

Estudio Establecimiento de línea base y análisis variables de suelo, uso de fertilizantes, biodiversidad y agua del cultivo de fresas de productores de Maravatío, Michoacán

COOPERACIÓN INTERNACIONAL ENTRE MÉXICO Y ALEMANIA:

INTEGRACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD EN LA AGRICULTURA MEXICANA

INFORME FINAL

Presenta:

Serafo Consultores Ambientales A. C. (SECOAM A.C.)

Dr. Juan Felipe Charre Medellín

Ing. Andrea Sampedro Ramírez

M.C. Cristhian Luis Rodríguez Enríquez

Ing. Flavio Valentín Serrano González

Ing. Gilberto Soto Hernández

Ing. Ivonne Leticia López Dehesa

Ing. Luis Miguel Sánchez Martínez

Biol. Luisa Fernanda Chávez Zamora

M.C Margarito Álvarez Jara

Biol. María Alejandra Sánchez Beltrán

Ing. Marlen González Vergara

Ing. Noel Jiménez García

Duración de la consultoría: 120 días, dos intervenciones.

ENERO 2020

ÍNDICE

1. Introducción.....	6
2. Objetivos.....	8
2.1 Objetivo General	8
2.2 Objetivos Específicos	8
3. Análisis a desarrollar y metodología	9
3.1. Datos generales de la zona de estudio	9
3.1.1 Información climática	9
3.1.2 Principales ecosistemas	9
3.1.3 Principales especies y especies en categoría de riesgo.....	9
3.1.4 Mapas de suelo.....	10
3.1.5 Información hidrológica.....	10
3.1.6 Orientación y pendiente	10
3.1.7 Mapa de parcelas	10
3. 2 Análisis de fertilidad de suelos.....	10
3.2.1 Textura incluyendo tasa de arcilla	11
3.2.2 Porosidad.....	11
3.2.3 Salud de los suelos	12
3.2.4 Capacidad de Infiltración de agua.....	12
3.2.5 Curvas de absorción de nutrientes.....	12
3.2.6 Nivel de conservación de los suelos.....	12
3.2.7 Rotación de cultivos (frecuencia y tipo de cultivos con los que se realiza la rotación).....	13
3.2.8 Otras variables que se consideren relevantes.....	13
3.3 Análisis del uso de fertilizantes y pesticidas	13
3.4 Análisis de la biodiversidad y servicios ecosistémicos	14
3.4.1 Salud microbiológica (tipos y cantidad de hongos y bacterias)	14

3.4.2 Porcentaje de monocultivos del total de la superficie cosechada	14
3.4.3 Porcentaje de tierra destinado a zonas arboladas y corredores de otras especies (como áreas verdes, árboles, flores)	14
3.4.4 Presencia de polinizadores.....	14
3.4.5 Análisis de riesgos climáticos en la producción de fresas de Maravatío (riesgo de inundación, sequía, cambios bruscos de temperatura y plagas dentro de la zona)	15
3.4.6 Análisis de vulnerabilidad a riesgos climáticos de los productores de fresa de Maravatío, Michoacán.....	16
3.4.7 Agua como servicio ecosistémico: Tipo de riego empleado y forma de abastecimiento de agua, calidad y cantidad de agua y Monitoreo empleado en el uso del agua.....	16
4. Resultados	18
4.1. Datos generales de la zona de estudio	18
4.1.1 Tenencia de la tierra	21
4.1.2 Sistema de producción	22
4.1.3 Variedades	23
4.1.4 Registros de actividades económico-productivas	23
4.1.5 Información climática	24
4.1.6 Principales ecosistemas	25
4.1.7 Principales especies y especies en categoría de riesgo.....	26
4.1.8 Mapas de suelo.....	31
4.1.9 Información hidrológica.....	32
4.1.10 Orientación y pendiente	33
4.2 Análisis de fertilidad de suelos.....	35
4.2.1 Textura incluyendo tasa de arcilla	35
4.2.2 Porosidad.....	36
4.2.3 Salud de los suelos	36
4.2.3.1 Profundidad del suelo	36

4.2.3.2 Densidad Aparente	36
4.2.3.3 Respiración del suelo.....	37
4.2.3.4 Metales pesados.	37
4.2.3.5 Capacidad de intercambio de cationes (CIC).....	37
4.2.3.6 Lombrices en suelo.....	37
4.2.3.7 Materia orgánica.	38
4.2.3.8 Clasificación de Salud del Suelo.....	39
4.2.4 Capacidad de Infiltración de agua.....	40
4.2.5 Curvas de absorción de nutrientes.....	41
4.2.6 Nivel de conservación de los suelos.....	42
4.2.6.1 Materia orgánica	43
4.2.6.2 Conductividad hidráulica.	43
4.2.6.3 Profundidad del suelo.....	43
4.2.6.4 Número de horizontes del suelo.....	43
4.2.6.5 Los pasos de maquinaria.....	44
4.2.6.6 Clasificación del Nivel de Conservación	45
4.2.7 Rotación de cultivos (frecuencia y tipo de cultivos con lo que se realiza la rotación).....	46
4.2.8 Otras variables que se consideren relevantes.....	47
4.3 Análisis del uso de fertilizantes y pesticidas	48
4.3.1 Tipos y cantidad de fertilizantes químicos.....	48
4.3.2 Tipos y cantidad de fertilizantes orgánicos.....	50
4.3.3 Tipos y cantidad de biofertilizantes	51
4.3.4 Tipos y cantidad de fertilizantes foliares	52
4.3.5 Tipos y cantidad de pesticidas.	52
4.3.6 Tipo de control.....	55
4.3.7 Análisis del uso de pesticidas	55

4.3.8 Pesticidas presentes en el suelo.....	59
4.4 Análisis de la biodiversidad y servicios ecosistémicos	60
4.4.1 Salud microbiológica (tipos y cantidad de hongos y bacterias)	60
4.4.1.1 Hongos	60
4.4.1.2 Nematodos.....	61
4.4.1.3 Bacterias.....	62
4.4.2 Porcentaje de monocultivos del total de la superficie cosechada	62
4.4.3 Porcentaje de tierra destinado a zonas arboladas y corredores de otras especies (como áreas verdes, árboles, flores)	64
4.4.4 Presencia de polinizadores.....	66
4.4.5 Análisis de riesgos climáticos en la producción de fresas de Maravatío (riesgo de inundación, sequía, cambios bruscos de temperatura y plagas dentro de la zona)	72
4.4.6 Análisis de vulnerabilidad a riesgos climáticos de los productores de fresa de Maravatío, Michoacán.....	75
4.4.7 Agua como servicio ecosistémico: Tipo de riego empleado y forma de abastecimiento de agua, calidad y cantidad de agua y Monitoreo empleado en el uso del agua.....	77
5. Literatura citada	85

1. Introducción

Actualmente se han diseñado e implementado diversos enfoques que integran la importancia de los servicios ecosistémicos y la biodiversidad en la agricultura, beneficiando la salud de los ecosistemas y mitigando los impactos hacia los recursos naturales de las prácticas agrícolas, ganaderas, silvícolas, pesqueras y acuícolas (FAO, 2019). Los servicios ecosistémicos son los beneficios que las personas obtienen de la naturaleza, los cuales pueden ser suministrados por ecosistemas naturales (por ejemplo, bosques y selvas) o por ecosistemas modificados (por ejemplo, agroecosistemas) (GIZ, 2012)

Los agroecosistemas, ofrecen servicios ecosistémicos de provisión, regulación, culturales y de soporte, pocas veces identificados, valorados y cuantificados (TEEB, 2010). En este sentido, es de vital importancia realizar la integración de los servicios ecosistémicos en los sistemas agrícolas, que permita la planeación para el desarrollo de las comunidades, promoviendo una mejor toma de decisiones y una distribución de costos y beneficios más equitativa.

Dentro de los servicios ecosistémicos que ofrecen los cultivos agrícolas están los de provisión, los cuales permiten a las personas obtener alimentos, fibra textil, madera, medicamentos, agua pura y otros bienes. Sin embargo, en el caso particular del cultivo de fresas, estos necesitan determinados servicios ecosistémicos provistos por la biodiversidad presente en la región, para producir estos bienes.

Los servicios ecosistémicos que ofrece la biodiversidad a los cultivos de fresa, está la polinización, la cual es generada en su mayoría por insectos. A nivel mundial, los polinizadores son responsables de aproximadamente el 35% de la producción agrícola, aumentando la producción hasta en un 75% (FAO, 2018). En los agroecosistemas, como el cultivo de fresa, los polinizadores son esenciales para su producción. En este sentido, la biodiversidad y los servicios ecosistémicos son fundamentales para los sectores agrícolas, donde el cultivo de fresa se ve favorecido por los servicios de polinización que ofrece la biodiversidad asociada a ellos.

Con base en el Plan Agrícola Nacional 2017-2030 de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SAGARPA), El cultivo de fresa se realiza en más de 60 países del mundo, posicionando a México como uno de los mayores productores y exportadores de fresa a nivel mundial (SAGARPA, 2017). Actualmente el cultivo de fresa representa el 1.14% del Producto Interno

Bruto agrícola nacional siendo, con una producción total para el año 2016 de 468,250 toneladas. El 52.2% de la producción de fresas en México se destina al mercado externo, posicionando a México como el tercer proveedor de fresa fresca al mercado internacional. Este cultivo ha adquirido reconocimiento en productos agroindustriales, principalmente en las mermeladas, ya que la elaborada a base de fresa representa el 85.5% del consumo nacional de éstas (SAGARPA, 2017). Aunque en México la fresa ocupa solamente el 1% de la superficie dedicada a la agricultura, es muy importante debido a que genera divisas, por ser un producto de exportación. En México la fresa se cultiva en 12 estados, pero solamente tres de ellos poseen un nivel significativo de producción: Michoacán, Baja California y Guanajuato, entidades que generan el 91.55% del total de producción nacional de fresa. Es importante mencionar que Michoacán aporta el 52.38% de la producción nacional de fresa.

Para el año 2030 se estima un aumento en la demanda mundial del 34.4%, lo cual representará una enorme presión para la biodiversidad presente en los agroecosistemas productores de fresa. Es por ello, que es de vital importancia generar la línea base que permita conocer el estado actual del suelo, uso de fertilizantes, biodiversidad y agua en una región prioritaria para la producción de fresa a nivel nacional como lo es Maravatío, Michoacán, con el fin de poder migrar la producción de fresa hacia una agricultura regenerativa, que permita la conservación de la biodiversidad y servicios ecosistémicos que este agroecosistema genera.

2. Objetivos

2.1 Objetivo General

- ✓ Establecer la línea base sobre el estado actual del cultivo de fresa en Maravatío, Michoacán.

2.2 Objetivos Específicos

- ✓ Identificar los parámetros (físicos, químicos y biológicos) básicos para establecer la línea base en 15 parcelas de producción de fresa.
- ✓ Determinar la fertilidad del suelo de las 15 parcelas de fresas.
- ✓ Identificar la biodiversidad y servicios ecosistémicos asociados a los cultivos de fresa de la región.

3. Análisis a desarrollar y metodología

3.1. Datos generales de la zona de estudio

A partir de la georreferenciación de las 15 parcelas de fresa monitoreadas en la región de Maravatío, se elaboró el mapa base partiendo de que un mapa base o carta topográfica es aquella que presenta los contenidos físicos esenciales y delimitaciones (Buzai, 2013), usando como insumo principal las cartas topográficas escala 1:50 000 más recientes (CONABIO, 1999). El mapa base contiene caminos, calles, carreteras, cuerpos de agua, corrientes de agua, curvas a nivel y localidades, así como el relieve a través de capas de sombreado analítico que se generó a partir del Continuo de Elevaciones Mexicano correspondiente a cada carta escala 1:50 000 (INEGI 2013).

3.1.1 Información climática

La descripción general del clima se realizó con la superposición de la capa de climas de García (CONABIO, 1998) sobre las parcelas, para conocer los tipos de clima presentes y sus características.

3.1.2 Principales ecosistemas

Asumiendo que un ecosistema tiene elementos bióticos y abióticos que interactúan entre sí, y siguiendo el uso común de tomar como sinónimos las comunidades vegetales, se usó el Conjunto de Datos Vectoriales de Uso de Suelo y Vegetación (Serie VI) (INEGI 2017) para identificar cuáles son los ecosistemas relacionados con las parcelas.

3.1.3 Principales especies y especies en categoría de riesgo

Con base en la revisión de literatura científica y bases de datos nacionales e internacionales disponibles en línea como GBIF “Global Biodiversity Information Facility” se determinó la flora y fauna asociada a la zona de estudio, con el fin de identificar las especies principales en el ecosistema y las especies que se encuentran bajo alguna categoría de riesgo de extinción con base en la NOM-059-SEMARNAT 2010 que enlista las especies en riesgo en México y con base en la Lista Roja de Especies en Riesgo internacional de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN por sus siglas en inglés). Toda la información fue georreferenciada y asociada a las parcelas de cultivo de fresa en la región de estudio.

3.1.4 Mapas de suelo

Se usó la capa edafológica de INIFAB-CONABIO 1995, para conocer de manera general los tipos de suelos presentes en los sitios de las parcelas, además, se usará la información de la Base Referencial Mundial del Recurso Suelo para complementar la descripción de los tipos de suelos presentes (WRB, 2015)

3.1.5 Información hidrológica

En cuanto a hidrografía, se usaron las capas de cuenca y subcuenca (INEGI-INE-CONAGUA 2007, CONABIO 1998) y microcuenca (FIRCO 2006), para reconocer en cuáles se encuentran ubicadas las parcelas. Así mismo, se usarán las capas de corrientes y cuerpos de agua (INEGI, 2015) (INEGI, 2017) para caracterizar la zona. Además se usarán otros elementos hidrográficos que sean georreferenciados en campo tales como pozos.

3.1.6 Orientación y pendiente

A partir de la información del Continuo de Elevaciones Mexicano Correspondiente a cada carta escala 1:50 000 (INEGI, 2013), se generaron las capas de orientación de ladera y de estimación de pendiente con el fin de ubicar hacia qué punto cardinal se encuentran las parcelas y cuál es la pendiente en la que se encuentran.

3.1.7 Mapa de parcelas

Se elaboraron los polígonos de las parcelas a partir del levantamiento en campo de sus vértices mediante tecnología GPS. Tales polígonos serán representados en formato shape sobre el mapa base.

3. 2 Análisis de fertilidad de suelos

Para este análisis se realizó un muestreo sistemático de suelo por cada una de las parcelas; 20 puntos de muestreo equidistantes distribuidos en toda la superficie; las sub muestras se mezclaron para obtener una muestra final representativa de 2kg, que se empacó, etiquetó y dividió en 2 para su envío a dos laboratorios; en el primero se hicieron las determinaciones físicas, químicas y biológicas de acuerdo a la NOM-021-SEMARNAT-2000 (SEMARNAT, 2002), en el otro se realizó el análisis de residuos de pesticidas.

Las determinaciones físicas y químicas de laboratorio se interpretaron de acuerdo al Manual de Interpretación de análisis de suelos y aguas (J. Z. Castellanos, 2000), las biológicas y pesticidas de acuerdo con publicaciones científicas que se citan en el apartado de resultados.

Para la descripción de suelos, se seleccionaron tres sitios por parcela y en cada uno se realizaron: prueba de infiltración, conteo de lombrices, profundidad de suelo, estructura y número de horizontes.

3.2.1 Textura incluyendo tasa de arcilla

La textura del suelo se define como la cantidad de arena, limo y arcilla, que son partículas de suelo que se diferencian por su tamaño, arcilla <0.002 mm, limo de 0.002 a 0.05 mm y arena de 0.05 a 2.0 mm, la relación entre la cantidad de cada una de estas partículas define las 12 clases texturales que se encuentran en el triángulo de las texturas. La textura es una propiedad física del suelo no modificable o difícil de modificar de manera económica en periodos cortos, más es importante tomarla en cuenta para el manejo adecuado del suelo, en términos de capacidad de reserva y retención de agua y nutrientes.

La clasificación textural de la zona de estudio se obtuvo de los resultados de laboratorio, y de acuerdo con esta clasificación y el triángulo de las texturas se obtuvo las tasas de arcilla.

3.2.2 Porosidad

La porosidad del suelo se define como la cantidad de espacios vacíos entre las partículas de arena, limo y arcilla, este espacio poroso puede ser ocupado por agua y aire. Es una propiedad física que puede variar en función de los contenidos de materia orgánica, suelos con altas cantidades de materia orgánica son potencialmente capaces de captar, almacenar, y transportar agua al interior del perfil del suelo (González-Barrios, 2011)

Esta determinación se deriva a partir de la densidad aparente, la cual se obtiene con el resultado de laboratorio y la densidad real, mediante la siguiente ecuación:

$$Porosidad\ total = 100 [1 - (densidad\ aparente / densidad\ real)]$$

La densidad real es un dato que por convención se maneja con un valor promedio de 2.65g/cm³

3.2.3 Salud de los suelos

Se obtuvo a partir de 7 indicadores obtenidos en el análisis de laboratorio y en pruebas de campo. Del laboratorio se obtuvieron: Respiración de los microorganismos del suelo; Capacidad de intercambio de cationes (CIC); Porcentaje de materia orgánica; Densidad Aparente y presencia de metales pesados como Níquel, Cobalto, Arsénico, Bario, Cromo, Cadmio y Aluminio. En campo se obtuvieron: la Profundidad del suelo y Conteo de lombrices. De los resultados se generó la clasificación: Alta, Media o Baja por parámetro, parcela y zona de estudio.

3.2.4 Capacidad de Infiltración de agua

Se determinó mediante infiltrómetro de anillo, que consiste en enterrar un cilindro metálico de 6" de diámetro, verter un volumen conocido de agua y medir el tiempo en el que se infiltra en el suelo. En dos parcelas no fue posible realizar la prueba debido a que el suelo estaba recién irrigado.

3.2.5 Curvas de absorción de nutrientes

Las cantidades correctas de fertilizante, así como las fechas de aplicación deben estar basadas en los requerimientos del cultivo en cada una de las etapas fisiológicas. Estos requerimientos se describen en las Curvas de absorción de nutrientes. Esta determinación se realiza en laboratorio o a través de revisión bibliográfica, en este caso, no se obtuvo en laboratorio por no existir parcelas con las condiciones necesarias, que son: parcelas recién plantadas y con un manejo nutricional especial durante todo su ciclo, además de que los tiempos de intervención del estudio no permiten abarcar todas las etapas fisiológicas en una sola parcela. Ante esto las curvas fueron obtenidas de bibliografía referente a investigaciones realizadas en la zona de Zamora, Michoacán por el Colegio de Postgraduados.

3.2.6 Nivel de conservación de los suelos

Se obtuvo a partir de parámetros observados en campo, en laboratorio y encuesta a productores. En campo se realizó la medición de la profundidad del suelo mediante barrena y excavaciones, se contó el número de horizontes y se determinó el tipo de estructura del suelo. En laboratorio se obtuvo el porcentaje de materia orgánica y la conductividad hidráulica. Los pasos de maquinaria que implican movimiento del suelo fueron obtenidos a través de la encuesta. De la misma manera que la salud del suelo, a cada parámetro se le asignó una clasificación como Baja, Media y Alta.

3.2.7 Rotación de cultivos (frecuencia y tipo de cultivos con los que se realiza la rotación)

El dato de rotación de cultivos fue obtenido con base a la información proporcionada por los productores a través de la encuesta y de la observación de cultivos establecidos en la zona de Maravatío.

3.2.8 Otras variables que se consideren relevantes

Se consideró relevante obtener información de las siguientes variables Capacidad de Almacenamiento de agua; Capacidad de Intercambio de Cationes; Conductividad Eléctrica del Suelo; Conductividad Hidráulica; determinadas en laboratorio, además de la estructura del suelo que fue determinada en campo.

