximarla a un referente de valor económico; pues dentro de las actividades agrícolas se involucran a los productores y usuarios afectados por la falta del vital líquido, además de que no se considera el “precio económico” del agua dentro de los insumos. Bajo el esquema del desarrollo local se debe coadyuvar a establecer mecanismos de vinculación entre los diversos actores de un territorio con el objetivo de articular la oferta y la demanda del agua destinada para el riego de huertas en el municipio.

Como se ha mencionado con antelación, una de las principales estructuras de la provisión de agua en el municipio y sus alrededores es el macizo montañoso Pico de Tancítaro que tiene una especial relación con los procesos sociales sobre el territorio y de uso del agua por una sociedad que lo requiere. Estos procesos han sido definidos en parte por un sistema económico que genera efectos locales y regionales en equidad y justicia social y económica e involucra actores sociales públicos, privados y comunitarios específicos. Este conjunto de elementos es definido en la literatura como el arreglo institucional, desde el marco del análisis

institucional que interrelaciona las instituciones formales e informales, los incentivos, individuos y organizaciones (North, 1993, p. 36). En Tancítaro como en muchos otros lugares, solo los bienes producidos por el hombre tienen un valor; un bosque de Pino – encino o los ríos, parecen no tener valor alguno por sí solos, a menos que estos sean aprovechados para crear riqueza y comerciar en el mercado, pero se exige de un valor económico.

3.3. Desarrollo sustentable

Se ha mencionado que el desarrollo tiene que ver directamente con las acciones de todos los actores dentro de un territorio, implicando principalmente elementos de la sociedad, la economía y el ambiente. Es decir, dentro de todas las definiciones, se ve implícito un proceso que implica los factores social, económico y ambiental. Pero es en este último componente que durante las últimas décadas se ha acentuado por el impacto negativo de las sociedades de consumo sobre el ambiente, traspasando las fronteras de países y convirtiendo esta problemática en un fenómeno mundial (Manes, 2006, p2).

De esta manera, el desarrollo entendido como todas aquellas acciones que conllevan al bienestar humano dentro de un espacio geográfico, mismo que puede aplicarse en diversas áreas, ya sean físicas o intangibles; en este sentido y a lo que nos atañe surge el concepto de Desarrollo Sustentable que describe el uso eficiente de los recursos naturales, siempre y cuando coexistan tres factores importantes: ambiente, sociedad y economía. Durante 1960, en América Latina, el desarrollo se percibía como algo opuesto al subdesarrollo; es decir para poder llegar al “desarrollo” había que pasar por el subdesarrollo. Posteriormente, y durante el proceso se advertía sobre el agotamiento de los recursos y sus problemas correspondientes, por lo que algunos analistas complementaron conceptos subjetivos, como nivel o calidad de vida. A los antiguos indicadores como la tierra, el trabajo, el capital y el desarrollo tecnológico, se agregaron los derechos humanos y los derechos de los

pueblos, y fue entonces que el desarrollo adquirió otro significado (Vázquez, 2010, p. 256).

El concepto de Desarrollo Sustentable tiene sus inicios en la década de los 70 cuando los científicos empezaron a darse cuenta de que muchas de las actividades del hombre, tenían un impacto sobre la naturaleza, por lo que algunos especialistas señalaron la evidente pérdida de biodiversidad y elaboraron teorías para explicar la vulnerabilidad de los sistemas naturales (Boullón, 2006, p. 20). Durante el año de 1972 en la Conferencia Mundial de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano, en Estocolmo, Suecia, por primera vez se hace manifiesto las preocupaciones de la comunidad internacional en torno a los problemas ecológicos promovidos por el “desarrollo”. Posteriormente, durante 1976 en Vancouver, Canadá, en la llamada Conferencia Mundial de Naciones Unidas sobre Asentamientos Humanos ya se consideraba la necesidad de mejorar la calidad de vida primeramente por la provisión de una vivienda adecuada y el desarrollo sustentable de los asentamientos humanos.

Así mismo el concepto “desarrollo sustentable” tal y como se conoce en la actualidad manifiesta sus primeros vestigios durante los años setentas en el club de Roma, en el informe: “Los Límites del Crecimiento” donde se hace alusión a la relación entre la economía vs recursos naturales. Mas el concepto como tal, aparece en el año de 1987 en el informe Nuestro Futuro Común por la Comisión Bruntland, donde se define el concepto como: *“la capacidad para satisfacer las necesidades de la presente generación sin comprometer las capacidades de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades”* (Ramírez et. al., 2014. p. 55). Así esta definición involucra el uso eficiente y responsable de los recursos naturales, lo que sugiere mayor énfasis en aquellos no renovables. Dicho en otras palabras, se comienza a asociar el medio ambiente con estrategias de desarrollo sustentable, siempre buscando el beneficio entre el crecimiento económico y la protección al ambiente.

Este concepto se difunde cuando la Organización de las Naciones Unidas (ONU) creó la Comisión Sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, presidida por Gro

Harlem Brundtland, quien junto con su equipo de trabajo denominado “Comisión Brundtland”, realizaron una serie de estudios, disertaciones, análisis, debates y consultas públicas por todo el mundo concluyendo con la publicación y divulgación del informe llamado Nuestro Futuro Común mejor conocido como El Informe Brundtland (1987) (Ramírez et. al., 2014. p. 55) que compone el acuerdo más extenso y elaborado entre la comunidad científica y los políticos del mundo y que sintetiza los desafíos globales en materia ambiental.

Daly y Cobb, (1998) afirmaron que:

“Como quiera que predomina la economía de mercado, se podría esperar que la solución de los problemas ecológicos resultara de la libre interacción de la oferta y la demanda; sin embargo, el libre juego del mercado presenta algunas insuficiencias para la correcta valoración de los activos ambientales; es decir, aquellos que poseen un valor desde el punto de vista ecológico, pero cuya apropiación o disfrute no parece tener costo alguno para el individuo u organización que se beneficia de ellos o se los apropia en el desarrollo de su actividad económica, sin pagar a la comunidad los derechos correspondientes; la falta de valoración adecuada de estos bienes es una causa de las dificultades para su protección frente a los excesos en su demanda y consumo, sin tener en cuenta la necesidad de cuidarlos y protegerlos para que las generaciones futuras puedan disfrutar sus beneficios” (Daly y Cobb, 1998 y Ramírez, 2014, p73).

El desarrollo sustentable tiene que ver, por consiguiente, con la formulación, concertación y gestión de un nuevo tipo de políticas públicas, así como con el potenciamiento de los actores sociales colectivos, de tal suerte que las decisiones concertadas y planificadas, que guíen las actuales y futuras inversiones públicas y privadas, tomen en cuenta los criterios de balance y resguardo de la capacidad reproductiva y regenerativa de los distintos tipos de capital: el humano, el natural, la infraestructura física, el económico y financiero y, finalmente, el institucional (Ramírez et. al., 2004. p59). Bajo este precepto, se acepta el principio de que todas las actividades humanas generan efectos ambientales por lo que se está obligado a considerar a la producción económica como la de mayor efecto. Esto es así debido

a que las actividades agropecuarias y forestales, como las mineras e industriales constituyen las principales fuentes de contaminación de aire, suelo, y agua y suponen la transformación (Larrouyet, 2015, p7).

De esta manera, la producción de aguacate, para ser sostenible, debe satisfacer las necesidades de las generaciones presentes y futuras de los productos y servicios utilizados en su cultivo, y al mismo tiempo garantizar la rentabilidad, la salud con el ambiente y la equidad económico-social, tal como se indica en el informe Bruntland. La agricultura coadyuva como actividad económica suministrando alimentos, generando empleos y utilizando servicios ambientales, principalmente el agua. Sin embargo, a más de tres décadas se ha venido definiendo la agricultura sostenible a partir de las tres dimensiones de la sostenibilidad: económica, social y ambiental. La agricultura sustentable o sostenible está en la Agenda 2030 de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y constituye uno de los aspectos fundamentales para combatir y lograr el hambre cero en base al indicador 2.4.1 completamente centrado en este sector y el cual dice lo siguiente: “La superficie agrícola en que se practica una agricultura productiva y sostenible refleja las tres dimensiones de la producción sostenible: ambiental, económica y social”. De acuerdo a este indicador. Este indicador permite medir los avances en el resultado de una agricultura más productiva y sostenible. Y se compone de subindicadores pertinentes que aportan a los gobiernos datos e información estratégica para la elaboración de políticas basadas en datos precisos y objetivos (FAO, 2020).

En esta investigación el desarrollo sustentable es pilar importante pues a partir de los resultados obtenidos se podrán proponer estrategias y acciones que permitan la conservación y restauración de los ecosistemas productores de agua permitiendo la renovación y continuación del ciclo hidrológico y la permanencia económica proveniente de los cultivos de aguacate. De esta manera se aborda la estimación económica del servicio ecosistémico hídrico como un tema de relevancia e importancia ambiental, económico, social, político y estratégico en la toma de decisiones y el desarrollo de las poblaciones. En el municipio de Tancítaro se busca estimar el volumen de agua captado en ollas y estimar el valor económico de esta

agua retenida para diseñar un mecanismo que concientice y contribuya en el planteamiento de estrategias de desarrollo local sustentable, involucrando a los habitantes y actores principales del sector público y privado.

3.3.1. Indicadores de desarrollo sustentable

Un indicador es una herramienta metodológica que permite desarticular los impactos dentro de un proceso tanto para el mejoramiento y fortalecimiento, como para la privación y vulnerabilidad socioambiental. Esta definición se divide en dos partes: por un lado, la desagregación, y por otro la articulación (Tomadoni, 2013, p. 118). En el marco de la prueba piloto mundial auspiciada por la Comisión de Desarrollo Sustentable (CDS) de Naciones Unidas, instrumentada a partir de los compromisos adoptados por los países signatarios del “Programa de Acción para el Desarrollo Sustentable” también conocido como “Agenda 21”. En el país se han instrumentado 113 de 134 indicadores, poniendo a prueba la capacidad y experiencia de México para desarrollar dichos indicadores. Estos indicadores propuestos por la CDS se diseñaron y agruparon de acuerdo con criterios temáticos que cubren lo expuesto en cada uno de los 40 capítulos de la Agenda 21, clasificados en cuatro categorías: social, económica, ambiental e institucional (INEGI, INE, y Semarnat, 2000, p. 1). De esta manera, en el municipio de Tancítaro se identifican las siguientes categorías:

Primeramente, en la categoría “social” se encuentra el combate a la pobreza, a través de la producción de alimentos bajo un enfoque de sustentabilidad y de servicios ecosistémicos. En este sentido, es la conservación, restauración y manejo de áreas “productoras” de agua para la producción de aguacate. La categoría: “económico” está asociada a la anterior para su aplicación en el municipio y en referencia a la provisión de agua para riego y permanencia del cultivo de aguacate bajo un enfoque del pago por servicio ecosistémico hídrico proporcionado por el Pico de Tancítaro. La categoría de lo ambiental, esta tiene mayor trascendencia por

lo que se pretende el manejo del agua a partir de la estimación del volumen de agua utilizado para el riego de huertas en el municipio, prevenir la sequía y desertificación, promover la agricultura sustentable, así como la prevención del cambio de uso de suelo, ampliación del Área Natural Protegida y desuso de pesticidas químicos. Y por último en los aspectos Institucionales, es importante plantear una estrategia que aporte y busque integrar el ambiente al desarrollo; además de crear conciencia en el uso sostenible del recurso hídrico, a partir de la información generada que se puede presentar a productores y usuarios del agua en el municipio y sus alrededores.

3.3.2. Servicios ecosistémicos (SE).

En la actualidad los temas del deterioro del ambiente son múltiples por lo que existe la necesidad de protegerlo a nivel mundial, esto se debe a que la disponibilidad de los recursos naturales es limitada. Este agotamiento, así como la contaminación de los mismos, afectan el equilibrio de la naturaleza, lo que a su vez puede interferir en la salud y el bienestar del hombre y la biodiversidad (Manes, 2006, p1). Los problemas de contaminación, acumulación de desechos, sobreexplotación de recursos naturales, extinción de especies, aumento de la población y el consumo excesivo van reduciendo progresivamente la capacidad que tiene la tierra de mantener la vida sobre ella (Manes, 2006, p2).

Para iniciar este apartado, es importante mencionar que los servicios ecosistémicos (SE) derivan de un enfoque ecosistémico, entendido como una estrategia de la misma gestión ambiental respecto a la integración de tierras, extensiones de agua y recursos vivos, que permite la promoción de la conservación. De acuerdo a Arellano (2002) el ecosistema es *“un complejo dinámico de comunidades vegetales, animales y de microorganismos y su medio no viviente, que interactúan como una unidad en funcionamiento a cualquier escala”* (p.47).

Los bienes y servicios que proporciona cada ecosistema, entendido en la actualidad como “servicios ecosistémicos”: son todos aquellos beneficios que la gente obtiene de los ecosistemas a través de sus productos y procesos. Es decir, son aquellos procesos que sostienen la vida sobre la tierra, se renuevan, contribuyen a conservar los ecosistemas, permiten su autorregulación y el reciclaje de sus propios desechos, proveen de bienes y servicios a la humanidad y son insustituibles (Tarté, 2008, p.1). De acuerdo a este concepto, los entornos naturales o ecosistemas y todos los servicios que proveen, deben ser conservados, regulados y evaluados. Estos requieren protección y un manejo adecuado, sin el cual se generarían serias consecuencias ambientales, sociales y económicas. De esta manera observamos necesario el análisis de este enfoque donde concurren estas tres dimensiones.

Ahora bien, si los servicios ecosistémicos son la base de todos los sistemas alimentarios y agrícolas, también es importante conocer como han ido evolucionando estos. A continuación, se presentan en orden cronológico la evolución de la definición del concepto Servicios Ecosistémicos (SE) propuesta por la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (MEA, 2003): Daily, 1997 nos dice que los SE son las condiciones y procesos a través de los cuales los ecosistemas naturales, y las especies que lo constituyen, sustentan y satisfacen a la vida humana. Mientras que Costanza *et al.*, 1997, los describe como “bienes alimentos, servicios y asimilación de residuos” de los ecosistemas, que representan los beneficios que la población humana obtiene, directa o indirectamente, de las funciones de los ecosistemas. Por otra parte, De Groot, (2002) incursiona en las funciones del ecosistema: capacidad de los procesos y componentes naturales para proporcionar bienes y servicios que satisfacen las necesidades humanas, directa o indirectamente (De Groot, *et al.*, 2002, p. 403).

Posteriormente en el 2003 la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio dice que los SE son “*los beneficios que la población obtiene de los ecosistemas*”. En la actualidad esta es la definición mayormente aceptada. Entre tanto la U.S. EPA, 2004 define a los SE como aquellas funciones o procesos ecológicos que directa o

indirectamente contribuyen al bienestar humano o tienen un potencial para hacerlo en el futuro. Más tarde Boyd y Banzhaf, 2007 nos dicen que “*son componentes de la naturaleza, disfrutados, consumidos o directamente usados para producir bienestar humano*”. Finalmente, Fisher, *et al.*, 2009 dice que “son los aspectos de los ecosistemas utilizados (activa o pasivamente) para producir bienestar humano”.

Todas estas definiciones tienen en común el servicio que proviene como resultado de un proceso de un determinado ecosistema y el bienestar que produce en la sociedad; sin embargo, ninguno menciona el hecho de que este beneficio es finito. En consecuencia, este concepto está sirviendo como herramienta para promover una conexión entre las ciencias biogeofísicas y las ciencias sociales, que puede apoyar en la construcción del conocimiento de la ciencia de la sostenibilidad, la cual supone una nueva aproximación interdisciplinaria que se centra en la exploración de las interacciones complejas que se establecen entre los sistemas naturales y humanos. Nos recuerda que existimos y nos desarrollamos dentro de un sistema socio-ecológico (Montes, 2007, pág. 4).

Examinando el ambiente a través del marco de los servicios ecosistémicos se hace mucho más fácil identificar, cómo los cambios en los ecosistemas influyen sobre el bienestar humano, y proporcionan información para que los responsables de tomar las decisiones puedan sopesar junto con otras informaciones sociales y económicas (MEA, 2001). Bajo esta designación de servicios ecosistémicos, se integran los beneficios que se derivan de la naturaleza para uso y provecho de la sociedad humana y que, de acuerdo a ciertos criterios, pueden ser valorados económicamente a fin de equiparlos de alguna manera con actividades económicas que implican cambios en los usos de suelo y de esta manera contar con argumentos adicionales para su conservación y manejo (Costanza *et al.*, 1997, p.2).

Por otra parte, el diseño de métodos que permitan valorar mejoras y daños ambientales ha chocado con el problema de la “no existencia de mercados” para dichas mejoras y daños. Esta inexistencia de mercados, está relacionada con la no asignación de derechos de propiedad. La mayoría de los recursos ambientales se

utilizan en régimen de libre acceso; no hay una asignación clara de derechos de propiedad sobre el aire, sobre la capa de ozono, las aguas internacionales, la atmósfera o sobre los rayos del sol (Montes, 2007, p8). Esto puede significar la imposibilidad de ciertos incentivos para la explotación de recursos bajo una lógica económica que implica que, cuanto más escasos sean los recursos, mayor será el precio que habría que pagar por su utilización (Montes, 2007, p8).

Dicho de otra manera, si el recurso tiene propietario, éste tendrá en cuenta no sólo la tasa a la que puede explotarlo en el presente, sino las tasas de explotación posible en períodos futuros, evitando así el hecho de consumirlo todo rápidamente o de manera ineficiente, tal como sucede con el agua. ¿Pero cuánto es lo que se debe pagar? Pues para lograr una estimación de este costo, existen diversos métodos (Martín- Ortega *et al.*, 2009, p. 70). Básicamente la técnica directa e indirecta, mismas que se pueden utilizar para atenuar la ausencia de mercado a la que hacemos referencia.

3.3.3. Clasificación de los servicios ecosistémicos.

Tal como lo expresa Sokal en 1974, el objetivo de realizar una clasificación de los servicios ecosistémicos (SE) obedece a propósitos concretos como en cualquier tipo de clasificación debiendo limitar fronteras claras, precisas, cuantitativas y basadas en criterios objetivos. Citado en (Camacho, 2012, p.7) De igual manera se debe buscar que las divisiones o clases sean lo más naturales posible y que sean independientes de la escala o la fuente (Di Gregorio y Jansen, 2005, pág. 27). En correspondencia a la objetividad del como clasificar, es importante considerar la exclusión de ambigüedades y que, por el contrario, se debe ser incluyente y seguir un sistema jerárquico, consistente y abierto. Aunque existen algunas otras formas de tipificar los SE, en la actualidad y la más aceptada clasificación de estos, es derivada de la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (MA, 2003), que probablemente es la más difundida y aceptada y que define los SE como “los beneficios que la población obtiene de los ecosistemas”.

Este concepto es resultado del trabajo de la reunión de científicos originarios de 95 países, que durante los años 2001 y 2005 se concentraron en analizar las consecuencias de los cambios ocurridos en los diversos ecosistemas y estuvo estructurado explícitamente alrededor del concepto de servicio ecosistémico. Esto con el objetivo de integrar la sustentabilidad ecológica, la conservación y el bienestar humano. Con la intención de facilitar la toma de decisiones, este sistema de clasificación ofrece un sistema meramente operacional, basado principalmente en cuatro líneas funcionales dentro del marco conceptual de la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio, que incluyen servicios de aprovisionamiento, culturales, regulación y de soporte (Camacho y Ruíz, 2012, pág. 20).

De acuerdo al siguiente (cuadro 2) en la clasificación se denominan servicios de aprovisionamiento, precisamente a aquellos recursos que proveen y que son finitos, que además tienen unidades de medida para ser contabilizarlos y pueden ser o no renovables. Uno de los ejemplos más importantes es la provisión de agua para consumo humano, la provisión de productos como la madera y la producción de alimentos. Aunque en el primer ejemplo, el agua podría considerarse como un recurso no renovable si rebasamos la tasa de producción dentro del ciclo hidrológico. Por otro lado, tenemos los servicios de regulación, que como su nombre lo indica, están definidos como aquellos beneficios obtenidos de la regulación de procesos de los ecosistemas. En otras palabras, permiten que las funciones y los procesos funcionen coordinadamente. Entre estos se tiene la regulación del clima y gases, también se incluyen los procesos de erosión e inundaciones, además de la protección contra el impacto de los huracanes, ejemplo de esto son los humedales y zonas de arrecifes (MA, 2005).



Cuadro 2 Elaboración propia a partir de la clasificación de los servicios ecosistémicos (MA, 2005).

Consecutivamente están los no menos importantes y que se destacan en las ciencias sociales: los servicios culturales, mismos que la MAE define como: beneficios no materiales obtenidos de los ecosistemas, estos pueden ser tangibles o intangibles y son el resultado de percepciones individuales o colectivas y están directamente involucrados con la forma de interactuar con nuestro entorno y las demás personas. Un claro ejemplo de este tipo de servicio lo es la belleza escénica de los ecosistemas como un entorno de recreación. Por último, se sitúa a los servicios de soporte, definidos como servicios necesarios para la producción de

otros servicios de los ecosistemas, por consiguiente, permiten el propio mantenimiento y procesos de los ecosistemas proveedores del resto de los otros servicios y pueden o no tener alcances directos sobre el bienestar humano (MA, 2005).

Esta clasificación si bien incluye todos los elementos de los diversos ecosistemas, tiene un enfoque mayormente antropocéntrico pues se concentra en los servicios que sirven a la sociedad y por otro lado excluye al aspecto biofísico o geomorfológico. Esta categorización surgió entre otros aspectos por el interés que existe al saber de la pérdida de los ecosistemas, su biodiversidad y sus efectos en el bienestar humano, pues es esta misma diversidad de ecosistemas la que nos permite tener acceso a los diversos servicios. Aunque el grupo de evaluación de ecosistemas del milenio considera que estos servicios no necesariamente tienen un precio económico, si asume que tienen un valor y que en muchas ocasiones los procesos de conversión de ambientes naturales generan un costo total que supera a los beneficios obtenidos por esa conversión y cuya condición puede ser irreversible. (Camacho, 2014, págs. 22).

Por otro lado la Evaluación de Ecosistemas del Milenio (2003) clasifica a los servicios hidrológicos en cinco categorías: a) los derivados de la oferta de agua: uso municipal, agrícola e industrial; b) los de oferta de agua in situ: uso recreacional, transportación y otros provenientes del agua; c) los de mitigación: reducción de daños por inundación, salinización de tierras, intrusión de agua de mar y sedimentación; d) los espirituales y estéticos: provisión de religiones, educacionales y turísticos y e) los de soporte: agua y nutrientes para estuarios vitales y otros hábitat, así como opciones de preservación. Cada uno de estos servicios tiene atributos de cantidad, calidad, localización y tiempo de flujo (Áviles-Polanco et. al., 2010, p. 104).

3.3.4. Importancia del servicio ecosistémico hídrico.

Debido a las singulares características del agua y su importancia sociocultural, al querer valorar monetariamente los servicios hídricos resulta difícil. Sin embargo, el proceso de vincular una escala monetaria a los servicios hídricos, es una herramienta importante para los responsables que se enfrentan a decisiones difíciles en materia de distribución y desarrollo de recursos de agua dulce (UNESCO, 2017). Esto en parte se debe a que la función del agua dentro de los ecosistemas es fundamental principalmente por el mantenimiento y formación de ecosistemas y por otro lado como vehículo de transporte de nutrientes dentro del ciclo hidrológico. La sostenibilidad ambiental está relacionada directamente con este ciclo del agua y las intrusiones del hombre sobre la misma, tanto en su extracción, uso y contaminación. La conservación del suelo y la vegetación dependen del impacto de este proceso. La perspectiva de un cambio climático mayor, con el subsecuente aumento de las temperaturas en el planeta, implica transformaciones radicales en el ciclo del agua, y, por ende, en su disponibilidad y utilización. Para ello se hace imperioso mejorar el ahorro del agua, aumentando al mismo tiempo los sistemas de depuración y eficiencia en el regadío (Miracle, 2006, p.1).

Es necesario conocer el proceso de este ciclo y realizar un balance hídrico para poder asignar un valor económico. El ciclo hidrológico requiere conocimientos multidisciplinarios, se basa en todos los estados del agua, gas, líquido y sólido. Todos los estados se presentan en la naturaleza y todos ellos son importantes de cara a los recursos humanos. Lo más sustancial es tener en cuenta la interrelación del hombre con la naturaleza y su influencia en el ciclo del agua (Bateman, 2007, p. 3-4). Sin embargo; los usos que se le dan al agua, así como sus características hacen que sea un recurso importante y difícil de valorar. Young (2005, p. 10), agrupa estas características en atributos físicos e hidrológicos de la siguiente forma:

- Es móvil: este atributo hace que el agua sea un recurso con alto costo de exclusión, por ello, hacer respetar la exclusión en los derechos de propiedad, que son la base del mercado o de la economía de intercambio, es relativamente difícil y costoso.

- Su suministro es muy variable: el abastecimiento de agua está fuera del control del hombre y varía de manera impredecible a lo largo del tiempo, en espacio y en calidad.

- Es casi el solvente universal: cuando se encuentra en cantidades abundantes proporciona (desde una perspectiva privada) una capacidad poco costosa de absorber desechos y contaminantes, así como para diluirlos y transportarlos hacia otros lugares.

- Existe una fuerte interdependencia entre los usuarios: después de utilizada, un gran porcentaje del agua vuelve a los cauces de los ríos (en agricultura se estima que el 50% del agua regresa), causando externalidades negativas.

- Los problemas del agua se dan en sitios específicos: las variaciones en el abastecimiento del agua y la demanda local, así como otros problemas están típicamente localizados, por lo que las políticas y estrategias para resolverlos a menudo deben adaptarse a las condiciones locales.

Young (2005, p. 12) plantea que, debido a los diversos usos del agua, se requiere de diferentes enfoques de manejo, estos se pueden agrupar de acuerdo al tipo de beneficio que generan a los usuarios. Como pueden ser: beneficios como un bien o servicio, beneficios por asimilar desperdicios, valores estéticos, recreación, pesca, vida silvestre (públicos y privados), preservación de la biodiversidad y ecosistemas y por último valores sociales y culturales. Los tres primeros deben ser considerados factores económicos, debido a que, al incrementarse su escasez y los problemas relacionados con su distribución entre los diferentes usos, se maximiza su valor económico. Los últimos dos deben discutirse como valores no económicos. Citado en (Martínez y Dimas, 2007. p. 17).

En síntesis, se puede decir que la valoración de los servicios ecosistémicos hídricos incluye los valores de uso (municipal, agrícola, industrial, ecológico, amortiguamiento, mitigación de daños, recreacional e intrusión de agua de mar) y de no uso, como los valores de existencia y legado (Áviles-Polanco et. al., 2010, p.

104). Los servicios ecosistémicos relacionados con la regulación y la calidad del agua provienen de ecosistemas que además proveen una gran variedad de funciones hidrológicas importantes para el bienestar humano; dichas funciones se convierten en bienes y servicios ecosistémicos cuando son valoradas en términos del bienestar el desarrollo de la sociedad, la cual depende de su provisión sostenida (MEA, 2005).

Por tanto, el ciclo hidrológico es uno de los servicios ecosistémicos de mayor impacto en el mundo, y la alteración de éste y su entorno, aumenta constantemente provocando problemas de salud, alimento, energía, etc. En el caso del municipio de Tancítaro y la región aguacatera, es evidente los cambios de uso de suelo y de los tipos de cultivos extensivos, mismos que por su demanda hídrica han alterado el ecosistema original. Los servicios hidrológicos que nos ofrece el ciclo del agua incluyen la regulación de caudales para mitigar inundaciones (como el caso de bosques, humedales y arrecifes), la recarga de mantos acuíferos (que también son explotados en el municipio), la purificación del agua y el control de la erosión, además de proporcionar vida a otras especies que ofrecen otros servicios. Sin embargo; tales características de calidad y acceso al agua se encuentran limitados por las actividades antropogénicas y la capacidad de los ecosistemas para depurar la carga de contaminantes producidos por dichas acciones humanas.

Una ampliación de estos servicios fue realizada por Krauze y Wagner (2007), quienes también dieron relevancia a la calidad, la cantidad, la ubicación y la temporalidad del recurso hídrico. El recurso agua dependen de los múltiples estratos de vegetación de los bosques y selvas tropicales que interceptan el agua de lluvia de manera eficiente, canalizándola lentamente por sus hojas, ramas y troncos hacia el suelo. De esta forma, detienen el escurrimiento pluvial y evitan la saturación del suelo. Una vez llegando al suelo de estos ecosistemas, la densa hojarasca y suelos con un alto porcentaje de porosidad y materia orgánica actúan como esponjas para el agua de lluvia, permitiendo su lenta filtración hacia el subsuelo y la recarga de los mantos acuíferos (Manson, 2004, p. 6). Por lo que algunos de los servicios hidrológicos más importantes proporcionados por los bosques y selvas son los

siguientes: la regulación de la calidad y cantidad de agua, la minimización de ciclos de inundación y sequía, la generación, protección y mantenimiento de suelos y sus nutrientes, la regulación del clima a escalas locales y regionales y finalmente la estabilización del paisaje

3.3.5. Valoración económica del ambiente.

El valor en general es conceptualizado como el grado de utilidad o aptitud de las cosas para satisfacer las necesidades o proporcionar bienestar o deleite. Los humanos le conferimos un valor a diferentes elementos en función de nuestras necesidades. Si consideramos que el ambiente proporciona una amplia gama de valores que afectan de forma positiva el bienestar, entonces podemos decir que adquiere un valor para la sociedad (Azqueta, 2002, p. 71).

En respuesta y en búsqueda de un desarrollo sustentable, dentro del campo de las ciencias económicas y con el propósito de mitigar los efectos negativos que se tienen al ambiente, surge la economía ambiental, ciencia que pretende un “equilibrio” entre las actividades productivas y consumistas con la conservación de los ecosistemas. Según la opinión de Kolstad (2001, p4) “La economía es una disciplina bien desarrollada que cuenta con un amplio cuerpo teórico, un paradigma asociado con la forma en que funciona el mundo económico, y varias ramas o campos de estudios asociados con las piezas que la integran”.

De ahí que la economía ambiental trate el estudio de los problemas ambientales con la perspectiva e ideas de la economía, dicho de otra manera, es el efecto que tienen las actividades económicas en el medio ambiente y la forma apropiada de regular las actividades económicas, para lograr un equilibrio entre los objetivos ambientales, económicos y otros de tipos social (Kolstad, 2001, p.3). De esta manera se ve a esta disciplina como un medio para evitar los daños inducidos por el hombre al ambiente. Interpretando que, si las personas contaminan, es

porque ésta es la forma más “fácil” y económica que poseen para resolver un problema.

La economía ambiental busca en el desarrollo sustentable analizar el medio ambiente en términos económicos y cuantitativos. Esta visión, asume al ecosistema como eje central y articula las tres dimensiones del desarrollo sustentable: ambiente, sociedad y economía. Entendiendo al mismo en una perspectiva amplia vinculada al desarrollo humano; es decir, como un sistema natural cuyos flujos energéticos e interacciones con el ser humano son determinantes en términos tanto de su conservación como de la calidad de vida de la gente (Manes, 2006, p7).

De acuerdo a Manes (2006) el valor económico de un activo ambiental está formado por su valor de uso más los posibles valores de opción y de existencia. El fundamento teórico de la valoración económica se encuentra en la teoría del bienestar. Según esta, el bienestar de los individuos no solamente depende del consumo de bienes y servicios producidos por el sector privado y el gobierno, sino también de cantidades y calidades de flujos de bienes y servicios no mercantiles, provistos por el sistema de recursos naturales y ambientales. Por consiguiente, cualquier cambio en la base de estos recursos traerá consigo un cambio en el bienestar de las personas (Martínez y Dimas, 2007, p. 14). La economía, establece que la asignación eficiente de recursos sólo se puede alcanzar a través del mercado. Según Azqueta (1994) afirmó que, “esta corriente plantea que en un mercado idealmente competitivo confluyen una serie de actores económicos que, a través de una serie de decisiones racionales, generan precios que pueden interpretarse como la representación de preferencias por una serie de bienes o servicios” como se citó en (Martínez y Dimas, 2007. p.13)

En este contexto la economía ambiental plantea una economía inmersa en el sistema natural y se sirve de la naturaleza de dos formas: 1) La primera es el abastecimiento de materias primas y energía para nutrir el sistema económico y que se haga posible la producción y el consumo y 2) Luego encontramos las actividades de producción y consumo que generan una serie de desechos que siempre regresan a la naturaleza, es decir se producen desechos y residuos que se vierten en la

naturaleza (Martínez y Dimas, 2007. P13). De ahí que el enfoque económico busque amortiguar el impacto de estas acciones. A estos residuos o desechos resultantes de las actividades de producción y consumo que no tienen otro uso que produzca un bien económico, se les conoce como externalidades donde generalmente las empresas y la sociedad en general no pagan por esta segunda función de la naturaleza. Estas externalidades aparecen cuando el comportamiento de un agente cualquiera (consumidor o empresa), afecta el bienestar de otro, sin que este último haya elegido esa modificación, y sin que exista un precio o un valor monetario que lo compense tal como se manifiesta en el dilema “La Tragedia de los comunes” escrito por Garret Hardin en 1968.

Las externalidades, son consideradas fallas de mercado y para buscar corregirlas es necesario asignarles un valor que permita su compensación en las economías de los actores afectados y en el mercado en general. Es aquí donde cobra importancia la valoración económica de los bienes y servicios ecosistémicos que nos ofrece el ambiente bajo un esquema de sustentabilidad (Kolstad, 2001, p. 3). Esto significa que la variación compensatoria, involucra medir la disposición a pagar cierta cantidad de dinero para obtener un beneficio ambiental o evitar un daño ambiental (DAP), mientras que la variación opuesta implica medir esta disposición de aceptar una cantidad de dinero para tolerar y/o soportar una pérdida o daño ambiental o simplemente renunciar a un beneficio de mejora ambiental (DAC).

Azqueta (1994), menciona que, con el fin de comparar los ecosistemas y sus servicios con otros componentes del bienestar de la sociedad, estos deben estar expresados en una unidad de medida como lo es el dinero. Lo que significa asignarles un valor económico que permite transformar los valores del ambiente (servicios/beneficios) a una escala monetaria que permita la toma de decisiones. Citado en (Martínez y Dimas, 2007, p. 14). Entonces, la valoración del ambiente puede definirse como un conjunto de técnicas y métodos que permiten medir las expectativas de beneficios y costos derivados de algunas de las siguientes acciones (Manes, 2006, p. 7) para el caso del municipio de Tancítaro: a) Uso de un activo ambiental (en este caso, el agua), b) Realización de una mejora ambiental,

(conservar, restaurar y manejar los bosques del municipio de Tancítaro) y c) Generación de un daño ambiental (principalmente escasez de agua).

Pero también, el diseño de métodos que permitan valorar mejoras y daños ambientales ha chocado con el problema de la no existencia de mercados para dichas mejoras y daños. Esta inexistencia de mercados, está relacionada con la inexistencia de derechos de propiedad. La mayoría de los recursos ambientales se utilizan en régimen de libre acceso; no hay una asignación clara de derechos de propiedad sobre el aire, sobre el agua, sobre la capa de ozono, o sobre la atmósfera (Manes, 2006, p. 8). Por lo tanto, asignarles un valor económico es muy difícil. No obstante, ante la crisis ecológica actual, asignarles valor tiene posiblemente su mayor justificación en el argumento de “La Tragedia de los Comunes” de Hardin Garrett (1968) que plantea que un bien finito que no tiene dueño y cuyos beneficios son compartidos por todos, llega a arruinarse inevitablemente en la medida en que los individuos que lo comparten crecen en un número que excede su capacidad de carga. En consecuencia, el argumento al mismo tiempo, descalifica a la mano invisible del mercado como forma de evitar esta tragedia, plantea una acción coercitiva del Estado a través de leyes, impuestos, incentivos económicos y otros mecanismos que permitan garantizar su conservación.

Ante la imposibilidad de asignarle un valor económico a los servicios ambientales, se ha optado por la estimación de este. En otras palabras, el valor aproximado por este concepto debiese compensar los beneficios que se obtienen por utilizar un bien o servicio ecosistémico con alguna actividad productiva que genere recursos económicos, mismos que deben destinar una fracción a la conservación de los ecosistemas proveedores de servicios, aunque sus beneficios ecológicos en el largo plazo sean dudosos o negativos. Este importe es flexible por naturaleza porque se incrementa en la medida en que el servicio se hace más escaso. Aunque este valor sirve, tanto a los propósitos del principio de “el que contamina paga”, como al de la voluntad de pagar por la conservación de un bien o servicio a través de compensaciones e incentivos, aún dista mucho de constituir un pago “justo”. Hoy entre los muchos servicios ambientales, hemos incorporado en el

mercado, la reducción de las emisiones de carbono y la captación de su exceso en la atmósfera. La razón es que hay una conciencia de los efectos globales de la acumulación de gases de invernadero y de sus consecuencias adversas para todos en materia de regulación del clima y de la calidad del aire. Pero tomando como ejemplo los recursos hídricos, no sucede lo mismo, aunque aportan numerosos servicios como fuente primaria sustentadora de vida (Tarté, 2008, p.1). Quizás, en un futuro no muy lejano, tristemente se observe de esta realidad, una vez que haya adquirido una mayor dimensión global y entonces se valore y asigne un valor económico a un bien o servicio cada vez más escaso, con el fin de revertir los daños.

3.3.5.1. El valor económico del agua

La valoración económica de los recursos hídricos ejerce un papel preponderante en la gestión de la demanda y en una mejor distribución entre sus varios usos. Una gestión optimizada de los recursos hídricos exige decisiones basadas en la eficiencia económica, la igualdad social y la sostenibilidad ecológica. En último término, el valor de los recursos hídricos no depende únicamente de su cantidad, sino de al menos cuatro factores más: calidad, ubicación, fiabilidad de acceso y tiempo de disponibilidad (UNESCO, 2017).

Cuando se pretende asignar un valor económico al agua, se pasan olvidados importantes dimensiones: los valores ambientales, como la función del agua en ecosistema, y los valores sociales, como la utilización del agua para producir alimentos y esto es debido a que el agua como elemento se percibe como abundante y gratuito. Si se sabe que el cuerpo humano está compuesto en un 60 o 70% de agua entonces se comprende su importancia vital, pero ¿cuánto vale el agua utilizada para la producción de alimentos que se consumen diariamente? Hoy en día, frente a la escasez del agua y una competencia intensa entre usuarios industriales y comerciales además de la creciente preocupación por el deterioro del ecosistema, la valoración económica del agua en la agricultura está adquiriendo prioridad en la gestión de los recursos hídricos. Y de todos los sectores que utilizan

agua dulce, la agricultura consume el 70% de la extracción mundial de agua y es la menos rentable en general. Esto ha determinado que algunos defensores de la valoración del agua promuevan "mercados del agua", la idea es que la demanda supera a la oferta cuando se trata como un bien gratuito, entonces el mercado podría "dar equilibrio a esa oferta y demanda" y, en algunos casos, reducirá los efectos ambientales negativos de la explotación excesiva de este recurso, pero esto solo podría funcionar con la participación de todos los usuarios interesados (FAO, 2006).

A continuación, se presentan algunos enfoques, donde se incluyeron instrumentos y métodos de valoración en la gestión de los recursos de agua:

Por ejemplo, en Camboya, una encuesta en una pequeña aldea de Veun Sean, en los humedales del Mekong, combinó una valoración económica tradicional con la evaluación rural participativa, a fin de entender el valor in situ del agua con relación a los bienes y servicios que proporciona a las comunidades locales, en particular desde el punto de vista de los medios de subsistencia, la seguridad alimentaria y la salud. Un grupo representativo de habitantes de la aldea determinó una serie de valores del agua, que comprendían el riego del arroz, el transporte, las aves acuáticas e incluso los delfines. Todos convinieron en que el pescado, valiosa fuente de nutrición e ingresos, era el recurso "más importante" de los humedales, especialmente para la gente más pobre. Por ese motivo se consideraba un gran problema la disminución de las poblaciones de peces.

En Tanzania, en la cuenca del río Mkoji, en el suroeste del país, otro estudio analizó los conflictos latentes que había entre los productores de arroz de regadío, y los que había a la vez entre los productores de arroz y los productores pecuarios. En algunas ocasiones los agricultores que compiten por el agua han destruido los canales y la toma de agua para desviar el agua hacia sus propias parcelas, y algunos conflictos han desembocado en violencia. La consecuencia, descubrió el informe, es un atolladero, los productores de arroz luchan entre sí por el agua, mientras que los productores de ganado tienen que decidir si tener problemas con los usuarios del riego o con los guardianes de la fauna silvestre. "Los productores

pecuarios que llevan a pastar ilegalmente a sus rebaños en la zona protegida ya pagan por ese acceso, pero pagan multas, en vez de impuestos."

En el río Savegre, en Costa Rica se aplicó la metodología del costo por oportunidad donde se estimó un valor de US\$ 0.0010/m³ para la productividad hídrica del bosque basada en la capacidad de retención de agua de estos ecosistemas en comparación con otros. También se hizo una estimación de US\$ 0.0012/m³ como valor de restauración de ecosistemas boscosos. Ambos valores han sido considerados como componentes dentro de la tarifa de agua. Se aplicó la metodología en esta región particular y se aprobó finalmente un valor de US\$0.019/m³ para el año 2000 y se revaloró en el 2004 pasando a US\$0.038/m³. Con estos ajustes la ESPH está financiando aproximadamente 1109 hectáreas, pagando US\$470.0/ha/año a los propietarios de bosques en conservación mediante el mecanismo de Pago por Servicios Ambientales. De esta manera ya los usuarios de agua de la ESPH reconocen monetariamente el aporte hídrico del bosque a los propietarios de fincas donde están las fuentes de captación y recarga de agua (Barrantes, 2006, p. 1).

Nallathiga y Paravasthu, (2010) en el Río Yamuna, Nueva Delhi, India, utilizan el método de valoración contingente para evaluar bienes de no mercado. Se realizó un modelo de regresión lineal múltiple con las variables dependientes. Las variables que utilizaron fueron: tamaño del hogar, educación, consumo de agua, ingreso, percepción del uso del agua. Se estimó la DAP para purificar el agua. Obtuvo un valor de \$18.96 para mantenimiento de la calidad del agua. Por su parte Barrantes & Flores (2013), realizaron un estudio en la región de Pasco en los altos Andinos para estimar la Disposición a Pagar (DAP) para la implementación de un Programa de Conservación y Mejoramiento de Pastizales (PCMP), mediante el método de valoración contingente. Para estimar la DAP se aplicó una encuesta preliminar de tipo abierta a 30 pobladores y otra cerrada en formato binario a otros 105. Los resultados de la encuesta preliminar abierta permitieron definir siete vectores de pagos (\$5.98, \$29.93, \$59.87, \$119.75, \$149.69, \$179.63 y \$239.51).

La DAP fue \$23.59/familia/mes, revelando que la Región Pasco podría recaudar anualmente aproximadamente 11.67 millones de pesos.

Algunos otros ejemplos de la valoración económica del agua en México son Soto, G (2009) quién emplea el método de valoración contingente y un modelo Probit para estimar los beneficios del proyecto integral para el saneamiento del Alto Atoyac en Puebla. Las variables utilizadas son: precio ofrecido, ingreso, distancia al río, contacto con el río, edad y localidades de 10 a 50 mil habitantes. La DAP es de \$181.5 bimestrales. También están Martínez y Hernández, (2009) ellos analizan el afluente río Santiago en el estado de Jalisco como uno de los sistemas lóticos mayormente contaminados y la afectación de la sociedad.

Mientras, Sánchez, A (2010) en el Río Apatlaco, Morelos emplea el método de valoración contingente con un modelo Probit sobre la perspectiva ambiental. Calcula la disposición a pagar (DAP) para mejorar el agua de la cuenca del río Apatlaco, Morelos. Utiliza variables como: le precio ofertado, distancia, enfermedades, ingreso, edad, escolaridad, género. Los resultados obtenidos por la DAP son de \$174.00 bimestrales. Otro ejemplo de la valoración del agua es Navarro, Karina (2010) quien trata sobre la problemática de la gestión del agua en Tijuana. Utilizó, una base de datos financiera y técnica sobre el saneamiento y reúso del agua, también una metodología cuantitativa y cualitativa a partir de recolección de datos numéricos del sistema operador y entrevistas realizadas a funcionarios. Concluye que existe un modelo de gestión insustentable que genera desabasto e inequidad del recurso.

Otros como Rodríguez y García (2012) estudiaron en la Cuenca del Guayalejo al sur del estado de Tamaulipas, como se han beneficiado por el agua proveniente de la "Reserva de la Biósfera del Cielo". Estimaron el pago por servicios hídricos (PSH) y realizaron un seguimiento en cuatro sitios al cultivo de la caña de azúcar. El método empleado fue el cambio en la producción y valor de recuperación (agua de uso potable e industrial). El análisis mostró que el PSH fue de \$0.39 por metro cúbico utilizado.

Por último, están Chávez y Mancilla, (2014) quienes proponen una tarifa hídrica aplicada a usuarios del agua en la del río Pixquiac, en Veracruz, México para lo cual se utilizó el método de costo de oportunidad para asignarle valor al bosque. Los resultados indicaron que la principal actividad económica que compite con el uso de suelo forestal es la ganadería, y que el monto de la compensación que deben pagar los usuarios por los servicios hídricos que presta el bosque asciende a \$0.473/m³. Concluye que el precio del mercado de la actividad que compite con la conservación del bosque es un factor determinante en la factibilidad de la aplicación de una tarifa hídrica.

Como hemos visto el agua es uno de los elementos que nos ofrece la naturaleza de manera abundante en el planeta Tierra. Además, de ser un componente que tienen que ver con el desarrollo de las diversas formas de vida, este recurso hídrico es esencial, por lo que la protección de las reservas acuíferas disponibles se vuelve una tarea en la que todos debemos participar, todos los países, gobiernos y usuarios debemos procurar su mantenimiento y buen uso a fin de asegurar que los cursos naturales del agua permitan el sostenimiento no sólo del ser humano sino de cualquier forma de vida conocida. A pesar de que existe en el mundo en mayor proporción, su oferta no es ilimitada y por consecuencia tenemos que valorarla. Se debe conseguir una mejor gestión y protección del agua sin tener que percibirla como un mero producto de consumo. Por lo pronto y hasta ahora una buena medida para evitar su derroche es la estimación y asignación de un valor económico.

3.3.5.2. Índice de Desarrollo Humano (IDH)

El índice de desarrollo humano tiene un amplio marco conceptual que recientemente ha sido encaminado hacia lo social y lo ambiental y es ahí donde surge una nueva perspectiva del mundo prescindiendo del crecimiento y la productividad como actividades principales de la población y más bien volteando a ver al desarrollo, la

sociedad y el ambiente. La PNUD (1990) trabajó junto con un grupo destacado de economistas entre los que se encontraban Mahbub Ul-Haq, Paul Streeten, Meghnad Desai, Gustav Ranis y Keith Griffin y por supuesto Amartya Sen dando como resultado una significativa aportación: el Índice de Desarrollo Humano (IDH), que pretendía generar una tendencia internacional que evaluara el nivel medio alcanzado por cada país a partir de tres aspectos esenciales, la salud, la educación y el ingreso. En su libro "Development as Freedom" (1999), este último autor sintetiza las principales ideas de su pensamiento: entender y abordar el desarrollo como medio para potencializar las capacidades y libertades del ser humano. (Picazzo *et al*, 2011, 258).

Sen, destaca la salud como un elemento fundamental; para que las personas puedan gozar de ella y lograr desarrollar las capacidades de su desarrollo individual como actores en el ámbito productivo y social. Dicho de otra forma, la salud es el medio para desarrollar sus capacidades y libertades y así poder cumplir sus objetivos y metas (Sen 1999, 2000,). Por tanto, la salud se destaca como una idoneidad o facultad integrante de un buen desarrollo (Sen y Nussbaum, 1993; Sen, 1999) que permite ejecutar o extender las capacidades de la población, entendido como la libertad de ser y hacer lo que las personas estén dispuestas a valorar con su vida (Sen, 2000). Amartya Sen (1999) ha hecho de manifiesto que para poder hablar del desarrollo de una sociedad es imprescindible examinar la vida de quienes la componen, pues no puede considerarse que exista notoriedad económica ignorando la calidad de vida de los individuos que conforman la comunidad. Por este motivo define concretamente: "El desarrollo es un proceso de expansión de las capacidades de que disfrutaban los individuos" (Sen, A. 2000, p.19).

Como ya se ha señalado, el IDH tuvo como propósito generar una nueva medición a nivel internacional que destacara indicadores (mediciones) de carácter social que nos hablan de la calidad de vida promedio de las distintas naciones. De esta manera, con una nueva medición centrada en los destinatarios del desarrollo se buscaba impulsar una tendencia internacional para que los países se preocuparan por crear las condiciones estructurales, institucionales, sociales y

culturales, a fin de que los individuos pudiesen tener la libertad de alcanzar la realización de sus justas aspiraciones y teniendo en el horizonte avanzar hacia la equidad social (Picazzo *et al*, 2011, p. 262).

Capítulo IV

4. Materiales y métodos.

Esta investigación se ha realizado principalmente en dos apartados generales. El primero corresponde a los dos primeros objetivos en donde con el apoyo de herramientas de sistemas de información geográfica (SIG) se generó información de datos geográficos, especialmente del cambio de uso de suelo, balance hidrológico e identificación de ollas de agua. Y para el segundo apartado correspondiente al tercer objetivo se utilizó principalmente información del Índice de Desarrollo Humano (IDH), como indicador de bienestar y de sostenibilidad social, lo cual detallaremos más adelante.

Se parte de la hipótesis de que por el momento la producción de aguacate en el municipio de Tancítaro ambientalmente, no es sustentable, la insuficiencia de agua en la región se ha incrementado en los últimos años como consecuencia de su represamiento y promueve efectos negativos en el ecosistema original. La pérdida del volumen de agua en el municipio de Tancítaro, así como el aumento de las tierras de cultivo destinadas a monocultivos han sido originados por el cambio de uso de suelo y cambios en los tipos de cultivos, que en su conjunto provocan daños ambientales y sociales, especialmente en la salud. Pero que, en contraparte, este tipo de cultivos (principalmente de aguacate) aportan ingresos importantes al desarrollo económico del municipio, región aguacatera y el estado.

Aquí es donde la aproximación y determinación del valor económico de un servicio proporcionado por el bosque, permite estimar monetariamente el monto a pagar por la “utilización” de ese recurso, mismo que puede ser destinado para la conservación de áreas específicas captadoras de agua atmosférica, acción que promueve el buen uso del entorno natural y del desarrollo sustentable.

4.1. Tipo de investigación.

Es el esquema general o marco estratégico que da la unidad, coherencia, secuencia y sentido práctico a todas las actividades que se emprenden en la búsqueda de la solución al problema y de los objetivos planteados (Henríquez y Zepeda, 2003, pág. 26). Esta investigación se considera que tendrá un alcance de tipo exploratorio y descriptivo. De acuerdo con Navarro (2014), los estudios exploratorios sirven para preparar el terreno y por lo común anteceden a los otros tres tipos. Mientras que los estudios descriptivos, generalmente fundamentan las investigaciones correlacionales, las cuales a su vez proporcionan información para llevar a cabo estudios explicativos que generan un sentido de entendimiento y son altamente estructurados. Por último, los explicativos buscan encontrar las razones o causas que provocan ciertos fenómenos (Navarro, 2014, p. 219, 221).

4.1.1. Exploratorio.

Su objetivo es auxiliar al investigador a definir el problema, establecer hipótesis y definir la metodología para formular un estudio (Navarro, 2014, p. 260). Otros autores, definen que estos estudios tienen por objetivo familiarizarse con un aspecto desconocido o poco desarrollado y que es novedoso para el investigador (Henríquez y Zepeda, 2003, p. 26). Estos se realizan cuando el objetivo es examinar un tema o problema de investigación poco estudiado, del cual se tienen muchas dudas o no se ha abordado antes. Es decir, cuando la revisión de la literatura reveló que tan sólo hay guías no investigadas e ideas vagamente relacionadas con el problema de estudio, o bien, si deseamos indagar sobre temas y áreas desde nuevas perspectivas (Sampieri, 2006). Dado que se considera que, aunque existe una buena cantidad de estudios en el municipio no hay alguno que trate el tema del valor económico del agua utilizada para la producción de aguacate apoyado con métodos de estimación mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG).

Bajo este esquema, la investigación parte del hecho de analizar el excesivo uso de agua para riego a través de la construcción de ollas de captación de agua y de la conversión de tierras y tipos de cultivos que están causando efectos negativos en el ecosistema, la salud y en la seguridad de las personas,

4.1.2. Descriptivo.

Este tipo de estudios describen las características más importantes del fenómeno que se va a estudiar (Navarro, 2014, p. 260). Los estudios descriptivos se usan para analizar cómo es y se manifiesta un fenómeno (Henríquez y Zepeda, 2003, p. 26). A su vez especifican las propiedades, características y perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis. Dicho de otra forma, miden o recogen información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o las variables a las que se refieren (Sampieri, 2006). Por lo que en esta investigación se describirá las características de la geografía física donde se sitúan mayormente las ollas captadoras de agua y sus particularidades.

4.2. Uso del Sistema de Información Geográfica (SIG).

4.2.3. Cambios en el entorno ambiental.

La metodología para dar cumplimiento a los dos primeros objetivos se estableció en la obtención y construcción de insumos digitales como el mapa de cobertura de uso de suelo (CUS) (2004 y 2014), balance hídrico (BH) y cantidad y distribución de ollas de agua (OA). Y todo se desarrolló en coordenadas UTM (Universal Transversa de Mercator) con las siguientes características: WGS_1984_UTM_Zone_13N, Proyección Transversa de Mercator. A partir de los datos vectoriales altitudinales se formaron los insumos primarios: un TIN (redes irregulares de triángulos), estas son

una forma de datos geográficos digitales basados en vectores y se construyen mediante la triangulación de un conjunto de vértices como medio digital para representar la morfología de la superficie y un Modelo Digital de Elevación (DEM) a partir de información altimétrica, escala 1:50,000 con resolución de 10x10/celda (Cell Size X, Y).

4.2.4. Cambio Uso de Suelo

Para la determinación de los cambios de uso de suelo (CUS) se utilizaron datos vectoriales del estado de Michoacán elaborados por Mas (2016), escala 1:50,000 con una unidad mínima cartografiada de 1 ha, mismos que fueron construidos mediante un método híbrido de clasificación, es decir una clasificación automatizada y supervisada. El autor empleó 32 imágenes SPOT 5 multi - espectrales con resolución de 10 m tomadas en la temporada de estiaje (diciembre-marzo) de dos años: 2004 y 2014 y complementados con datos del Inventario Nacional Forestal y de Suelos (Infys) 2004-2010 de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). También se utilizó el método de re - muestreo del vecino más cercano (closest neighbor sampling) (Mas, *et al*, 2017, p. 121).