3.3 Análisis del uso de fertilizantes y pesticidas

Con base en la información proporcionada por los productores y revisión de bitácoras se obtuvo el tipo y cantidades de fertilizantes y pesticidas utilizados en el cultivo de fresa. Los fertilizantes se separaron en cuatro grupos: Fertilizantes químicos; Fertilizantes orgánicos; Biofertilizantes y Fertilizantes Foliare. El primero refiere a todos los fertilizantes de síntesis química; los orgánicos son aquellos que contienen estiércoles composteados, lixiviados de lombriz y otros compuestos de residuos orgánicos; los biofertilizantes son aquellos que contienen uno o más microorganismos vivos y fertilizantes foliares, que pueden ser macronutrientes, micronutrientes, quelatos, aminoácidos, vitaminas, hormonas, enraizadores, sustancias húmicas, derivados de algas marinas o bioactivadores. Para cada uno de estos grupos se obtuvo el listado y las cantidades promedio utilizadas por hectárea en un año.

Los tipos de pesticidas, así como las cantidades promedio aplicadas se obtuvieron a través de la encuesta a los productores y la revisión de la bitácora de aplicación de plaguicidas. De todos los ingredientes activos mencionados se identificaron los que se encuentran en la Lista de Plaguicidas Altamente Peligrosos de PAN Internacional (Pesticide-Action-Network-International, 2018) con efectos en la salud y en la biodiversidad.

Adicionalmente a la información proporcionada, se realizaron análisis de pesticidas en suelo con el objetivo de identificar la presencia de estos.

3.4 Análisis de la biodiversidad y servicios ecosistémicos

3.4.1 Salud microbiológica (tipos y cantidad de hongos y bacterias)

Los microorganismos constituyen las poblaciones más numerosas del suelo, están compuestas por nematodos, hongos y bacterias. La cuantificación de estos organismos estuvo dirigida a fitopatógenos y benéficos, estos datos constituyen una parte importante del grado de biodiversidad en el suelo.

3.4.2 Porcentaje de monocultivos del total de la superficie cosechada

Con base en el conjunto de datos vectoriales de uso de suelo y vegetación, serie VI (INEGI, 2017), se estimó la superficie y porcentaje de cada uno de los usos de suelo, incluyendo la agricultura, a la cual se asocia el cultivo de fresa en el municipio de Maravatío.

3.4.3 Porcentaje de tierra destinado a zonas arboladas y corredores de otras especies (como áreas verdes, árboles, flores)

Se determinó el porcentaje de cobertura forestal presente en la región de estudio, usando como insumo el conjunto de datos vectoriales de uso de suelo y vegetación (Serie VI) (INEGI, 2017). Se identificaron las áreas naturales protegidas presentes en la región y usando la capa de biodiversidad se identificaron posibles rutas para el establecimiento potencial de corredores biológicos.

3.4.4 Presencia de polinizadores

De acuerdo a las características de los cultivos se seleccionaron 5 puntos de avistamiento para observar visitantes florales del cultivo. Durante un periodo de 10 min se observó un grupo de flores y se registró a los visitantes que se presentaron. Se identificaron las zonas de vegetación cercana a los cultivos que pueden influir en la presencia de polinizadores, así como sitios potenciales en los que se pueden colocar barreras para atraerlos. Se realizaron recorridos a lo largo de la parcela para observar insectos polinizadores, benéficos, insectos plaga (Fig. 1 y 2).

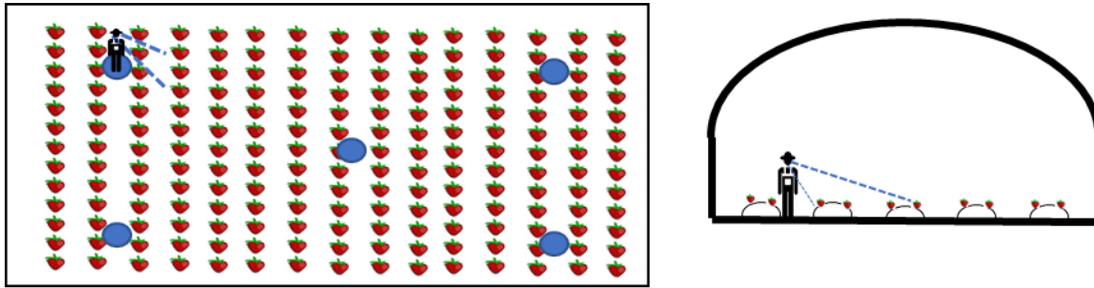


Figura 1 Puntos de observación por parcela en los que se realizaron observaciones de visitantes florales

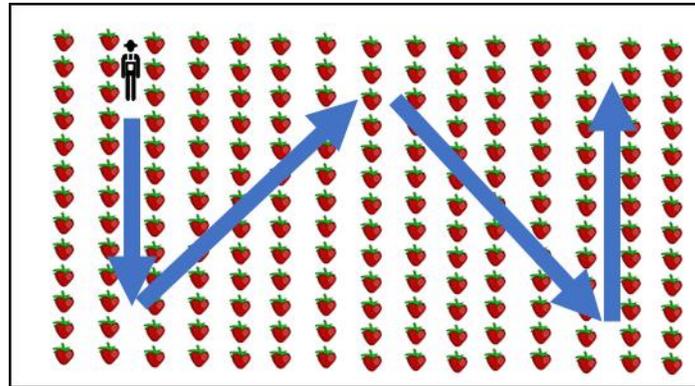


Figura 2 Transectos recorridos para el monitoreo de Polinizadores, insectos benéficos y plagas

3.4.5 Análisis de riesgos climáticos en la producción de fresas de Maravatío (riesgo de inundación, sequía, cambios bruscos de temperatura y plagas dentro de la zona)

Se analizaron las condiciones climáticas de temperatura para identificar tendencias que podrían estar relacionados con fenómenos naturales atípicos tales como sequías o heladas, y que posiblemente hayan causado alguna afectación en la producción y que podrían repetirse. Se analizaron las capas del Atlas Climático Digital de México, que contienen información climática generada a partir de los datos de las estaciones meteorológicas del Servicio Meteorológico Nacional (Fernández-Eguiarte, 2014). Se utilizaron las bases de datos de reanálisis mensuales de temperatura máxima y de temperatura mínima desde 1979 a 2009. El porcentaje de precipitación promedio no se usó ya que existen pocos datos mensuales que no son representativos para cada año. Se descargaron de la página uniatmos.atmosfera.unam.mx/ las bases de datos nacionales y en el programa QGIS se recortaron al área de estudio (con un criterio de microcuencas hidrográficas), después se exportaron como bases de datos para gestionarlos en Excel y explorar las tendencias.

Se exploraron las tendencias de incremento o decremento en busca de eventos pasados de inundaciones o sequías, lo cual se corroboró a través de la información histórica existente en instituciones tales como Protección Civil.

Se observaron si alguna tendencia puede atribuirse al cambio climático y los escenarios esperados, tales como tendencias al aumento de temperatura y modificación de los patrones de precipitación (Christensen, 2007), es posible que sean necesarios otros análisis con base en datos de las estaciones meteorológicas presentes en el área.

También se realizó una búsqueda de información sobre fenómenos tales como plagas e incendios en SADER y CONAFOR, usando la de mayor detalle y con información espacial para intentar correlacionarlos con las variables climatológicas.

3.4.6 Análisis de vulnerabilidad a riesgos climáticos de los productores de fresa de Maravatío, Michoacán

Los centroides de las parcelas se sobrepusieron a las capas de temperatura media anual y precipitación anual actuales (HIJMANS., 2005), así como a los escenarios de cambio climático de los modelos MPI-ESM-LR (Max-Planck Institute), GFDL-CM3 (Geophysical Fluid Dynamics Laboratory) y HADGEM2-ES (Met Office Hadley), disponibles en el Atlas Climático Digital de México (Fernandez-Eguiarte *et al.* 2014). Se analizaron los cambios en cuanto a temperatura y precipitación que potencialmente enfrentarán los productores en el futuro en diferentes momentos y escenarios.

3.4.7 Agua como servicio ecosistémico: Tipo de riego empleado y forma de abastecimiento de agua, calidad y cantidad de agua y Monitoreo empleado en el uso del agua.

El tipo de riego y la forma de abastecimiento se obtuvo a través de la encuesta a los productores y por observación directa en las parcelas.

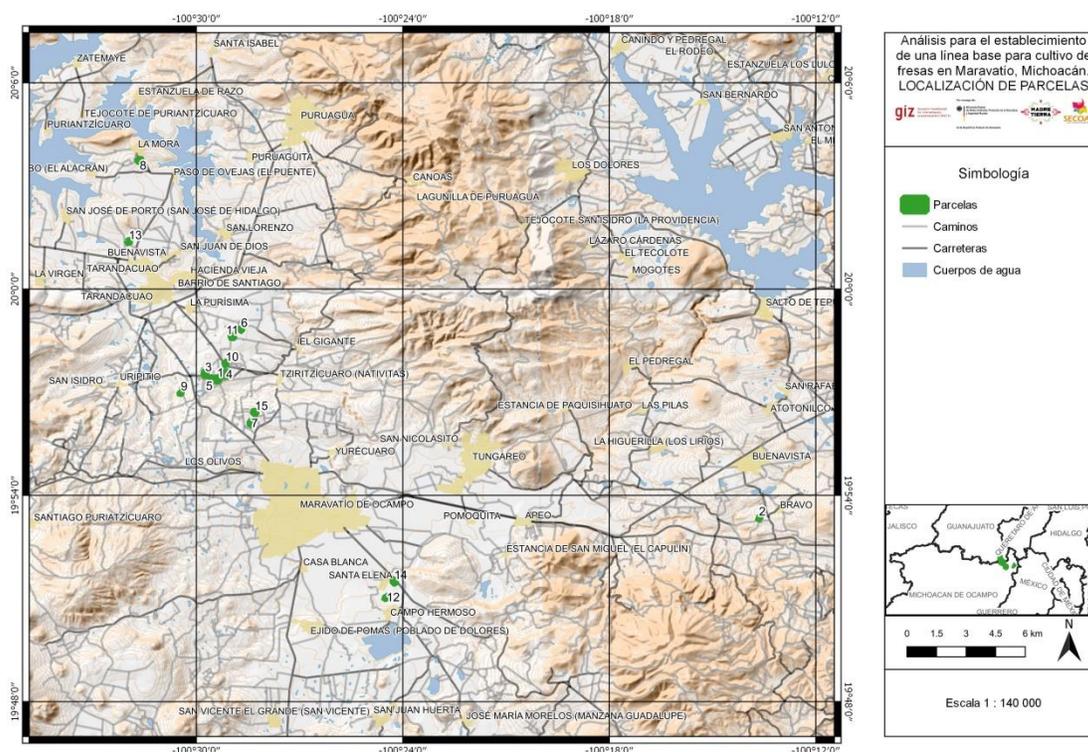
Para obtener la cantidad de agua utilizada por hectárea, los datos de flujo de las fuentes de agua y superficie que se riega con ese flujo se obtuvieron de la encuesta; en las parcelas que estaban siendo irrigadas en el momento de la visita se hicieron mediciones de cantidad de agua suministrada por gotero en un tiempo determinado. Con estos datos se obtuvo la cantidad de agua que se utiliza por hectárea en un año.

Se realizó un muestreo de agua, de acuerdo con la metodología establecida por la NMX-AA-034-SCFI-2001, a todas las fuentes que utilizan los productores (pozos, manantiales y presas) para determinar, su calidad a través de análisis de laboratorio, que fueron interpretados de acuerdo a los valores estipulados por la NOM-127-SSA1-1994 y NOM-001-SEMARNAT-1996 que establece los límites máximos permisibles de contaminantes y nutrientes en agua.

4. Resultados

4.1. Datos generales de la zona de estudio

Las 15 parcelas de fresa monitoreadas a lo largo de este estudio se distribuyen en tres municipios: Tarandacua (Guanajuato), Contepec y Maravatío en Michoacán (Mapa1).



Mapa 1 Ubicación de las parcelas

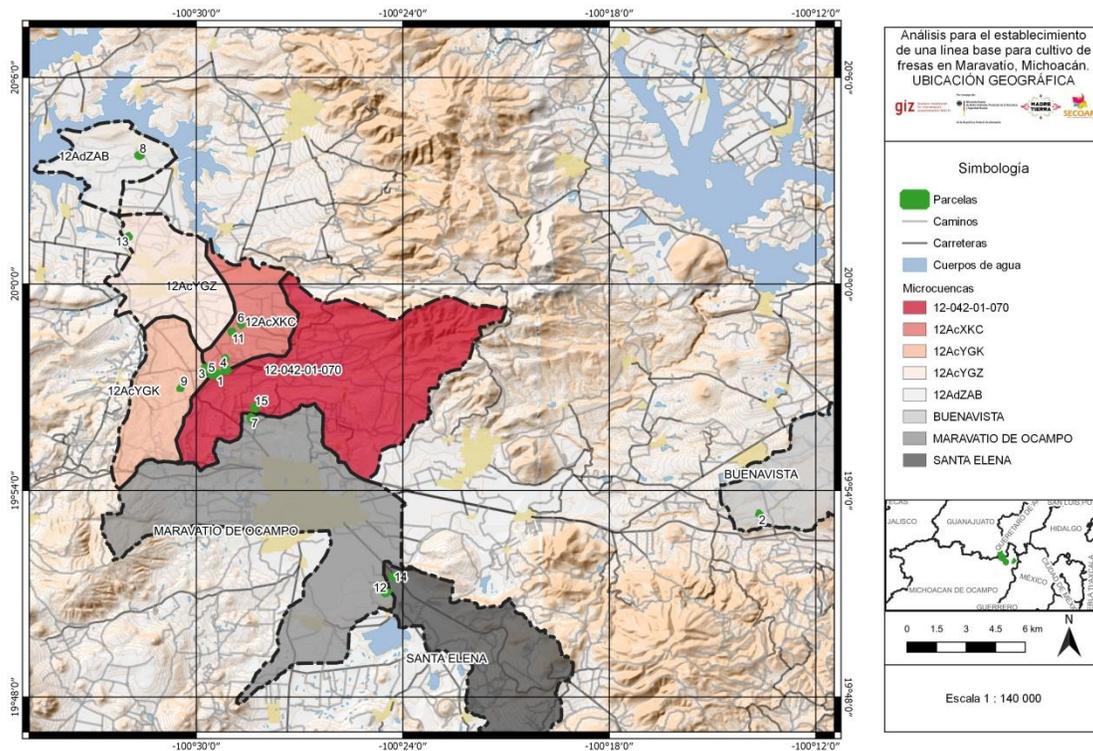
Se tomó en campo información de ubicación de las parcelas, a través de tecnología GPS, la cual se cargó en QGIS (QGIS Development Team 2018) para proyectarla espacialmente. Con la intención de tener una regionalización natural del ambiente en el que se encuentran las parcelas se trabajó con un enfoque de microcuencas, para ello se usó la capa de microcuencas de FIRCO. Las parcelas se distribuyen en siete microcuencas en total, pero algunas de ellas se encuentran en más de una microcuenca (Tabla 1). La superficie comprende en total 44,281.55 hectáreas. La microcuenca más grande es la de Buenavista y la más pequeña es la 12AdZAB (Mapa 2).

Tabla 1 Microcuencas en las que se encuentran las parcelas del cultivo de fresa en Maravatío.

Microcuenca	Superficie (ha)	Localidad	Parcela
Colonia Guadalupe			

Microcuenca	Superficie (ha)	Localidad	Parcela
12-042-01-070	8,152.527	Colonia Yurécuaro	1, 4, 15
		El Chupadero (San Miguel Chupadero)	
		El Gigante	
		El Gigantito	
		El Salto (La Hacienda)	
		Laguna Seca (Ejido Pozo de Tres Piedras)	
		Loma de La Rosa (Torre Del Jaral)	
		Los Bancos	
		Peña Blanca	
		Peña Blanca Pequeña Propiedad	
		San Juanito	
		San Lorenzo	
		Tziritzécuaro (Nativitas)	
Yurécuaro (San Juan Yurécuaro)			
12AcXKC	1,848.314	Encinillas	6, 10, 11
		La Carbonera	
12AcYGK	2,429.092	El Moral	3, 5, 9
		El Saucillo Primero	
		El Tocuz (San Rafael)	
		La Mora	
		San Felipe	
		San José del Rodeo	
		Saucillo Primero	
Saucillo Segundo			
12AcYGZ	2,758.194	Buenavista	13
		Cerrito de Bermejo	
		Hacienda Vieja (Santiago)	
		La Purísima	
		Las Cajas	
		San Juan de Dios	
		Santiago (Barrio de Santiago)	
		Sergio Alcantar	
Tarandacuao			
12AdZAB	1,746.804	El Guayabo (El Alacrán)	8
		La Mora	
		Las Peñitas	
Buenavista	13,212.829	Agua Caliente	2
		Ampliación Parque Industrial	
		Arroyo Del Muerto (Presa Santa Teresa)	
		Bravo	
		Cerro Agujerado (Cuartel Tercero)	
		Colonia General Felipe Ángeles	
		El Céreo	
		El Césped	
		El Crucero	
		El Encino	
		El Terrero	
		Estación Contepec	
		Estación Solís (Estación Alberto Garduño)	
		Juanacatlán	
La Haciendita (Bordo de la Cruz)			
Las Tenerías (Las Tenerías de Tepetongo)			
Los Pirules			

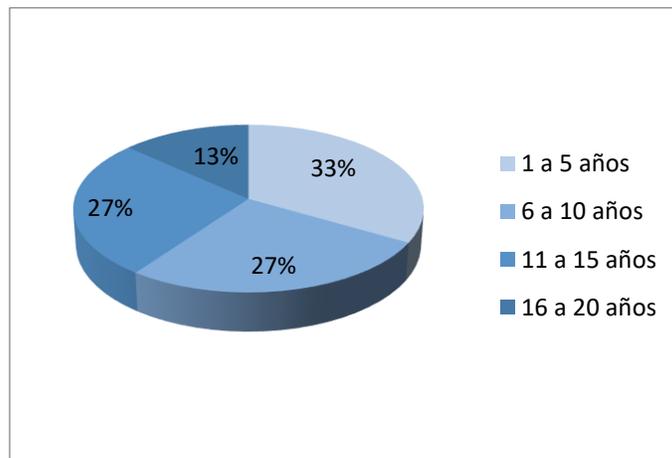
Microcuenca	Superficie (ha)	Localidad	Parcela
Maravatío De Ocampo	9,333,052	Pueblo Nuevo	7, 12
		San Pedro Tarímbaro	
		Tepetongo	
		Campo Hermoso	
		Colonia Las Arenas (La Lagunita)	
		Colonia Valle Dorado	
		Corral Blanco	
		Cuartel Quinto	
		Ejido De Pomas (Poblado de Dolores)	
		El Centenario	
		El Fresnal	
		El Mirador	
		Ex-Hacienda Santa Elena	
		Fraccionamiento Lomas de Maruati	
		Huanimoro	
		Joyas Del Pilar	
		Kilómetro Cuatro	
		La Granja	
		Las Cajas	
		Loma De Huaracha	
		Los Olivos	
		Maravatío De Ocampo	
		Ninguno	
Plan de Agua Bendita			
Puente de Palos			
San José del Rodeo			
San Juan Huaracha (Guaracha)			
Santa Cruz (Rancho Viejo)			
Santa Elena	4,805.736	Cachivi	14
		El Calabozo Primera Fracción	
		El Calabozo Segunda Fracción	
		El Jagüey	
		El Zapote (Palo Seco)	
		Ex-Hacienda de Guapamacátaro	
		Ex-Hacienda de Soto	
		Guapamacátaro	
		La Nopalera	
		Las Joyas	
		Los Talayotes	
San José Soto			
Santa Elena			



Mapa 2 Ubicación de las parcelas por microcuencas.