Los procesamientos de imágenes se llevaron a cabo en la plataforma de modelado espacial DINAMICA (Soares-Filho, Cerqueira y Pennachin, 2002) software que permite el modelado ambiental en un marco de espacio-tiempo, también se utilizó el programa de segmentación de imágenes BIS Cloud (Berkeley Image Segmentation, 2015), el Sistema de Información Geográfica QGIS (QGIS Development Team, 2015) y el ambiente para análisis estadísticos R (R Core Team, 2014; RStudio Team, 2015). (Mas, *et al*, 2017, p. 121). Con la obtención de estos materiales vectoriales correspondientes a los años 2004 y 2014 se realizó un geoprocésamiento de acotamiento (clip) de información espacial exclusivo para el municipio de Tancítaro a fin de obtener una capa vectorial con la información que

nos interesa y descartar información que no era necesaria y de esta manera realizar un comparativo de superficie de las principales cubiertas de uso de suelo entre diferentes años. preliminar de uso del suelo. Finalmente se realizó una reclasificación de las 14 clases obtenidas con la finalidad de tener menor número de ellas y facilitar el cálculo entre las diferencias anuales.

4.2.5. Balance Hídrico (BH)

Este término se refiere a la relación entre la ganancia y pérdida de agua en forma de precipitación, evapotranspiración y escorrentía (flujo superficial y subterráneo) que ocurre en una región en particular (Murat, 1998, p. 405) y se calcula mediante la siguiente ecuación (Ec.1):

$$BH = Pp_{Med} / (ETP * Temp_{Med})$$

Donde:

BH = Balance Hídrico

PpMed = Precipitación Media Anual (mm)

ETP = Evapotranspiración potencial (mm)

TempMed = Temperatura media anual (°C)

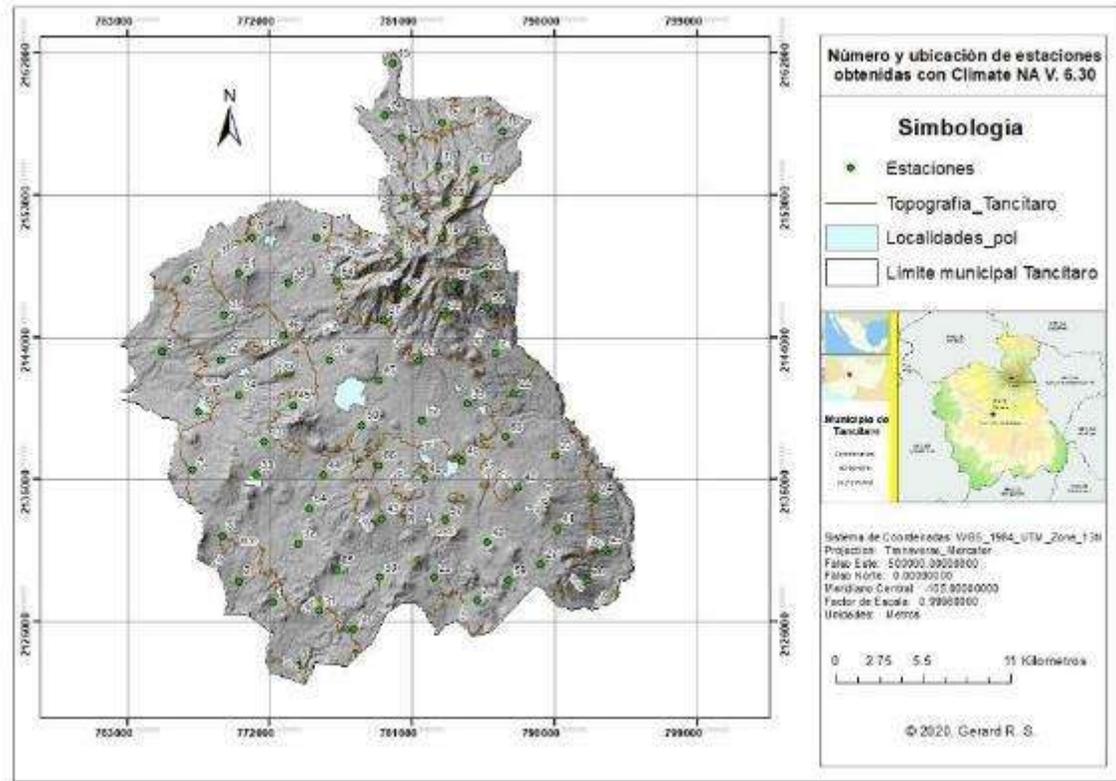
Para estimarlo y representarlo en un mapa, se consideró información proporcionada por CONAGUA para el periodo 1969 - 2019 para los parámetros de precipitación (Pp), temperatura (Temp) y evapotranspiración (ET) tomados a partir de datos meteorológicos de las siguientes estaciones (Tabla 1):

Tabla 1 Estaciones meteorológicas

	NÚMERO DE ESTACIÓN	NOMBRE DE LA ESTACIÓN
1	16011	Buena Vista I, Buena Vista Tomatlán
2	16216	Buena Vista II, Buena Vista Tomatlán
3	16039	Piedras Blancas, Buenavista, Tomatlán
4	16056	Jicalán, Uruapan
5	16072	Los Chorros del Varal, Los Reyes
6	16085	Parácuaro, Parácuaro
7	16088	Peribán, Peribán
8	16118	Santa Fé, Quiroga
9	16146	Zirahuén, Salvador Escalante
10	16178	Uruapan, Uruapan
11	16228	Acahuato, Apatzingán
12	16251	Patamban Tangancicuaro
13	16253	Tanaco, Cherán
14	16259	Tzindio, Nuevo Parangaricutiro
15	16261	Chilatán, Jalisco

Fuente: CONAGUA, 2020

Esta información fue complementada con el software ClimateNA V 6.30 (2020), disponible en <http://tinyurl.com/ClimateNA>, para el periodo 2011-2019 según la metodología descrita por Wang *et al.* (2016) a partir de un mapa de 70 puntos o estaciones (Tabla 2) distribuidos dentro del polígono de estudio (Mapa 9). Este programa, permite estimar más de 50 variables mensuales, estacionales y anuales de las cuales solo se utilizaron precipitación media (PpMed), temperatura media (TempMed) y evapotranspiración potencial (ETP).



Mapa 9 Ubicación y número de estaciones. Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos con el software Climate NA V 6.30

Tabla 2 Estaciones virtuales periodo 2011 - 2019.

No.	POINT_X	POINT_Y	No.	POINT_X	POINT_Y
1	773714.644	2123210.92	36	769134.202	2145389.6
2	772206.516	2127179.68	37	773155.877	2147400.43
3	770063.386	2128529.06	38	779188.389	2145072.1
4	768952.134	2131386.56	39	782998.397	2145389.6
5	767126.505	2135593.45	40	784480.067	2139780.42
6	767523.381	2139244.7	41	787760.906	2134488.74
7	765142.126	2143054.71	42	790195.078	2131842.9
8	766729.63	2147579.1	43	785750.069	2130996.24
9	770857.138	2150277.85	44	779082.556	2132477.9
10	774984.646	2150277.85	45	775378.382	2135229.58
11	780144.031	2149166.6	46	773473.378	2139674.59
12	780540.907	2152817.86	47	772838.377	2144119.59
13	780382.157	2156548.49	48	778870.889	2141262.09
14	779800.072	2161311	49	784162.566	2136182.08
15	779270.905	2158003.7	50	781728.394	2135017.91
16	782892.563	2157560.46	51	777812.553	2138404.58
17	786702.571	2157031.29	52	775801.716	2142532.09
18	784903.401	2154597.12	53	781622.561	2138722.08
19	782680.896	2154808.78	54	781410.894	2142532.09
20	782892.563	2150257.94	55	776225.05	2147506.27
21	785538.402	2147929.6	56	783633.398	2147294.6
22	786279.237	2142955.43	57	785750.069	2145812.93
23	787443.406	2140415.42	58	783104.23	2132372.07
24	790089.244	2136499.58	59	777283.385	2125492.89
25	792629.249	2133747.91	60	787125.905	2128562.06
26	793264.251	2130572.9	61	784903.401	2150152.11
27	792100.082	2128562.06	62	770086.704	2148035.44
28	789136.742	2129620.4	63	768922.535	2142532.09
29	785115.068	2127292.06	64	771674.208	2137346.25
30	782363.396	2128773.73	65	774531.713	2133112.91
31	778976.722	2128773.73	66	776225.05	2129197.06
32	775166.715	2126657.06	67	778870.889	2135864.58
33	773790.878	2130890.4	68	780564.225	2146765.43
34	771145.04	2135229.58	69	783210.064	2152480.44
35	770086.704	2140309.59	70	786914.238	2137663.75

Fuente: Datos establecidos con ClimateNA v6.30 (2020)

De esta manera, estos datos se integraron y georreferenciaron al programa ArcMap 10.5 en una tabla (*.dbf) para poder ser representada espacialmente haciendo una unión (Join) de datos con las tablas de PpMed y TempMed. A partir de este resultado se elaboraron los mapas de los parámetros climáticos de precipitación y temperatura a escala 1:50,000 y se rasterizaron a 10m/pixel de cada uno. Con los insumos generados, se procedió a la formación de un mapa de isoyetas y uno de isothermas que representan la precipitación y temperatura respectivamente en una unidad de tiempo considerada sobre una superficie. Previamente se realizó una interpolación de tipo “Spline”, que es utilizada para estimar los valores empleando una función matemática que minimiza la curvatura general de la superficie, dando como resultado una superficie suave que pasa exactamente por los puntos de entrada (Esri, 2016). Ajusta una función matemática a un conjunto específico de puntos de entrada más cercanos mientras pasa a través de estos, este método es mejor para generar superficies que varían entre ellos levemente, como la elevación, la temperatura, la precipitación o las concentraciones de contaminación y se determina con la ecuación de Spline. El procedimiento aplica en ambos mapas diferenciando la precipitación de la temperatura (Franke, 1982, p. 274).

Ec. 2. Ecuación de “Spline”

$$S(x, y) = T(x, y) + \sum_{j=1}^N \lambda_j R(r_j)$$

Donde:

$j = 1, 2, \dots, N$.

N = es la cantidad de puntos.

λ_j = son coeficientes determinados por la solución de un sistema de ecuaciones lineales.

r_j = es la distancia del punto (x,y) al punto j .

$T(x,y) = a_1$ y es un coeficiente determinado por la solución de un sistema de ecuaciones lineales.

Ec. 3. Ecuación de spline con Tensión

$$R(r) = -\frac{1}{2\pi\phi^2} \left[\ln\left(\frac{r\phi}{2}\right) + c + K_0(r\phi) \right]$$

Donde:

r = es la distancia entre el punto y la muestra.

ϕ^2 =es el parámetro a medir (Precipitación/temperatura).

K_0 = es la función de Bessel modificada.

c = es una constante igual a 0,577215.

A partir de este procedimiento, se obtuvieron los mapas de isoyetas e isothermas, que son isolíneas que unen puntos en un plano cartográfico y que presentan la misma precipitación (mm) / temperatura (°C) en una unidad de tiempo considerada. Estos fueron calculados con intervalos de 100 m de altitud y 2 °C respectivamente mediante una herramienta de algebra de mapas que permite obtener como salida un mapa ráster (Esri, 2019). Con esta misma herramienta se procedió a formar el mapa de BH utilizando la ecuación 1 anteriormente mencionada y que corresponde al cruce del mapa de PpMed sobre el de ETP aplicando algebra de mapas para cada celda, este último dato es la constante de Hollis equivalente a 58.93.

4.2.6. Mapa de ollas de agua.

El mapa que representa la distribución de ollas construidas para la captación de agua pluvial y que tienen como finalidad el riego de huertas de aguacate, fue elaborado por interpretación visual de imágenes de satélite utilizando inicialmente el software Google Earth Pro V. 7.3.3.7721 (64-bit) que emplea imágenes de Google Earth Image (Image data: INEGI, 2019, CNES/Airbus 2020 y Maxar Technologies 2020) previo a un acoplamiento del límite municipal y una cuadrícula de 1 x 1 km

para llevar un orden en la digitalización, esto se realizó a una altura de ojo de entre 65.61 km a 500 m para obtener la mayor resolución posible, con estos elementos se digitalizaron la mayor cantidad de embalses detectados para captación de agua superficial y pluvial (ollas). Este programa permite la visualización en 3D de los rasgos físicos en el territorio; además de proporcionar herramientas avanzadas de medición de distancias y áreas. También nos concede acoplar y visualizar datos propios con una cartografía base, soportando datos geoespaciales tridimensionales mediante archivos con extensión kml.

Los datos vectoriales que se utilizaron para acoplar a la imagen satelital fueron obtenidos de las cartas E13B28, E13B29, E13B38, E13B39, E13B48 y E13B49 del INEGI (2014), escala 1:50,000 representando los principales rasgos: localidades, manantiales, principales escorrentías y datos altitudinales. Este procedimiento permitió obtener la mayor cantidad de ollas de hasta 3.5x3.5 (12.25m²) debido a que permite la mejor observancia de las mismas y así su posterior exportación a ArcGIS 10.5 una descripción detallada de cada uno de las opciones y mecanismos propios del software se encuentra en el manual del paquete ARC/INFO u otra fuente, como Bosque *et al.* (1994) y Star y Estes (1996). Seguidamente, se creó un nuevo proyecto dentro del software ArcGIS 10.5, en el cual se configuró la proyección e introdujeron las coordenadas del polígono correspondiente al municipio como zona de estudio e inmediatamente se importó el archivo nativo de Gogle Earth (*.kml). para poder asignarles los atributos a las tablas, lo cual consistió en proporcionarle información de áreas y perímetros, centroides y demás elementos necesarios para su uso (Ramos, 2015).

La estimación del volumen se hizo acorde a la experiencia de ingenieros que se dedican a la construcción específica de ese tipo de obras y se tomó como referencia las fichas técnicas de SAGARPA, “Diseño y construcción de ollas de agua”, 2017 y “Diseño y construcción de Jagueyes”, 2017 y se clasificaron en cinco clases según su profundidad en línea recta y superficie: muy pequeña, pequeña, media, amplia y muy amplia.

4.2.7. Construcción de índices

Para atender el objetivo de examinar las aportaciones de la actividad productiva de aguacate a partir del análisis del desarrollo humano en el municipio de Tancítaro, se tomó la información del Índice de Desarrollo Humano (IDH), como indicador de bienestar y de sostenibilidad social. El IDH está integrado de tres sub-índices; que abarcan a su vez tres dimensiones; 1) ingreso, 2) salud y 3) educación. Cada uno de los tres sub-índices han sido ya calculados y avalados por la Organización de Naciones Unidas (Bustos, Córdova y Quinzá, 2019). Los índices se compararon para ver la situación del municipio de Tancítaro en el contexto de la región (franja) aguacatera y con la situación de Michoacán en su conjunto, para saber si hay diferencia en el municipio y la misma se puede atribuir a la producción de aguacate.

El punto de partida fue suponer que, si el desarrollo humano fuera de la región aguacatera se comporta en sentido inverso, entonces, la producción de aguacate puede ser el detonante de dicho desarrollo. Para ello se compararon cada uno de los índices bajo diferentes escenarios; entre la región aguacatera y entre diferentes regiones del estado de Michoacán. Vale la pena destacar que para fines de entender como se ha comportado la dimensión social de Tancítaro, se ha tomado como referencia la región aguacatera, debido a que no se dispone de información a escala municipal que ayude a realizar dicha inferencia. Por lo que suponemos, que se puede alcanzar el objetivo mediante la prueba estadística “Z” y “t” para medias regionales.

4.2.8. Prueba de medias.

Se realizaron dos rondas de prueba de medias, la primera entre los municipios productores de aguacate para los años 2010 y 2015; la segunda, entre municipios productores y municipios no productores de aguacate. Cada una de las rondas se

realizó para los tres índices, así como para el IDH, dando un total de ocho experimentos. En la segunda parte, solo se obtuvo el IDH para los años de 1990 a 2010, proveniente de otra fuente, para lo que se procedió a realizar cinco experimentos más para comparar entre el IDH de la región aguacatera con el resto de Michoacán.

Capítulo V

5. Resultados

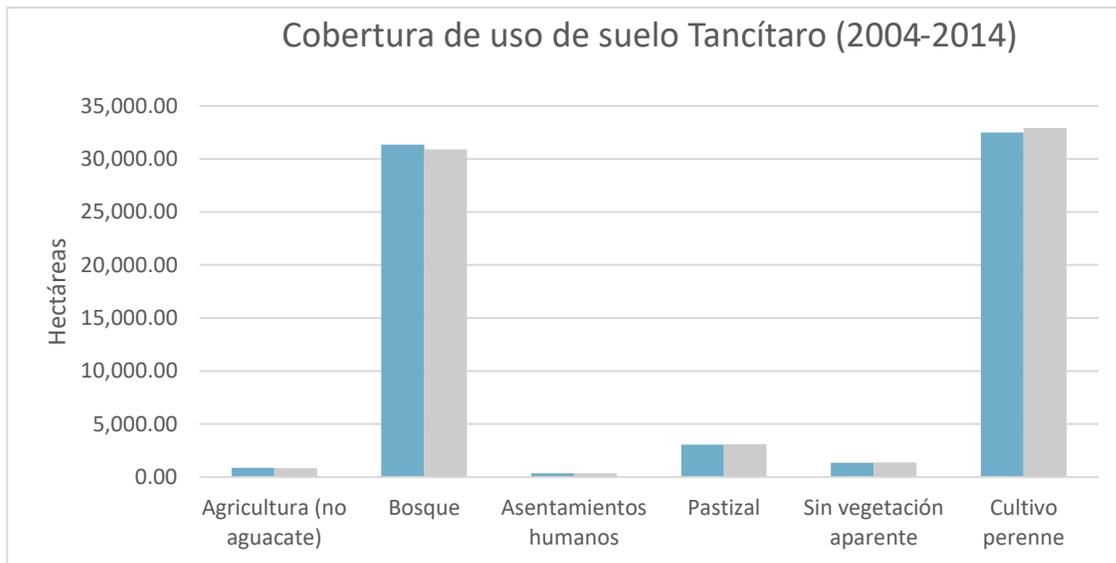
5.1. Cambio Uso de Suelo

El municipio de Tancítaro, cuenta con una superficie y cobertura de uso de suelo de 71,505.60 has, mismas que para su mejor interpretación, se realizó una reclasificación de la cual se obtuvieron seis clases para las coberturas de uso de suelo correspondientes a los años 2004 y 2014. En la siguiente tabla 3, se observa para las coberturas más importantes una disminución de bosque original de 550.88 has, mientras que el crecimiento de los cultivos perennes correspondientes al cultivo de aguacate aumentó en 504.66 has en un tiempo de 10 años (Gráfica 1). Es importante denotar que el método utilizado para la identificación de coberturas fue un híbrido, por lo que la interpretación puede variar de sujeto a sujeto (interpretador), además de las conversiones entre archivos ráster y vectoriales (Mapas 10 y 11).

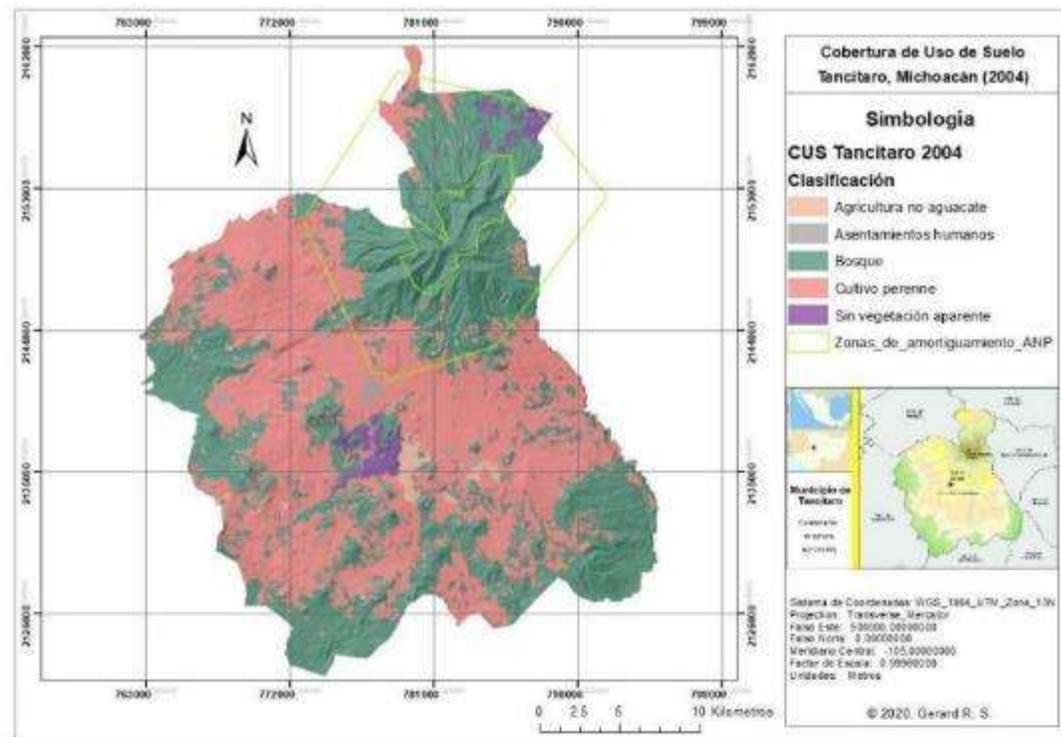
Tabla 3 Diferencia de cobertura de uso de suelo para el periodo 2004 - 2014.

USO DE SUELO	2004 (Has)	2014 (Has)	Diferencia (Has)
Agricultura (no aguacate)	1,060.76	1,046.96	13.80
Bosque	32,459.21	31,908.33	550.88
Asentamientos humanos	352.99	353.21	0.22
Pastizal	3,377.16	3,395.83	18.67
Sin vegetación aparente	1,360.63	1,401.76	41.13
Cultivo perenne (aguacate)	32,894.85	33,399.51	504.66

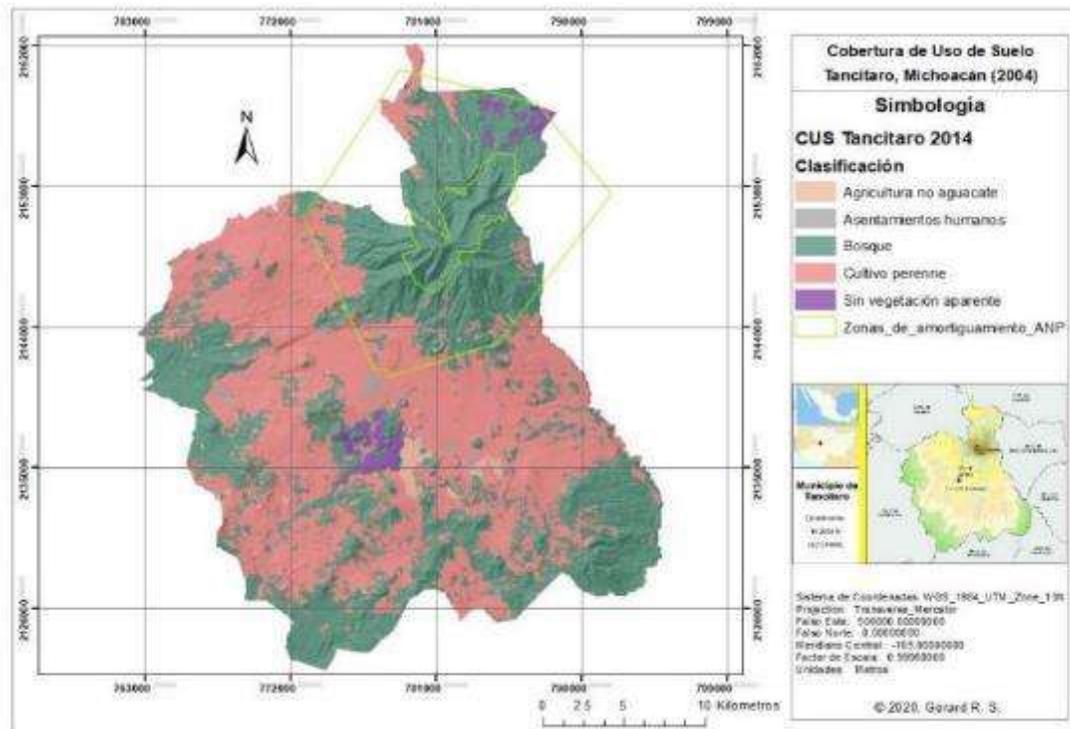
Fuente: Elaboración propia con datos de Mas, 2017



Gráfica 1 Cobertura de uso de suelo Tancítaro, Michoacán



Mapa 10 Cobertura de uso de suelo 2004. Elaboración propia con datos vectoriales de Mas, 2016



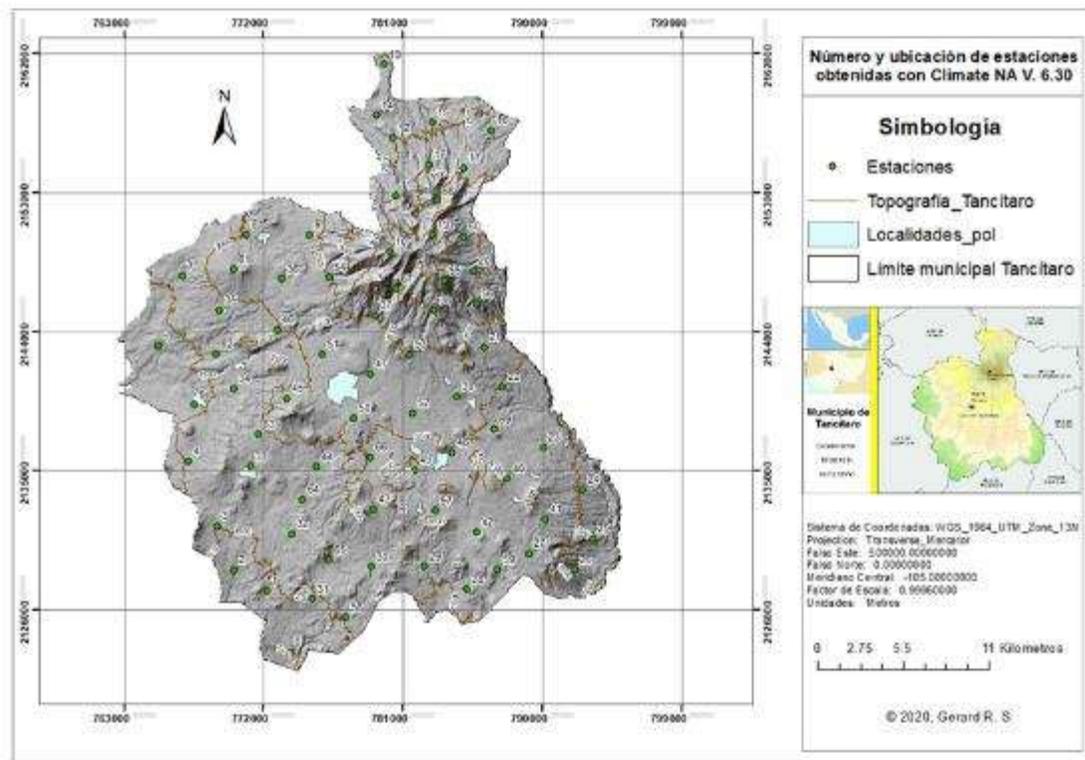
Mapa 11 Cobertura de uso de suelo 2014. Elaboración propia con datos vectoriales de Mas, 2016

Es importante mencionar que estos cambios de uso de suelo y cambios en los tipos de cultivo pueden contribuir considerablemente al cambio climático y la desertificación, convirtiendo al cultivo de aguacate en víctima de su propia expansión. Debemos recordar que, en la agricultura sostenible, cualquier cultivo que no sea capaz de proteger y coadyuvar en la mejora de los ecosistemas que proveen bienes y servicios, así como la mejora de los medios de vida rural y el bienestar es insostenible.