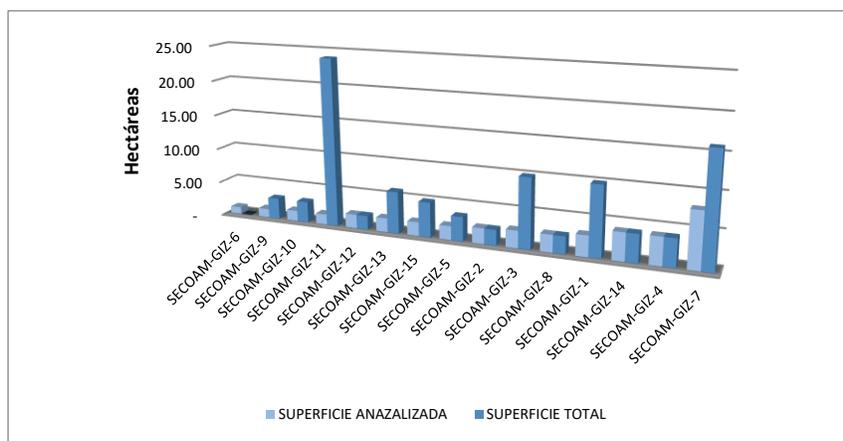
4.1.1 Tenencia de la tierra

Los productores involucrados en la construcción de la línea base tienen de 1 a 20 años de experiencia en el cultivo de fresa, con un promedio de 9 años. Sin embargo, el mayor porcentaje se encuentra entre 1 y 5 años, lo que indica una tendencia a que los productores de la región a incursionen en el cultivo de fresa (Gráfica. 1).



Gráfica 1 Porcentaje de productores según los años de experiencia en el cultivo de fresa

Respecto a la tenencia de la tierra, de la superficie analizada, podemos indicar que el 53% corresponde a tierras ejidales y el 47% es pequeña propiedad. Sin embargo, es importante señalar que la mayoría de los productores rentan o poseen otras parcelas donde establecen este cultivo y que no fueron muestreadas en esta línea base, mismas que se representan en la gráfica (Gráfica 2).



Gráfica 2 Superficie analizada y total del cultivo de fresa por productor.

4.1.2 Sistema de producción

Las 15 parcelas muestreadas conforman el universo de atención que suman una superficie de 41.58 hectáreas, 30% corresponde a campo abierto y el 70% es macrotunel, en general la superficie promedio de las unidades de producción es de 2.77 hectáreas (Tabla 2). En promedio la densidad de plantas por hectárea es de 73,512, con surcos de 102 metros de largo y 1.52 metros de ancho (Tabla 3)

Tabla 2 Superficie cultivada y rendimientos

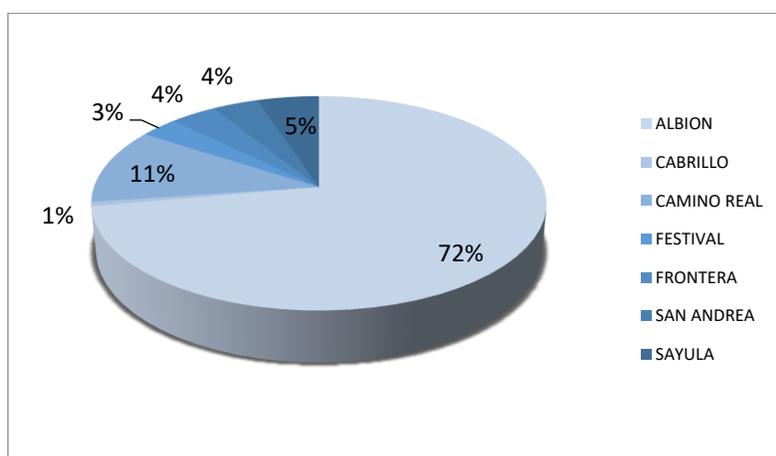
	Superficie cultivada (ha)	Campo abierto (ha)	Macrotunel (ha)	Rendimiento promedio (t/ha)
Promedio	2.77	1.86	2.86	57
Total	41.58	13.00	28.58	

Tabla 3 Características de camas de plantación en fresa y densidades de planta.

	Largo de surco (m)	Altura de camas (cm)	Ancho de camas (m)	Densidad de plantas/ha
Promedio	102.00	22.14	1.52	73,512
Máximo	138.00	25.00	1.60	88,889
Mínimo	75.00	15.00	1.00	41,667

4.1.3 Variedades

Siete variedades de fresa son las que se utilizan en la superficie estudiada, de estas el 72% corresponden a Albión, el resto representa el 28 % (Gráfica 3).



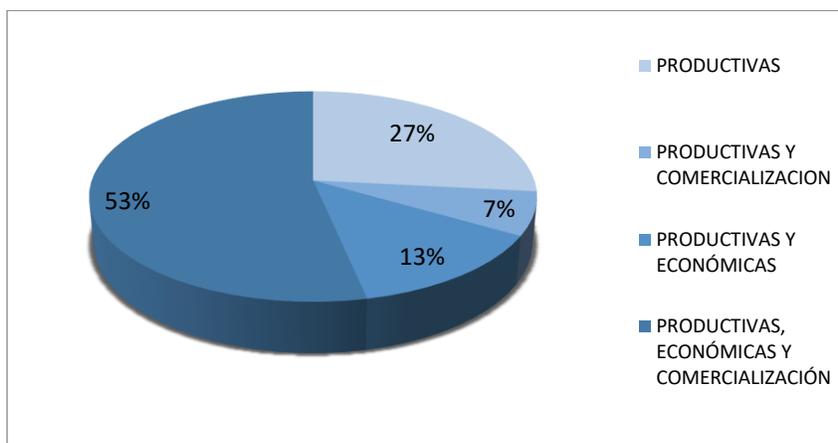
Gráfica 3 Variedades de fresa en Maravatío.

4.1.4 Registros de actividades económico-productivas

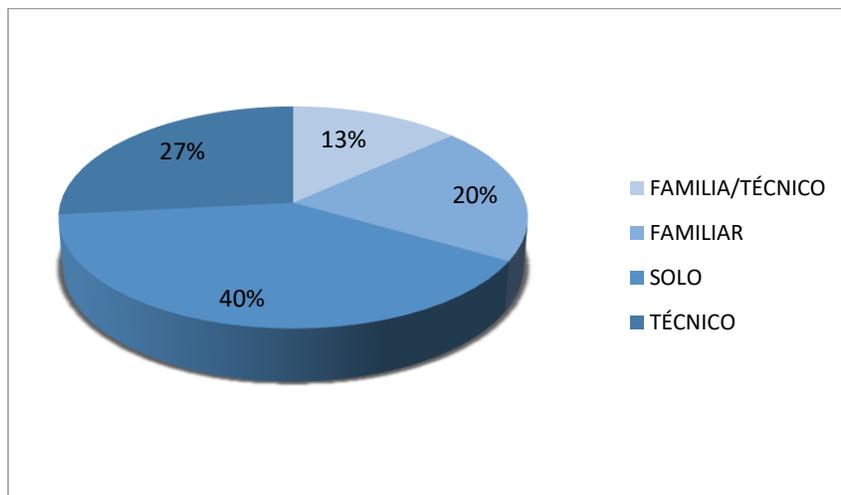
El tema de organización se enfocó en conocer cuáles son las actividades que los productores realizan para tener control interno en temas productivos, económico y de comercialización, encontrando las siguientes características:

- El 100% de los productores entrevistados realizan algún tipo de registro.
- El 53% registra actividades Productivas, Económicas y de comercialización, el resto realiza registros de 1 hasta 2 tipos de Actividades (Gráfica 4).
- El 34% realizan solos el registro de actividades, mientras que en 33% de los casos lo hace el técnico que los asesora (Gráfica 5).
- El 83% manifiesta no pertenecer a alguna organización, solo dos productores expresaron pertenecer a una, uno dijo que es FRESTUN y pertenece a ella desde hace cinco años que

se creó, obteniendo como principales beneficios: crecimiento personal, trabajo en equipo, capacitación y responsabilidades compartidas.



Gráfica 4 Tipos de actividades que los productores registran

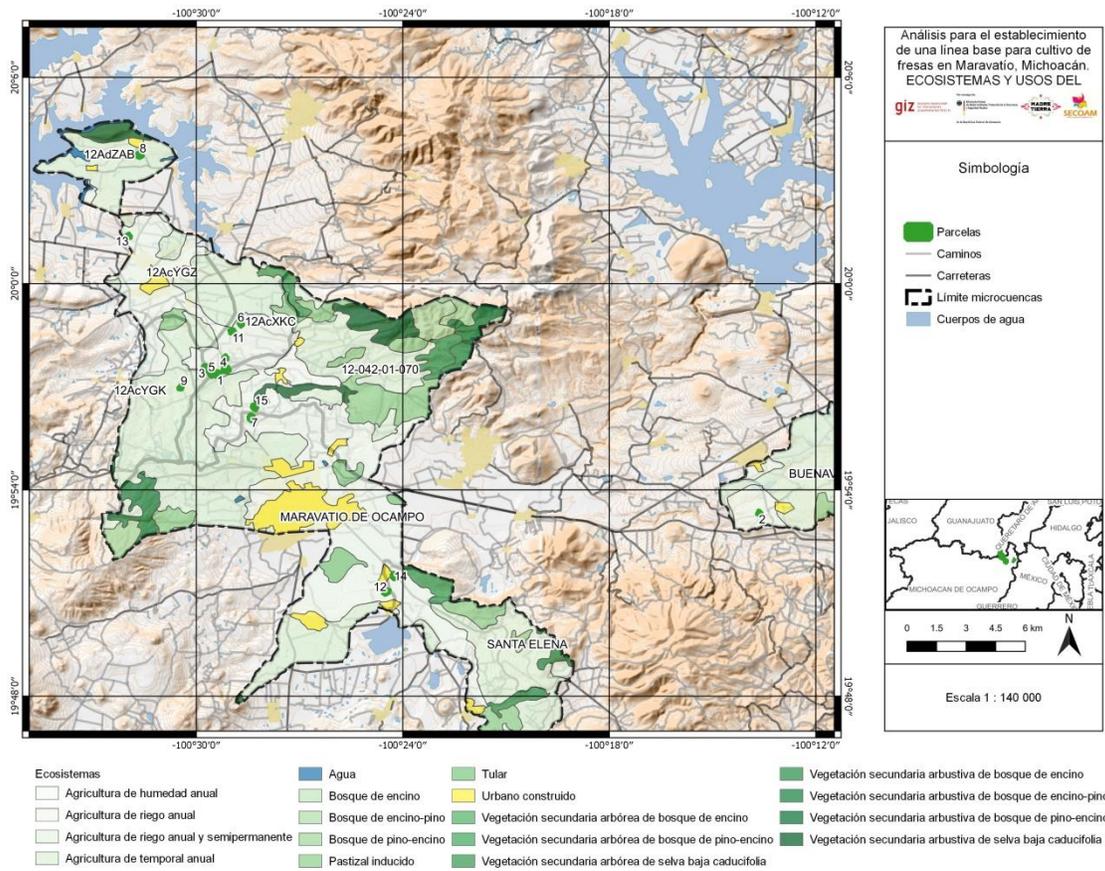


Gráfica 5 Participación en el registro de actividades económico-productivas.

Las unidades de producción, independientemente del tamaño y propósito, deben fundamentar la toma de decisiones en el análisis de datos, principalmente generados en sí mismas. El dato debe orientar la definición de metas y propósitos, estrategias, la toma de decisiones en y para la unidad de producción. No basta con registrar información, es necesario comprender la importancia de hacerlo y hacer uso de ella.

4.1.5 Información climática

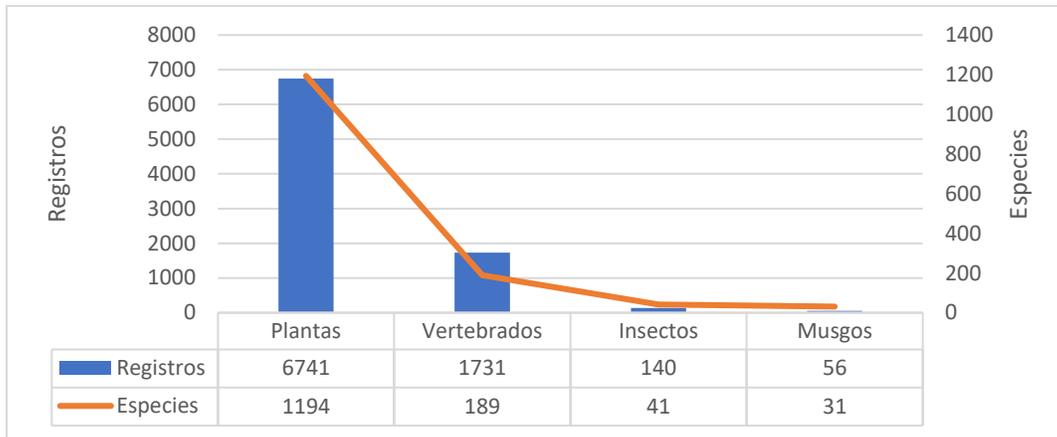
En el área comprendida en las microcuencas se presentan climas “semicálido, templado subhúmedo (lluvias de verano del 5 al 10.2% anual)” y “templado, subhúmedo (lluvias de verano del 5 al 10.2% anual)”, predominando el segundo con 34,872.1 ha, que representa el 78.75% de



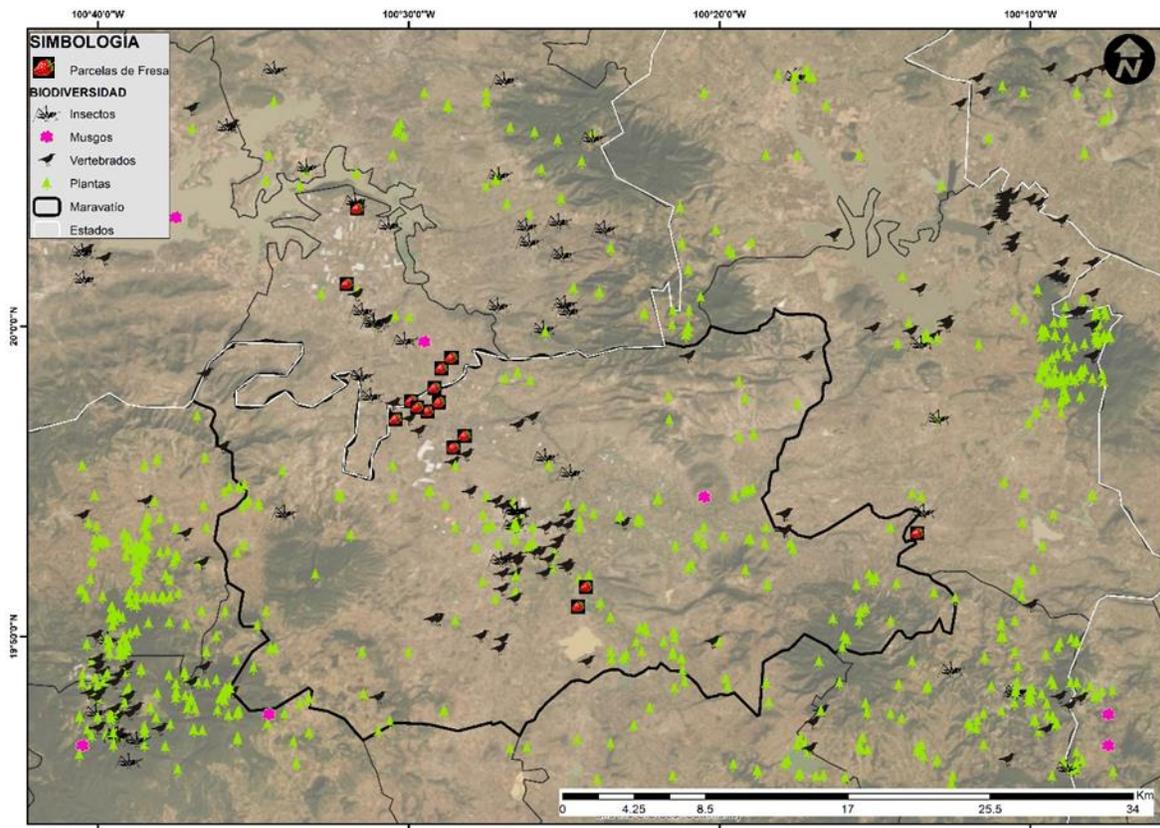
Mapa 4 Ecosistemas presentes en el área de las microcuencas donde se encuentran las parcelas

4.1.7 Principales especies y especies en categoría de riesgo

Mediante la búsqueda y depuración de registros de la base de datos GBIF, sobre la biodiversidad presente en la región de estudio se obtuvieron un total de 8,668 registros (140 de insectos, 56 de musgos, 1,731 de vertebrados y 6,741 de plantas) de 1,455 especies (41 insectos, 31 musgos, 189 cordados y 1,194 plantas) (Mapa 5 y Gráfica 6).



Gráfica 6 Biodiversidad asociada a la región donde se produce el cultivo de fresa en Maravatío, Michoacán

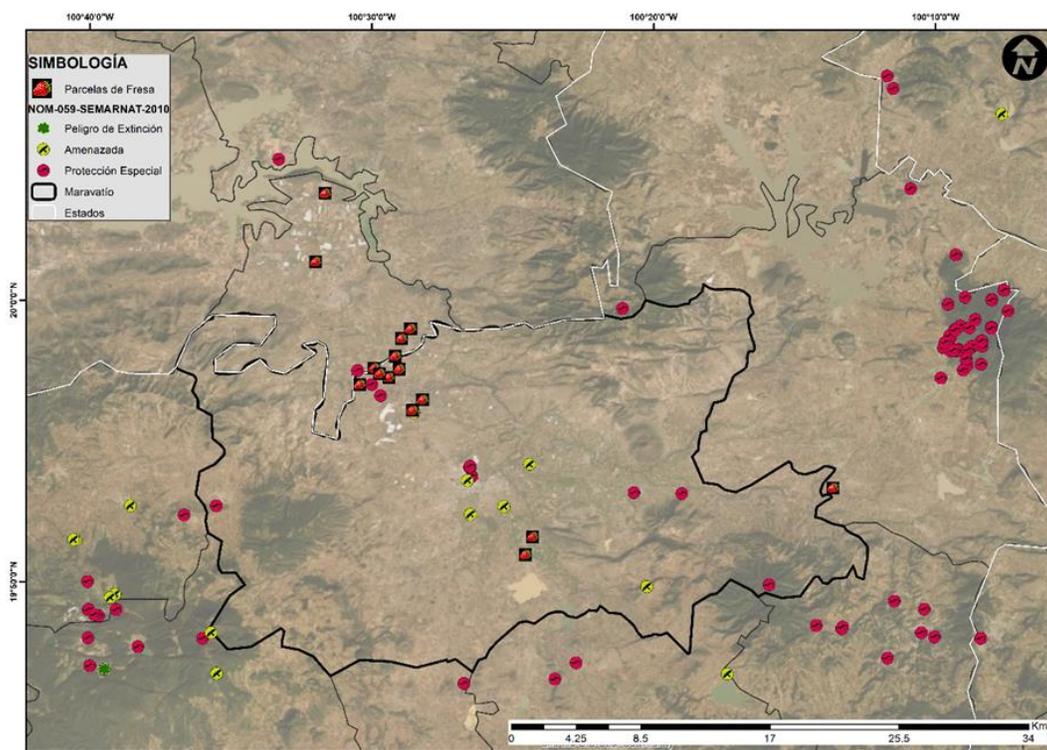


Mapa 5 Distribución observada de la biodiversidad reportada en la región de estudio

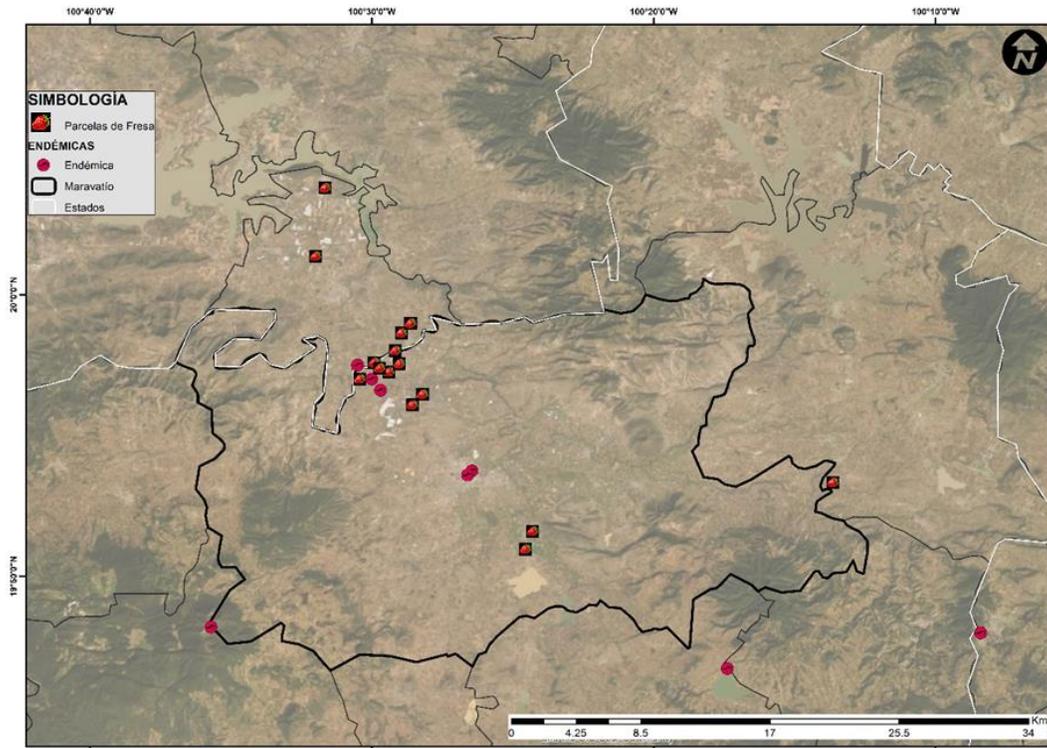
De las 1455 especies reportadas para la región, solo el 1.3% (19 especies) se encuentran listadas dentro de alguna categoría de riesgo de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana 059-SEMARNAT, 12 especies bajo protección especial, seis amenazadas y una en peligro de extinción. Entre las 19 especies se encuentran: una especie de insecto, tres aves, tres anfibios, dos reptiles, un mamífero y nueve plantas. La mariposa monarca (*Danaus plexippus*) símbolo de conservación a nivel mundial y especie considerada en bajo protección especial con base en la

NOM-059-SEMARNAT, tiene sus áreas de hibernación en el Santuario de la Mariposa Monarca, el cual se localiza a tan solo 40 km de municipio de Maravatío, por lo que la región productora de fresa forma parte de su ruta migratoria. Solo dos especies, una de murciélago y una de ave, están listadas en la categoría “casi amenazadas” de acuerdo con la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN). Seis especies son endémicas a México (Tabla 4).

La mayor proporción de registros de las especies en categoría de riesgo en la NOM-059-2010-SEMARNAT se encuentran fuera del municipio de Maravatío y de los cultivos de fresa monitoreados en este estudio (Mapa 6). Dentro del municipio se tiene registros de dos especies endémicas a México (una rana *Lithobates montezumae* y una planta *Laelia speciosa*) (Mapa 7).



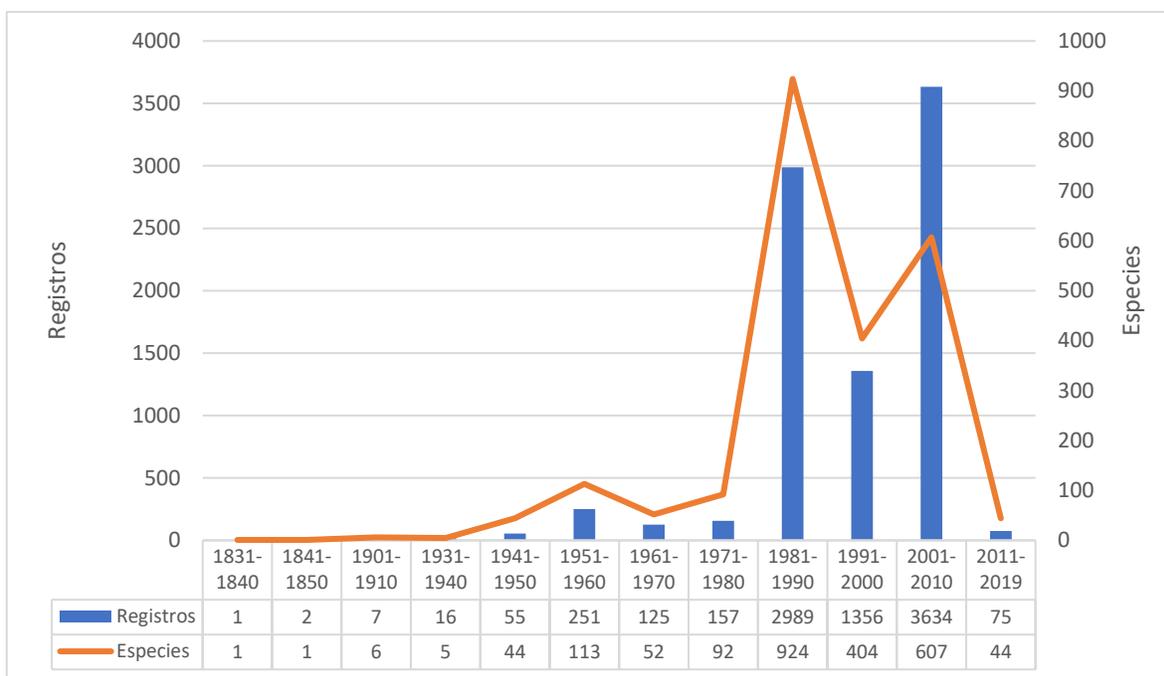
Mapa 6 Distribución observada de la biodiversidad en categoría de riesgo con base en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y presente en la zona de estudio



Mapa 7 Distribución observada de la biodiversidad endémica a México y presente en la zona de estudio

A pesar de la cantidad de registros (8, 668) disponibles en la región de estudio, son menos de 200 registros los que realmente se encuentran asociados a las parcelas de cultivo de fresa monitoreadas en el presente documento, lo cual representa una oportunidad para seguir evaluando la biodiversidad asociada a los cultivos de fresa, presente en la región de Maravatío.

La disponibilidad de registros y biodiversidad presente en la región ha disminuido drásticamente en la última década, lo cual puede estar asociado a dos causas principalmente; a) la pérdida de biodiversidad o defaunación y b) al poco esfuerzo de muestreo realizado en los últimos años (Gráfica 7).



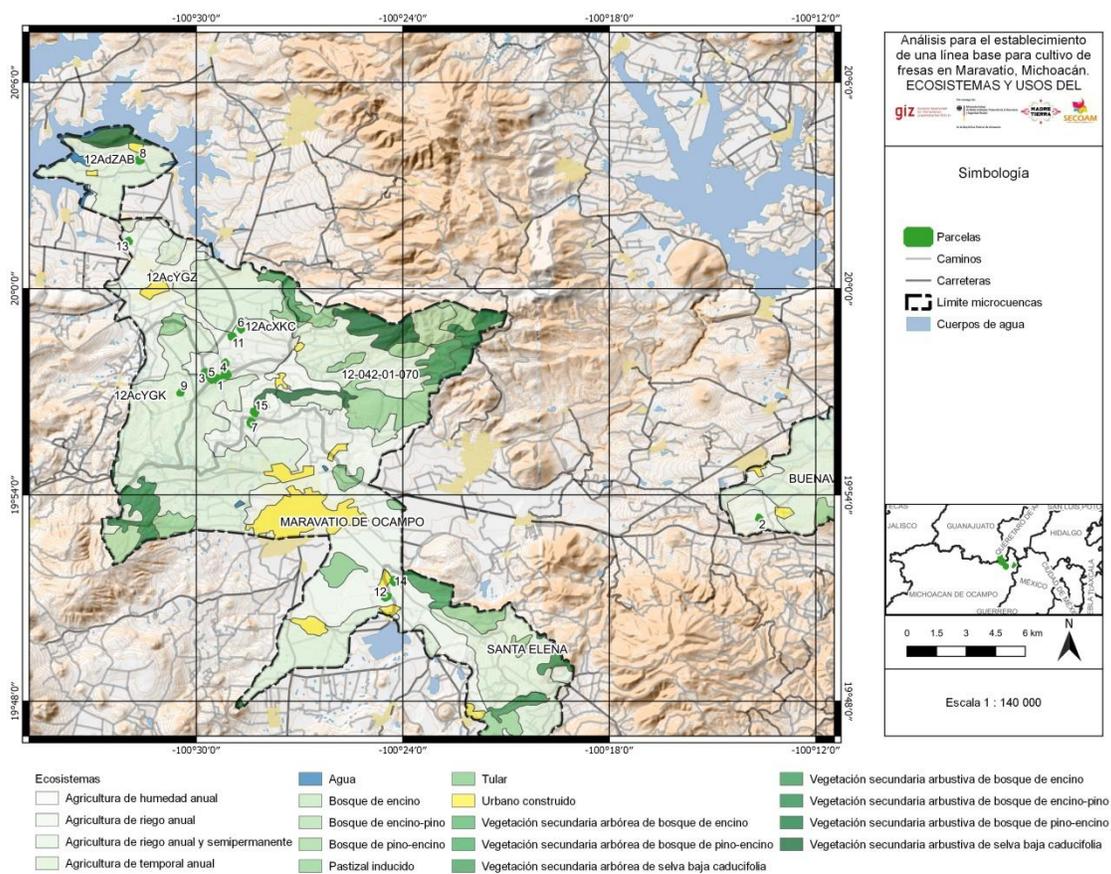
Gráfica 7 Disponibilidad de registros y número de especies disponibles para la región de estudio a lo largo del tiempo

Tabla 4 Especies reportadas en la región de estudio y listadas en alguna categoría de riesgo de extinción

Phylum	Clase	Orden	Familia	Nombre_científico	IUCN	NOM-059-2010	Endemismo
Arthropoda	Insecta	Lepidoptera	Nymphalidae	<i>Danaus plexippus</i>		Protección Especial	
Chordata	Aves	Accipitriformes	Accipitridae	<i>Accipiter cooperii</i>		Protección Especial	
Chordata	Aves	Passeriformes	Turdidae	<i>Myadestes occidentalis</i>		Protección Especial	
Chordata	Aves	Gruiformes	Rallidae	<i>Rallus elegans</i>	Casi Amenazado	Amenazada	
Chordata	Amphibia	Caudata	Ambystomatidae	<i>Ambystoma velasci</i>		Protección Especial	Endémica
Chordata	Amphibia	Anura	Ranidae	<i>Litobates berlandieri</i>		Protección Especial	
Chordata	Amphibia	Anura	Ranidae	<i>Litobates montezumae</i>		Protección Especial	Endémica
Chordata	Reptilia	Squamata	Colubridae	<i>Conopsis biserialis</i>		Amenazada	Endémica
Chordata	Reptilia	Squamata	Phrynosomatidae	<i>Sceloporus grammicus</i>		Protección Especial	
Chordata	Mammalia	Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Choeronycteris mexicana</i>	Casi Amenazado	Amenazada	
Tracheophyta	Liliopsida	Asparagales	Asparagaceae	<i>Calibanus bookeri</i>		Amenazada	Endémica
Tracheophyta	Liliopsida	Asparagales	Orchidaceae	<i>Laelia speciosa</i>		Protección Especial	Endémica
Tracheophyta	Lycopodiopsida	Selaginellales	Selaginellaceae	<i>Selaginella porphyrospora</i>		Peligro de Extinción	
Tracheophyta	Magnoliopsida	Ericales	Ericaceae	<i>Comarostaphylis discolor</i>		Protección Especial	
Tracheophyta	Magnoliopsida	Fabales	Fabaceae	<i>Trifolium wormskioldii</i>		Amenazada	
Tracheophyta	Magnoliopsida	Gentianales	Gentianaceae	<i>Gentiana spathacea</i>		Protección Especial	
Tracheophyta	Magnoliopsida	Dipsacales	Caprifoliaceae	<i>Valeriana pratensis</i>		Protección Especial	
Tracheophyta	Magnoliopsida	Nymphaeales	Nymphaeaceae	<i>Nymphaea gracilis</i>		Amenazada	Endémica
Tracheophyta	Pinopsida	Pinales	Cupressaceae	<i>Cupressus lusitanica</i>		Protección Especial	

4.1.8 Mapas de suelo

Se usó la capa edafológica de INIFAB-CONABIO 1995, para conocer de manera general los tipos de suelos presentes el área de las microcuencas en las que se encuentran las parcelas, lo que resultó en la presencia de 10 tipos de suelos (Mapa 8), siendo el predominante el tipo planosol mólico con 9,470.55 ha (21.39%), mientras que el que se encuentra en menos superficie es el tipo luvisol crómico con 324.69 ha (0.73%).



Mapa 8 Tipos de suelo presentes en el área de las microcuencas en las que se ubican las parcelas

Además se identificó que las parcelas se encuentran en andosol ócrico, feozem háplico, feozem luvico y vertisol pélico (Tabla 5).

Tabla 5 Tipo de suelo en el que se encuentran las parcelas

Tipo de suelo	Parcelas
Andosol ócrico	1, 4, 5, 10
Feozem háplico	7, 15
Feozem luvico	3, 6, 8, 9, 10, 11, 13
Vertisol pélico	2, 12, 14

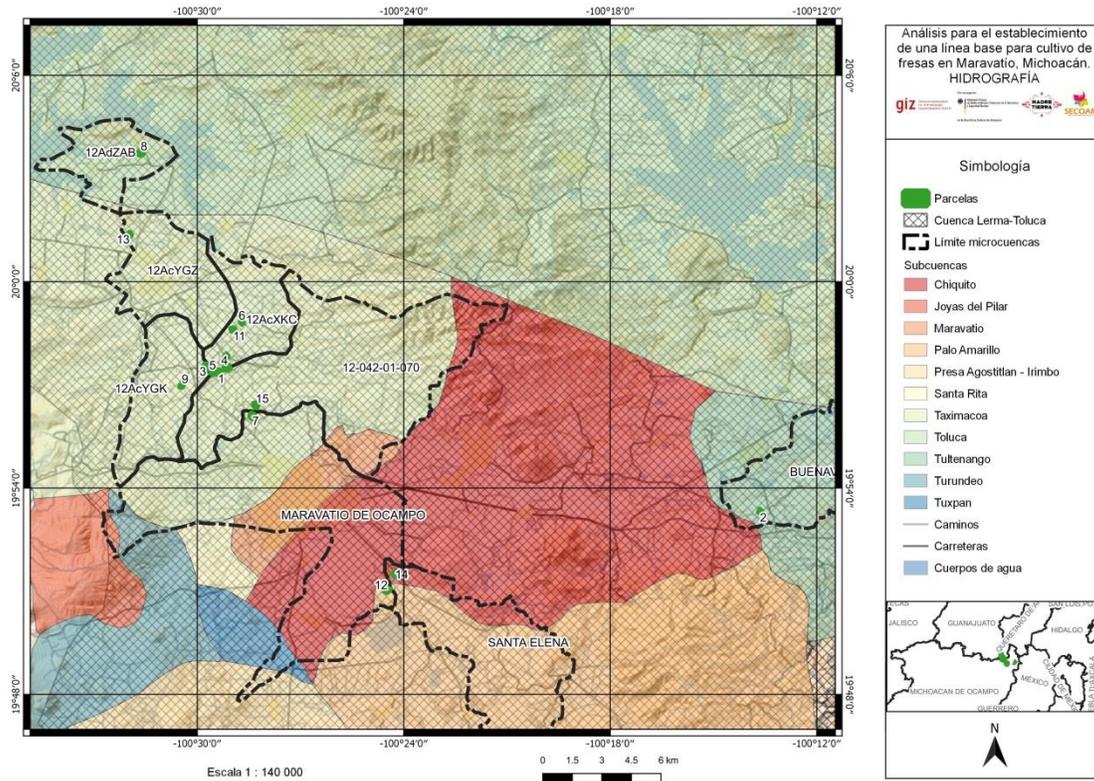
Se usó la información de Base Referencial Mundial del Recurso Suelo para complementar la descripción de las características de los tipos de suelo presentes (IUSS Grupo de Trabajo WRB 2015) (Tabla 6).

Tabla 6 Características de los suelos en los que se encuentran las parcelas

Tipo de suelo	Características	Parcelas
Feozem	Tienen un horizonte móllico; y una saturación de bases (por NH_4OAc 1 M, pH 7) de $\geq 50\%$ en todo el espesor hasta una profundidad de 100 cm de la superficie del suelo o hasta roca continua, material duro técnico o una capa cementada o endurecida, lo que esté a menor profundidad.	3, 5, 6, 8-11, 15, 16
Andosol	Tienen una o más capas con propiedades ándicas o vítricas con un espesor combinado de ya sea: a. ≥ 30 cm dentro de ≤ 100 cm de la superficie del suelo y que comienzan a ≤ 25 cm de la superficie del suelo; o b. $\geq 60\%$ de todo el espesor del suelo, si roca continua, material duro técnico o una capa cementada o endurecida comienza entre > 25 y ≤ 50 cm de la superficie del suelo; y no tienen un horizonte árgico, ferrálico, petroplíntico, pisoplíntico, plíntico o spódico, a menos que esté enterrado a más de 50 cm de la superficie del suelo mineral.	1, 2, 4, 12
Vertisol	Presentan un horizonte vértico que comienza a ≤ 100 cm de la superficie del suelo; y $\geq 30\%$ de arcilla entre la superficie del suelo y el horizonte vértico en todo el espesor; y grietas de expansión y contracción que comienzan: a. en la superficie del suelo; o b. en la base de una capa de arado; o c. a ≤ 5 cm de la superficie del suelo si hay una capa superficial de elementos estructurales granulares fuertes de ≤ 10 mm de tamaño (superficie self-mulching); o d. a ≤ 3 cm de la superficie del suelo si existe una costra superficial; y que se extienden hasta el horizonte vértico.	7, 13, 14.