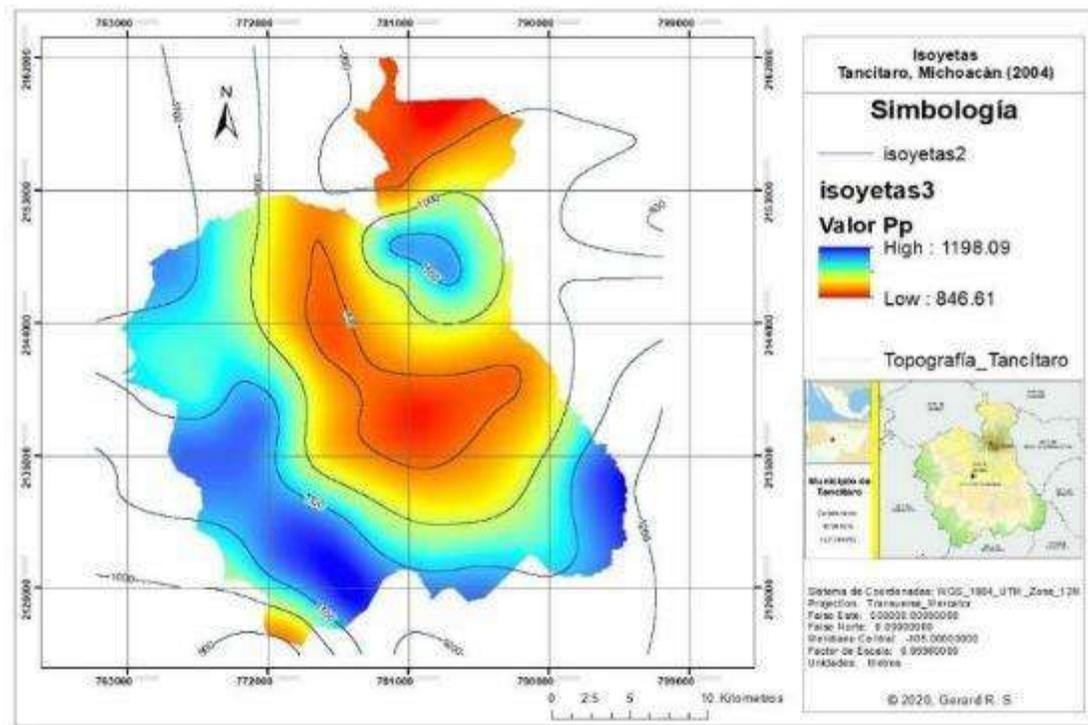
5.2. Balance Hídrico (BH)

De los primeros resultados obtenidos, se expone el Mapa 12 de las estaciones generadas con el software ClimateNA V 6.30. En este se muestran 70 “sitios” distribuidos espacialmente en el municipio de Tancitaro. En continuidad con el empleo del algebra de mapas se obtuvo el mapa de isoyetas que indica la cantidad de precipitación (PP) representada en milímetros de agua o litros caídos por unidad

de superficie en m^2 , dicho de otra forma, es la lámina de agua que permanece en el suelo y se mide en milímetros o lt/m^2 . En el Mapa 13 de isoyetas, la coloración en rojo simboliza aquellas zonas donde la precipitación es menor mientras que las partes en color azul se alcanzan las mayores precipitaciones y mayor humedad, correspondiendo así a las zonas de menor y mayor altitud respectivamente. En otras palabras, la posibilidad de lluvia en el ANP es más probable a diferencia de las zonas de menor altitud.



Mapa 12 Ubicación y número de estaciones generadas con Climate NA V 6.30

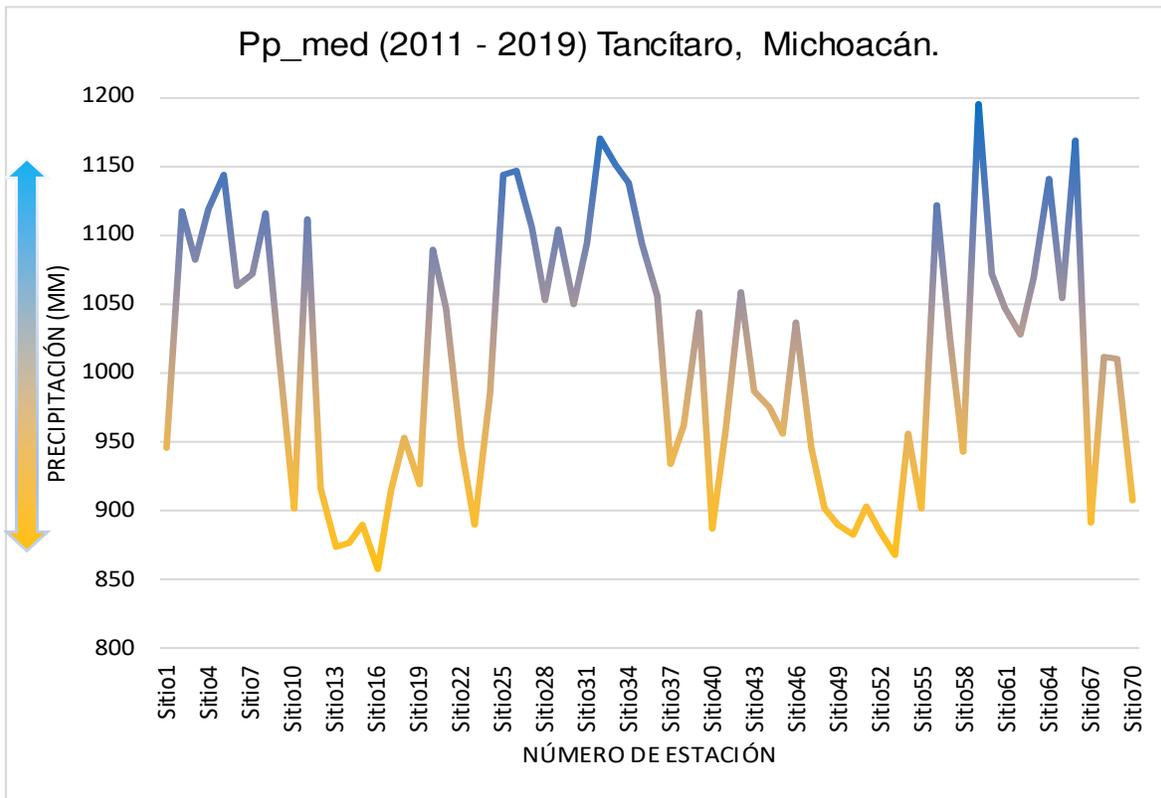


Mapa 13 Mapa de isoyetas del municipio de Tancítaro, Michoacán. Elaboración propia con datos de ClimateNA v6.30 (2020).

Tancítaro muestra una variación extrema de lluvia mensual por estación. La temporada de lluvia dura poco más de 8 a 9 meses, durante los meses de mayo a enero, con precipitaciones mínimas de por lo menos 12 a 17 mm, mientras que la mayoría de la lluvia cae mayormente en los meses de julio y agosto, con una acumulación total promedio de 150 mm (Gráfica 2).



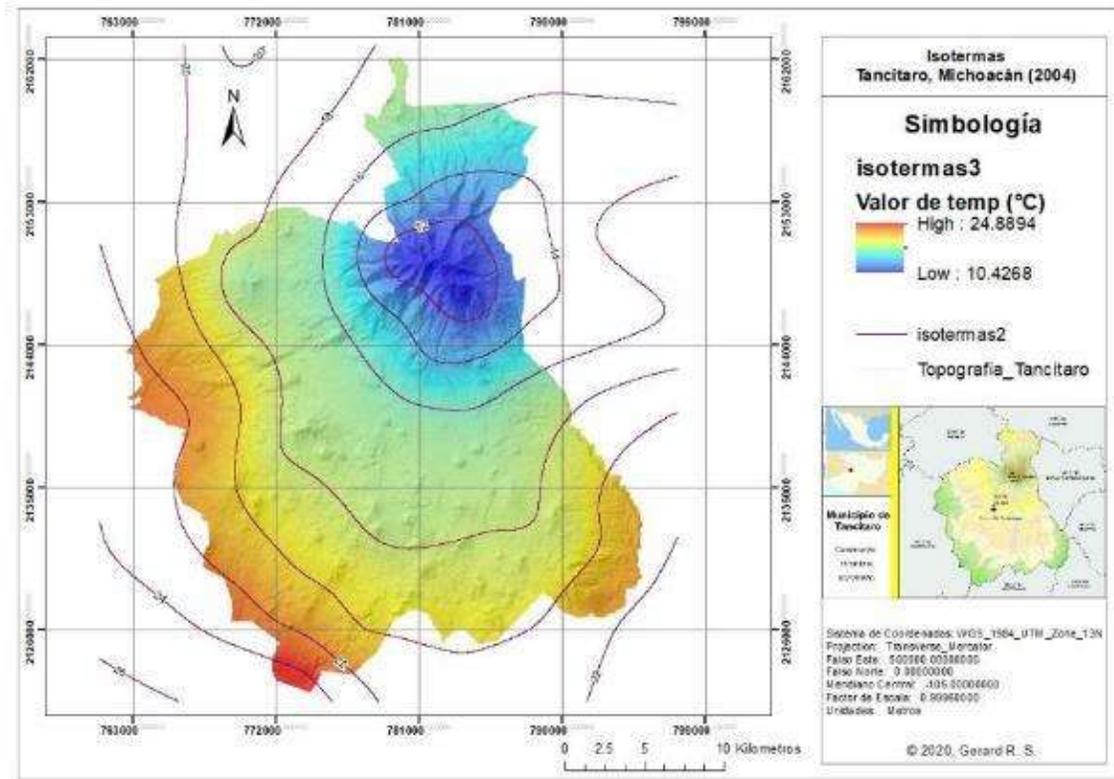
Gráfica 2 Precipitación acumulada anual para Tancítaro, Michoacán. Tomado de weatherspark.com



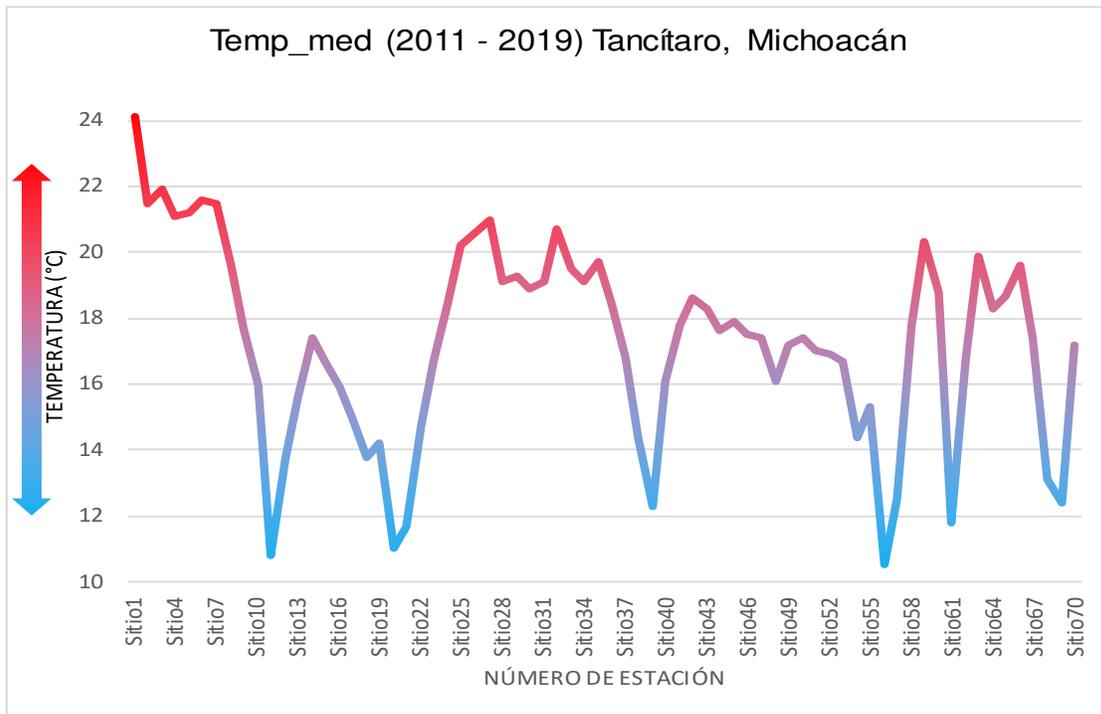
Gráfica 3 Precipitación media para el periodo 2011 a 2019. Elaboración propia con datos de ClimateNA.

En la gráfica anterior (3) se observa el número de estación y la precipitación distribuida en el municipio de Tancítaro, con valores mínimos de 857 mm en las zonas donde se distribuye la mayoría de las huertas de aguacate y los valores máximos de 1,195 mm sobre todo en las partes altas del ANP.

Por su parte el mapa (14) de isotermas muestra un gradiente más homogéneo donde se observa un rango de temperatura de los 10 a 24°C promedio anual. Las menores temperaturas se encuentran a altitudes de 2,500 m.s.n.m. (coloración en azul). mientras que las zonas de mayor calor se encuentran entre los 1,000 m.s.n.m. (coloración en rojo).



Mapa 14 Isotermas del municipio de Tancitaro. Elaboración propia con datos generados en ClimateNA v6.30 (2020).



Gráfica 4 Temperatura media anual en Tancitaro, Michoacán del periodo 2011 a 2019.

La temperatura durante el transcurso del año (Gráfica 4) generalmente pueden llegar a variar de 10 a 24 °C y rara vez baja a menos de 1 °C, sobre todo en las partes más altas del ANP o aumenta a más de 30 °C en altitudes de 1,500 a 2,000 msnm, en esta área se distribuyen por un lado, las ollas construidas que sirven para el mantenimiento de las huertas durante la temporada de estiaje y por otra parte, la concentración de plantas cultivadas por hectárea que en conjunto con la temperatura aumentan la evaporación y evapotranspiración. Haciendo un paréntesis, es importante destacar que esta producción extensiva ha logrado impulsar al estado, mismo que se activó económicamente después de la firma de TLCAN, posicionando de esta manera al aguacate como una de las frutas mayormente preferidas en el mundo, y sobre todo en el país vecino, aumentando el consumo anual per cápita de 0.5 kg en 1994 a 3.5 kilos en 2018 (Estrada, C. 2020). La mayor parte de la producción en el estado tiene un rendimiento de 7 toneladas por hectárea, mientras que en el municipio de Tancítaro es de 8 toneladas, este último en una superficie promedio cosechada durante el periodo del 2010 al 2020, mismo que al analizar la siguiente tabla 4, se observan variaciones que posiblemente dependan de la tecnología utilizada y las condiciones meteorológicas. La tasa promedio de crecimiento anual de producción de aguacates de 2010 a 2019 fue de 3.51% lo que expone el interés por esta fruta (SIAP, 2020).

Tabla 4 Siembra, cosecha y producción de aguacate en Michoacán y el municipio de Tancítaro, 2010 - 2020

	Periodo	Superficie (ha)		Producción (Ton)	Rendimiento (Ton/ha)	Valor de la Producción
		sembrada	cosechada			
Michoacán	Julio 2020	169,939.00	165,574.00	1,009,436	6.10	
	Julio 2019	167,745.00	159,119.00	1,000,927	6.29	
	Julio 2018	166,512.00	151,268.00	992,816	6.56	
	Julio 2017	159,328.00	146,586.00	840,122	5.73	
	Julio 2016	147,720.00	123,666.00	808,577	6.54	
	Julio 2015	134,632.00	100,789.00	808,409	8.02	
	Julio 2014	127,084.00	100,510.00	837,538	8.33	
	Julio 2013	122,251.00	105,161.00	818,989	7.79	
	Julio 2012	112,671.00	101,228.00	775,800	7.66	

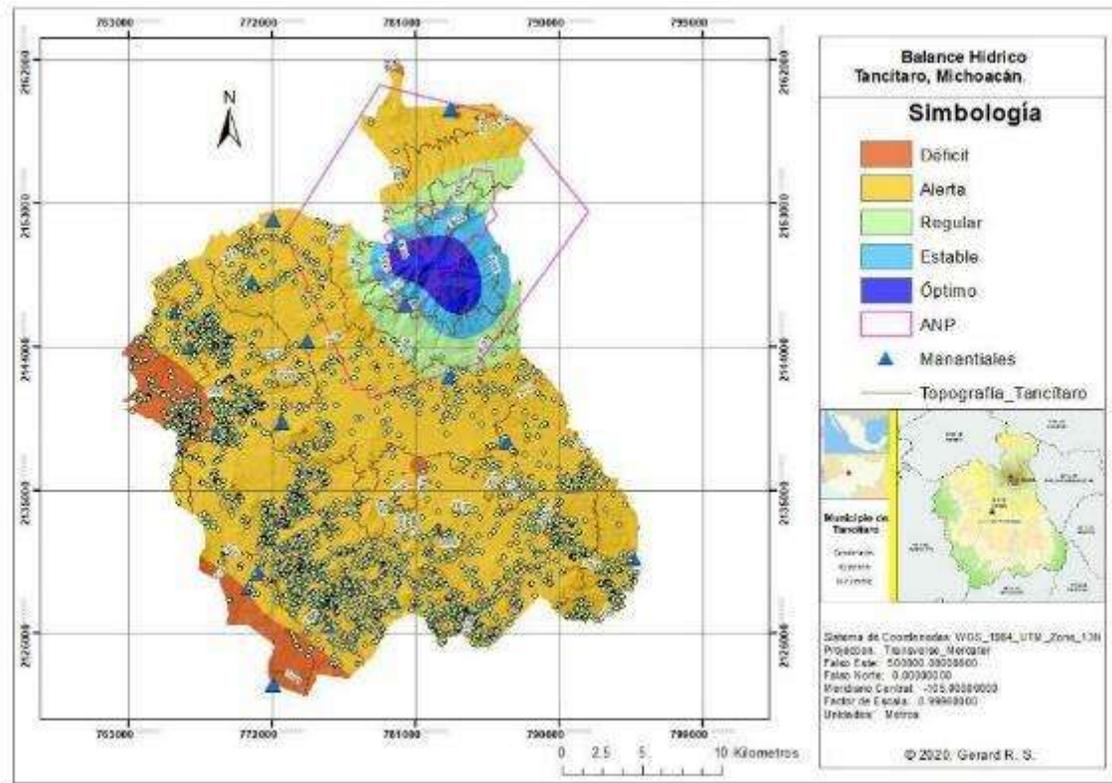
	Julio 2011	108,678.00	102,680.00	665,275	6.48	
	Julio 2010	107,058.00	101,870.00	656,109	6.44	
	Promedio del 2010 al 2020	138,511	123,496	837,636	7.00	
Tancítaro	Julio 2020	22,940.00	22,940.00	128,130	5.59	
	Julio 2019	23,650.00	23,650.00	131,388	5.56	\$2,267,100.0
	Julio 2018	23,650.00	23,400.00	157,000	6.71	\$2,005,768.8
	Julio 2017	23,375.00	23,375.00	133,405	5.71	\$2,189,737.0
	Julio 2016	22,417.00	22,417.00	153,207	6.83	\$2,241,424.0
	Julio 2015	21,750.00	16,300.00	162,138	9.95	\$2,077,030.0
	Julio 2014	21,600.00	18,000.00	181,401	10.08	\$2,707,457.8
	Julio 2013	20,760.00	18,164.00	182,012	10.02	\$2,870,775.5
	Julio 2012	19,254.00	18,620.00	186,200	10.00	\$2,669,524.6
	Julio 2011	19,254.00	18,990.00	139,900	7.37	\$2,766,562.8
	Julio 2010	19,254.00	18,975.00	108,688	5.73	\$1,336,644.0
	Promedio del 2010 al 2020	21,628	20,439	151,224	8.00	

Fuente: Elaboración propia con datos del SIAP, 2020

Lo anterior expone el crecimiento de la cobertura vegetal de las huertas de aguacate, lo que aumenta la probabilidad de que se estén perdiendo zonas de captación de agua. Al mismo tiempo que de la conversión de tierras que estaban dedicadas a cultivos como el maíz a huertas de aguacate, significando un aumento en el consumo de agua. Al examinar la tabla anterior se observa en términos económicos que la producción de aguacate representa un valor promedio de producción de \$2,313,202.47, (por mil) en tanto que el consumo de agua promedio para esa producción se estima en: 309,114,000.00 m³ para el periodo 2010 - 2020.

En el siguiente mapa 15 se ejemplifica el balance hídrico para el municipio de Tancítaro, observándose en color amarillo la zona clasificada como de “alerta” con un valor de precipitación entre 800 a 1,000 mm de precipitación y cubriendo la mayor superficie (56,722.61 has), esto es preocupante, sobre todo en la zona definida como “déficit” en color rojo y con una superficie de 4,395.07 has y que limita con los municipios de Buena Vista Tomatlán, Tepalcatepec, Apatzingán y Parácuaro. Es de considerar que esto solo corresponde al agua pluvial y argumenta porque es

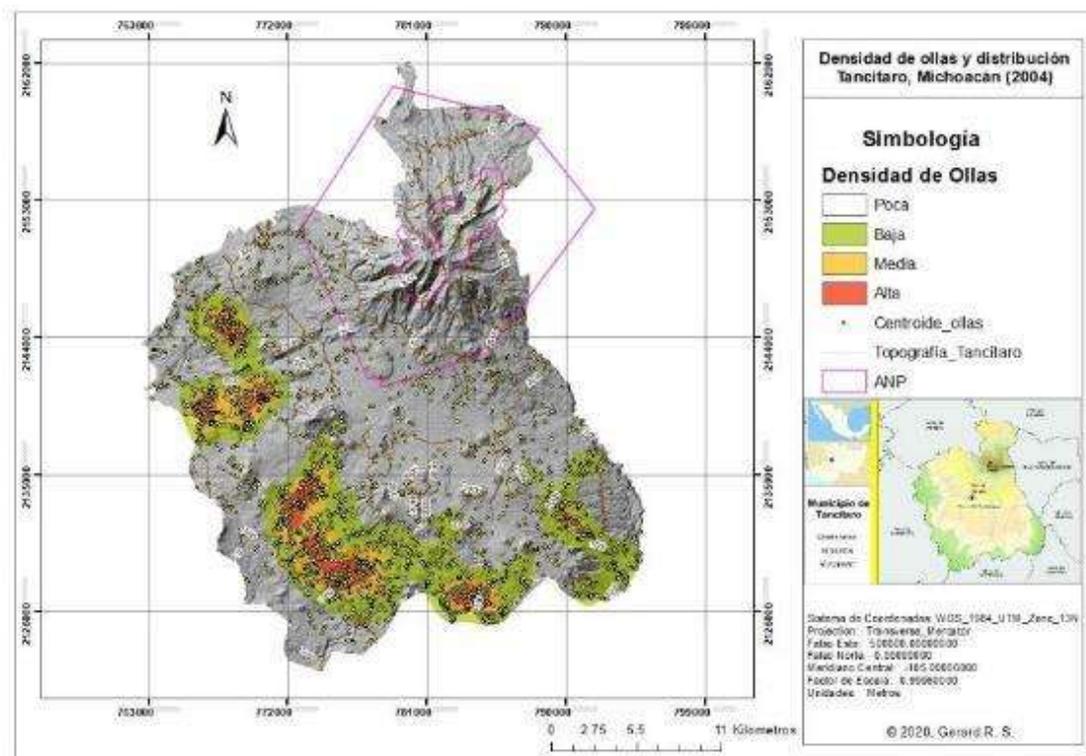
necesario construir ollas para el represamiento del agua y así regar las huertas de producción de aguacate. Pues de no contar con esta infraestructura, estas podrían terminar en detrimento en el corto plazo, perjudicando sin duda no solo al ecosistema sino también a la economía y la salud de las poblaciones humanas. En esta misma imagen también se observa la distribución de las ollas que en suma podrían obstaculizar la filtración del agua para la recarga de acuíferos. De esta manera se concatenan y amplifican las preocupaciones con los suelos fácilmente erosionables, el uso de cañones antigranizo que teóricamente impiden la precipitación, los cultivos que consumen mayor cantidad de agua y evapotranspiran más que el bosque original y por último las ollas que recolectan el agua y dificultan su filtración al manto acuífero.



Mapa 15 Balance hídrico para el municipio de Tancitaro, Michoacán.

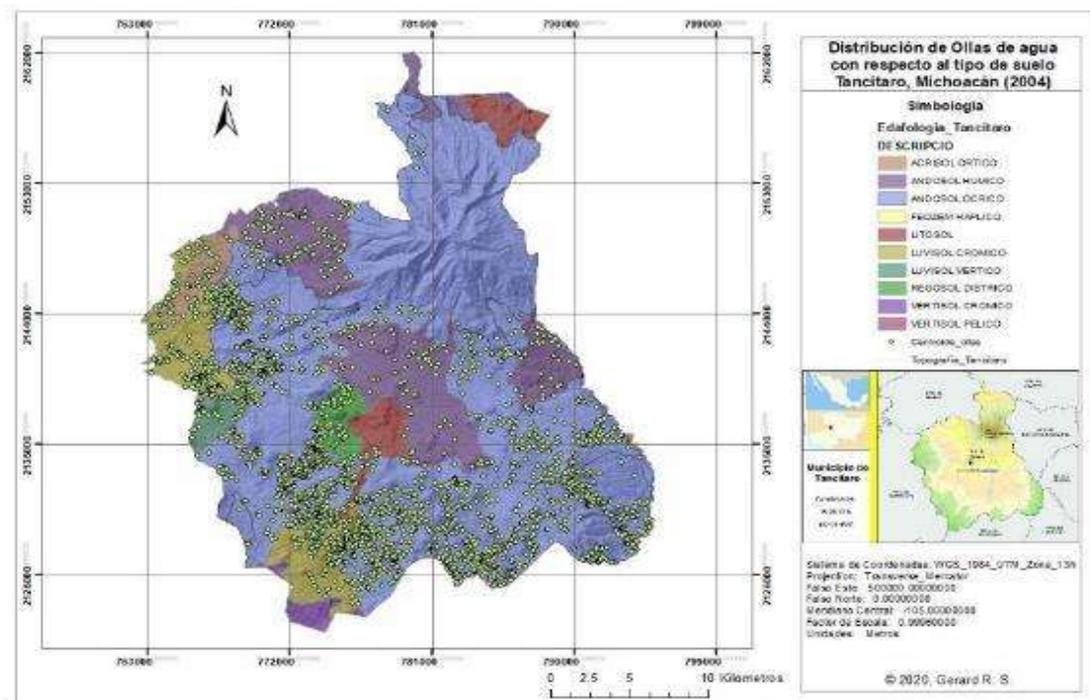
Desde la perspectiva de los SIG, el promedio de precipitación anual, para el municipio, ascendió a 723,916,353.75 m³ para el mismo periodo (2010-2020), de los cuales, 414,802,353.75 m³ de esta agua (57.3%), es utilizada para la producción de aguacate. Esta situación es tentativa para la explicación del déficit hídrico (Mapa 15). Existe probabilidad que este déficit hídrico se relacione directamente con la producción de aguacate, dado que la planta de dicho fruto puede consumir hasta 5.2 veces más agua que la de un bosque natural (Gómez-Tagle, 2018, p 19). Situación que probablemente ya tenga implicaciones ecológicas y económicas o bien puedan ocurrir en el futuro. Además de los conflictos que ya se aprecian entre propietarios por la disposición del agua (Molina, 2019).

Por su parte la densidad muestra una concentración principalmente entre las cotas altitudinales de 1500 a 2000 msnm y en menor proporción de los 2,000 a 2,500 msnm (Mapa 16).