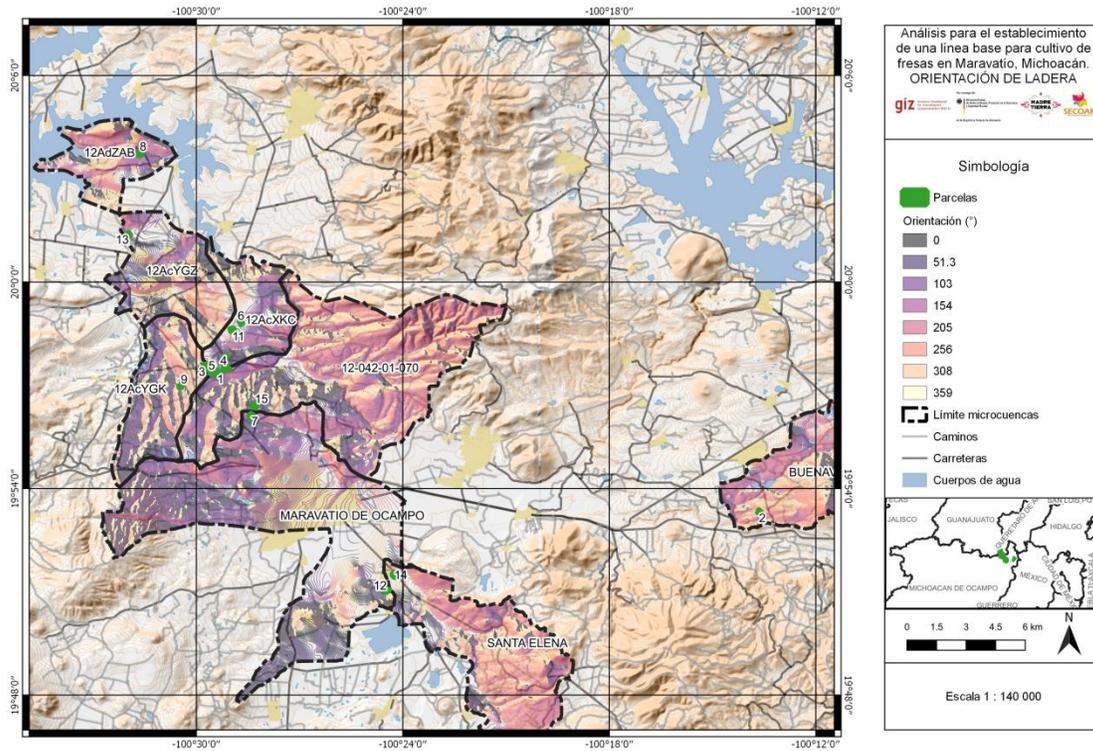
4.1.9 Información hidrológica

El área de los tres municipios corresponde en su mayor parte a la cuenca Río Lerma-Toluca, contiene 13 subcuencas y 44 microcuencas. Las parcelas se ubican en 11 subcuencas: en la de Toluca (parcela 8), Chiquito (parcela 14), Tultenango (parcela 2), Palo amarillo (parcela 12) y Taximacoa el resto de las parcelas (Mapa 9).

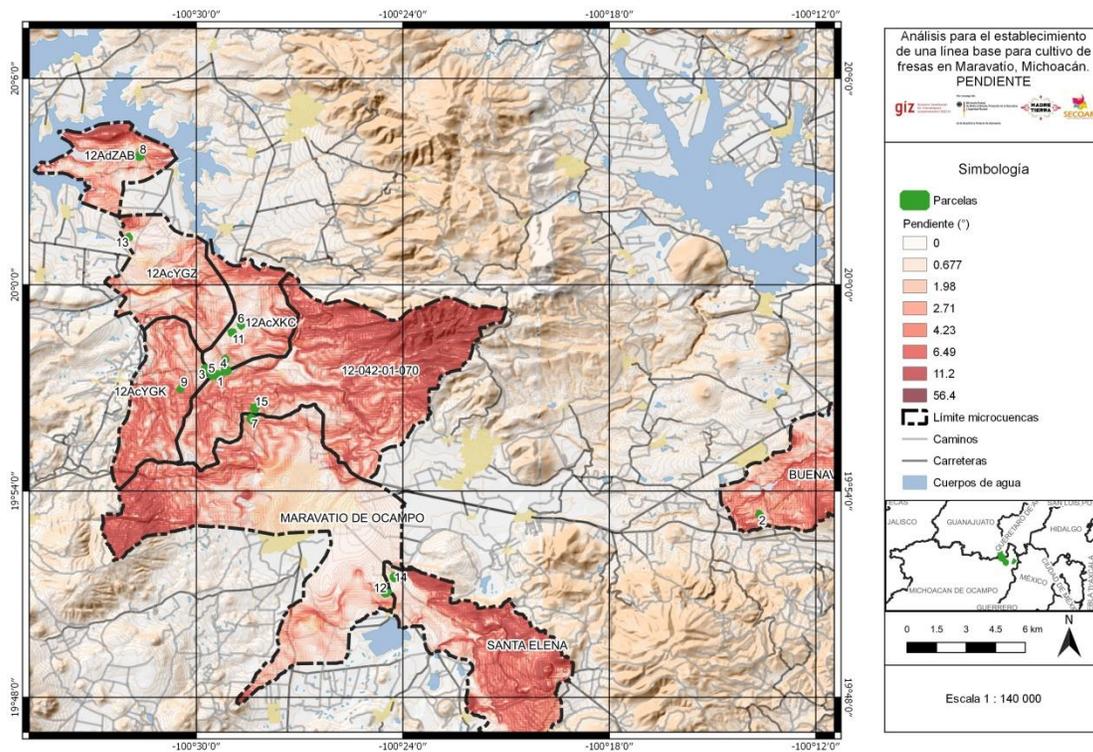


4.1.10 Orientación y pendiente

A partir de la información del Continuo de elevaciones mexicano correspondiente a cada carta escala 1:50 000 (INEGI 2013), se generaron las capas de orientación de ladera y de estimación de pendiente. En el área que ocupan las microcuencas la orientación de ladera va de 0 a 359°, mientras que las parcelas se orientan de 0 a 326° (Mapa 10). En cuanto a pendiente, en las áreas de las microcuencas va de 0 a 57°, con el 65.26% de la superficie en pendientes de 0 a 10°. Cabe señalar que las parcelas tienen una pendiente que va de 0 a 6.82° (Mapa 11).



Mapa 10 Orientación de ladera en el área de los municipios en los que se encuentran las parcela

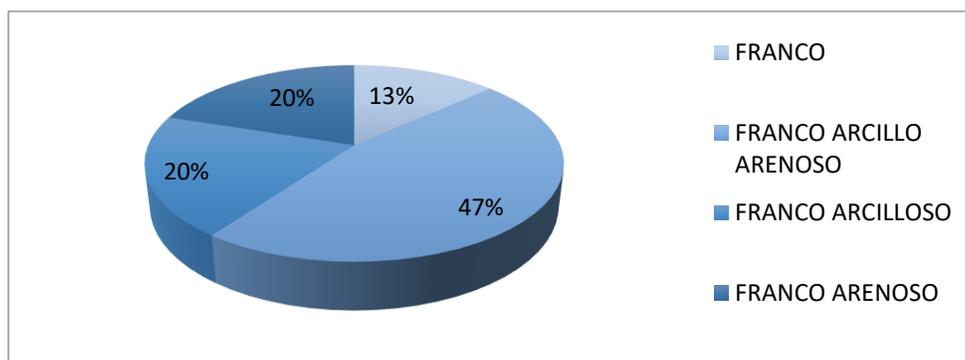


Mapa 11 Pendiente en el área de los municipios en los que se encuentran las parcelas

4.2 Análisis de fertilidad de suelos

4.2.1 Textura incluyendo tasa de arcilla

Los resultados de laboratorio indican que en la zona de estudio se encuentran suelos de texturas: Franco (13%); Franco Arcillo Arenoso (47%); Franco Arcilloso (20%) y Franco Arenoso (20%), lo cual refleja que predominan las texturas francas, es decir, son suelos de bajos contenidos de arcilla, con tasas del 10 al 40%; arena con tasas de 30 a 85% y limo con tasas menores al 40%. Estos suelos son de mediana retención de humedad, altos niveles de aireación, buen drenaje y baja capacidad de retención de nutrientes (Gráfica 8).



Gráfica 8 Textura de los suelos de las parcelas estudiadas

Cada tipo de textura determina la humedad máxima que ese suelo puede retener, durante el riego, una vez superado ese nivel, el suelo se satura y el agua empieza a escurrir. En la tabla 7 se presentan valores promedio de la humedad máxima que el suelo es capaz de almacenar, al rebasar ese volumen, el agua aplicada a los cultivos no será aprovechada e implica un desperdicio y posibles problemas por enfermedades causadas por hongos.

Tabla 7. Humedad aprovechable por cada tipo de textura.

	Humedad aprovechable (%)	Humedad aprovechable (m ³ /ha)
Arenoso	7.14	343
Areno francoso	8.34	400
Franco arenoso	7.82	328
Franco	13.6	571
Franco arcillo arenoso	9.52	400
Franco arcilloso	13.7	575
Franco arcillo limoso	17.07	563
Franco limoso	17.94	753
Arcillo arenoso	9.14	302
Arcillo limoso	16.17	534
Arcilloso	12.32	407
Limoso	21.92	921

Fuente: (Catalán, Sánchez, Villa, Inzunza, & Mendoza, 2007).

4.2.2 Porosidad

La porosidad está constituida por los espacios entre los componentes minerales del suelo, es decir, arena, limo y arcilla. A mayor tamaño de las partículas se tiene menor espacio poroso, por lo tanto, suelos con texturas gruesas tienen menos espacio poroso, en consecuencia, menos capacidad de almacenamiento de agua y nutrientes. El promedio de los suelos de la zona de estudio presenta texturas medias a gruesas que dan al suelo una porosidad promedio del 54%, este espacio es el que determina la cantidad de aire y agua que puede haber en el suelo.

4.2.3 Salud de los suelos

La salud del suelo está determinada por factores físicos, químicos y biológicos. La Profundidad del suelo, Densidad Aparente e Infiltración son los factores físicos más importantes; Capacidad de intercambio de cationes (CIC) y la presencia de metales tóxicos definen la salud química; y la salud biológica está determinada por la cantidad y diversidad de microorganismos como hongos, nematodos y bacterias y por organismos de mayor tamaño como las lombrices. Todos estos factores tienen en común el más importante de ellos, la materia orgánica, la cual da salud física, química y biológica al suelo.

4.2.3.1 Profundidad del suelo

Se considera un suelo profundo a aquel que rebasa los 60 cm de profundidad, suelos menores a 30 cm son considerados como delgados.

En promedio la profundidad de los suelos estudiados fue de 42 cm, lo que los define como suelos medianamente profundos, e indica que a esa profundidad las raíces de las plantas penetran sin problema, y los nutrientes, agua y oxígeno se encuentran en cantidades suficientes y equilibradas. Si bien las raíces de los cultivos pueden llegar a más de un metro de profundidad, en la mayoría de los casos el 80% de sus raíces se encuentran en los primeros 30 cm, por lo que la profundidad de los suelos de la zona de estudio no es limitante para los cultivos que en ellos se establezcan.

4.2.3.2 Densidad Aparente

Este parámetro indica el grado de compactación que puede tener el suelo. La densidad aparente del suelo varía entre de 1.0 a 1.6 g/cm³, en función de la clasificación textural; densidades aparentes superiores a este rango indican problemas de dureza y compactación del suelo.

4.2.3.3 Respiración del suelo

Todos los organismos del suelo emiten dióxido de carbono (CO_2) en su proceso respiratorio, la cantidad de CO_2 liberado por los microorganismos está directamente relacionado con la cantidad de estos que habitan en el suelo, por lo tanto, una liberación de CO_2 baja indica bajas poblaciones de microorganismos. Esta clasificación (Baja, Media o Alta) se indica en el resultado de análisis de laboratorio.

En los suelos de la zona de estudio se tiene un promedio de 259 mg de CO_2 /kg de suelo, que refiere la clasificación Media para este parámetro, por lo tanto, la cantidad de microorganismos presentes en estos suelos se considera también media. Dado que la materia orgánica es la principal condicionante de la cantidad de microorganismos presentes en el suelo, incrementar su porcentaje incrementaría el número de microorganismos y por ende la salud del suelo.

4.2.3.4 Metales pesados.

La presencia de metales pesados, en altas cantidades y en combinación con pH menor a 5, alteran el desarrollo radicular de los cultivos por intoxicación e inhiben la presencia de microorganismos. Los resultados de laboratorio indican para la zona de estudio pH de Moderadamente ácido (5.1-6.5) a neutro (6.6-7.3) que en combinación con la presencia de solo Níquel y Aluminio, ambos en cantidades bajas, no representan amenaza ni para los microorganismos del suelo ni para los cultivos.

4.2.3.5 Capacidad de intercambio de cationes (CIC)

La capacidad de intercambio de cationes (calcio, magnesio, potasio, amonio, hierro, cobre, manganeso, sodio, aluminio e hidrogeno), determina la cantidad de cationes que el suelo es capaz de retener e intercambiar con las demás partículas del suelo. En este intercambio las raíces de las plantas pueden absorber nutrientes. Suelos arenosos tienen menor capacidad de intercambiar cationes, lo que los hace menos fértiles que los arcillosos. Este parámetro es de utilidad para determinar la cantidad de fertilizantes a utilizar, así como la frecuencia de aplicación. En promedio la CIC de los suelos analizados de Maravatío es baja, por predominar la textura arenosa del suelo, este parámetro puede mejorar con aplicaciones de materia orgánica.

4.2.3.6 Lombrices en suelo.

Las lombrices junto con otros organismos del suelo como ácaros, colémbolos, entre otros, forman parte también de la diversidad poblacional del suelo y su presencia constituye un

indicador de su calidad y salud. De acuerdo a (Aboukacem, 2014) las lombrices tienen efectos positivos en las propiedades físicas del suelo, pero también las poblaciones son disminuidas por la labranza intensiva en suelos franco arcillosos.

En este estudio se cuantificó la cantidad de lombrices por metro cuadrado, encontrándose valores promedio muy bajos, de 16.8 individuos/m², muy por debajo de lo reportado por (Boschini-Figueroa, 2009) que encontraron en promedio 170 lombrices/m² en una finca de bovinos en Costa Rica en Andosoles. Si bien el estiércol de los bovinos propicia que exista un mayor número de lombrices, es muy grande la diferencia con lo obtenido en el estudio de Maravatío. En un estudio en tabasco (Huerta, Rodríguez-Olán, Evia-Castillo, Montejo-Meneses, & de la Cruz-Mondragón, 2005) encontraron en cultivos de maíz de 20 a 150 individuos/m² y hasta 250 individuos por metro cuadrado en cultivo de mango. De acuerdo a la Guía para la Evaluación de la Calidad y Salud del suelo (USDA, 1999) el número de lombrices en sistemas agrícolas es de alrededor de 100 individuos por metro cuadrado y de acuerdo a esta misma Guía, el laboreo excesivo puede matar alrededor del 25% de estos organismos. La estación del año también influye en el número de lombrices, generalmente se encuentran más en estaciones cálidas y húmedas (primavera-verano) que en temporadas frías. En un estudio en Argentina (Carolina Elisabet-Masín., 2011) encontraron en verano 72 individuos/m² y 52 en el otoño en cultivos de soja y trigo.

4.2.3.7 Materia orgánica.

La materia orgánica del suelo está compuesta por sustancias de origen vegetal y animal, que estuvieron vivos en algún momento y están incorporados al suelo formando humus y otros compuestos. La materia orgánica contiene nutrientes y otras sustancias que constituyen el factor fundamental para conocer la salud de los suelos, ya que se relaciona con todos los demás parámetros y mejora las propiedades físicas, químicas y biológicas. Los porcentajes óptimos de materia orgánica son de 3 a 5%, valores medios de 2 a 3% y bajos los menores a 2%.

Los resultados obtenidos en este estudio indican bajos porcentajes de materia orgánica (<2%). Entre otros factores la principal causa es el tiempo que estos suelos han estado expuestos a la agricultura intensiva, además de que la incorporación de residuos orgánicos, compostas, estiércoles, abonos verdes u otros, han sido insuficientes o nulas.

Para llegar a los valores óptimos de materia orgánica, se debe realizar un programa para cada parcela, que contemple: fuentes debidamente analizadas en laboratorio para conocer las concentraciones de humus, nutrientes y patógenos; dosis y frecuencia; así como la forma de aplicación, determinando el tiempo en el que se espera alcanzar los resultados deseados.

Ejemplo. Para elevar un punto porcentual con una composta que contiene 15% de materia orgánica, en un suelo franco arcillo arenoso que tiene un peso de 4200t/ha se requieren 42 toneladas por ha de materia orgánica. Si la composta tiene 15% de MO entonces se deben aplicar 280 t/ha de composta. Si estos resultados se esperan alcanzar en cinco años se deberá fraccionar esa cantidad en ese periodo de tiempo tomando en cuenta los momentos en que se realiza la preparación del suelo para su aplicación.

4.2.3.8 Clasificación de Salud del Suelo

La salud del suelo está determinada por diferentes parámetros que son: la cantidad y diversidad de microorganismos determinada por la Respiración; capacidad de intercambio catiónico (CIC); porcentaje de materia orgánica (MO); presencia de metales pesados, en esta zona solo se encontró Níquel (Ni) y Aluminio (Al); cantidad y diversidad de lombrices, Densidad aparente y; profundidad del suelo.

La clasificación otorgada en este estudio para cada uno de los parámetros es Baja, Media o Alta y se determina en función del valor obtenido y el rango en el que se encuentre. La misma clasificación se otorga para determinar la Salud del suelo en cada parcela, considerando la frecuencia de clasificaciones (Baja, Media y Alta) de todos los parámetros. De las 15 parcelas analizadas hay 4 con salud del suelo baja y 11 con salud media. Se observa en general que la salud del suelo de la zona de estudio es Media y que los parámetros limitantes son: Capacidad de Intercambio de Cationes (CIC); porcentaje de Materia Orgánica y número de lombrices en el suelo, los dos últimos con alta relación entre sí. Es necesario se dé prioridad al manejo de estos parámetros, sin descuidar los demás que están en condición media (Tabla 8).

Tabla 8 Parámetros que determinan la salud del suelo

Parcelas	Respiración (mg de CO ₂ /Kg)*****	CIC (meq/100g)*	MO (%)**	Ni (ppm)***	AI (ppm)***	Lobricas /m ² ****	Densidad Aparente (g/cm ³)*****	Profundidad del Suelo (cm)*****	Clasificación
SECOAM-GIZ-1	173.0	8.2	14	0.0	53.6	8.0	13	40.0	Media
SECOAM-GIZ-10	116.0	8.6	0.9	0.0	0.2	8.0	12	40.0	Baja
SECOAM-GIZ-11	157.0	8.3	11	0.0	10.1	36.0	13	40.0	Media
SECOAM-GIZ-12	209.0	13.9	11	0.0	2.2	0.0	12	50.0	Media
SECOAM-GIZ-13	157.0	9.6	0.9	0.0	0.0	16.0	12	40.0	Media
SECOAM-GIZ-14	193.0	17.6	19	9.1	0.0	8.0	12	50.0	Media
SECOAM-GIZ-15	127.0	10.6	10	0.0	0.0	12.0	12	45.0	Media
SECOAM-GIZ-2	259.0	15.5	16	0.0	0.2	24.0	12	25.0	Baja
SECOAM-GIZ-3	124.0	9.1	0.7	0.0	2.6	28.0	13	60.0	Baja
SECOAM-GIZ-4	162.0	5.0	0.4	0.0	3.4	0.0	12	50.0	Media
SECOAM-GIZ-5	85.3	4.5	0.9	0.0	9.0	0.0	13	35.0	Baja
SECOAM-GIZ-6	204.0	12.6	14	0.0	0.0	8.0	12	30.0	Media
SECOAM-GIZ-7	231.0	9.2	16	0.0	0.0	12.0	12	35.0	Media
SECOAM-GIZ-8	231.0	10.2	0.9	0.0	0.0	88.0	12	50.0	Media
SECOAM-GIZ-9	184.0	8.0	11	0.0	4.4	4.0	11	40.0	Media
Promedio	174.2	10.1	1.1	0.6	5.7	16.8	1.2	42.0	
Clasificación	Media	Baja	Baja		Alta	Baja	Media	Media	Media

*>15 Alto, 10-15 Medio, <10 Bajo; **>3 Alto, 2-3 Medio, <2 Bajo; ***Resultado de Análisis; ****>100 Alto, 50-100 Medio, <50 Bajo; *****>60 Alto, 30-60 Medio, <30 Bajo; *****>1.6 Alto, 1-1.6 Medio; *****>300 Alto, 130-300 Medio, <130 Bajo.

El símbolo de cada celda representa la clasificación Alta ▲ (salud del suelo favorable), Media ■ o Baja ▼ (salud del suelo desfavorable) para ese parámetro y parcela en particular.

4.2.4 Capacidad de Infiltración de agua

Este parámetro define la capacidad del suelo para permitir el paso del agua desde la superficie a su interior. Se mide en mm/h y depende de la textura. Suelos de textura arcillosa tienen valores menores a 5mm/h; suelos francos de 5 a 30 mm/h; y suelos arenosos, mayores a 30mm/h.

Un suelo con buena capacidad de infiltración está menos propenso a inundaciones, encharcamientos y escurrimientos superficiales de agua de riego. La velocidad de infiltración está definida por la textura, suelos arcillosos serán más lentos en este proceso, pudiendo inundarse o encharcarse en menos tiempo que los arenosos.

La tasa de infiltración en promedio fue de 24mm/h, es un valor típico de suelos con texturas gruesas como los que predominan en la zona de estudio. Esta característica es de utilidad para determinar tiempos y selección del tipo de riego (Tabla 9).

La infiltración de agua en las parcelas de estudio se lleva a cabo solo en la superficie ocupada por la cintilla, que equivale aproximadamente al 25% de la superficie total por ha, de acuerdo a la

información obtenida en campo se infiltran en promedio 24mm/h, lo que indica que por hectárea se pueden infiltrar solo 60m³ por hora, por tanto se recomienda que el flujo máximo de riego por ha no supere los este valor para evitar que el agua escurra a zonas en la que no puede ser aprovechada por el cultivo y sea desperdiciada.

Tabla 9 Capacidad de infiltración de las parcelas muestreadas

Parcelas	(mm/h)
SECOAM-GIZ-1	17
SECOAM-GIZ-10	33
SECOAM-GIZ-11	27
SECOAM-GIZ-12	18
SECOAM-GIZ-14	20
SECOAM-GIZ-15	28
SECOAM-GIZ-2	14
SECOAM-GIZ-3	25
SECOAM-GIZ-4	38
SECOAM-GIZ-5	20
SECOAM-GIZ-7	31
SECOAM-GIZ-8	21
SECOAM-GIZ-9	20
Promedio	24

4.2.5 Curvas de absorción de nutrientes

Las cantidades correctas de nutrientes, así como las fechas de aplicación deben estar basadas en los requerimientos del cultivo, de acuerdo a (Aguilar Tlatelpa, 2011) en un estudio realizado en Zamora Michoacán, el cultivo de fresa con una población de 50 000 plantas/ha, tienen un rendimiento de 50t/ha, es decir, un kg por planta. Refiere que la variedad Albión y Festival requieren por etapa las cantidades de nutrientes que se presentan en la Tabla 10.

La mayor demanda de nutrientes para Nitrógeno (N), Potasio (K), Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Azufre (S), Sodio (Na), Fierro (Fe), Manganeseo (Mn), Zinc (Zn) y Boro (B) son las etapas vegetativa y cosecha; el Fosforo (P) es más demandado por la planta en etapa de maduración y cosecha para la variedad Albión. En el caso de Festival, la mayor demanda de nutrientes para N, K, Ca, Mg, S, Na, Mn y Zn también son las etapas: vegetativa y cosecha; mientras que el P, Fe y B son más demandados por la planta en etapa de maduración y cosecha. Esta cantidad no

considera la eficiencia del fertilizante, por lo que al momento de realizar las aplicaciones se debe tomar en cuenta el factor eficiencia.

Cómo se puede observar cada variedad requiere distintas cantidades de un mismo nutriente por etapa fisiológica, y al total requerido en todo el ciclo se le conoce como “requerimiento del cultivo”, que es la cantidad necesaria para que la planta desarrolle todo su potencial productivo; aplicar una mayor cantidad no implica que se obtenga un mayor rendimiento. Además, cada parcela dispone de cantidades específicas de cada nutriente, por lo que para determinar las cantidades de fertilizante a aplicar se deben considerar los resultados de análisis de suelo y los requerimientos del cultivo en todo el ciclo.

Tabla 10 Requerimientos de nutrientes por etapa fenológico para las variedades Albión y Festival

		Kg/ha										
ddt*	Etapa fenológica	N	P	K	Ca	Mg	S	Na	Fe	Mn	Zn	B
Albión												
0	Trasplante	6	1	9	3	2	1	0.2	0.36	0.03	0.01	0.12
0-60	Vegetativa	52	16	102	34	17	8	6.1	0.38	0.15	0.17	0.77
60-90	Floración	4	2	14	4	1	1	0.4	0.05	0.004	0.01	0.09
90-120	Maduración	14	17	26	8	2	4	0.4	0.27	0.01	0.05	0.64
120-165	Cosecha	76	52	275	60	37	13	11.2	1.92	0.26	0.13	3.38
	Total	151	88	427	110	59	27	18	3	0.5	0.4	5
Festival												
0	Trasplante	6	1	13	4	3	2	1	0.4	0.03	0.02	0.13
0-60	Vegetativa	49	16	102	36	15	7	5	0.5	0.17	0.17	0.63
60-90	Floración	10	3	24	1	1	0	1	0.25	0.05	0.01	0.19
90-120	Maduración	32	24	14	21	11	7	2	0.59	0.08	0.09	1.89
120-165	Cosecha	91	43	218	110	42	21	18	3.79	0.54	0.28	3.37
	Total	188	87	371	171	72	36	27	6	1	1	6

Fuente: (Aguilar Tlatelpa, 2011)

*ddt: días después del trasplante

4.2.6 Nivel de conservación de los suelos

Los parámetros que integran el nivel de conservación de suelo son: porcentaje de materia orgánica; conductividad hidráulica; profundidad del suelo; el número de horizontes; estructura del suelo y los pasos de maquinaria. Cada parámetro se explica a continuación.

4.2.6.1 Materia orgánica

El porcentaje de materia orgánica influye de manera directa en el nivel de conservación del suelo, al ser un aglutinador de sus agregados y proporcionar una buena estructura. En la zona de estudio se observa que el suelo no tiene buena estructura, principalmente por los bajos niveles de materia orgánica, que va de 0.4 a 1.9%, siendo el óptimo un porcentaje mayor a 3.

4.2.6.2 Conductividad hidráulica.

La conductividad hidráulica (CH) del suelo es la facilidad que tiene para que el agua fluya en su interior, es decir, el suelo y su espacio poroso sirven de ductos en los que el agua circula de manera vertical y horizontal. Esta propiedad física es un indicador de la estabilidad de la estructura y el grado de compactación del suelo (Castellanos, 2000).

El agua fluye en el suelo debido a varios tipos de fuerzas como son: gravedad, ascenso capilar y ósmosis. La conductividad hidráulica está condicionada por la textura, el porcentaje de sodio intercambiable (PSI) y la materia orgánica contenida en el suelo (FAO, 2019). Este parámetro es de utilidad para determinar tiempos de riego y volumen de agua. En la zona de estudio se encontró que la Conductividad Hidráulica es de 5.5 cm/h, de acuerdo a los indicadores, es considerada como “Alta”, lo que indica la velocidad con que fluye el agua a través del suelo. Para la zona de estudio, significa que los tiempos de riego deben ser cortos y frecuentes. Es decir, si actualmente riegan dos horas cada cuatro días, se puede reducir a regar una hora cada dos días, o media hora cada día.

4.2.6.3 Profundidad del suelo

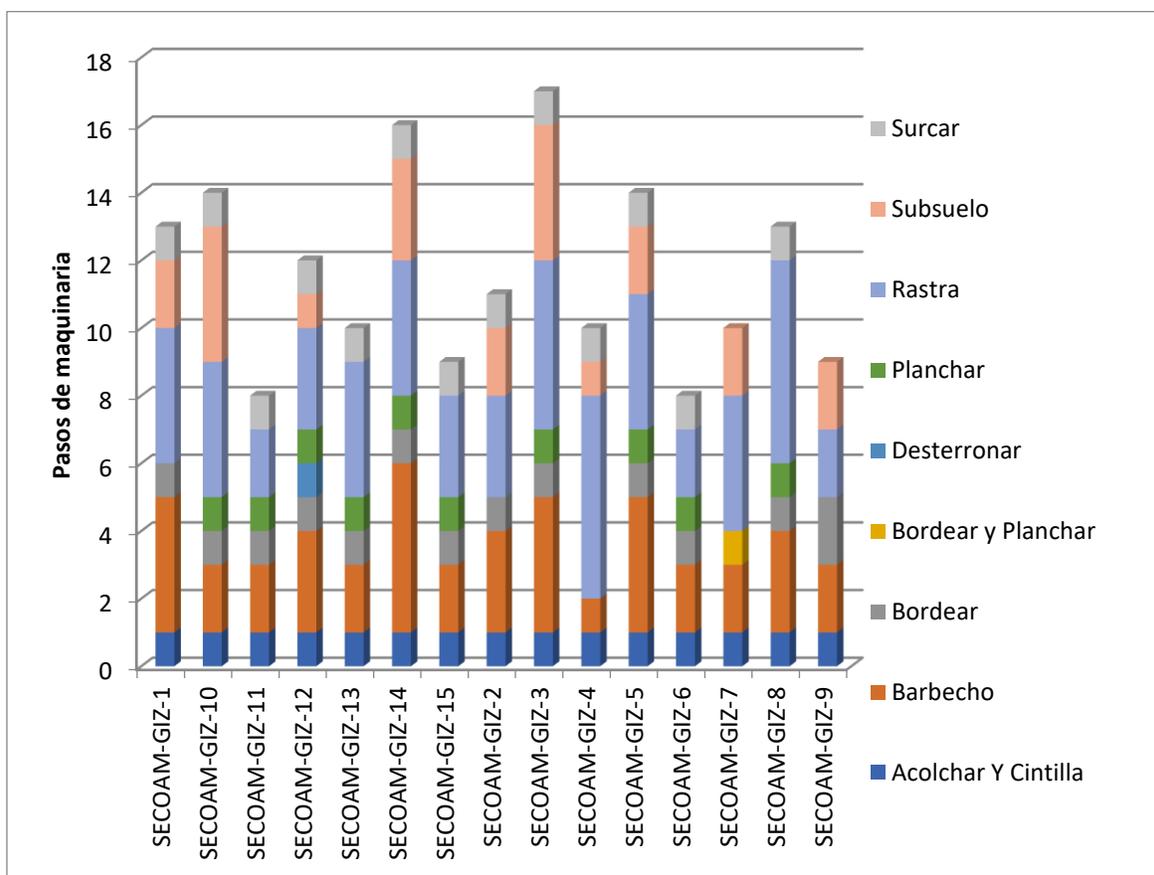
La profundidad influye también en el nivel de conservación al ser uno de los más afectados en caso de pérdida o erosión. Por la profundidad promedio presente en los suelos (42 cm) de la zona de estudio se puede considerar como medianamente conservados.

4.2.6.4 Número de horizontes del suelo

En los suelos de la zona de estudio solo se observaron dos horizontes, textura arcillosa después de los 20 a 30 cm, lo que evidencia la lixiviación de arcillas al horizonte inferior dejando sin estructura el horizonte superior. Es evidente que el horizonte superficial en el que debiera tener contenidos altos en materia orgánica ya se ha degradado por el excesivo laboreo, y por el tiempo que lleva cultivándose.

4.2.6.5 Los pasos de maquinaria

Son la suma de pasos de maquinaria para realizar las actividades desde preparación del terreno hasta antes del trasplante del cultivo. Las actividades que mencionaron los productores fueron 9, con diferentes repeticiones cada una. En general se observa un excesivo laboreo en las parcelas ya que en promedio realizan 12 pasos de maquinaria, con un rango de 8 a 17 pasos totales (Gráfica 9).



Gráfica 9 Número y tipo de Prácticas agrícolas por parcela.

De las actividades mencionadas, las siguientes: subsuelo, barbecho y rastra, son las que más se repiten e influyen en la degradación física del suelo, deforman la estructura y exponen a todos los organismos al sol y al aire, disminuyendo así la biodiversidad e incrementando los costos de producción considerablemente. En la Tabla 11 se observa el número de pasos de cada una de estas actividades, cuyo rango va de 4 a 13.

Tabla 11 Actividades que determinan el parámetro Pasos de Maquinaria

Parcelas	Barbecho	Rastra	Subsuelo	Pasos de maquinaria
SECOAM-GIZ-1	4	4	2	10
SECOAM-GIZ-10	2	4	4	10
SECOAM-GIZ-11	2	2		4
SECOAM-GIZ-12	3	3	1	7
SECOAM-GIZ-13	2	4		6
SECOAM-GIZ-14	5	4	3	12
SECOAM-GIZ-15	2	3		5
SECOAM-GIZ-2	3	3	2	8
SECOAM-GIZ-3	4	5	4	13
SECOAM-GIZ-4	1	6	1	8
SECOAM-GIZ-5	4	4	2	10
SECOAM-GIZ-6	2	2		4
SECOAM-GIZ-7	2	4	2	8
SECOAM-GIZ-8	3	6		9
SECOAM-GIZ-9	2	2	2	6
Promedio	2.7	3.7	2.3	8
Máximo	5	6	4	13
Mínimo	1	2	1	4
calificación				Excesiva

4.2.6.6 Clasificación del Nivel de Conservación

La clasificación otorgada en este estudio para cada uno de los parámetros es “Baja, Media o Alta” y se determina en función del valor obtenido y el rango en el que se encuentre. La misma clasificación se otorga para determinar el Nivel de Conservación del suelo en la parcela, considerando la frecuencia de clasificaciones (Baja, Media y Alta) de todos los parámetros.

Los suelos de la zona de estudio se clasifican con un “Bajo nivel de conservación”, siendo la gran cantidad de pasos de maquinaria y los bajos niveles de materia orgánica los factores que más influyen (Tabla 12).

Se recomienda ampliamente reducir los pasos de maquinaria por laboreo. Las actividades de preparación deben realizarse oportunamente con condiciones de humedad del suelo adecuada, con la finalidad de optimizar recursos económicos y minimizar sus efectos negativos en el suelo. Adicionalmente, tal como se comentó en el apartado de Salud del Suelo, es necesario incrementar el % de MO.

Tabla 12 Indicadores del Nivel de conservación del Suelo.

Parcela	Profundidad del Suelo (cm) *****	Número de horizontes ***	Estructura ****	% MO **	Conductividad Hidráulica (cm/h) *****	Pasos de Maquinaria *	Clasificación de Parcela
SECOAM-GIZ-1	40	2	-	1.41	6.3	10	Baja
SECOAM-GIZ-10	40	2	-	0.9	7.9	10	Baja
SECOAM-GIZ-11	40	2	-	1.14	7.8	4	Baja
SECOAM-GIZ-12	50	2	-	1.13	3.1	7	Baja
SECOAM-GIZ-13	40	1	-	0.89	5.3	6	Baja
SECOAM-GIZ-14	50	2	-	1.94	3.1	12	Baja
SECOAM-GIZ-15	45	2	-	1.01	7.8	5	Baja
SECOAM-GIZ-2	25	1	-	1.6	3.5	8	Baja
SECOAM-GIZ-3	60	2	-	0.65	6.7	13	Baja
SECOAM-GIZ-4	50	2	-	0.4	0.1	8	Baja
SECOAM-GIZ-5	35	2	-	0.85	8.2	10	Baja
SECOAM-GIZ-6	30	1	-	1.38	5.8	4	Baja
SECOAM-GIZ-7	35	2	-	1.57	5.8	8	Baja
SECOAM-GIZ-8	50	2	-	0.86	5.3	9	Baja
SECOAM-GIZ-9	40	2	-	1.12	6.7	6	Baja
Clasificación de parámetro	Media	Baja	Baja	Baja	Alta	Baja	BAJA

* <5 Alta, 5-6 Media, >6 Baja; **>3 Alto, 2-3 Medio, <2 Bajo; ***5 Alto, 3-4 Medio, <3 Bajo; **** 3 Alta, 2 Media, <2 Baja; *****>60 Alto; 30-60 Medio, <30 Bajo; *****>5 Alta, 3-5 Media, <3 Baja.

El símbolo de cada celda representa la clasificación Alta ▲ (nivel de conservación favorable), Media ■ o Baja ▼ (nivel de conservación desfavorable) para ese parámetro y parcela en particular.

4.2.7 Rotación de cultivos (frecuencia y tipo de cultivos con lo que se realiza la rotación)

El ciclo del cultivo de fresa es de 2 años en promedio, después de la fresa hacen rotación con otros cultivos, los más utilizados son Maíz y Haba, aunque también se utilizan brócoli, coliflor, cebolla, frijol, jitomate, calabacita y tomate (Tabla 13). Al periodo entre cada ciclo de fresa los productores le llaman descanso. El 86% de los productores refieren destinar de 3 meses hasta a 5 años de descanso para la parcela, el periodo más común es de un año.

Tabla 13 Cultivos que se establecen en rotación con cultivo de fresa.

Cultivos de Rotación	Parcelas	Años de descanso
Brócoli, coliflor, cebolla	SECOAM-GIZ-07	5
Cebolla	SECOAM-GIZ-04	2
Frijol	SECOAM-GIZ-03	5
Haba, maíz	SECOAM-GIZ-15	1
	SECOAM-GIZ-01	1
	SECOAM-GIZ-05	1
Maíz	SECOAM-GIZ-10	1

Cultivos de Rotación	Parcelas	Años de descanso
	SECOAM-GIZ-11	1
	SECOAM-GIZ-13	1
	SECOAM-GIZ-14	1
	SECOAM-GIZ-02	1
	SECOAM-GIZ-06	3
Maíz, cebolla o jitomate	SECOAM-GIZ-12	3
Maíz, frijol, calabaza	SECOAM-GIZ-09	3
Tomate, calabacita y chile	SECOAM-GIZ-08	0.25

4.2.8 Otras variables que se consideren relevantes

Se consideró relevante determinar la Capacidad de Almacenamiento de Agua del suelo y la Conductividad Eléctrica del suelo, ya que estos dos indicadores son factores importantes para diseñar planes de riego y fertilización.

La Capacidad de Almacenamiento de agua del suelo se define como la cantidad de agua que el suelo puede almacenar y retener después de haber drenado el exceso y está determinada por la textura. Los suelos de la zona de Maravatío tienen en promedio una capacidad de almacenar agua de 8.8%, es decir que almacenan ese porcentaje con respecto a su peso total. Por ejemplo: una hectárea de suelo a 30cm de profundidad y una Densidad Aparente de 1.2g/cm³ que pesa 3600t, puede almacenar solo 316.8 m³ de agua, este parámetro es muy importante para usar la cantidad exacta y no desperdiciar agua en los riegos. Se identificaron parcelas donde se aplica más agua de la que el suelo puede retener aún si el suelo estuviera completamente seco, esto provoca que los fertilizantes aplicados y los nutrientes del suelo sean arrastrados a zonas más profundas que la raíz no logra alcanzar e incluso fuera de la parcela llegando a cuerpos de agua donde tienen otras repercusiones con respecto a la biodiversidad (Tabla 14).

Tabla 14 Otras variables relevantes del Suelo

Parcelas	Capacidad de almacenamiento de agua (%)	CE (ds/m)
SECOAM-GIZ-1	8.875	0.68
SECOAM-GIZ-10	6.9	0.39
SECOAM-GIZ-11	7.497	0.22
SECOAM-GIZ-12	11.781	0.55
SECOAM-GIZ-13	9.317	0.31
SECOAM-GIZ-14	12.276	0.31
SECOAM-GIZ-15	8.28	0.25
SECOAM-GIZ-2	11.96	1.32

Parcelas	Capacidad de almacenamiento de agua (%)	CE (ds/m)
SECOAM-GIZ-3	8.3592	0.36
SECOAM-GIZ-4	6.5844	0.33
SECOAM-GIZ-5	6.477	0.31
SECOAM-GIZ-6	8.541	0.26
SECOAM-GIZ-7	9.12	0.7
SECOAM-GIZ-8	8.932	0.31
SECOAM-GIZ-9	7.3872	0.36
Promedio	8.8	0.4
Máximo	12.3	1.3
Mínimo	6.5	0.2

La Conductividad Eléctrica (CE) mide la concentración de sales solubles presentes en el suelo, estas sales hacen más difícil la entrada de agua a las raíces de las plantas. Los suelos de Maravatío tienen una Conductividad Eléctrica menor a 1.5ds/m, lo cual indica que están libres de sales que puedan ocasionar problemas al cultivo.