Mapa 16 Densidad de ollas construidas en el municipio de Tancitaro, Michoacán.

A partir de la clasificación, observamos que las ollas “muy pequeñas” de entre 12 y 163 m² son las que más dominan el territorio, siendo las de 1,626 a más de 10,000 m² las de menor aparición. Por otro lado, la distribución de estas ollas con relación al suelo es importante. Como se observa en la tabla 5, la mayor concentración de ollas (2,083) han sido construidas sobre suelos de tipo andosoles ócrico (Mapa 17). De acuerdo a FAO, 1999, este tipo de suelo se caracteriza por tener un horizonte que comienza dentro de los 200 cm desde la superficie del suelo, subyaciendo a un horizonte álbico, hístico, úmbrico u ócrico, o un horizonte antropedogénico de menos de 50 cm de espesor (FAO, 1999, p. 15).



Mapa 17 Distribución de ollas de agua de acuerdo al tipo de suelo. Elaboración propia.

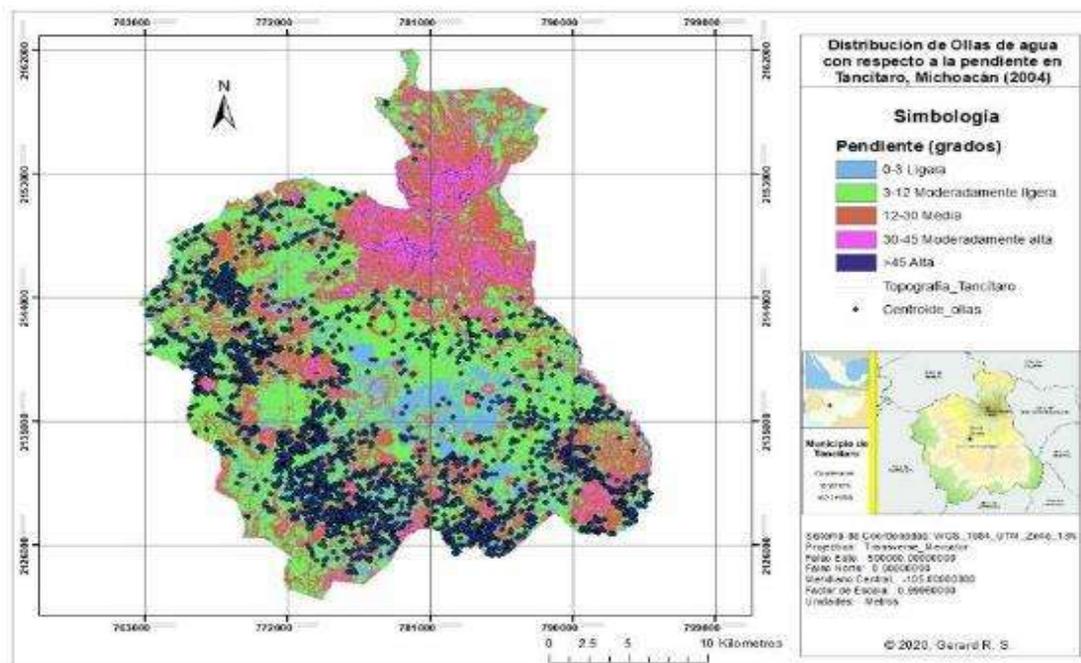
Como se ha mencionado con antelación, el municipio de Tancítaro está dominado por suelos de tipo andosol, ocupando una superficie de 125.65 has. El término denominado andosol deriva de los vocablos japoneses "an" el cual significa negro y "do" suelo, haciendo alusión a su carácter de suelos negros de formaciones volcánicas. Originalmente, el material está constituido por cenizas volcánicas, pueden también aparecer sobre pumitas, tobas, lapillis y algunos otros productos de eyección volcánica. La mayoría de este tipo de suelos están cultivados extensivamente con una gran variedad de plantas (eweb.unex.es, 2020). Sus principales limitaciones son la elevada capacidad de fijación de fosfatos motivo por el cual deben ser fuertemente fertilizados y su alta erosividad.

Tabla 5 Distribución de ollas por tipo de suelo

Número	Descripción	Número de ollas	Superficie ocupada (ha)
0	ACRISOL ORTICO	38	3.762578
1	ANDOSOL HUMICO	202	11.530105
2	ANDOSOL OCRICO	2,083	114.128374
3	FEOZEM HAPLICO	1	0.014588
4	LITOSOL	27	1.776066
5	LUVISOL CROMICO	416	24.980463
6	LUVISOL VERTICO	66	4.618085
7	REGOSOL DISTRICO	67	2.727605

Fuente. Elaboración propia.

De igual manera este tipo de suelos se presenta comúnmente asociados a pendientes mayores a 30° debido a su origen volcánico, lo que implica que una vez han sido intemperizados estos comenzarán a depositarse en áreas de menor pendiente, arrastrados por procesos erosivos. En particular las pendientes en Tancítaro se muestran moderadamente ligeras (3° – 12°) y medias (12° – 30°) tal como se muestra en el siguiente mapa 18.



Mapa 18 Distribución de ollas según la pendiente. Elaboración propia.

5.3. Mapa de ollas de agua.

A continuación, en el mapa 19, se identifican y registran 2,900 ollas de agua localizadas al interior del municipio de Tancítaro, estas son de diferentes dimensiones y capacidades. Se realizó una clasificación de las ollas por tamaño de superficie (m^2) y profundidad (m^3), lo que permitió estimar también el volumen, encontrándose primeramente una superficie total construida de 163.45 has donde se logran coleccionar aproximadamente $9,757,054.01 m^3$ ($9.75705401 hm^3$) de agua. Lo que puede compararse con 650,470.27 pipas de agua con capacidad de 15,000 lts cada una. Por otro lado, haciendo uso solo del valor promedio del volumen de la clase “muy pequeña” (Tabla 6), tendríamos un total de $156,362.03 m^3$ o 156,362,032.94 lts de agua coleccionada, y para tener el referente de su valor económico, se consideró el costo de las pipas de agua con capacidad de 15 mil lts en la región, mismas que tienen un precio de \$2,000.00 (precio que puede variar según la distancia) (Tabla 7).

Tabla 6 Clasificación de ollas de acuerdo a su superficie

Clasificación (m2)	Cantidad de ollas	Porcentaje (%)	Clases	Profundidad (m)
12 - 163	779	26.86	Muy pequeña	2
163.001 - 325	713	24.59	Pequeña	3
325.001 - 652	717	24.72	Media	5
652.001 - 1626	510	17.59	Amplia	6
1626 - 15000	181	6.24	Muy amplia	8

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7 Precios de pipas de agua en el municipio de Tancítaro, Michoacán.

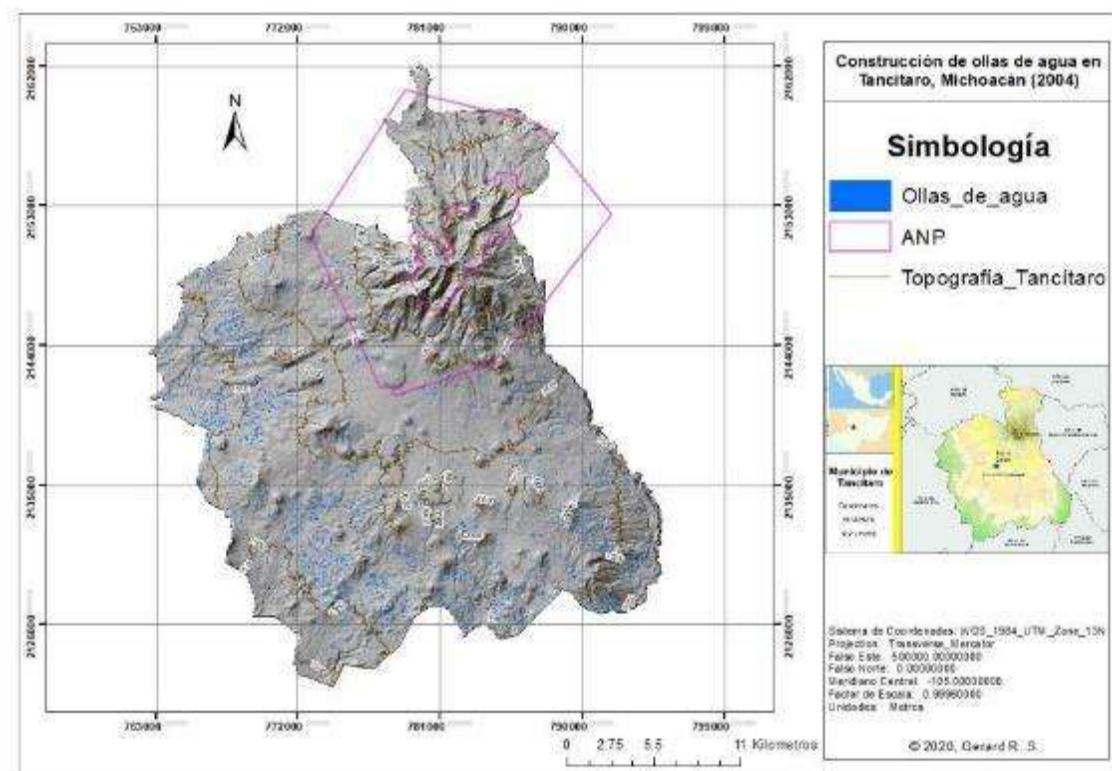
Capacidad (lts)	Costo (\$) M. N.
5,000	1,600
15,000	2,000
25,000	2,500
30,000	30,000

Fuente. Elaboración propia.

Lo anterior significa que necesitaríamos aproximadamente 10,424.14 pipas (de 15 mil lts) para almacenar esa cantidad de agua contenida y eso tendría un costo de \$20,848,271.06 (Veinte millones ochocientos cuarenta y ocho mil doscientos setenta y un con seis centavos). Ahora visto desde otro enfoque, si se tiene que una hectárea cultivada (dependiendo de la edad y etapa de la planta) estas generalmente pueden consumir 9,717.90 lts/ha/día (Gómez-Tagle, 2018. p. 2) y se tiene una superficie cultivada de 33,399.51 has (año 2014) se puede suponer lo siguiente: a) 324,573,098.23 lts de agua necesarios para regar todo el cultivo perenne (33,399.51 has) utilizando solo la primer clase b) 21,638.21 pipas serían necesarias para regar todo el cultivo perenne, utilizando solo la primer clase y c) \$43,276,413.10 (Cuarenta y tres millones doscientos setenta y seis mil cuatrocientos trece con diez centavos) costo total de las pipas necesarias para regar todo el cultivo perenne, utilizando solo la primer clase. Con estos resultados, observamos que, de incorporar un valor económico del agua almacenada y

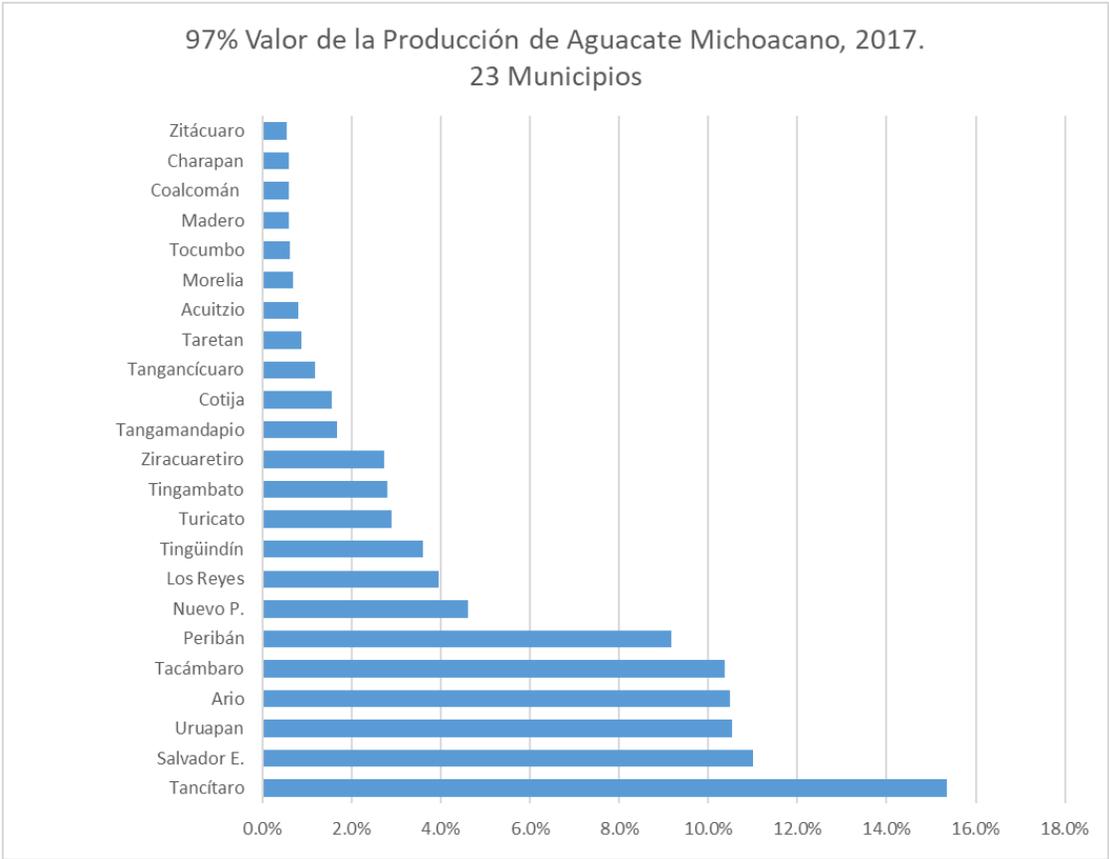
proporcional al costo de pipas de agua, este rebasaría los costos de producción actuales.

Desde esta perspectiva, el constante crecimiento y modelo actual de la producción agrícola de aguacate resulta percibirse insostenible, debido a los impactos que ha generado sobre el ecosistema y los recursos naturales. La sostenibilidad abarca las dimensiones económicas y sociales y con los resultados mostrados se confronta que la sostenibilidad sigue siendo una idealización no culminada y que sitúa a los agricultores de aguacate en el centro. Si la explotación de un recurso no es sólida económicamente, sino es resistente a alteraciones externas en el ambiente o si no se considera el bienestar de los empleados, esta no puede ser sostenible.



Mapa 19 Ollas de agua identificadas en el municipio de Tancitaro, Michoacán.

Concluyendo este apartado observamos que tan solo para el año de 2017, Michoacán aportaba el 97% del valor de la producción de Aguacate, destacando el municipio de Tancítaro con el 15.3% del total de ingresos a la entidad.



Gráfica 5 Valor de producción de aguacate en Michoacán, año 2017. Construido con datos de APEAM, 2018

Este municipio aportó para ese año DLL5,036,264.20 en una superficie de 46,156 has y una producción de 218,973.70 Ton. Lo que solamente representa un 24.1567% del costo total por agua acumulada, asumiendo solo utilizar aquellas de clase muy pequeña que oscilan alrededor de los 100m² de superficie y con capacidad promedio de cerca de 200m³.

5.4. Índice de Desarrollo Humano (IDH).

La Tabla 8 muestra la información sobre los índices que integran el IDH, se destaca que este ha crecido en 0.017 unidades para Tancítaro, lo que lo sitúa por debajo del 0.019 para la región. No obstante, el municipio muestra un mejor avance en ingreso que la región. Llama la atención que el índice de salud ha experimentado una reducción, notable, aunque inferior para el municipio de Tancítaro que la región. En el ámbito educativo se aprecia que Tancítaro muestra un desempeño muy por debajo de la región. En suma, el IDH para Tancítaro y para la región productora de aguacate ha mejorado.

Tabla 8 Descomposición del IDH de la región aguacatera y municipal, 2010-2015

	Índice de Ingreso	Índice de Salud	Índice de Educación	Índice de Desarrollo Humano	Años
Varianza	0.000894	0.003016	0.001771	0.001227	
Prom. Reg.*	0.702	0.827	0.486	0.655	2010
Prom. Reg.*	0.718	0.816	0.524	0.674	2015
Diferencias	<i>0.015</i>	<i>-0.011</i>	<i>0.038</i>	0.019	
Tancítaro	0.671	0.788	0.447	0.618	2010
Tancítaro	0.697	0.786	0.467	0.635	2015
Diferencias	<i>0.026</i>	<i>-0.002</i>	<i>0.020</i>	0.017	

Fuente. Construido con datos del Informe de Desarrollo Humano Municipal 2010-2015. ONU, 2019.

Prueba de medias, experimento 1, para la región aguacatera.

Para los 22 municipios considerados en la región aguacatera, el índice de ingreso (Tabla 9) muestra que sí existe una diferencia significativa, con un margen de confianza de 95%, por lo que se puede afirmar que entre 2010 y 2015 hay un incremento del IY. En otras palabras, se aprecia que el ingreso por habitante en la región ha incrementado. Sin embargo, cuando se realiza la prueba para los demás municipios de Michoacán, sin considerar a los productores de aguacate, se obtiene que hay también un crecimiento en el índice de ingreso, que también ha experimentado un crecimiento real en el mismo período de estudio. Por lo que no necesariamente se puede atribuir la mejoría en el índice de ingreso a la producción de aguacate, lo que sí se puede apreciar es que el propio IY ha sido mayor para la franja aguacatera.

Tabla 9 Comparativo de índice de ingresos.

Región aguacatera		
Índice de Ingreso (IY)	IY 2010	IY 2015
Media	0.702262	0.71750681
Varianza (conocida)	0.000894	0.00068583
Observaciones	22	22
Diferencia hipotética de las medias	0	
z	-1.79889	
P(Z<=z) una cola	0.036018	
Valor crítico de z (una cola)	1.644854	
Valor crítico de z (dos colas)	0.072036	
Valor crítico de z (dos colas)	1.959964	
Michoacán, sin municipios productores de aguacate		
Índice de Ingreso (IY)	IY 2010	IY 2015
Media	0.679923	0.68950564
Varianza (conocida)	0.00188	0.0011
Observaciones	77	77
Diferencia hipotética de las medias	0	
z	-1.54037	
P(Z<=z) una cola	0.061735	
Valor crítico de z (una cola)	1.644854	
Valor crítico de z (dos colas)	0.123471	
Valor crítico de z (dos colas)	1.959964	

Fuente. Construido con datos del Informe de Desarrollo Humano Municipal 2010-2015. ONU, 2019.

Se realizaron las pruebas “t” y “z” obteniendo resultados muy semejantes; se decidió la prueba “z” dado que la comparación con el resto de los municipios del estado es una muestra mayor.

Sin embargo, para el índice de salud (IS), los valores se invierten y se afirma que baja para ambos periodos de 2010 y 2015 tanto para la región aguacatera como para los municipios que no producen aguacate en el estado (Tabla 10).

Tabla 10 Comparativo de Índice de salud.

Región aguacatera		
Índice de Salud (IS)	IS 2010	IS 2015
Media	0.827187541	0.81647565
Varianza (conocida)	0.00301578	0.0029892
Observaciones	22	22
Diferencia hipotética de las medias	0	
z	0.648368189	
P(Z<=z) una cola	0.25837342	
Valor crítico de z (una cola)	1.644853627	
Valor crítico de z (dos colas)	0.51674684	
Valor crítico de z (dos colas)	1.959963985	
Michoacán, sin municipios productores de aguacate		
Índice de Salud (IS)	IS 2010	IS 2015
Media	0.795828968	0.78826708
Varianza (conocida)	0.00378	0.00324
Observaciones	77	77
Diferencia hipotética de las medias	0	
z	0.791967099	
P(Z<=z) una cola	0.21418993	
Valor crítico de z (una cola)	1.644853627	
Valor crítico de z (dos colas)	0.428379861	
Valor crítico de z (dos colas)	1.959963985	

Fuente. Construido con datos del Informe de Desarrollo Humano Municipal 2010-2015. ONU, 2019.

En lo que refiere a la educación (IE), se afirma que esta si mejoró notoriamente, para ambas regiones, Aguacatera y Michoacán (Tabla 11).

Tabla 11 Comparativo de educación

Municipios productores de aguacate		
Índice de Educación (IE)	IE 2010	IE 2015
Media	0.4855939	0.52388291
Varianza (conocida)	0.0017709	0.0017377
Observaciones	22	22
Diferencia hipotética de las medias	0	
z	-3.0319259	
P(Z<=z) una cola	0.00121499	
Valor crítico de z (una cola)	1.64485363	
Valor crítico de z (dos colas)	0.00242999	
Valor crítico de z (dos colas)	1.95996398	
Michoacán, sin municipios productores de aguacate		
Índice de Educación (IE)	IE 2010	IE 2015
Media	0.48036841	0.51926978
Varianza (conocida)	0.00318	0.00253
Observaciones	77	77
Diferencia hipotética de las medias	0	
z	-4.5174373	
P(Z<=z) una cola	3.1296E-06	
Valor crítico de z (una cola)	1.64485363	
Valor crítico de z (dos colas)	6.2593E-06	
Valor crítico de z (dos colas)	1.95996398	

Fuente. Construido con datos del Informe de Desarrollo Humano Municipal 2010-2015. ONU, 2019.

Por último, en el caso del desarrollo humano sí mejoró, hay diferencia significativa, tanto para la región aguacatera, como para el resto del estado de Michoacán. Esto podría indicar que el desarrollo humano (DH) ha crecido en ambos casos y más o menos en las mismas cantidades (0.019 y 0.017), más no se puede afirmar que sea atribuible a la producción de aguacate.

Para los años de estudio si se ha mostrado una mejoría en el desarrollo humano y es estadísticamente significativa, sin embargo, no hay una diferencia con el resto de los municipios que producen aguacate.

Tabla 12 Comparativo IDH

Municipios productores de aguacate		
<i>Índice de desarrollo humano</i>	<i>DH 2010</i>	<i>IDH 2015</i>
Media	0.65531809	0.67405893
Varianza (conocida)	0.00122694	0.00116365
Observaciones	22	22
Diferencia hipotética de las medias	0	
z	-1.7978269	
P(Z<=z) una cola	0.03610222	
Valor crítico de z (una cola)	1.64485363	
Valor crítico de z (dos colas)	0.07220445	
Valor crítico de z (dos colas)	1.95996398	
Michoacán, sin municipios productores de aguacate		
<i>Índice de desarrollo humano</i>	<i>DH 2010</i>	<i>IDH 2015</i>
Media	0.63756675	0.65542161
Varianza (conocida)	0.00233	0.00168
Observaciones	77	77
Diferencia hipotética de las medias	0	
z	-2.474171	
P(Z<=z) una cola	0.00667729	
Valor crítico de z (una cola)	1.64485363	
Valor crítico de z (dos colas)	0.01335458	
Valor crítico de z (dos colas)	1.95996398	

Fuente. Construido con datos del Informe de Desarrollo Humano Municipal 2010-2015. ONU, 2019.

En este experimento (Tabla 13) se comparan los municipios que no tenían producción de aguacate contra los que sí tienen producción en una temporalidad mayor, lo que se aprecia es que a partir de 2005, si hay una diferencia significativa en el desarrollo humano, por lo que se puede afirmar que a partir de ese año si hay una diferencia significativa, lo cual se puede atribuir a alguna actividad económica en particular, podría suponerse que es la producción de aguacate. No obstante, ha seguido creciendo el desarrollo humano para el año de 2010; sin embargo, no se aprecia la misma mejora. Una de las desventajas, es que se trabaja con fuentes

distintas, mientras que las tablas anteriores fueron de PNUD; la presente tabla se obtuvo de (Ayvar, 2012, p. 69).

Tabla 53 Diferencia de Medias, contraste entre Región productora de aguacate con el resto de los municipios de Michoacán

	Mich. 1990	Reg. A. 1990	Mich. 1995	Reg. A.1995	Mich. 2000	Reg. A.2000
Media	0.6054	0.6159	0.6475	0.6555	0.6751	0.6862
Varianza (conocida)	0.0023	0.0013	0.0016	0.0009	0.0014	0.0009
Observaciones	91	22	91	22	91	22
Diferencia hip. medias	0		0		0	
z	- 1.1433		- 1.0256		- 1.5148	
P(Z<=z) una cola	0.1265		0.1525		0.0649	
z (una cola)	1.6449		1.6449		1.6449	
z (dos colas)	0.2529		0.3051		0.1298	
	Mich. 2005	Reg. A.2005	Mich. 2010	Reg. A.2010		
Media	0.7119	0.7172	0.7575		0.7656	
Varianza (conocida)	0.0012	0.0010	0.0013		0.0009	
Observaciones	91	22	91		22	
Diferencia hip. medias	0		0			
z	- 0.6904		-1.0899			
P(Z<=z) una cola	0.2450		0.1379			
z (una cola)	1.6449		1.6449			
z (dos colas)	0.4899		0.2757			

Fuente. Ayvar, 2012

Estos escenarios permitirían "crear un ambiente propicio para que los seres humanos disfruten de una vida prolongada, saludable y creativa, con acceso a la educación y el disfrute de un nivel de vida decente" (PNUD 1990: 31–33). Estas condiciones fueron articuladas en torno a un conjunto de derechos humanos:

educación, salud, ingreso digno y el derecho a una vida prolongada y se midieron en indicadores que integran el IDH como un indicador alternativo al PIB que sólo medía el crecimiento material de los países. Así, en el marco de los informes anuales del PNUD, publicados desde 1990, el IDH pretende responder a la necesidad de desarrollar un enfoque global para mejorar el bienestar humano (Picazzo et al., 2011).

Discusiones

Referente a los cambios de uso de suelo y el balance hídrico en Tancítaro, el empleo de los SIG ha sido de fundamental importancia para el cálculo de los volúmenes y áreas, así como para la detección de comportamientos en el cambio de uso de suelo. Al identificar que cerca del 80% tiene un potencial de captación de agua que se ha reducido, lo que se aprecia en las zonas de déficit para un período de 10 años. Existe mucha probabilidad que este déficit obedezca al cultivo de aguacate, debido a que el mismo representa un 57% del consumo de agua que capta la superficie estudiada.

En términos de implicaciones económicas el valor de producción de \$2,313,202.47 (por mil), promedio anual y un consumo de agua promedio de 309,114,000.00 m³, implicaría que si cada metro cúbico de agua costara \$1 (un peso); al menos 13% del valor de la producción sería costo de producción de agua. En términos de gestión del agua implicaría que 13.4% del valor de la producción, se debería destinar al mantenimiento de las cuencas hidrológicas, para restaurar y mejorar. Al momento, no existen antecedentes de inversión en el mantenimiento de los bosques que permitiese conseguir y gestionar el agua en la región. El indicador 2.4.1 de los ODS, que se define como el porcentaje “*de la superficie agrícola en que se practica una agricultura productiva y sostenible*”, en el pasado, estaba definido en función de criterios ambientales. Es decir, si el agua no era gestionada correctamente, la explotación de esta podría haberse considerado insostenible. En este sentido y a manera de ejemplo, si hubiese un aumento en el precio del aguacate por la incorporación del valor económico del agua, el producto se volvería menos competitivo. Lo que culminaría en la búsqueda de otros mecanismos para seguir obteniendo el beneficio, como la reducción de salarios de los empleados, pero ciertamente, esto iría en contra del bienestar de los trabajadores y sus familias. Por otro lado, si se considera la incorporación de los precios del agua, perdería competitividad y rentabilidad lo que lo aleja de las premisas de la sustentabilidad, tal como se mencionó en el marco teórico.

En otros aspectos de la producción, el rendimiento promedio de aguacate, alcanzó ocho Ton/ha para el periodo analizado, (en tanto diez años antes promediaba 10 Ton/ha), con una tasa promedio de crecimiento anual de producción de 3.51% lo que expone el interés por seguir expandiendo las fronteras de cultivo, en lugar de invertir en tecnificación. Es decir, el punto de vista de la producción es solo extractivo, lo que caracterizaba a la gestión empresarial del siglo antepasado.