4. 3 Análisis del uso de fertilizantes y pesticidas

4.3.1 Tipos y cantidad de fertilizantes químicos.

De acuerdo a la información obtenida a través de las encuestas y revisión de bitácoras de los productores, se identificó el uso de 32 tipos de fertilizantes químicos, siendo el MAP el más utilizado, con 7 productores. El Calcio 18, triple 19, Solub 45, Solupotasse y Calcinit también son muy utilizados. Hay diferentes presentaciones de estos fertilizantes, tanto líquidos como sólidos. Todos son solubles y se aplican por medio del sistema de riego por goteo (Tabla 15).

Tabla 15 Principales tipos de fertilizantes químicos

Sólidos	Parcelas	Cantidad Aplicada kg/ha/año
00-12-46	1	25
Calcinit	3	406
Calcio 18	6	913
Cloruro De Potasio	2	288
Fosfonitrato	2	1178
Fosforo	1	75
Haifa 15 30 15	1	90
Map	7	442
Nitrato De Calcio	1	720
Nitrato De Mg	1	154
Nitrógeno	1	257
Nks Plus	1	280
Novatec 21	1	60
Npk	1	1500
Poly-Feed	1	368
Potasio	2	537
Solub 45	3	351
Solupotasse	3	238
Sulfato De Amonio	1	25
Triple 18	1	25
Triple 19	4	339
Triple 20	1	158
Ultrasol Inicial	1	150
Urea	2	1219
Solucros	1	63
12-43-12	1	438
Líquidos		l/ha/año
10-20-20	1	28
Acido Fosfórico	1	20
Boro	1	14
Fertigro	1	56
Mainstay-Calcio	1	4
Zinc	1	1

Las cantidades de fertilizante aplicadas varían desde 25 hasta 1500kg por hectárea por año. Los fertilizantes que se aplican en mayores cantidades son: Urea, NPK, Fosfonitrato, Calcio 18 y Nitrato de Calcio. Los fertilizantes líquidos se aplican en menores dosis respecto a los sólidos, la más alta es del Fertigro con 56 litros por hectárea por año.

De acuerdo con la curva de extracción nutrimental para la variedad Albión se requieren 151 kg/ha/año de N, considerando una eficiencia del 80%, esta cantidad aumenta a 181kg/ha/año de N.

La tabla 16 muestra la cantidad de Nitrógeno aplicado por hectárea por año, según los datos generados en la encuesta con los productores. Suponiendo que el fertilizante químico fuera la única fuente de Nitrógeno, se observa que hay 5 parcelas en las que se aplican dosis mayores a las requeridas por el cultivo y otras que no cubren el requerimiento. Se deduce que el uso de estos fertilizantes no siempre se basa en los requerimientos del cultivo, ni del análisis de suelo, a

pesar de que varios productores lo realizan, más bien es una decisión empírica o de acuerdo a recomendaciones de las casas comerciales (Tabla 16)

Tabla 16 Dosis de Nitrógeno por ha/año aplicado al cultivo de fresa.

Parcelas	Kg de N/ha/año
SECOAM-GIZ-1	
SECOAM-GIZ-10	
SECOAM-GIZ-11	190.375
SECOAM-GIZ-12	1901.25
SECOAM-GIZ-13	148.75
SECOAM-GIZ-14	206.1
SECOAM-GIZ-15	
SECOAM-GIZ-2	30.25
SECOAM-GIZ-3	
SECOAM-GIZ-4	231.4285714
SECOAM-GIZ-5	121.5
SECOAM-GIZ-6	67.5
SECOAM-GIZ-7	128.1375
SECOAM-GIZ-8	328.74
SECOAM-GIZ-9	55

La sobredosisificación de nutrientes no tiene impacto en el volumen de producción ya que una vez cubiertos los requerimientos del cultivo, cualquier exceso representa un gasto innecesario, además, puede ocasionar un desequilibrio ambiental. Como se menciona en el apartado de Curva de Extracción Nutricional, para aplicar la cantidad adecuada de fertilizantes se debe conocer lo que demanda el cultivo en cada etapa de su desarrollo, eficiencia de fertilizantes y su aplicación, así como la aportación de nutrientes que proporciona el suelo.

4.3.2 Tipos y cantidad de fertilizantes orgánicos.

La fertilización orgánica referida por los productores se basa en el uso de tres tipos de fertilizantes orgánicos y en muy pocas parcelas. Son productos líquidos que también son suministrados por el sistema de riego por goteo (Tabla 17).

Tabla 17. Tipos de fertilizantes orgánicos utilizados en el cultivo de fresa.

Fertilizantes Orgánicos	Parcelas	Cantidad Aplicada l/ha/año
Humus De Lombriz	1	40
Lixiviado De Lombriz	2	350
Materia Orgánica	1	1414

Todos son compuestos a base de humus y lixiviados de lombriz y el referido como materia orgánica es un compuesto líquido con alta concentración de ácidos húmicos. Es evidente que aún es bajo el uso de fertilizantes orgánicos, debido a que su efecto en la nutrición no es tan marcado en el corto plazo como un fertilizante químico, además, hay mucha variación en calidad y concentración nutrimental entre un mismo producto, lo que hace que los productores prefieran un químico cuyos efectos serán inmediatos y seguros. Es necesario que se utilice este tipo de fertilizantes para mejorar las condiciones del suelo y gradualmente ir reduciendo las cantidades de fertilizantes químicos hasta encontrar un equilibrio entre químicos y orgánicos en donde no se vean afectados los rendimientos del cultivo ni la biodiversidad de la zona.

4.3.3 Tipos y cantidad de biofertilizantes

Se define como biofertilizantes aquellos productos que contienen uno o más organismos, tales como *Azospirillum*, *Glomus*, *Trichoderma* y *Bacillus*, entre otros. Se encontró el uso de diez productos diferentes en presentaciones sólidas y líquidas, las cantidades de los primeros van desde 0.25 hasta 3kg por hectárea por año; mientras que en los líquidos van de 0.5 hasta 70 litros. Los productos más utilizados son compuestos de *Bacillus*, *Trichoderma* y Extracto de algas. Estos se aplican en el sistema de riego por goteo y por vía foliar (Tabla 18).

Tabla 18 Tipos de biofertilizantes utilizados en el cultivo de fresa

Sólidos	Parcelas	Cantidad Aplicada kg/ha/año
Algaplus	1	0.25
Bacillus	1	3
Gromino	1	0.25
Micorriza	1	1
Trianum-P	1	1
Trichoderma	1	3
Tricho-Hiper	1	2
Líquidos	Parcelas	Cantidad Aplicada l/ha/año
Extracto De Algas	1	70
Trichoderma	1	9
Vita Full	1	0.5

Este tipo de productos tienen doble función, por un lado, son útiles para controlar algunas enfermedades y también son de utilidad para proporcionar compuestos que mejoran la absorción de nutrientes. No hay dosis específicas, dado que son productos con concentraciones y presentaciones muy variables para un mismo organismo, por ejemplo para controlar la pudrición de raíz con *Trichoderma*, un fabricante puede recomendar un kilo, y otro, dos kilos de dos productos diferentes con la misma concentración.

4.3.4 Tipos y cantidad de fertilizantes foliares

Como fertilizantes foliares se definen todos aquellos productos que se aplican al follaje para ser absorbidos por las hojas y pueden contener uno o más de los siguientes ingredientes: nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, micronutrientes, quelatos, aminoácidos, vitaminas, hormonas enraizadores, sustancias húmicas, derivados de algas marinas y bioactivadores. Todos estos fertilizantes vienen mezclados con dos o más ingredientes por lo que no se consideran totalmente químicos ni totalmente orgánicos. Son de gran utilidad en condiciones adversas como deficiencias transitorias, estrés ocasionado por altas o bajas temperaturas, para dotar de energía al cultivo, si el suelo no es capaz de suministrar algún nutriente y eficientizar la absorción de nutrientes y agua, por tanto la dosis dependerá del producto y la problemática que se atiende (V. Fernández., 2015). Estos productos, en menor medida, se utilizan también a través del sistema de riego.

Se utilizan hasta 35 productos diferentes y todos los productores utilizan por lo menos uno. Enraizadores como Rootex y bioactivadores como Maxy grow son los que utilizan principalmente y las cantidades varían desde 0.5 hasta 52 litros por hectárea por año y de 1.1 hasta 90 kg por hectárea por año (Tabla 19).

Tabla 19 Tipos de fertilizantes foliares y dosis anual utilizada en el cultivo de fresa

Solidos	Parcelas	Cantidad Aplicada kg/ha/año	Liquido	Parcelas2	kg/ha/año
Ácidos Húmicos	1	10	Algas Marinas	1	43
Agro K	1	1	Amikrone	1	10
Algas Marinas	1	10	Barrier	1	5
Enraizador.	1	3	Calcio	3	25
Fructical	1	43	Erger	1	52.5
Fulvic	1	1.75	Fertigro 8-24	2	12.5
Grofol	1	35	Fosfacel 800	1	30
H-85	1	17.5	Fulvi Plus	1	3.5
Humic	1	1.75	Humifulvic	1	42
Humics 70	1	28	Humik Plus	1	3.5
Kelatex Ca B	1	10	Maxi Grow	3	9
Plantafor	1	22.5	Megafol	2	17.5
Potasio	2	22.5	Power K	1	14
Quelatos	2	25	Push	1	45
Raizal	1	90	Root Factor	1	0.5
Rootex	3	1.1	Sintek	1	7
Triple 18	1	43	Xp Amino	2	7
			X-Plendor	1	14

4.3.5 Tipos y cantidad de pesticidas.

Pesticidas son todos los insecticidas, fungicidas, herbicidas, desinfectantes y otras sustancias o combinaciones de sustancias destinadas a impedir, destruir o controlar plagas, incluyendo

aquellas especies de plantas o animales no deseadas perjudiciales para la producción, el procesamiento, el almacenamiento, el transporte o la comercialización de alimentos o productos agrícolas.

Las principales problemáticas que refieren los productores son: Plagas, Malezas y Enfermedades. Para su control aplican una gran diversidad de ingredientes activos, los cuales se enlistan en la Tabla 20.

Tabla 20 Ingredientes activos utilizados por tipo de problemática en el cultivo de fresa.

Problemática	Ingrediente Activo de Producto Usado	Problemática	Ingrediente Activo de Producto Usado
Enfermedad	Azoxystrobin	Plaga	Abamectina
	Azufre Elemental		Acequinocyl
	Boscalid		Azufre Elemental
	Boscalid + Piraclostrobina		Bifentrina
	Captan		Bifentrina + Abamectina
	Carbendazim		Boscalid + Piraclostrobina
	Estreptomisina		Caldo Sulfocálcico
	Fenhexamid		Canela + Ajo + Chile
	Fludioxonil + Ciprodinil		Carbofurán
	Fluoxastrobin		Clorantraniliprol
	Fosetil Aluminio		Clorpirifos
	Hidróxido Cúprico		Cyflumetofen
	Iprodiona		Diazinón
	Mancozeb		Diclorvos
	Metalaxyl-M		Etoprofos
	Metiram + Pyraclostrobin		Extracto De Ajo
	Myclobutanil Alfa		Extracto De Neem
	Oxicloruro De Cobre		Extracto De Soya
	Pirimetanil		Extracto De Tagetes
	Pyriofenone		Extractos Vegetales
Sal De Zinc	Extracto De Ajo Y Chile		
Sulfato De Cobre	Fenpropatrin		
Thiabendazol	Fenpyroximato		
Tiofanato De Metilo	Fonicamid		
Maleza	Glifosato	Flubendiamide	
Plagas	Oxidemeton Metil	Fosetil Amonio, Trisetilfosato D	
	Permetrina	Imidacloprid	
	Spinetoram	Malathion	
	Spiromesifen	Naled	
	Tiametoxam	Neem + Ajo + Canela	

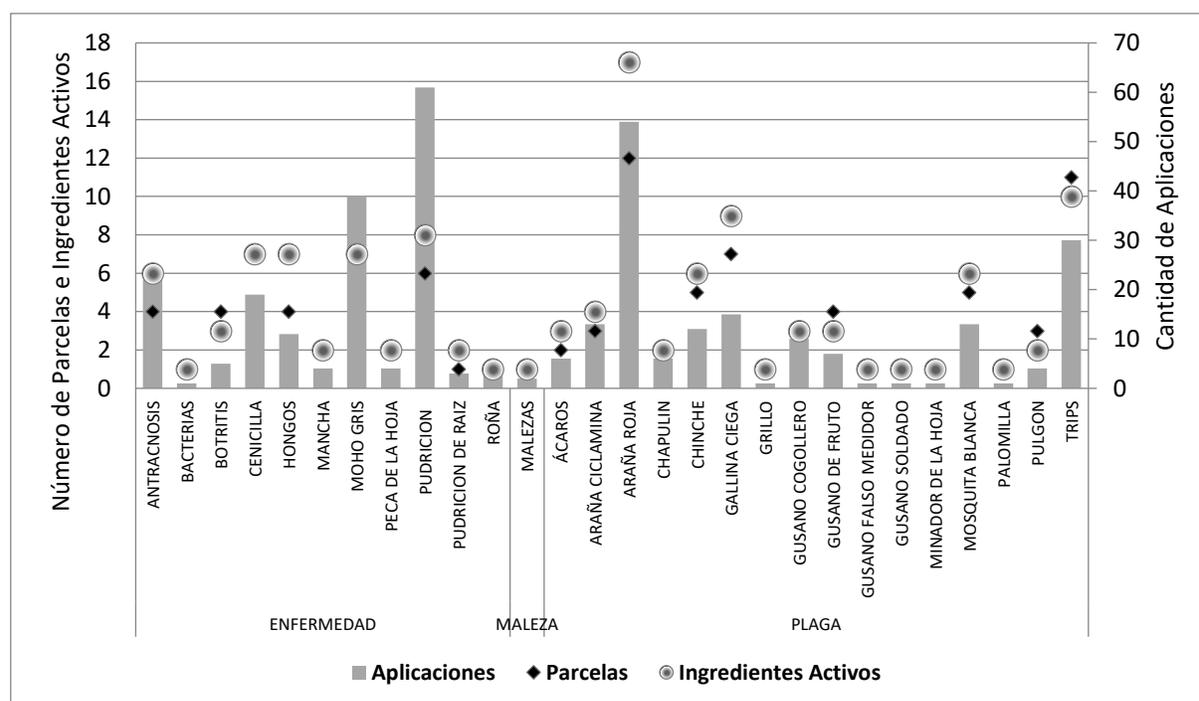
En las parcelas evaluadas se identificó un total de 11 enfermedades y 16 insectos plaga que se pueden observar en la gráfica 10, además de la cantidad de aplicaciones que se realizan por cada problema fitosanitario y el número de ingredientes activos. En el caso de enfermedades, la pudrición es la que tiene mayor número de intervenciones de control, ya que la refirieron en 6

parcelas, entre las que se hicieron 61 aplicaciones con 8 ingredientes activos distintos (Gráfica 10).

La rotación de ingredientes activos en el control de enfermedades/plagas es una medida que evita que los organismos adquieran resistencia a los productos, en el caso de pudrición son 8 ingredientes activos los que se utilizan en las 6 parcelas, lo cual ayuda a evitar la resistencia.

En cuanto a plagas podemos observar en la misma tabla que la Araña Roja y Trips son las que se encuentran presentes en la mayoría de las parcelas estudiadas, 12 y 11 respectivamente, que además tienen el mayor número de aplicaciones, 54 y 30; y se utilizan 17 y 10 ingredientes activos diferentes para cada plaga (Gráfica 10). Esto indica que son las plagas más recurrentes y de mayor impacto negativo productiva y económicamente.

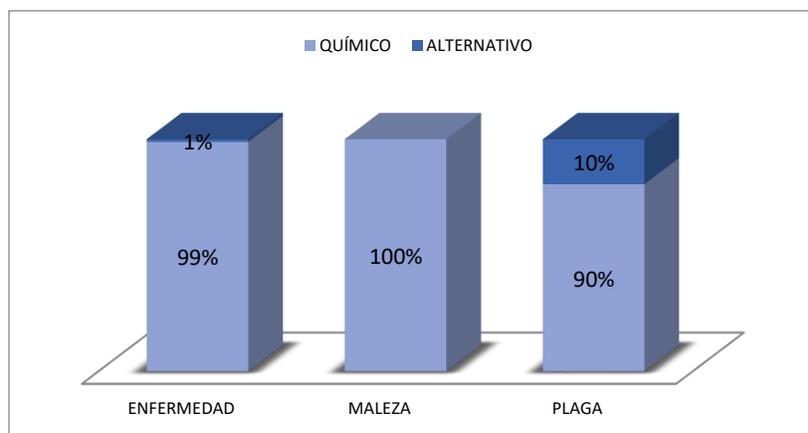
Tanto Araña roja como Trips se presentan durante todo el ciclo del cultivo, para la primera cuatro de los 17 productos utilizados para su control son alternativos, el resto químicos. Para Trips dos de los 10 productos son alternativos. Por los daños y consecuencias que representan estas dos plagas para el cultivo y el productor, se recomienda un manejo integrado (MIP), que combine el monitoreo, control biológico, químico y cultural con la finalidad de reducir el impacto ambiental y económico que representa el usar únicamente productos químicos.



Gráfica 10 Correlación entre plagas, malezas y enfermedades, respecto al producto y número de aplicaciones para su tratamiento

4.3.6 Tipo de control

Respecto al tipo de control usado para enfermedades, malezas y plagas, se observa en la gráfica 11 que el control químico es el más utilizado debido a que los resultados son casi inmediatos, mientras que los productos alternativos no son tan comunes en su uso, posiblemente por lo variables en modo y tiempo de acción, además de sus diferentes concentraciones (Gráfica 11).



Gráfica 11 Tipos de control para enfermedades, malezas y plagas.

El uso indiscriminado de productos químicos, genera daños importantes a la salud, al ambiente y a la economía del productor. Es importante difundir y aplicar el uso de metodologías de monitoreo y prevención, que permitan un uso adecuado de estos productos.

El control de maleza se realiza principalmente a través de deshierbes manuales y mecánicos, sin embargo, en la gráfica 11 que representa el tipo de productos químicos o alternativos se encontró el uso de glifosato en una sola parcela, es decir que no hay uso de productos alternativos para el control de malezas.

Al igual que en las enfermedades, el control de plagas se realiza principalmente con productos químicos (90%), esto nos indica que falta trabajar más en aspectos de sustentabilidad con los productores que les permita tener una visión amplia respecto a los ecosistemas y a las implicaciones que tiene realizar una agricultura convencional basada en el uso indiscriminado de insumos químicos.