Poca es la reinversión en mejorar las técnicas de producción de aguacate y nulo el mejoramiento de la cuenca. Lo que en un futuro terminará por ser no sustentable y con conflictos socio-ecológicos que han sido recurrentes en casos semejantes en los que la degradación ambiental lleva a la defensa por los recursos, pero también al conflicto por privilegiar el acceso a los mismos, (Martínez, 2008; Martínez, 2004; Martínez y Jusmet, 2015). En términos sociales, las disputas por el agua se pueden intensificar sobre todo con los municipios de menor altitud y que colindan con Tancítaro (Buena Vista Tomatlán, Tepalcatepec, Apatzingán y Parácuaro).

Tancítaro, conocido como la capital mundial del aguacate tiene el primer lugar en la producción de aguacate hass (*Persea americana*) en el estado de Michoacán. Y es una región reconocida por lograr una producción de 200 mil toneladas por temporada y una exportación de 100 por ciento a Estados Unidos, Japón, China y diversos países de Europa lo cual se traduce a millones de pesos como ingreso al municipio y el estado; se podría decir que existe un amplio desarrollo en el municipio, tal como lo refiere Casellas (2014) al considerar al desarrollo como la transición de hacer pasar por una serie de estados sucesivos, cada uno de los cuales es preparatorio del inmediato siguiente, para cambiar gradualmente de un estado a otro más perfecto, más complejo. Pero esta perfección es relativa, pues no está definida ni para quien es perfecta ni en qué sentido es perfecta, obviamente solo lo está en términos económicos pues existe poca tecnificación en la producción sustentable del producto.

De esta manera, otros autores como Vázquez Barquero (1999) y Boisier (1999) describen al desarrollo como un proceso de crecimiento económico y cambio

estructural, que es liderado por la comunidad, utilizando el potencial de desarrollo, que conduce a la mejora del nivel de vida de la población, donde existe un patrón caracterizado por la subjetividad del concepto de desarrollo, Dudley Seers (1970). Bajo este punto de vista, definitivamente si existe un desarrollo, muy localizado y solo para un sector de la población. Pues en los resultados obtenidos hemos visto como el índice de desarrollo humano tiene un ligero aumento con respecto a aquellos municipios que no se dedican al cultivo de aguacate. Sobre todo, el subíndice del ingreso que tiene un aumento considerable, por el contrario, el subíndice de salud, tiene un efecto negativo generalizado, tal pareciera que la población no invierte en su salud o es solo un sector de la población quienes se benefician de este cultivo. Mientras que la educación permanece similar tanto en la región aguacatera como en el resto del estado. La evaluación de estos subíndices muestra que la actividad productiva del aguacate no es necesariamente el detonante del desarrollo en la región, misma que además presenta situaciones alarmantes en problemas de salud sobre todo en cáncer de piel y del sistema respiratorio.

Además, una preocupante desigualdad social y problemas de educación tienen como resultado el aumento de la pobreza y actos arbitrarios contra el ambiente. Con todo esto, queda implícito y se aprueban las hipótesis dado que la producción de aguacate en el municipio de Tancítaro no es sustentable, pues de incorporar el elemento agua como uno de los insumos a pagar, tal cual se hace con la luz, los agroquímicos o la mano de obra, se observaría que no sería rentable y tendría que ser un producto de un alto valor económico que pocos podrían pagar. En lo social, la calidad de vida de la población disminuye sobre todo en el aspecto de la salud, dado que en la región se han reportado diversos casos de enfermedades en la piel y sistema respiratorio, mismos que son adjudicados a la aplicación de pesticidas en el cultivo.

Por otro lado, al meditar sobre el actual concepto de Desarrollo sustentable el cual dice ser *“la capacidad para satisfacer las necesidades de la presente generación sin comprometer las capacidades de las generaciones futuras para*

satisfacer sus propias necesidades” nos damos cuenta que este no se cumple en el municipio, dado que los resultados demuestran que la cantidad de agua retenida en las ollas alcanza para el posible riego hasta por un mes en promedio, esto significa un ahorro en su uso local y específico para las huertas de aguacate; pero a su vez la construcción de estas ollas desfavorece la infiltración y aminora la recarga de mantos acuíferos que suministra otras regiones; además de suscitar procesos erosivos en el suelo y cambio en su química y microbiota. Sin mencionar el daño producido a otros servicios ambientales dentro del mismo ecosistema.

De acuerdo a SEDRUA (2018) el municipio de Tancítaro, tenía una extensión cultivada de 22 mil 417 ha y obtuvo una producción de 206 mil 812 toneladas. (SEDRUA, SIAP y APEAM, 2018) y ésta alta productividad en la región se ha debido a muchos factores, principalmente ambientales, entre ellos el clima, la altitud, los suelos, la pendiente del terreno y en particular la cantidad de agua obtenida del Pico de Tancítaro. De acuerdo a Fuentes, 2011, la oferta de agua del Pico de Tancítaro es cerca de los 43.1 millones de m³ por año, de los cuales aproximadamente 15.3 millones provienen de los manantiales y 27.7 de los ríos. Este autor, a diferencia de esta investigación utiliza un método que implica los aforos y mediciones en campo para estimar el balance hídrico; sin embargo, en ambos casos la mayor parte del municipio y de las cuencas que rodean al Pico de Tancítaro muestran un balance deficitario.

Ahora bien, si el desarrollo está enfocado a mejorar la calidad de vida de la población, podríamos preguntar entonces ¿Qué es el nivel de vida? Sen (2000), nos dice que, para tener un desarrollo pleno, es importante hacer uso de las capacidades que permitan hacer una buena elección, pero éstas no pueden ser, sino se tiene una buena salud e ingresos suficientes para lograr un bienestar personal o tener una calidad de vida plena y para el logro de estas capacidades se debe tener un entorno sano en todos los sentidos; sin embargo los cambios observados durante el periodo del 2004 al 2014 muestran un constante deterioro en la cobertura vegetal original y un avance de 504 has del cultivo de aguacate, en un periodo de 10 años, 2004 - 2014, mismo que ha requerido grandes volúmenes de

agua que se ha venido represando en ollas de diferentes capacidades de almacenamiento y que además se han distribuido en pendientes moderadamente ligeras a medias (3 a 30 grados) a altitudes de 1500 a 2000 m.s.n.m. y sobre suelos bastante erosionables. Es importante poner atención en este último aspecto, el edafológico, pues al estar construidas la mayoría sobre suelos de tipo andosol (2083 ollas) obstruyen en cierta medida la filtración del agua, además de que toda remoción de suelo y cobertura vegetal original podría tener como consecuencia el deterioro del suelo rico en humus y provocar algunas cárcavas. Esto tiene consecuencias, no solo en la modificación del paisaje sino también en el clima, pues los bosques y el agua nos brindan el servicio de regulación tanto del ciclo hidrológico como la temperatura ambiental entre otros.

También se pueden plantear escenarios tales como la reducción del líquido o los desastres naturales (deslizamientos, inundaciones y socavones) producto de la degradación ambiental, por la falta de la visión integral del manejo de los recursos; en los que los desastres no son “propia mente” ambientales (Lavel, 1996; Vázquez, 2019; Cardona, 1996). De manera que el cambio de uso de suelo probablemente está empujando hacia la pérdida acelerada de las zonas de captación de agua, esta conversión podría resultar un aumento del consumo de agua y una degradación del ecosistema, perdiendo su capacidad productiva en el corto plazo.

Pero lo más preocupante y que no se ha dimensionado, es la cantidad de agua represada mediante ollas o jagueyes. Estas construcciones varían en sus dimensiones y cuyas capacidades oscilan entre los 24 m³ y pueden llegar a alcanzar hasta más de 10,000 m³. De acuerdo con Gómez-Tagle (2018) una hectárea de terreno cultivado con Persea americana puede llegar a consumir hasta 9,717.90 lts. de agua diariamente lo que implicaría que se necesitaría alrededor de 336,548.02 m³ para cubrir esa superficie representando un costo elevado.

En este apartado, existen muchas artistas acerca del desarrollo sustentable y de los servicios ecosistémicos, sabemos de la problemática que existe y como resolverla; sin embargo, uno de los elementos más importantes para que exista un equilibrio ecológico, un pleno desarrollo social y crecimiento económico es la propia

humanidad que caracteriza a la misma. Si no existe la voluntad e intención organizada y cooperativa de todos los usuarios para lograr estar en armonía con el ambiente y así obtener tener mejores bienes y servicios (alimentos más saludables, agua limpia, recursos abundantes, mejor aprovechamiento), simplemente la tendencia al empobrecimiento, desigualdad social y un ecosistema deteriorado serán parte de la vida de las nuevas generaciones.

Se pudo apreciar que hasta 2010, se puede atribuir a la producción de aguacate la mejora en desarrollo humano, mediante la mejora en el índice de ingreso, no obstante, después de 2010; ya no es claro que se pueda atribuir a la producción de aguacate la mejora en el desarrollo humano, ni el índice de ingreso. Como se pudo apreciar en otro estudio, en otras regiones las diferencias de media son semejantes, sin que se disponga de producción de aguacate (Ortiz, et. al., en proceso), lo que apoya la hipótesis de que es altamente probable que la producción de aguacate no se está contribuyendo de manera significativa en el desarrollo humano.

Se deben realizar actividades que promuevan el bienestar físico, mental, material, social y un desarrollo pleno relacionado con el acceso a la educación y las posibilidades de contribuir y ser productivos en el campo laboral, mejores condiciones laborales e ingresos, mejor salud.

Conclusiones

En virtud de los resultados y acorde al objetivo general de esta investigación que fundamentalmente era determinar las complicaciones hídricas desde sus dimensiones económica, social y ecológica ocasionadas por la creciente producción de aguacate en el municipio de Tancítaro, Michoacán, se concluyó lo siguiente.

Los efectos del cultivo de aguacate en el balance hídrico durante el periodo 2011-2019 en el municipio de Tancítaro, pueden ser destacados utilizando los SIG como herramientas de cuantificación y empleando indicadores de producción. Es importante destacar el uso de los SIG como herramientas, que permiten modelar y pronosticar los cambios en el balance hídrico, a partir de la información disponible.

Como resultado de la modelación se pudo identificar que la precipitación oscila entre 800 y 1,000 mm en 79.32% del área de estudio, para un período de diez años. Esta zona se corresponde con el uso de suelo agrícola perenne; es decir, donde están asentadas la mayor parte de las huertas de aguacate. Por lo que es imprescindible poner atención al uso, manejo y gestión del agua para estos cultivos, pues son las que consumen mayor cantidad de agua al convertir el agua en fruto.

Se aprecia que 57.3% del promedio de precipitación anual es agua utilizada para la producción de aguacate en el municipio. Lo que refiere que, si el agua tuviese un valor económico, seguramente habría sumas cuantiosas de recursos y un empleo eficiente del recurso hídrico. Esto plantea una línea de investigación para conocer el valor económico del agua como insumo, mismo que al momento no se incorpora en los costos de producción del aguacate.

Dentro de la producción de aguacate, el agua es un componente fundamental de desarrollo social y para dar continuidad y permanencia a la misma es necesario que permanezca un flujo constante y de calidad; sin embargo, la construcción de

ollas de agua es otro factor que podría alterar el ecosistema significativamente, afectando la recarga de acuíferos, y contribuyendo al déficit de agua.

Sin duda, es importante abastecer las huertas para evitar su detrimento en el corto plazo, pues esto podría perjudicar la economía de la región, pero no justifica la forma desordenada y mecanismos para su riego y la constante y creciente expansión de las mismas.

Por otra parte, en la actualidad existe la controversia del uso de los “cañones antigranizo” que suponen evitan la precipitación de agua en un radio de influencia de 500 metros a la redonda. Esto da una idea de la producción e ingresos que se desean mantener, pero que no consideran las afectaciones al ambiente.

Evidentemente, el principal componente de la investigación es el agua, cuya importancia radica mayormente en su uso y valoración económica no considerada, entre otros factores de tipo social y ambiental. Por consiguiente, es necesario crear instrumentos de gestión ambiental que permitan se lleve a cabo sobre los recursos naturales y el ambiente. La importancia de estos radica en el equilibrio que supone entre las actividades antropogénicas, especialmente de carácter productivo - económico y la integridad del ambiente. Cabe reiterar que el servicio ecosistémico hídrico es un componente fundamental en la producción de aguacate en el municipio de Tancítaro; sin embargo, su uso excesivo vulnera el equilibrio entre los componentes de la sustentabilidad en las dimensiones económica, social y ecológica.

La extensión del cultivo de aguacate provoca cambios en el entorno ambiental, afectando principalmente los cambios de uso de suelo y balance hídrico en el municipio de Tancítaro. Este último se refiere al agua, elemento natural y abundante en el planeta, sin embargo; se encuentra en una condición vulnerable dadas las circunstancias de contaminación y alteración del ecosistema y su ciclo hidrológico. Lo que trae como consecuencias de carácter ecológico, la alteración y degradación de bosques, régimen climático y el acceso a la misma.

Implantarse en suelos de pocos nutrientes y de fácil erosionabilidad es otro de los aspectos que acompañan al cambio de uso de suelo y tipo de cultivos, mismos que suelen traer beneficios importantes en la riqueza de aquellos que han logrado incorporarse al mercado; sin embargo, esto puede tener un costo económico, social y ambiental mayor a largo plazo fomentando la disparidad social.

El valor económico del agua que no se considera en los costos de producción del aguacate, alcanza más del 50% del valor de la producción de aguacate del municipio y solo se destina para pagos de producción y no se invierte en mejorar las zonas de captación de agua a partir de buenas prácticas agroecológicas. Sino por el contrario, la construcción y expansión de ollas de agua para fines agrícolas, puede desfavorecer la reducción del agua infiltrada y modificación del patrón natural de escurrimiento.

Las características del ecosistema en las inmediaciones del Pico de Tancítaro son factores que constituyen parte del modelo de producción actual, mismo que es rentable pero no considera el “valor económico” del agua, lo que podría suscitar conflictos con otras regiones. Esta condición lo hace insustentable, además de que esta se utiliza para el crecimiento económico en lo inmediato o corto plazo, sin considerar su gestión a mediano y largo plazo para ser utilizada de manera sustentable.

A partir de la publicación del Informe Brundtland, surge en el año de 1987 el concepto de desarrollo sustentable, el cual previene de los efectos negativos sobre el ambiente como resultado del desarrollo económico, la globalización, la industrialización y el crecimiento de la población y que a la fecha ha tenido como enunciado: *“satisfacer las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones, garantizando el equilibrio entre el crecimiento económico, el cuidado del medio ambiente y el bienestar social”*; sin embargo a más de 30 años no ha habido avances significativos, pues el crecimiento económico es más importante a partir de la explotación de los recursos naturales, dejando de lado a la población más vulnerable y aunque en este concepto está implícito la generación de riqueza, se debe prestar cuidado especial a la preservación y

aprovechamiento racional justamente de lo que crea esa riqueza. Por lo tanto, muchos de los retos presentes en la humanidad, deben resolverse impulsando el desarrollo sustentable y apostando al equilibrio entre sus componentes.

El IDH es un indicador de nivel de vida y se aproxima al bienestar social. Para todos los años analizados el IDH de la región aguacatera fue mayor que el IDH promedio de Michoacán. En el análisis realizado se muestra que de 2005 a 2010, hubo una diferencia significativa en el crecimiento del desarrollo humano de la región aguacatera, atribuible esta actividad; iniciando su máximo empuje a partir de 2004 que se liberó totalmente el mercado estadounidense a la compra de aguacate michoacano. Sin embargo, para 2015, no se aprecia una diferencia significativa en el IDH regional con el IDH estatal, lo que sugiere que no hubo cambios notables, atribuibles a la actividad; a pesar de que sí creció el IDH, pero no de manera que se afirme que creció más que el crecimiento del IDH de Michoacán.

Los tres sub-índices del IDH analizados por separados dieron resultados contrastantes, el IY si creció con diferencia significativa para la región aguacatera y no lo hizo así para Michoacán a nivel de confianza de 95%, en ambos casos. En tanto que el IS, no mostró una diferencia significativa, sino disminuyó, pero en términos de la diferencia de medias, no fue significativa en términos estadísticos. En tanto que el IE creció de manera significativa en ambos casos, con mejores resultados para el estado que para la región, pero ambos con consistencia estadística para decir que hubo incremento real.

La parte legal se debe cuidar, pues ya existen indicios de la invasión a la zona de amortiguamiento dentro el ANP Pico de Tancítaro

El desarrollo humano constituye una plataforma básica para el desarrollo sustentable, instrumentos y leyes se han generado en busca de un mejor “desarrollo”, pero si no existe conciencia, voluntad y aplicación de la ley sobre el aprovechamiento de los recursos naturales de manera responsable, entonces puede resultar solo una utopía.

Recomendaciones

Durante el desarrollo de esta investigación surgieron nuevas interrogantes, abriéndose nuevas posibilidades de estudio en el campo de los servicios ecosistémicos, desarrollo local, desarrollo humano, desarrollo sustentable y sistemas de información geográfica, y con tanto por explorar, siempre queda el deseo de aprender y aportar al conocimiento, siempre buscando el o los mecanismo (s) de equilibrio entre el aprovechamiento de los recursos naturales y las actividades productivas, procurando la menor afectación al ecosistema y el mejor rendimiento, donde productores y habitantes del municipio se vean beneficiados en todos los sentidos. Por ello se hacen las siguientes recomendaciones a aquellos interesados en el tema de los servicios ecosistémicos hídricos en la región. En este apartado se exponen algunas consideraciones que podrían ser tomadas en cuenta por los habitantes del municipio y a todos los niveles pudiendo trabajarse de manera separada, pero coordinadamente entre ellas y a diferentes escalas.

Primeramente, y ahora que se tienen identificados varios problemas de diferente índole; es decir se conocen situaciones de carácter ambiental, social y económico y estas se encuentran vinculadas. Se debe tener en cuenta que toda acción (toma de decisión) tendrá un efecto (positivo o negativo) en otro componente y/o región. Por lo que es necesario, distinguir claramente estos y cada uno de los problemas y cómo, dónde y cuánto afectarán.

Se deben realizar diversos ejercicios o modelos de los escenarios posibles para la mejor toma de decisión, esto permitirá trabajar sobre una base donde haya participación de todos los actores que tenga como resultado el desarrollo de la población en general. Esto a través de difundir el problema y las propuestas que se puedan adherir en la recuperación, mantenimiento, conservación y manejo del bosque como productor de agua.

Es importante formular o actualizar políticas públicas dirigidas a la conservación de los bosques productores de agua a través de la extensión de las

áreas Naturales Protegidas; así como desarrollar actividades de preservación desde un enfoque de sustentabilidad. En conjunto trabajar en la toma de decisiones e implementar en conjunto estas políticas y desarrollar mecanismo de evaluación. Así como actualizar las leyes en materia de agua, buscando que la actividad agrícola no exponga la salud humana y minimice el deterioro ambiental.

Al mismo tiempo, es necesario hacer una profunda revisión de la ley permitiendo el mejor aprovechamiento de los bosques y sus servicios, pero bajo un esquema donde se respete la capacidad de regeneración del mismo. Sin alterar en demasía ni interrumpir los ciclos naturales. Es decir, continuar con la actividad económica, pero evitando el estrés hídrico y llegar lo mejor posible al desarrollo sustentable.

De la misma forma, debe existir un programa de educación ambiental dirigido sobre todo a las nuevas generaciones y sector político, haciendo énfasis en aquellos servicios ecosistémicos de mayor importancia, de manera que se formen individuos capaces de resolver problemas de carácter ambiental, pero sin dejar de lado el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales. La educación ambiental es una herramienta que proporciona conocimientos para la mitigación y supresión del deterioro ambiental, creando conciencia ecológica.

En ocasiones la infraestructura necesaria para el óptimo desarrollo de un cultivo podría suponer una inversión grande, lo que podría sugerir la facilitación ya sea con la liberación en la cuota o ayudas concretas. Es importante, dentro de la producción extensiva, promover e invertir en la tecnificación para un mejor aprovechamiento de los recursos hídricos a fin de reducir el riego inadecuado de las huertas. Aunque existen programas que apoyan la adquisición de infraestructura, estos en ocasiones tienen candados que no permiten su fácil acceso o por el contrario no se evalúa a los beneficiarios.

Otro aspecto y teniendo como referente la información hídrica, es importante monitorear e incorporar datos de aforos en campo y calidad del agua. Para determinar y verificar las tasas de estrés hídrico en la región y poder desarrollar

actividades dirigidas a la mitigación y soslayar la contaminación de aguas superficiales.

Así mismo, se debe promover la participación y trabajar cercanamente con aquellas comunidades que habitan dentro del ANP en programas que impliquen el desarrollo y manejo de los recursos hídricos a fin de aminorar la pobreza. Y promover la reforestación con las plantaciones de arbolado que pueden contribuir a la captura de dióxido de carbono (CO₂) y al enriquecimiento de oxígeno (O₂) además de y fomentar las lluvias, pues sin agua la agricultura no tiene sitio.

Se propone el acercamiento con los productores, para la búsqueda conjunta de rutas para discernir y concientizar sobre mejorar las prácticas de cultivo y actualizar las mismas; además de invitarles a la inversión en agua como principal elemento de sus cultivos visto como principal insumo.

Establecer mecanismos de pagos justos, dignos y transparentes a través de un grupo conformado por representantes de cada sector (cooperativa) y que se encargue del manejo de los recursos. Así mismo, buscar el apoyo internacional, nacional, estatal o municipal a través de la asignación de recursos encaminados a la conservación de bosques. Aunado a esto desarrollar una campaña mercadotécnica que permita hacer conciencia sobre el pago de los servicios ecosistémicos hídricos.

Acorde a los resultados, aún no se puede hacer una propuesta de un posible “pago” pero se plantea la creación de un fideicomiso que sea administrado por distintos sectores de la sociedad y que un porcentaje sea alimentado con fondos provenientes de la producción de aguacate destinados a la restauración ecológica y la promoción del desarrollo humano local. Para lo cual se propone, realizar un diagnóstico a escala de comunidades para identificar prioridades de atención que puedan ser subsanadas por programas que dicho fideicomiso aporte, junto con otros programas de apoyo de ONG’s o distintos niveles de gobierno. Y paralelamente analizar la disposición a pagar de los productores y la disposición a ser compensados por quienes no son productores, pero si usuarios del agua.

Lo anterior en el marco de transparencia de resultados, con equipo técnico de evaluación permanente, con participación de Universidades y ONG para evaluar los resultados de dichos procesos. El propósito consistiría en revertir el deterioro ecológico, la retención de agua y minimizar la vulnerabilidad social y ecológica. Dado que como se pudo demostrar, al momento el deterioro del sistema hídrico puede llevar a consecuencias negativas de alta amplitud en el futuro. A la vez que los conflictos sociales, por el agua y la inseguridad podrían seguir incrementándose de no ser atendidas oportunamente y restablecer el tejido social y aumentar las oportunidades a los habitantes de la región a través de iniciativas de ley.

Este documento formal (Iniciativa de ley.) debe trabajarse en base a resultados obtenidos de todos los actores y presentarse ante la cámara del Congreso de la Unión para su estudio, discusión y, en su caso, aprobación, aplicación y evaluación.

Referencias y bibliografía consultada

- Abardía, A. y Morales, F. (2008). Desarrollo regional. Reflexiones para la gestión de los territorios. MC editores. Primera edición: noviembre de 2008
- Abraham E, Fusari M y Salomón M, (2014). El Índice de Pobreza Hídrica y su adaptación a las condiciones de América Latina. Recuperado de http://www.cricyt.edu.ar/ladyot/publicaciones/libro_bid/archi_dp/085.pdf
- Agudelo C., Ruth Marina; (2005). El agua, recurso estratégico del siglo XXI. Revista Facultad Nacional de Salud Pública, Enero-Junio, 91-102.
- Albuquerque, Francisco. (2004). Desarrollo Económico Local y Descentralización en América Latina. En: Revista de la CEPAL. Núm. 82, CEPAL.
- Amezcu, L.J., Y Sánchez, D.G. (2015). Pueblos indígenas de México en el siglo XXI, Purépechas. Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos indígenas (CADI), Vol. 3. 177 pp.
- Arriaga, L., J.M. Espinoza, C. Aguilar, E. Martínez, L. Gómez y E. (Coordinadores) (2000). Regiones terrestres prioritarias de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad (CONABIO), México. Recuperado de <http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/Tlistado.html>
- Angélica Herrera Castelazo, (2014). Índice de Pobreza del Agua y de Vulnerabilidad Climática en el Municipio de Juárez, Chihuahua, México. Recuperado de https://www.google.com.mx/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0CB0QFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.uaemex.mx%2FRed_Ambientales%2Fdocs%2Fcongresos%2FCiudad%2520Obregon%2FRECURSOS_NATURALES%2FRN025.doc&ei=KNYIVdGeGsOmNs3UgOgD&usg=AFQjCNF-19VYGp_f9-sXhGHmDu4LsZnD7A&sig2=zxdrrYL7wpPm56McSYQZMw&bvm=bv.90237346,d.eXY

- Arellano Acosta D. M. (2002). El enfoque ecosistémico para el desarrollo sostenible mediante la promoción de sinergias en la escala nacional. Ingeniería hidráulica y ambiental, vol. XXIII, No. 2.
- Ávila García, (2006). Agua y Lagos: Una mirada desde lo global hasta lo local. Recuperado de <http://www.oikos.unam.mx/CIEco/politica/images/stories/publicaciones/libroaguaylagos2007.pdf>
- Ávila, G. P. (2014). Evaluación social regional. Sistema de microcuencas prioritarias Pátzcuaro-Zirahuén. En: Proyecto de bosques y cambio climático. SEMARNAT-UNAM. 276 p.
- Avilés-Polanco, Gerzaín, Huato Soberanis, Leonardo, Troyo-Diéguéz, Enrique, Murillo Amador, Bernardo, García Hernández, José Luis y Beltrán-Morales, Luis Felipe. (2010). Valoración económica del servicio hidrológico del acuífero de La Paz, B.C.S.: Una valoración contingente del uso de agua municipal. Frontera norte, 22(43), 103-128. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73722010000100005&lng=es&tlng=es.
- Ayvar Campos Francisco Javier (2012). El Uso Eficiente de los Recursos en las Dimensiones del Desarrollo Humano en México y Michoacán, 1990-2010: Una Análisis a través de la Envolvente de Datos. Tesis Doctoral en Desarrollo Regional. ININEE – UMSNH.
- Azqueta, D. (1994). Valoración Económica de la Calidad Ambiental. Madrid: McGraw-Hill, p. 299.
- Azqueta, D. (2002). Introducción a la Economía Ambiental. Madrid: McGraw- Hill, p. 456.
- Bachmann-Fuentes, I. (2014). La inseguridad alimentaria y la tragedia del campo en México: consecuencias de las políticas agrícolas neoliberales. En: Espacio Regional. Vol. 1 (11): 89- 108 pp.
- Bateman Allen (2007). Hidrología básica y aplicada. Grupo de investigación en transporte de sedimentos.

- Becerra Pérez Mariana, Sáinz Santamaría Jaime y Muñoz Piña Carlos (2006). Los conflictos por agua en México. Diagnóstico y análisis. Volumen XV número 1 semestre de 2006 pp. 111-143 *Gestión y Política Pública*.
- Barrantes Moreno G. (2006). Valoración económica de la oferta de agua como un servicio ambiental estratégico. *Ecological Studies*, Vol.185. M.Kappelle (Ed.). *Ecology and Conservation of Neotropical Montane Oak Forests*. Springer--Verlag Berlin Heidelberg.
- Boisier, Sergio. (1996). *Modernidad y Territorio*, Santiago de Chile, Instituto Latinoamericano y del Caribe de Planeación Económica y Social, Cepal.
- Boisier, S. (1987). *Ensayos sobre descentralización y desarrollo regional*. Cuadernos del ILPES. Santiago de Chile. ISSN 0020-4080, ISBN 92-1-329005-5. Publicación de las Naciones Unidas.
- Boisier, Sergio (1999). El desarrollo territorial a partir de la construcción de capital sinérgico. En: *Instituciones y actores del Desarrollo Territorial en el marco de la globalización*. <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/19884>
- Boullón, Roberto (2006). *Espacio Turístico y Desarrollo Sustentable: Aportes y Transferencias*, Argentina, vol 10, n° 2, pp. 17-24
- Bravo-Espinosa, M., J. de la L. Sánchez, J. A. Vidales, J. T. Sáenz, J. G. Chávez, S. Madrigal, H. J. Muñoz, L. M. Tapia, G. Orozco, J. J. Alcanzar, I. Vidales, E. Venegas. (2009). *Impactos ambientales y socioeconómicos del cambio de uso del suelo forestal a huertos de aguacate en Michoacán*. Publicación Especial 2. INIFAP- Campo Experimental Uruapan. Uruapan, Mich.
- Brooks B. David, (2004). *Agua. Manejo a nivel local*, Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo-Alfaomega, Ottawa, Canadá, Primera Edición, julio de 2004.
- Bruijnzeel, L.A. (1990). *Hydrology of moist tropical forests and effects of conversion: a state of knowledge review*. International Hydrological Program (UNESCO). Países Bajos. 230 p.
- Bryman, Alan (2012). *Social Research Methods*, Oxford: Oxford University Press, 4a edición.

- Boisier S. (2001). Desarrollo (local): ¿De qué estamos hablando? Editorial Homo Sapiens, Rosario.
- Burgos, A., Anaya, C.y Cuevas, G. (2012). Impacto ecológico del Cultivo de Aguacate a nivel regional y de parcela en el Estado de Michoacán: Definición de una Tipología de Productores (ETAPA II) Informe Final. Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental (CIGA) UNAM – Campus Morelia.
- Bustos, José Luis, Córdova Claudia, Quinzá Mónica. (2019). Informe de Desarrollo Humano Municipal 2010–2015. Transformando México desde lo local. PNUD. Disponible en: (<https://www.undp.org/content/dam/mexico/docs/Publicaciones/PublicacionesReduccionPobreza/InformesDesarrolloHumano/UNDP-MX-PovRed-IDHmunicipalMexico-032014.pdf>)
- Camacho, V. V. (2014). Valoración económica y análisis espacial de los servicios ecosistémicos obtenidos en los humedales costeros del sur de Sinaloa, México. Tesis doctoral. Unidad Mazatlán en acuicultura y manejo ambiental. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C.(CIAD) Mazatlán, Sinaloa. 139p.
- Camacho Valdez, V y Ruíz Luna, A. (2012). Marco conceptual y clasificación de los servicios ecosistémicos. Artículo de revisión. Revista Bio Ciencias enero 2012. Vol.1 Núm. 4. Año 2. Páginas 3 a 15
- Cárdenas, N; (2002). El desarrollo local su conceptualización y procesos. Provincia, () 53-76. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=55500804>
- Cárdenas, G., Vargas, A., & Díaz, D. (2019). “Un no como respuesta: interpretación, tratamiento y análisis en estudios de valoración contingente”. Cuadernos de Economía, 38(77), 209-236.
- Carrillo A. Zulema G. (2015) Problemas y conflictos ambientales en la región del Pico de Tancítaro, Michoacán. Cinco casos de estudio. Tesis de Licenciatura en Ciencias Ambientales. Universidad Autónoma de México, Escuela Nacional de Estudios Superiores.
- Casas Anguita, J Ramón Repullo Labrador y J Donado Campos. (2003). La encuesta como técnica de investigación: Elaboración de cuestionarios y

- tratamiento estadístico de los datos (II. Atención primaria: Publicación oficial de la Sociedad Española de Familia y Comunitaria, ISSN 0212-6567, Vol. 31, Nº. 9, 2003, pags. 592-600. 31. 10.1157/13048140.
- Casellas Antonia (2014). Desarrollo local y territorio. Del crecimiento indiscriminado a la viabilidad social y económica. Diputación de Barcelona. Recuperado de: <https://www1.diba.cat/uliep/pdf/54054.pdf>
- Cayuela, L., Benayas, J.M., Justel, A., y Salas-Reyes, J. (2006). Modelling tree diversity in a highly fragmented tropical montane landscape. *Global Ecology and Biogeography*. 15:602-613.
- Cemda, (2006). El agua en México: Lo que todas y todos debemos saber. Cemda.org.mx. Recuperado de http://www.cemda.org.mx/wp-content/uploads/2011/12/agua-mexico_001.pdf
- Clark, G, J. Huxley y D Mountford (2012). La economía local: La función de las agencias de desarrollo. Serie de Políticas Públicas y Transformación Productiva. No. 2/2012. Chile: Corporación Andina de Fomento.
- COFEPRIS (2008). Agua de calidad bacteriológica. http://201.147.97.103/wb/cfp/cfp_calidad_bacteriologica/rid/321?page=4
- COFOM, (2016). Comunicado de Prensa (062/2016) Recuperado de <http://cofom.michoacan.gob.mx/michoacan-mostrara-su-riqueza-forestal/#:~:text=La%20superficie%20arbolada%20es%20de,quinto%20en%20materia%20de%20biodiversidad.>
- CONABIO (1999). Regiones Prioritarias Terrestres. Escala 1:1,000,000. México.
- CONABIO (2009). Capital Natural de México. Conocimiento actual, evaluación y perspectivas de sustentabilidad.
- CONAGUA (2010). Estadísticas del Agua en México, Ed. 2010 SEMARNAT.
- CONAGUA (2014). Estadísticas del Agua en México, Ed. 2014. SEMARNAT.
- CONAGUA. (2016). Agua subterránea. Conagua.gob.mx. Recuperado de <http://www.conagua.gob.mx/Contenido.aspx?n1=3&n2=62&n3=62>

- CONANP (2019). Pico de Tancítaro. Comisión Nacional de Áreas Protegidas. Sistema de Información. Monitoreo y evaluación para la conservación. Recuperado de <https://simec.conanp.gob.mx/ficha.php?anp=78®=6>
- CONEVAL (2015). Medición de la pobreza. Comunicado de prensa no. 005. Dirección de información y comunicación social. Sitio web. México: CONEVAL. Recuperado de www.coneval.gob.mx
- Contreras Rubio, Ma. Fernanda (2018). Cambio de uso de suelo y su efecto en la disponibilidad de agua en dos cuencas hidrológicas del estratovolcán Pico de Tancítaro, Michoacán, 1974-2014. Tesis de licenciatura en Ciencias Ambientales Universidad Nacional Autónoma de México, Escuela Nacional de Estudios Superiores Unidad Morelia.
- Coraggio, José L. (1994). Las dos corrientes de descentralización en América Latina en Revista Gobierno Regional y Municipal No 1, Edit. jurídica CONOSUR LTDA. Chile.
- Costanza R, d'Arge R, de Groot R, Farber S, Grasso M, Hannon B. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*. 387: 253–260.
- Craviotti, C. (2008). Articulación público-privado y desarrollo local de los espacios rurales". En: Revista Perfiles Latinoamericanos-FLACSO. Núm. 32, México.
- Cristeche, E. y Penna, J. (2008). Métodos de valoración económica de los servicios ambientales. Estudios Socioeconómicos de la Sustentabilidad. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (Inta). ISSN 1851 – 6955.
- Christie, M., Hanley, N., Warren, J., Murphy, K., Wright, R., Hyde, T. (2006). Valuing the diversity of biodiversity. *Ecological Modelling* 58, 304-317
- Dávila P., S. (2006). El poder del agua. ¿Participación social o empresarial? México, experiencia piloto del neoliberalismo para América Latina. Editorial Itaca. México, D.F.
- De la Tejera Hernández, Beatriz; Santos O., Ángel; Santamaría Q., Héctor; Gómez M., Thania; Olivares V., Carlos (2013). El oro verde en Michoacán: ¿un crecimiento sin fronteras? Acercamiento a la problemática y retos del sector

- aguacatero para el Estado y la sociedad *Economía y Sociedad*, vol. XVII, núm. 29, julio-diciembre, 2013, pp. 15-40. UMSNH, Morelia, Michoacán.
- Daly, G.C. (1997). *Nature's services: Societal dependence on natural ecosystems*. Island Press, Nueva York, EUA. 392 p.
- Daly, H. E. & Cobb, J. B. (1998). *Para el bien común*. México: Fondo de Cultura Económica.
- De Groot RS, Wilson MA, Boumans RMJ. (2002). A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological Economics*; 41: 393–408.
- Delacámara Gonzalo (2008). *Guía para decisores Análisis económico de externalidades ambientales*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). 82 p.
- Delfín, O. O., Bonales, V. J. y Rocha, M. C. (2018). Competitividad internacional del aguacate orgánico en Michoacán, un estudio basado en la metodología Partial Least Squares. *Revista Nicolaita de Estudios Económicos*, Vol. XIII, No. 1, Enero - Junio 2018. 119 – 139.
- Delgadillo M., Torres, T y Gasca Z., (2001). *El desarrollo regional de México en el vértice de dos milenios*. UNAM Miguel Ángel Porrúa.
- DOF (2009) DECRETO por el que se declara área natural protegida, con el carácter de área de protección de flora y fauna, la región denominada Pico de Tancítaro.
http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5105970&fecha=19/08/2009
- DOF (2013). ACUERDO por el que se da a conocer el resumen del Programa de Manejo del Área de Protección de Flora y Fauna Pico de Tancítaro. Recuperado de http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5294187&fecha=02/04/2013
- Diario Oficial de la Federación (2014). Programa Nacional Hídrico 2014-2018. Recuperado de http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5339732&fecha=08/04/2014

- Díaz, S. (2006). Biodiversity regulation of ecosystem services, en R. Hassan, R. Scholes y N. Ash (eds.), Ecosystems and hu-human well-being: Current state and trends, Vol. 1. Findings of the Condition and Trends Working Group of the Millennium Ecosystem Assessment. Island Press, Washington, D.C.
- Di Gregorio, A., Jansen, L.J.M. (2005). Land cover classification system classification concepts and user manual. Software version (2). Version revised by Di Gregorio A. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).
- Di Pietro, L. (1999). El desarrollo local. Estado de la cuestión, FLACSO, Buenos Aires.
- EEA (2010). Scaling up ecosystem benefits. A contribution to The Economics of Ecosystems and Biodiversity (TEEB) study. Report. N.º 4/2010. Denmark, European Environment Agency, 44p.
- Enciso A, (2003). Revela CNA problemas en abasto nacional de agua. En La Jornada, 3 de febrero de 2003, www.jornada.unam.mx/2003/feb/03/030203/oriente.html
- Escobar Jaramillo, L., y Gómez Olaya, Á. (2007). El valor económico del agua para riego un estudio de valoración contingente. Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente, (6), 16-32.
- Esri, (2016). Cómo funciona Spline. Environmental Systems Research Institute, Inc. <https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/tools/3d-analyst-toolbox/how-spline-works.htm>
- Esri (2019). Calculadora ráster. Environmental Systems Research Institute, Inc. Recuperado de <https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/latest/tools/spatial-analyst-toolbox/raster-calculator.htm>
- Estadistica.mat.uson.mx (Sin fecha). El Muestreo. Recuperado de <http://www.estadistica.mat.uson.mx/Material/elmuestreo.pdf>
- Estela Raquel Cristeche, Julio Alberto Penna (2008). Métodos de valoración económica de los servicios ambientales. Estudios socioeconómicos de la sustentabilidad de los sistemas de producción y recursos naturales. Ediciones. Instituto nacional de Tecnología Agropecuaria. ISSN 1851 – 6955

- Estrada, Carlos (2020) El apetito voraz de aguacates. Suplemento Informativo de La Jornada. Disponible en: <https://www.jornada.com.mx/2020/02/15/delcampo/articulos/apetito-voraz.html>
- eweb.unex.es (2020). El suelo es un ANDOSOL Recuperado de <https://www.eweb.unex.es/eweb/edafo/FAO/Andosol.htm#:~:text=El%20suelo%20es%20un%20ANDOSOL.&text=El%20perfil%20es%20de%20tipo,%2C%20imogolita%20y%20ferrihidrita%2C%20principalmente>
- FAO. (1996). Zonación agroecológica: Guía general. Boletín de suelos. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, Italia.
- FAO (1999). Base Referencial Mundial del Recurso Suelo. Informe sobre recursos mundiales de suelos. FAO, ISRIC y SICS, 1999.
- FAO - LARC-26 (2000). 26ª Conferencia Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Fao.org. Revisado 23 Mayo 2017, desde: <http://www.fao.org/docrep/meeting/x4440s.htm>
- FAO (2003). Review of world water resources by country. Water Reports 23, Food and Agricultural Organization of the United Nations. Rome.
- FAO (2005). Alianzas para el Desarrollo Regional. Articulando los ejes de desarrollo. FAO-RLC PADR-025 Version N°5 14-Feb-2005.
- FAO (2016). Los ecosistemas y los servicios que ofrecen: algunos datos. Recuperado de <http://www.fao.org/zhc/detail-events/es/c/382062/>
- FAO (2020). Objetivos de Desarrollo Sostenible. Indicador 2.4.1 - Proporción de la superficie agrícola en que se practica una agricultura productiva y sostenible. Disponible en: <http://www.fao.org/sustainable-development-goals/indicators/241/es/>
- Field, Barry C. (1996). Economía y medio ambiente. Tomo I. ISBN: 958-600-536-4 McGraw-Hill.
- Finot, I. (2001). Descentralización en América Latina: Teoría y práctica. Chile. ILPES.

- FIRA (2007). Aguacate. Análisis de Rentabilidad lisis de Rentabilidad del Ciclo 2006 del Ciclo 2006 -2007 y Costos de Cultivo Costos de Cultivo para el Ciclo 2007 para el Ciclo 2007 -2008. Dirección de Consultoría en Agronegocios Dirección Regional de Occidente Residencia Estatal Michoacán.
- Fisher B, Turner KR, Morling P. (2009). Defining and classifying ecosystem services for decision making. *Ecological Economics*; 68: 643-653.
- Freshplaza.es (2018) México: El 90% del aguacate de Tancítaro se exporta a EE. UU. En línea: <http://www.freshplaza.es/article/114678/M%C3%A9xico-El-90-por-ciento-del-aguacate-de-Tanc%C3%ADtarose-exporta-a-EE.-UU>.
- Franke, R. (1982). Smooth Interpolation of Scattered Data by Local Thin Plate Splines. *Computer and Mathematics with Applications*. Vol. 8. N.º 4. Pág. 273–281. Gran Bretaña.
- Freeman, A. M. (2003). *The Measurement of Environmental and Resource Values: Theory and Methods*. Washington DC, Resources for the Future, 496p.
- Fuentes J.J. y Bocco G. (2003). El Agua: dinámica y análisis regional. En: Velásquez A., Torres A. y Bocco G. (Comps.). *Las Enseñanzas de San Juan. Investigación participativa para el manejo integral de recursos naturales*. Instituto Nacional de Ecología-SEMARNAP, Gobierno del Estado de Michoacán. México. 603 p.
- Fuentes Junco J. J: A. (2004). Análisis morfométrico de cuencas: caso de estudio del parque nacional pico de Tancítaro. Instituto Nacional de Ecología. Dirección General de Investigación de Ordenamiento Ecológico y Conservación de Ecosistemas.
- Fuentes Junco. J. J. A. (2011). *Estimación del Recurso Hídrico Superficial en el Pico de Tancítaro, Michoacán: Oferta, Demanda y Escenarios de Disponibilidad*. Tesis que para obtener El Grado Académico de: Doctor En Geografía. Facultad de Filosofía y Letras. Posgrado en Geografía. Universidad Nacional Autónoma De México.
- Gallichio, E. (2006). *El desarrollo local: Cómo cambiar gobernabilidad, desarrollo económico y capital social en el territorio*. Editorial Espacio, Universidad Nacional de Quilmes y Universidad Nacional de General Sarmiento.

- García R. I. (1998). Informe final* del Proyecto H304. Flora del Parque Nacional Pico de Tancítaro, Michoacán. Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Investigación para el desarrollo Integral Regional-Michoacán, Departamento de Recursos Naturales.
- García Córdova, Fernando (2002). El cuestionario. Recomendaciones metodológicas para el diseño de un cuestionario, México: Limusa.
- Garduño, M. V. (1999). Marco tectónico del estado de Michoacán. Carta Geológica del Michoacán. UMSNH-IIM. Departamento de Geología. México: 1-19 pp.
- Garofoli, G. (1981). El desarrollo de las zonas periféricas de la economía italiana en los años setenta. En: Revista La Industria, Núm. 3, Italia.
- Garrett Hardin, (1968). La tragedia de los comunes. Polis. 10, 2005, Puesto en línea el 12 noviembre 2012. Recuperado de <http://polis.revues.org/7603> DOI: 10.4000/polis.7603
- Garrido-Ramírez E., Noriega David y González Mateos R. (2013). Áreas potenciales para el cultivo del aguacate (*Persea americana L.*) Cultivar Hass en el estado de Guerrero, México.
- Getches David (2003). Spain's Ebro River Transfer: Test case for water policy in the european unión. Water resources development, vol. 19, No. 3. Pp. 501-512.
- Gómez-Tagle (2018) Hydrological impact of the green gold (avocado culture) in central Mexico; rainfall partition and water use comparison with native forests. DOI: 10.13140/RG.2.2.18644.65921 Conference: Joint Conference on Forests and Water. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/329060308_Hydrological_impact_of_green_gold_avocado_culture_in_central_Mexico_rainfall_partition_and_water_use_comparison_with_native_forests
- González S. A. (2016). Ensayo: Análisis del desarrollo sustentable desde una perspectiva práctica. UMSNH.
- González, R., Leal, F. y Díaz, M. (2016). La disponibilidad a pagar de las familias por mejorar el servicio de agua potable en la ciudad de Aguascalientes. Gestión y Ambiente 19(1): 63-77.

- González, A y L. F. López (2004). Desarrollo Local: Definiciones, determinantes y obstáculos. México. Documento de apoyo del Informe sobre Desarrollo Humano en México, PNUD.
- Gudynas, E. (2011). Buen vivir: germinando alternativas al desarrollo. En: América Latina en Movimiento, Núm. 462, Ecuador. 1. Recuperado de <http://alainet.org/publica/462.phtml>
- Guevara Pérez, Edilberto; (2012). Estrategias de gestión para la sustentabilidad ambiental. Ingeniería Industrial. Actualidad y Nuevas Tendencias, Enero-Junio, 83-92.
- Guevara Sanguinés A, Soto M. G. y Lara P. J. a. (2010). Pobreza. En: El Agua en México: Cauces y encauces. CONAGUA, Primera edición, 2010. ISBN 978-607-95166-1-1
- Guevara Sanginés, A; Lara Pulido, J A; (2015). Agua, pobreza y uso del tiempo en México: Análisis cuantitativo como sustento del diseño de una política pública de doble dividendo. Nova Scientia, 7() 462-481. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=203342741025>
- Gutiérrez-Contreras, M., Lara-Chávez, Ma. Blanca Nieves, Guillén- Andrade, H. y Chávez-Bárceñas, A. (2010). Agroecología de la Franja Aguacatera en Michoacán, México. Interciencia, septiembre 2010, Vol. 35 N° 9
- Henríquez Fierro, Elena y Zepeda González, María Inés. (2003). Preparación de un proyecto de investigación. Ciencia y enfermería, 9(2), 23-28. Recuperado de <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-95532003000200003>
- Herrador, D y Dimas L. (2002). Aportes y limitaciones de la valoración económica en la implementación de esquemas de pago por servicios ambientales. PRISMA. No. 41. Recuperado de http://www.fao.org/tempref/GI/Reserved/FTP_FaoRlc/old/foro/psa/pdf/aportes.pdf
- iagua.com (2015). ¿Qué factores afectan a la cantidad de agua disponible para el suministro? Recuperado de <https://www.iagua.es/blogs/facts-and-figures/que-factores-afectan-cantidad-agua-disponible-suministro>

- IPCC (2007). Fourth Assesment Report: Climate Change Disponible en: http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg2/en/ch3s3-2.html
- IPCC. (2008). El Cambio Climático y el Agua. Documento técnico del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Bates, B.C., Kundzewicz, Z.W., Wu, S., Palutikof, J.P. (editores). Ginebra: Secretaría del IPCC, 224 pp.
- INEGI (1996). Anuario Estadístico del Estado de Michoacán. INEGI-Gobierno del Estado de Michoacán. México. 435 p.
- INEGI, INE, y Semarnat (2000). Indicadores de Desarrollo Sustentable en México. Instituto de Geografía e Informática, Instituto Nacional Electoral, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- INEGI (2006). Encuesta Nacional de Ingreso-Gasto de los Hogares 2006, INEGI, Ciudad de México.
- INEGI (2010). Censo de Población y Vivienda 2010, México: INEGI.
- INEGI (2014) Conjunto de datos vectoriales de información topográfica. Cartas: E13B28, E13B29, E13B38, E13B39, E13B48 y E13B49 del INEGI (2014), escala 1:50,000 serie III
- INEGI (2014) Estadísticas A Propósito del Día Mundial del Agua (22 De Marzo) Recuperado de <http://www.inegi.org.mx/inegi/contenidos/espanol/prensa/Contenidos/estadisticas/2014/agua0.pdf>
- INEGI (2015). Anuario Estadístico y geográfico de Michoacán de Ocampo. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Recuperado de http://www3.inegi.org.mx/sistemas/componentes/previsualizador/vista.aspx?arch=/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/anuarios_2015/702825076139.pdf&tipo=1
- INEGI (2015). Catálogo de claves de entidades federativas, municipios y localidades, octubre 2015. Recuperado de <http://www.microrregiones.gob.mx/catloc/Default.aspx?tipo=clave&campo=mun&valor=16>

- INEGI (2017). Tablero SINA: Uso del suelo y vegetación <http://sina.conagua.gob.mx/sina/tema.php?tema=usoSuelo>
- INFORURAL (2013). Agroquímicos prohibidos en Europa y EU se siguen utilizando en Michoacán. Consultado en línea: <https://www.inforural.com.mx/agroquimicos-prohibidos-en-europa-y-eu-se-siguen-utilizando-en-michoacan/>
- J. Star y J. Estes (1990). Geographic Information Systems: An Introduction. Prentice-Hall.
- Jonathan Levine, John D. Landis & Richard Klosterman (1989). Geographic Information Systems for Local Planning, Journal of the American Planning Association, 55:2, 209-220, DOI: 10.1080/01944368908976022
- Jhonson, N., Revenga, C. and Echeverría J. (2001). Managing water for people and nature. Policy Forum: Ecology. Science's Compass 292p.
- Kansiime, Frank. (2002). Water and development: ensuring equity and efficiency. Physics and Chemistry of the Earth No. 27 (801–803).
- Kerkvliet, J., Nowell, C. (2000). Tools for recreation management in parks: the case of greater Yellowstone's blue ribbon fishery. Ecological Economics 34, 89-100.
- Klein, J. L. (2005). Iniciativa local y desarrollo: respuesta social a la globalización neoliberal. En EURE, Revista Latinoamericana de Estudios Urbanos Regionales, Vol. 31, No. 94, Santiago de Chile.
- Klugman, J. (2011). Human Development Report. Sustainability and Equity: A better future for all.
- Kolstad, Charles D. (2001). Economía Ambiental, Nueva York, Oxford University Press. Editorial: UNIVERSIDAD IBEROAMERICANA Lengua: CASTELLANO ISBN. 9789706135841. 458 págs.
- Korte, G. (2001). The GIS Book (5th Ed. Rev.). Autodesk Press.
- Krauze, K. & Wagner, I. (2007). An ecohydrological approach for the protection and enhancement of ecosystem services. In: Petrosillo. Use of Landscape Sciences for the Assessment of Environmental Security. NATO Science for Peace.

- Kulshreshtha S. N. (1998), A global Outlook for water resources to the year 2025. *Water resources Management* 12: 167-184.
- Larrouyet, C. (2015). Desarrollo sustentable. Origen, evolución y su implementación para el cuidado del planeta. (Trabajo final integrador). Universidad Nacional de Quilmes, Bernal, Argentina. Disponible en RIDAA. Recuperado de <http://ridaa.unq.edu.ar/handle/20.500.11807/154>.
- Labandeira Xavier, Carmelo J. León y María Xosé Vázquez (2007). *Economía Ambiental* Pearson Educación, S. A., Madrid, 2007 isbn 10:84-205-3651-2 isbn 13:978-84-205-3651-4
- Labat, D. and Co-authors, (2004): Evidence for global runoff increase related to climate warming. *Adv. Water Resources*, 27, 631–642.
- Lasanta, T., González Higaldo, J.C., Vicente Serrano, S.M., Sferi E. (2006). Using landscape ecology to evaluate an alternative management scenario in abandoned Mediterranean mountain areas. *Landscape Urban Planning* 78(1), 101-114.
- La Voz (2019) Cargarán a organismos operadores de agua 'impuesto' por servicios ambientales Disponible en: <https://www.lavozdemichoacan.com.mx/morelia/cargaran-a-organismos-operadores-de-agua-impuesto-por-servicios-ambientales/>
- Lawrence P., Meigh J. y Sullivan C. A. (2002). The water poverty index: international comparisons. *Keele Economics Research Papers*. 19 pp.
- Leal, J y Luis Cortés (1995). *La dimensión de la ciudad*. España, Centro de Investigaciones Sociológicas.
- Legates, D.R., H.F. Lins and G.J. McCabe. (2005) Comments on Evidence for global runoff increase related to climate warming by Labat I. *Adv. Water Resour.*, 28, 1310-1315.
- Linde, P. (2014). Sin agua no hay salida a la pobreza. *EL PAÍS*. Recuperado de http://elpais.com/elpais/2014/04/30/planeta_futuro/1398883387_823114.htm
- López Álvarez, Ramos Leal, Santacruz G., Morán Ramírez, Carranco Lozada, Noyola Medrano y Pineda Martínez (2013). *Cálculo del Índice de Pobreza del*

- Agua en Zonas Semiáridas: Caso Valle De San Luis Potosí. Rev. Int. Contam. Ambie. 29 (4) 249-260, 2013.
- Lora Gómez Carlos Arturo (2009). El Agua como Eje Del Desarrollo Regional. Estudio De Caso: Región Abastecida Por El Páramo De Chingaza. Trabajo de Grado. Magíster En Planificación Y Administración del desarrollo Regional Universidad de los Andes. Centro Interdisciplinario De Estudios Regionales Cider Bogota, Dc. mayo de 2009.
- L'vovich, M.I. y G.F. Withe, A.V. Belyaev, J. Kindler, N.I. Koronkevic, T.R. Lee y G.V. Voropaev. (1995). Use and Transformation of Terrestrial Water Systems. En: B.L. Turner II, W.C. Clark, R.W. Kates, J.F. Richards, J.T. Mathews y W. B. Meyer (eds.). The Earth As Transformed by Human Action. Cambridge University Press, EE.UU. Cap. 14. Pp. 235-251.
- Manes Suárez Ana Belkis. (2006). Historia y antecedentes de la economía ambiental. Recuperado de <https://www.gestiopolis.com/historia-y-antecedentes-de-la-economia-ambiental/>
- Manson, R H; (2004). Los servicios hidrológicos y la conservación de los bosques de México. Madera y Bosques, 10(1) 3-20. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61710101>
- Manzanal, M. Regiones (2006). Territorios e institucionalidad del desarrollo rural. Desarrollo rural, Organizaciones, instituciones y territorios. Argentina. CICCUS.
- María Ester Arancibia (2008). El uso de los sistemas de información geográfica – SIG- en la planificación estratégica de los recursos energéticos. Polis. Revista latinoamericana.
- Martínez Dalia y Padgett Humberto (2013). Aguacate: “oro verde” de los templarios. sinembargo.com.mx Periodismo digital. Recuperado de <https://www.sinembargo.mx/11-10-2013/780868>
- Martínez, M. L. (2010). Los servicios ambientales. Www3.inecol.edu.mx. Revisado 27 abril 2017, <http://www3.inecol.edu.mx/maduver/index.php/servicios-ambientales/2-clasificacion.html>

- Martínez-Austria, P F; Patiño-Gómez, C; (2012). Efectos del cambio climático en la disponibilidad de agua en México. *Tecnología y Ciencias del Agua*, III 5-20. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=353531976001>
- Martínez T. M y Dimas L. (2007). Valoración Económica de los Servicios Hidrológicos: Subcuenca del Río Teculután. Programa de Comunicaciones WWF Centroamérica.
- Mas, Jean-François. (2106). Monitoreo de la cubierta del suelo y la deforestación en el Estado de Michoacán: Un análisis de cambios mediante sensores remotos a escala regional. Proyecto FOMIX Michoacán. Recuperado de <https://www.ciga.unam.mx/wrappers/proyectoActual/monitoreo/>
- Mas, Jean-François, Lemoine-Rodríguez, Richard, González, Rafael, López-Sánchez, Jairo, Piña-Garduño, Andrés, & Herrera-Flores, Evelyn. (2017). Evaluación de las tasas de deforestación en Michoacán a escala detallada mediante un método híbrido de clasificación de imágenes SPOT. *Madera y bosques*, 23(2), 119-131. Recuperado de <https://doi.org/10.21829/myb.2017.2321472>
- Maslow A. H (1991). Motivación y personalidad. Tercera edición. Ediciones de Diaz de Santos.
- Mazari H. M, (2010). Visión integral de sobre el agua y la salud. En: *El Agua en México: Cauces y encauces*. CONAGUA, Primera edición, 2010. ISBN 978-607-95166-1-1
- MEA. (2005). Evaluación de Ecosistemas del Milenio. 2005. *Ecosystems and human wellbeing: synthesis*. Island Press, Washington, DC. Disponible en: www.millenniumassessment.org/
- Méndez, R. J. A. (2019). El monocultivo del aguacate en Michoacán: un desarrollo paradójico para la Región Purépecha. Tesis Doctoral en Ciencias del Desarrollo Rural Regional. Universidad Autónoma de Chapingo.
- Millennium Ecosystem Assessment. (2001). *Millenniumassessment.org*. Revisado 11 Noviembre de 2016. Recuperado de <http://www.millenniumassessment.org/es/About.html#3>

- Millennium Ecosystem Assessment. (2003). Ecosystems and Human Well-Being: A Framework for Assessment. Washington, DC: Island Press. P. 49-70
- Millennium Ecosystem Assessment. (2005). Ecosystems and Human Well-being: Biodiversity Synthesis. Washington, DC: World Resources Institute, p. 82
- Milly, P.C.D., K.A. Dunne y A.V. Vecchia, (2005). Global pattern of trends in streamflow and water availability in a changing climate. *Nature*, 438(7066), p347–350.
- Miracle Solé, M. R. (2006). Consideraciones y casos en torno al ciclo del agua. *POLIS, Revista Latinoamericana*, 5() Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=30551408>
- Molina, C. J. A. (sin fecha). Instrumentos de la Gestión Ambiental y Sistema de Gestión Ambiental. Recuperado de: <http://www.monografias.com/trabajos88/instrumentos-gestion-ambiental/instrumentos-gestion-ambiental.shtml>
- Molina, A. “La Voz” (2019) Cargarán a organismos operadores de agua ‘impuesto’ por servicios ambientales Disponible en: <https://www.lavozdemichoacan.com.mx/morelia/cargaran-a-organismos-operadores-de-agua-impuesto-por-servicios-ambientales/>
- Molina, A. (2019) Inforural. En Michoacán comienza la disputa por el agua; Tierra Caliente, en alerta. Disponible en: <https://www.inforural.com.mx/en-michoacan-comienza-la-disputa-por-el-agua-tierra-caliente-en-alerta/>
- Monroy Hermosillo Oscar (2013). Manejo sustentable del agua en México 1 de octubre de 2013 | Vol. 14 | Núm. 10 | ISSN 1607 – 6079 <http://www.revista.unam.mx/vol.14/num10/art37/index.html>
- Montaña, Elma. (2006). Agua y equidad territorial en Mendoza, Argentina. Recuperado de <http://www.c3ed.uvsq.fr/cdgecorev/fr/pdf/t5/Montana.pdf>
- Montañez, G. M., y Delgado, O. (1998). Espacio, territorio y región: conceptos básicos para un proyecto nacional. *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía*, 7(1-2), 120-134.
- Montes, C (2007). Del desarrollo sostenible a los servicios de los ecosistemas. *Ecosistemas* 2007/3 16 (3): 1-3. septiembre 2007. Recuperado de

<http://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/viewFile/87/84>

- Morales, Daniela (2006). Pronostican grave escasez de agua en Michoacán en los próximos 20 años. La Jornada. Recuperado de: <http://www.jornada.unam.mx/2006/01/29/index.php?section=estados&article=034n1est>
- Muñoz, C. (2007). Pagar por los servicios hidrológicos del bosque en México. Reconocimiento de los Servicios Ambientales, una oportunidad para la gestión de los recursos naturales en Colombia. Editor Sergio Camilo Ortega Pardo. ISBN 9589863418, 9789589863411
- Murat, H. (1998). Water balance and water quality in the Curuksu basin, western Turkey. Hydrogeology Journal, 7, 405-418
- Myers, N. (1997). The world's forests and their ecosystem services. In: G. Daily, ed. Natures Services: societal dependence on natural ecosystems. Island Press. Washington, D.C. p:215-235
- Navarro, Chávez J. C. Lenin (2014) Epistemología y Metodología de la Investigación. Grupo Editorial Patria. Primera edición Ebook, 2014. ISBN ebook: 978-607-438-864-0
- North, Douglas. (1993). Instituciones, cambio institucional y desempeño económico. Fondo de Cultura Económica. México
- NUDH, (2015). Naciones Unidas de Derechos Humanos. Oficina del alto comisionado para los derechos humanos. El derecho al agua. Recuperado de <http://www.ohchr.org/Documents/Publications/FactSheet35sp.pdf>.
- Objetivos de Desarrollo del Milenio, México (2015). Recuperado de <http://www.objetivosdedesarrollodelmilenio.org.mx/cgi-win/odmsql.exe/INMODM007000300010,54,016,0,E>
- OETMT (2010). Ordenamiento Ecológico del Territorio Municipio de Tancítaro. Etapa de diagnóstico. Informe final. Centro de Investigaciones en Ecosistemas, Universidad Nacional Autónoma de México, Campus Morelia.
- Ortega J. Martín, Berbel J. y Brouwer, R. (2009). Valoración económica de los beneficios ambientales de no mercado derivados de la mejora de la calidad

del agua: una estimación en aplicación de la Directiva Marco del Agua al Guadalquivir. Economía Agraria y Recursos Naturales. ISSN: 1578-0732. Vol. 9, 1. (2009). pp. 65-89.

Organización Mundial de la Salud (OMS) (2009). Global Health Risks. Mortality and burden of disease attributable to selected major risks. OMS Press. Ginebra, Suiza.

Ordenamiento Ecológico del Territorio Municipio de Tancítaro, Michoacán (2010). Fase de caracterización. Informe Final. Centro de Investigaciones en Ecosistemas (CIECO) UNAM.

OMS (2016). Agua, nota descriptiva. Organización Mundial de la Salud. Recuperada de <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs391/es/>

OMS (2017)1. Cambio Climático. Organización Mundial de la Salud. Recuperada de: <http://www.who.int/topics/climate/es/>

OMS (2017)2. Cada año mueren 12,6 millones de personas a causa de la insalubridad del medio ambiente. Organización Mundial de la Salud. Recuperado de http://www.paho.org/arg/index.php?option=com_content&view=article&id=9976:cada-ano-mueren-126-millones-de-personas-a-causa-de-la-insalubridad-del-medio-ambiente&catid=334:arg04-salud-ambiental-y-desarrollo-sustentable&Itemid=228

OMS (2017)3. Agua. Organización Mundial de la Salud. Recuperado de: <http://www.who.int/topics/water/es/>

OMS (2017)4. Enfermedades y riesgos asociados a las deficiencias en los servicios de agua y saneamiento. Organización Mundial de la Salud. Recuperado de: http://www.who.int/water_sanitation_health/diseases-risks/es/

OMS (2017)5. Salubridad y calidad del agua. Organización Mundial de la Salud. Recuperado de: http://www.who.int/water_sanitation_health/water-quality/es/

ONU (2014). Agua y seguridad alimentaria. Recuperado de http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/food_security.shtml

ONU, 2019. Informe de Desarrollo Humano Municipal 2010-2015. Transformando México desde lo local. Disponible en:

<https://www.mx.undp.org/content/mexico/es/home/library/poverty/informe-de-desarrollo-humano-municipal-2010-2015--transformando-.html>

- Olaya Víctor (2014). Sistemas de Información Geográfica. Create Space Independent Publishing Platform. España. ISBN: 978-1530295944
- OCDE (1995). Organización Para La Cooperación y el Desarrollo Económicos. Economías locales y globalización. OCDE, LEED notebook No. 20, 1995.
- Organización de Naciones Unidas (2014). El derecho humano al agua y al saneamiento. Decenio del agua. Departamento de asuntos económicos y sociales de Naciones Unidas. Recuperado de https://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/human_right_to_water.shtml
- Organización de las Naciones Unidas (ONU), Día Mundial del Agua - Desarrollo Sostenible. Día Mundial del Agua - Desarrollo Sostenible. (2016). Desarrollo Sostenible. Recuperado de <http://www.un.org/sustainabledevelopment/es/events/dia-mundial-del-agua/>
- Ortíz Paniagua C. Navarro-Chávez J. C. L. y Cortez Ma. T. (2009). Acercamiento a las metodologías de valoración económica de uso directo extractivo en el contexto de los ecosistemas y elementos para la gestión del desarrollo sustentable. Revista Nicolaita de Estudios Económicos, Vol. IV, No. 1 enero - junio de 2009. Pp. 57-84.
- Pearce, D. y Turner, W. (1995) Economía de los recursos naturales y del medio ambiente. Madrid, Celeste Ediciones – Colegio de Economistas de Madrid, 448p.
- Pearce, D. y Özdemiroglu, E. (2002). Economic valuation and stated preference techniques. London, Local Transport Department, 87p.
- PEOTM (2014). Programa Estatal de Ordenamiento Territorial del Estado de Michoacán. Gobierno del Estado de Michoacán, entrega parcial.
- Pere Riera (1998) Manual de Valoración Contingente. Para el Instituto de Estudios Fiscales. Editorial: Ministerio de Hacienda. Centro de Publicaciones. ISBN: 9788447601219.

- Pérez Roas José, (2002). Valoración económica del agua. Centro Interamericano de Desarrollo e Investigación Ambiental y Territorial. CIDIAT. Universidad de los Andes, Mérida, Venezuela.
- Perni, A., y Martínez - Paz, J. (2012). VALORACIÓN ECONÓMICA DE LOS BENEFICIOS AMBIENTALES DE LA RECUPERACIÓN DEL RÍO SEGURA (ESPAÑA). Semestre Económico, 15 (32), 15-40.
- Picazzo Palencia, Esteban, Gutiérrez Garza, Esthela, Infante Bonfiglio, José María, & Cantú Martínez, Pedro César. (2011). La teoría del desarrollo humano y sustentable: hacia el reforzamiento de la salud como un derecho y libertad universal. Estudios sociales (Hermosillo, Son.), 19(37), 253-279. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-45572011000100010&lng=es&tlng=es.
- Pineda Jaimes Noel Bonfilio, Bosque Sendra Joaquín, Gómez Delgado Montserrat y Plata Rocha Wenceslao. (2009). Análisis de cambio del uso del suelo en el Estado de México mediante sistemas de información geográfica y técnicas de regresión multivariantes: Una aproximación a los procesos de deforestación. Investigaciones geográficas, (69), 33-52. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-46112009000200004&lng=es&tlng=es.
- PNUD (2006). Human Development Report 2006, Beyond Scarcity: Power, poverty and the global water crisis, UNDP, New York.
- PNUD (2006). Desarrollo local con activos de ciudadanía. PNUD. Recuperado de <https://docs.google.com/viewer?a=v&pid=sites&srcid=ZGVmYXVsdGRvbWFpbm9mGd4OjMwOTA3MDA5MDEwMTRmZmY>
- PNUMA (1977). Conciencia ambiental del sistema de Naciones Unidas. Tecnología y programa del PNUMA. en Supervivencia, año 2, no. 8, Bioconservación, A.C., México, 1977. pp. 15-17.
- Pobrezamundial.com (2015). Página web: <http://www.pobrezamundial.com/los-pobres-y-el-agua-potable/>

- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo - PNUD. (2006). Informe de Desarrollo Humano 2006: Más allá de la escasez: Poder, pobreza y la crisis mundial del agua. Editado por el PNUD. Nueva York. Descargado el 14 de marzo de 2007 de la página web: http://hdr.undp.org/hdr2006/report_sp.cfm
- Quadratín (2018). Se extiende franja aguacatera en Michoacán Inicio/ Sucesos. El texto original de este artículo fue publicado por la Agencia Quadratín. Recuperado de <https://www.quadratin.com.mx/principal/se-extiende-franja-aguacatera-en-michoacan/>
- Presidencia de la República (2015). Cumple México con más del 70% de avance de Objetivos del Milenio. Recuperado de <http://www.gob.mx/presidencia/articulos/cumple-mexico-con-mas-del-70-de-avance-de-objetivos-del-milenio>
- Quetier, F. (2007). Servicios ecosistémicos y actores sociales. Aspectos conceptuales y metodológicos para un estudio interdisciplinario. Gaceta ecológica. Número especial 84 – 85. Instituto Nacional de Ecología. México.
- Raffino, María Estela (2020). Desarrollo. Argentina. Para: Concepto. Recuperado de <https://concepto.de/desarrollo-3/>.
- Ramírez Ospina, D. (2014). DESARROLLO SOSTENIBLE COMO UN PROYECTO DE MODERNIDAD. Revista Ciencias Estratégicas, 22 (31), 67-81.
- Ramírez Treviño, A., & Sánchez Núñez, J., & García Camacho, A. (2004). El Desarrollo Sustentable: Interpretación y Análisis. Revista del Centro de Investigación. Universidad La Salle, 6 (21), 55-59.
- Ramón Molina Juan y Rodríguez y Silva Francisco (2019). Valoración del Impacto Económico de Incendios Forestales Sobre el Recurso Paisaje y Ocio Recreación: Propuesta Para su Incorporación en la Valoración de Daños. Informe técnico general PSW-GTR-261. En Memorias del quinto simposio internacional sobre políticas, planificación y economía de los incendios forestales: servicios ambientales e incendios forestales.
- Ramos, D. A. (2015). Cómo extraer kml en Google Earth Pro e importarlo a QGIS como shape. Disponible en <https://mappinggis.com/2015/05/como-extraer-kml-en-google-earth-pro-e-importarlo-a-qgis-como-shp/>

- Raya Montaña, Y., Apérez Barrios, P., Aguirre Paleo, S., Vargas Sandoval, M., Paz Da Silva, R., & Lara-Chávez, M. (2019). Identificación de hongos micorrizógenos arbusculares en huertos de aguacate de Uruapan, Michoacán. *Revista Mexicana De Ciencias Agrícolas*, (23), 267-276. <https://doi.org/https://doi.org/10.29312/remexca.v0i23.2026>
- Riera, P. (1992). Posibilidades y limitaciones del instrumental utilizado en la valoración de externalidades. *Información Comercial Española*, 711, 59-68
- Rijsberman, F. R. (2004). Water Scarcity: Fact or Fiction? New Directions for a Diverse Planet, Fourth International Crop Science Congress, 26 September–1 October, Brisbane, Australia.
- Rodríguez G N (2017). El Índice de Pobreza del Agua, metodología que permite identificar las problemáticas del acceso al agua. *Academia Mexicana de Ciencias. Boletín AMC/218/17*. Ciudad de México, 11 de octubre de 2017. Recuperado de <http://www.comunicacion.amc.edu.mx/comunicados/el-indice-de-pobreza-del-agua-metodologia-que-permite-identificar-las-problematicas-del-acceso-al-agua>
- Rofman, A., F Suárez, y P Polo (2002). Perspectivas, políticas y estrategias de desarrollo local en áreas metropolitanas. Argentina. Ponencia presentada en el IV Seminario Nacional de RedMuni: Articulaciones interinstitucionales para el desarrollo local.
- Rolland Louise, y Vega Cárdenas Yenny. (2010). La gestión del agua en México. *Polis*, 6(2), 155-188. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-23332010000200006&lng=es&tlng=es.
- Ruiz Soto J. P. (2007). Servicios ambientales, agua y economía. Universidad de los Andes Recuperado de <http://www.oas.org/dsd/PES/Course/Documents/ModuloII/JPRSERVICIOSA MBIENTALES.AGUAYECONOMIA.pdf>
- SAGARPA, (2016). Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, www.siea.sagarpa.gob.mx

- SAGARPA, (2017). Diseño y construcción de ollas de agua. Segunda Edición, México, Noviembre 2017 Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.
- SAGARPA, (2017). Diseño y construcción de jagueyes. Segunda Edición, México, Noviembre 2017 Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.
- Sahin, V. y M.J. Hall (1996). The effects of afforestation and deforestation on water yields. *Journal of Hydrology* 178(1-4): 293-309.
- Sen, Amartya (1999). La salud en el desarrollo. Conferencia Magistral presentada en la 52 Asamblea Mundial de la Salud- Organización Mundial de la Salud, el 18 de mayo de 1999 en Ginebra, BID. Recuperado de www.iadb.org/sds/doc/SOC%2D114S.pdf
- Sen Amartya (2000). Desarrollo y Libertad. Edit. Planeta, México, págs. 19 - 53.
- Sen A. y M. Nussbaum (comps.) (1993) La calidad de vida. México, Fondo de Cultura Económica.
- Sampieri Roberto (2006). Metodología de la investigación. Ed. Mc Graw Hill. México.
- SEMACCDDET (2019). Secretaría de Medio Ambiente, Cambio Climático y Recursos Naturales. Encuentro de análisis sobre el uso de agroquímicos y cultivos genéticamente modificados. Retos y propuestas hacia una agenda estatal. Recuperado de <http://semaccdet.michoacan.gob.mx/inadecuada-aplicacion-de-pesticidas-en-michoacan-esta-generando-danos-en-la-salud-humana/>
- SEMARNAT (2016). Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Pico de Tancítaro: cumple 15 años como Área de Protección de Flora y Fauna. Recuperado de <https://www.gob.mx/semarnat/articulos/pico-de-tancitaro-cumple-15-anos-como-area-de-proteccion-de-flora-y-fauna>
- SEMARNAT (2018). Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Blog: El Área de Protección de Flora y Fauna Pico de Tancítaro, proveedora de agua de al menos a 82 comunidades. Recuperado de <https://www.gob.mx/semarnat/articulos/el-area-de-proteccion-de-flora-y-fauna-pico-de-tancitaro-proveedora-de-agua-de-al-menos-a-82-comunidades?idiom=es>

- SEMARNAT (2018). Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. El Área de Protección de Flora y Fauna Pico de Tancitaro, proveedora de agua de al menos a 82 comunidades Recuperado de <https://www.gob.mx/semarnat/articulos/el-area-de-proteccion-de-flora-y-fauna-pico-de-tancitaro-proveedor-a-de-al-menos-a-82-comunidades>
- SIAP (2020). Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera Avance de Siembras y Cosechas. Resumen por cultivo y entidad. Recuperado de http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/ResumenDelegacion.do
- Sierra Bravo, Restituto (2001). Técnicas de investigación social. Teoría y ejercicios. Madrid. Editorial Parainfo. Pp. 173 – 703.
- Soares Dense (2005), Pobreza, etnicidad y género. Colegio de Michoacán, México, No. 103.
- Sokal R. (1974). Classification: purposes, principles, progress, prospects. Science. 185, 111-123
- Sullivan C., Meigh, J.R. y Fediw T.S. (2002). Using the water poverty index to monitor progress in the water sector. Recuperado de http://www.cricyt.edu.ar/ladyot/publicaciones/libro_bid/archi_dp/085.pdf
- Sündborg, Å y A. Rapp. (1986). Erosion and sedimentation by water: problems and prospects. Ambio 15(4): 215-225
- Tao F., M. Yokozawa, Y. Hayashi y E. Lin (2003). A changes in agricultural water demands and soil moisture in China over the last half-century and their effects on agricultural production. Agri. Forest Meteorol., 118, 251–261.
- Tao F., M. Yokozawa, Y. Hayashi y E. Lin (2003)b: Future climate change, the agricultural water cycle, and agricultural production in China. Agri. Eco. Environ. 95, 203–215.
- Tao, F., M. Yokozawa, Z. Zhang, Y. Hayashi, H. Grassl y C. Fu, (2004). Variability in climatology and agricultural production in China in association with the East Asia summer monsoon and El Niño South Oscillation, Clim. Res., 28, 23–30.

- Tao, F.L., M. Yokozawa, Y. Hayashi and E. Lin, (2005): A perspective on water resources in China: interactions between climate change and soil degradation. *Climatic Change*, 68(1–2), 169–197.
- Tarté Rodrigo (2008). Reflexiones sobre el tema de los servicios ecosistémicos y su desarrollo. Recuperado de http://www.katoombagroup.org/documents/events/event16/Rodrigo_Tarte2.pdf
- Tello, M. D. (2006). Las teorías del desarrollo económico local y la teoría y práctica del proceso de descentralización en los países en desarrollo. Chile. Documento de trabajo, Departamento de Economía y CENTRUM Católica.
- Toche, Nelly. (2015). En México hay poca disponibilidad de agua. Nota periodística. Recuperado de <http://eleconomista.com.mx/entretenimiento/2015/03/22/mexico-hay-poca-disponibilidad-agua>
- Toledo, A. (2002). El agua en México y el mundo. *Gaceta Ecológica*, (64), 9-18.
- Tomadoni, Claudia. (2013). Desarrollo e indicadores cualitativos: una propuesta conceptual en torno a sustentabilidad y ambiente.
- Tomlin, C. D. (1990). *Geographic information systems and cartographic modelling*. Prentice Hall.
- Troy, A. y M. A. Wilson. 2007. Mapping ecosystem services: Practical challenges and opportunities in linking GIS and value transfer. *Ecological Economics*. Vol 60 p 435 – 449.
- UNAM (s/f). Nota. Estrés Hídrico. UNAM, Instituto de Ingeniería, IDRC, Canadá. Recuperado de <http://proyectos2.iingen.unam.mx/LACClimateChange/docs/boletin/Nota3.pdf>
- UNESCO (2009) WWDR3. “El agua en un mundo de cambio”. UNESCO Publicado en: <http://publishing.unesco.org/>
- UNESCO (2017) “Valoración económica de los recursos hídricos”. Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos (WWAP).

<http://www.unesco.org/new/es/natural-sciences/environment/water/wwap/facts-and-figures/valuing-water/>

UNESCO (2018) Valoración económica de los recursos hídricos. Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos (WWAP). Publicado en <http://normasapa.com/como-citar-referenciar-paginas-web-con-normas-apa/>

Urciaga García (2014). Desarrollo Regional: Una Perspectiva de los servicios ecosistémicos. En Desarrollo Regional en Baja California Sur: Una Perspectiva de los Servicios Ecosistémicos. Ediciones de la noche. UABCS

Vallejo M., César (2006) Nuestro compromiso es con el desarrollo regional *Ánfora*, vol. 13, núm. 20, enero-junio, 2006, pp. 4-8 Universidad Autónoma de Manizales Caldas, Colombia Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=357835619001>

Valls de Rossi, M. (2017). Economía y ambiente. Teorías ambientales económicas. Los instrumentos económicos como reguladores de conductas. Cavyr.com.ar. Revisado 3 June 2017, from <http://www.cavyr.com.ar/pdfs/teorias%20ambientales%20economicas%20-%20mariana%20valls.pdf>

Vázquez Pasos, Luis A. (2010). Reseña de "El desarrollo local de México: aportes teóricos y empíricos para el debate" de Cristina Girardo (coordinadora). *Estudios Sociológicos*, XXVIII (82),255-260. ISSN: 0185-4186. El Colegio de México, A.C. Distrito Federal, México. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=598/59820675012>

Vázquez-Barquero, Antonio (1999). Desarrollo, redes e innovación. España. Pirámide.

Vázquez-Barquero, Antonio. (2000). Desarrollo endógeno y globalización. *EURE* (Santiago), 26(79), 47-65. Recuperado de <https://dx.doi.org/10.4067/S0250-71612000007900003>

Vega, M (2013). Los 8 Objetivos del Milenio en los que México está estancado - Animal Político. Recuperado de <http://www.animalpolitico.com/2013/12/las-9-metas-del-milenio-en-las-que-mexico-avanza/>

- Velázquez, Javier (2018). A EUA el 90% de aguacate que se exporta. Recuperado de <https://www.contramuro.com/a-eua-el-90-del-aguacate-que-se-exporta/>
- Wences Reza Rosalío (2004). Antología del seminario de desarrollo social y político regional. UAG, Guerrero, México.
- Villanueva Tomas Leninn y Zepeda Anaya José Arturo (2018). La Producción de Aguacate en el Estado de Michoacán y sus efectos en los índices de pobreza, el cambio del uso de suelo y la migración. Revista Mexicana Sobre Desarrollo Local, Año 0 No.2. ISSN: 2395-863
- Wang, T., Hamann, A. Spittlehouse, DL y Carroll, C . 2016. Datos climáticos localmente reducidos y espacialmente personalizables para períodos históricos y futuros para América del Norte. PLoS One 11 : e0156720
- WB (2008). Climate Resilient Cities: A Primer on Reducing Vulnerabilities to Climate Change Impacts and Strengthening Disaster Risk Management in East Asian Cities. Recuperado de www.worldbank.org/eap/climatecities
- World Bank (2009). Data and Statistics. Country Classification. Recuperado de <http://web.worldbank.org/WBSITE/EXTERNAL/DATASTATISTICS/0,,contentMDK:20420458~menuPK:64133156~pagePK:64133150~piPK:64133175~theSitePK:239419,00.html>
- World Water Forum (2000). Boletín de Prensa del Segundo Foro, Holanda.
- WRI (2000). Guía de Recursos Mundiales 2000-2001. La Gente y los ecosistemas: se deteriora el tejido de la vida. Instituto de los Recursos Mundiales, PNUMA, PNUD, BM, WRI.
- Young. R. (2005). Determining the economic value of Water. Concepts and methods. Resources for the Future (RFF), Washington D.C., pp. 4-16.
- Zamora, E. V., Gómez, P. M., Vázquez, M. G. y Angón, T. Ma. del P (2007). Conocimiento etnomicológico de hongos silvestres comestibles registrados para la zona de Tancítaro, Michoacán. BIOLÓGICAS, No. 9, pp. 41-46, 2007. Publicado por la Facultad de Biología de la UMSNH Impreso en Morelia, Michoacán, México. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/267860617_Conocimiento_etnomi

[cologico de hongos silvestres comestibles registrados para la zona de Tancitaro Michoacan](#)



iniinee
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES
ECONOMICAS Y EMPRESARIALES