4.3.7 Análisis del uso de pesticidas

Los productores encuestados refieren utilizar la lista de productos autorizados para fresa en cumplimiento con la Unión Europea (E.U.) de la asociación nacional de exportadores de berries (ANEBERRIES A.C.), como guía de productos que pueden utilizar en la producción de fresa,

sin embargo, analizando los resultados de las encuestas y bitácoras se encontraron 14 ingredientes activos (diferentes productos y presentaciones) que no están en este listado (Tabla 21)

Tabla 21. *Ingredientes utilizados en el cultivo de fresa que no están autorizados por Aneberries.*

Tipo De Plaga Enfermedad o Maleza	Ingrediente Activo De Producto Usado	Unidad	Dosis Usada/Aplicación
Antracnosis	Metiram + Pyraclostrobin	Kg	0,50
Araña Roja	Cyflumetofen	L	0,18
Cenicilla	Myclobutanil Alfa	Kg	0,11
Chinche	Tiametoxam	Kg	0,06
Gallina Ciega	Carbofurán	L	1,08
	Clorpirifos	L	1,33
	Diclorvos	L	0,20
	Etoprofos	L	1,00
	Permetrina	L	1,00
Grillo	Fosetil Amonio, Trisetilfosato D	Kg	1,00
Hongos	Carbendazim	Kg	0,25
	Estreptomicina	Kg	0,15
	Mancozeb	Kg	1,00
Malezas	Glifosato	L	3,00
Trips	Tiametoxam	Kg	0,25

Por la cantidad de ingredientes activos que se aplican en su control y que están fuera de la guía de productos permitidos, la gallina ciega representa el mayor problema ya que utilizan: carbofurán, clorpirifos, diclorvos, etoprofos y permetrina, que son productos muy agresivos para la salud humana y biodiversidad; el otro problema importante es por hongos, que se presentan por la combinación de exceso de humedad y temperaturas específicas.

Para disminuir la aplicación de Ingredientes Activos en gallina ciega se recomienda el control biológico, mediante el uso de hongos entomopatógenos como *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae*, bacterias como *Bacillus popilliae* y el nemátodo *Heterorhabditis bacteriophora*, apropiados para controlar las larvas, sobre todo en el primer instar. Otra alternativa es el control cultural, que se refiere realizar el barbecho y rastreo del suelo, al finalizar el ciclo o en la época de otoño, ya que es el momento en que las larvas se encuentran superficialmente en el suelo y se exponen las larvas de gallina ciega a los rayos del sol o a la depredación de enemigos naturales. Otra

alternativa que se propone es el uso de trampas de luz (una por ha) para monitoreo y captura de adultos (dependiendo del grado de infestación), esta actividad se recomienda en los meses de abril y mayo y se debe encender entre las 7 p.m. a 10 p.m. para que sea más eficiente la captura.

De todos los ingredientes activos mencionados se identificaron los que se encuentran en la Lista de Plaguicidas Altamente Peligrosos de PAN Internacional (Pesticide-Action-Network-International, 2018) con efectos en la salud y en la biodiversidad. La tabla 22 refleja el número de ingrediente activos que se utilizan para el control de cada tipo de problemática, y de esos, la cantidad de productos que se reportan cómo altamente peligrosos.

Tabla 22 Número de ingredientes activos de acuerdo al tipo de problemática y número de los altamente peligrosos.

	Número de Ingredientes Activos	Número de Ingrediente Activo En PAN*
Enfermedad		
Antracnosis	6	1
Cenicilla	7	1
Hongos	7	3
Maleza		
Malezas	1	1
Plaga		
Araña Roja	17	1
Chinche	6	1
Gallina Ciega	9	5
Grillo	1	1
Trips	10	1

*PAN: Pesticide Action Network International (Lista de plaguicidas altamente peligrosos)

La araña roja es el problema que más aplicaciones de ingredientes activos tiene (17), sin embargo, solo 1 se considera altamente peligroso (cyflumetofen), en cambio para gallina ciega, más de la mitad de ingredientes activos utilizados están en la misma lista de PAN, es decir, su control representa mayor riesgo para la salud y biodiversidad por el tipo de productos utilizados.

Tabla 23 Listado de ingredientes activos que se utilizan y que no están autorizados por la asociación nacional de exportadores de berries (ANEBERRIES A.C.) en cumplimiento con Unión Europea (U.E.), así como los daños que causan a la salud humana y medio ambiente.

Ingrediente activo	Daños a la salud y medio ambiente	Fuente
--------------------	-----------------------------------	--------

Glifosato	Probablemente carcinógeno (toxicidad crónica)	OMS, IARC
Metiram	Disruptor endocrino (toxicidad crónica), probable carcinógeno	EPA, UE PE
Permetrina	Daño al sistema nervioso de corta duración (toxicidad aguda), peligrosamente tóxico para abejas y otros insectos benéficos, probablemente carcinógeno	OMS, EPA
Clorpirifos	Muy tóxico en abejas	EPA
Carbofurán	Riesgo fatal si se inhala (toxicidad aguda), muy tóxico en abejas (toxicidad medioambiental)	OMS, PAN
Carbendazim	Provoca mutaciones hereditarias y tóxico para la reproducción humana	PAN, REGLAMENTO 1272/2008/EC DE LA UE
Diclorvos	Riesgo fatal si se inhala (toxicidad aguda), muy tóxico en abejas (toxicidad medioambiental)	OMS, PAN
Mancozeb	Probablemente cancerígeno (toxicidad crónica), perturbador endocrino	EPA
Etoprofos	Extremadamente peligroso, clasificación fatal si se inhala, probablemente carcinógeno	OMS, EPA
Estreptomina	Mutaciones genéticas	OMS
Cyflumetofen	Sin información	
Fosetil amonio + trisetilfosato d	Sin información	
Myclobutanil alfa	Sin información	

PAN: Pesticide Action Network International; OMS: Organización Mundial de la Salud; IARC: Agencia Internacional de Investigación en Cáncer; RAP: Red de Acción en Plaguicidas; EPA: Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos; UE: Unión Europea.

La tabla 23 indica los daños a la salud y biodiversidad que genera cada ingrediente activo catalogado como altamente peligroso. Los principales daños son:

- Probablemente carcinógenos
- Altamente tóxico para abejas y otros insectos benéficos
- Toxicidad aguda por inhalación
- Mutaciones hereditarias
- Disrupción endocrina (alteración de procesos hormonales)

La tabla 24 enlista 10 ingredientes activos que algunos productores utilizan, se encuentran autorizados por La Asociación Nacional de Exportadores de Berries (ANEBERRIES A.C.) para el cultivo de fresa, y que a su vez se encuentran en la lista de Plaguicidas Altamente Peligrosos de PAN Internacional (Pesticide-Action-Network-International, 2018) con efectos en la salud y en la biodiversidad.

Tabla 24 Listado de ingredientes activos que se utilizan en el cultivo de fresa y que están autorizados por la asociación nacional de exportadores de berries (ANEBERRIES A.C.) en cumplimiento con Unión Europea (U.E.), así como los daños que causan a la salud humana

Ingrediente Activo	Daños a la salud y medio ambiente	Fuente
--------------------	-----------------------------------	--------

Abamectina	clasificación en riesgo fatal si se inhala (toxicidad aguda) y muy tóxico en abejas (toxicidad ambiental)	SGA, EPA
Bifentrina	Perturbador endocrino	PAN, UE
Clorantroliprol	Muy persistente en agua, suelo o sedimento, muy tóxico en organismos acuáticos (toxicidad ambiental)	PAN
Diazinón	Probablemente carcinógeno	IARC
Fenpropatrin	Clasificación en riesgo fatal si se inhala (toxicidad aguda) y muy tóxico en abejas (toxicidad aguda)	SGA, EPA
Imidacloprid	Muy tóxico en abejas (toxicidad ambiental)	EPA
Iprodiona	Probablemente carcinógeno	EPA
Malatión	Probablemente carcinógeno, muy tóxico en abejas	IARC, EPA
Naled	Muy tóxico en abejas (toxicidad ambiental)	EPA
Spinetoram	Muy tóxico en abejas (toxicidad ambiental)	EPA

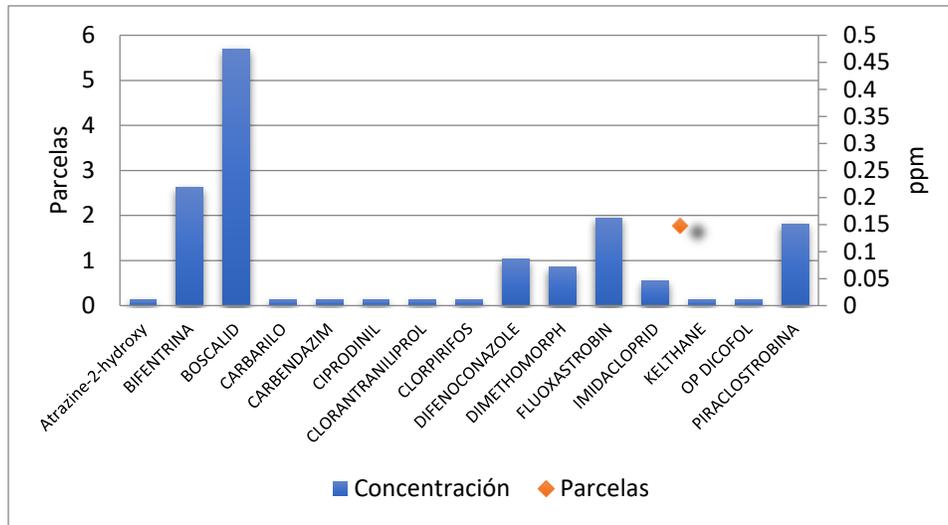
EPA: Agencia De Protección Ambiental De Estados Unidos; PAN: Pesticide Action Network International; UE: Unión Europea; IARC: Agencia Internacional De Investigación En Cáncer; SGA: Sistema Global Armonizado De Clasificación Y Etiquetado De Productos Químicos

Los principales efectos de estos ingredientes activos son: toxicidad aguda por inhalación provocando muerte instantánea; disrupción endocrina (alteración de procesos hormonales); probablemente carcinógenos; muy persistentes en agua, suelo o sedimentos, así como para organismos acuáticos y muy tóxico para abejas.

Se presume que la aplicación de estos ingredientes activos ha afectado directamente la presencia de insectos benéficos para la polinización de la fresa (abejas y abejorros), ya que en los predios que se visitaron se encontró muy poca presencia de estos insectos. Es conocida la importancia de la presencia de abejas en el medio ambiente ya que son insectos polinizadores por excelencia y tienen una función esencial para el equilibrio de la naturaleza, ya que contribuyen activamente a la supervivencia de muchas especies de plantas que se reproducen gracias al transporte de polen que llevan a cabo estos pequeños animales al alimentarse del néctar de las flores.

4.3.8 Pesticidas presentes en el suelo.

De acuerdo a los resultados de laboratorio, la gráfica 12 muestra los Ingredientes Activos de pesticidas y su concentración promedio en el suelo. Es importante señalar que sólo 7 de las 15 parcelas muestreadas resultaron con residuos de uno o más pesticidas, siendo el máximo 12 productos en una misma parcela.



Gráfica 12 Concentración de residuos de pesticidas presentes en suelo.

Se encontraron 15 ingredientes activos de pesticidas presentes en el suelo, siendo Boscalid (usado para control de moho gris), Bifentrina (usado para control de araña roja), Fluoxastrobin (usado para el control de antracnosis y cenicilla), Piraclostrobina (usado para el control de moho gris), Difenonazole (usado para moho gris y peca de la hoja) los de mayor concentración en el suelo.

Además, de los 15 presentes, 6 ingredientes activos se encuentran en la Lista internacional de Plaguicidas Altamente Peligrosos para la salud humana y el medio ambiente: Bifentrina, Carbarilo, Carbendazim, Clorantraniliprol, Clorpirifos y Imidacloprid.

4.4 Análisis de la biodiversidad y servicios ecosistémicos

4.4.1 Salud microbiológica (tipos y cantidad de hongos y bacterias)

Los nematodos, hongos y bacterias son los microorganismos que constituyen las poblaciones más numerosas del suelo. Estos organismos tienen la función de mineralizar la materia orgánica y también residuos vegetales y animales, es decir, se encargan de reciclar los nutrientes y hacen posible que las plantas los absorban. Organismos de mayor tamaño como hormigas, ácaros, coleópteros, colémbolos, miriápodos juegan también un papel importante en la biología del suelo.

4.4.1.1 Hongos

Las especies de hongos que están en el 100% de las parcelas son *Pythium sp*, *Rhizogtonia solani* y *Trichoderma sp*, en cuanto a especies de *Fusarium* se encontraron en 14 de 15 parcelas y *Alternaria*

sp solo en una. Las especies de *Fusarium* tienen las poblaciones más numerosas, sin embargo, de acuerdo a (Michel Aceves, 2001) estos números no representan amenaza alguna para los cultivos, ya que se requieren más de 1,000,000 de unidades formadoras de colonias (UFC) para que se presenten las enfermedades, además de que las poblaciones de *Trichoderma sp* están en niveles que contrarrestan una posible infección.

Tabla 25 Especies y número de Hongos presentes en el suelo analizado.

Hongos	Parcelas	Promedio de UFC/g de suelo
<i>Alternaria sp</i>	1	200
<i>Fusarium equiseti</i>	1	100
<i>Fusarium oxysporum</i>	14	1,164
<i>Fusarium solani</i>	14	850
<i>Pythium sp</i>	15	460
<i>Rhizoctonia solani</i>	15	220
<i>Trichoderma sp (Benéfico)</i>	15	527
<i>Verticillium albo-atrum</i>	8	375

4.4.1.2 Nematodos.

Estos organismos no participan directamente en la descomposición de la materia orgánica pero si en el reciclaje de nutrientes, son depredadores de otros microorganismos o parasitan plantas, por tanto, constituyen un organismo importante en la cadena alimenticia del suelo. En el caso del cultivo de fresa solo algunas especies se alimentan de sus raíces, provocando heridas que pueden ser aprovechadas por hongos fitopatógenos y causar enfermedades.

Los suelos arenosos como los de la zona de Maravatío son ideales para su sobrevivencia, sin embargo, para que existan problemas con el cultivo, éste debe ser susceptible a ellos. Como resultado de este análisis se encontraron 10 especies de nematodos fitopatógenos y otras especies de vida libre, clasificados como no patógenos, y que constituyen las poblaciones más numerosas. De las especies patógenas identificadas, la fresa solo es susceptible a *Pratylenchus sp*, encontrada en dos parcelas.

Tabla 26 Nematodos encontrados en suelo

Nemátodos	Parcelas	Promedio de individuos/100g de suelo
<i>Acrobeles sp</i>	1	51
<i>Criconemella sp</i>	7	81
<i>Helicotylenchus sp</i>	8	57
<i>Hirschmanniella sp</i>	1	150
Nematodos de vida libre (No patógeno)	15	211
<i>Pratylenchus sp</i>	2	68
<i>Psilenchus sp</i>	3	19
<i>Rotylenchulus sp</i>	4	40
<i>Tylenchorhynchus sp</i>	4	70
<i>Tylenchulus sp</i>	4	98
<i>Tylenchus sp</i>	9	43

4.4.1.3 Bacterias

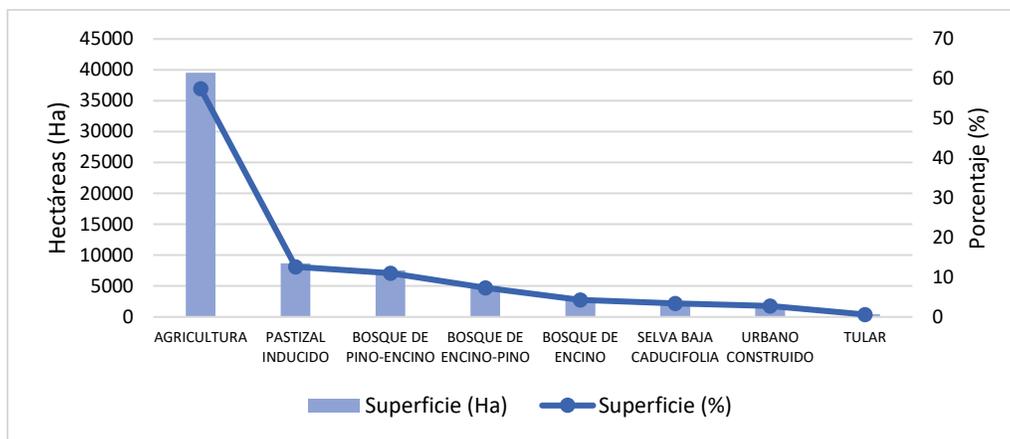
Existen varios centenares de especies de bacterias en el suelo, de las cuales muy pocas son fitopatógenas. Los resultados de Respiración del suelo infieren que en la zona hay presencia de un elevado número de microorganismos, sin embargo el análisis de laboratorio solo identificó al género *Burkholderia*, con 100,000 UFC. Del género *Burkholderia* existen más de 90 especies, alrededor de la mitad de ellas son fijadoras de nitrógeno y promotoras del crecimiento vegetal (Bolívar-Anillo, 2016)

Tabla 27 Bacterias del suelo

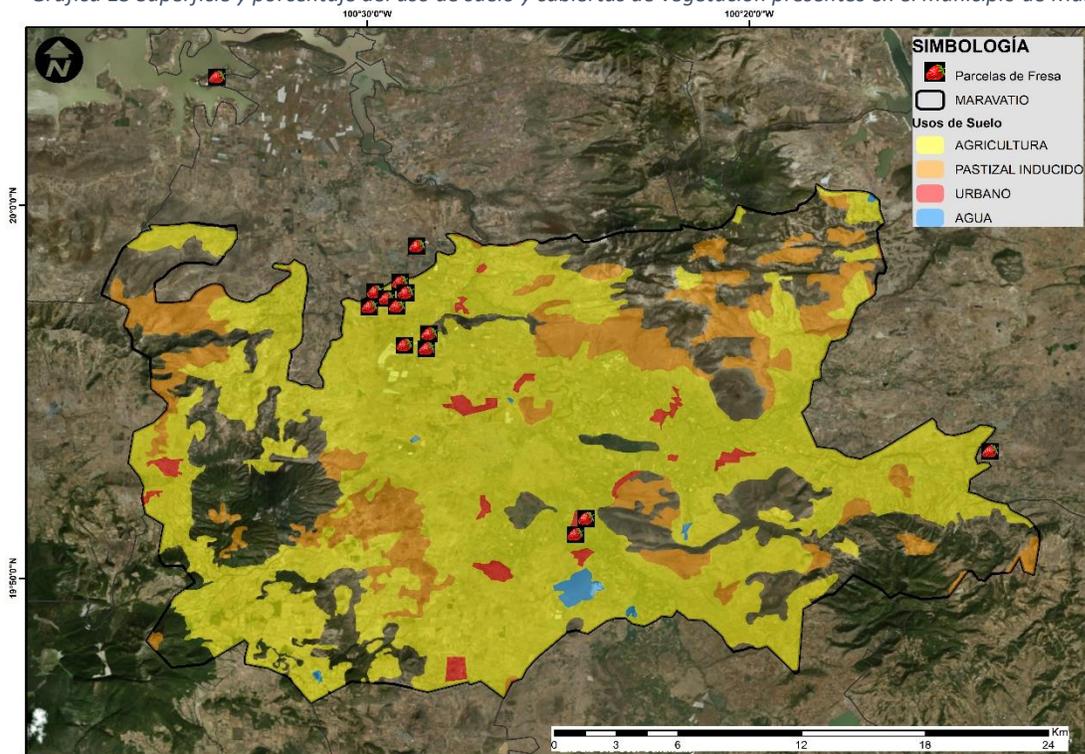
Bacterias	Parcelas	Promedio de UFC/g de suelo
<i>Burkholderia sp</i>	1	100000
Negativo a fitopatógenas	14	0

4.4.2 Porcentaje de monocultivos del total de la superficie cosechada

El municipio de Maravatío tiene una superficie aproximada de 68,795 hectáreas, de las cuales el 57% se encuentra asociado a un uso agrícola (Gráfica 13 y mapa 12).



Gráfica 13 Superficie y porcentaje del uso de suelo y cubiertas de vegetación presentes en el municipio de Maravatío



Mapa 12 Distribución del uso de suelo en el municipio de Maravatío

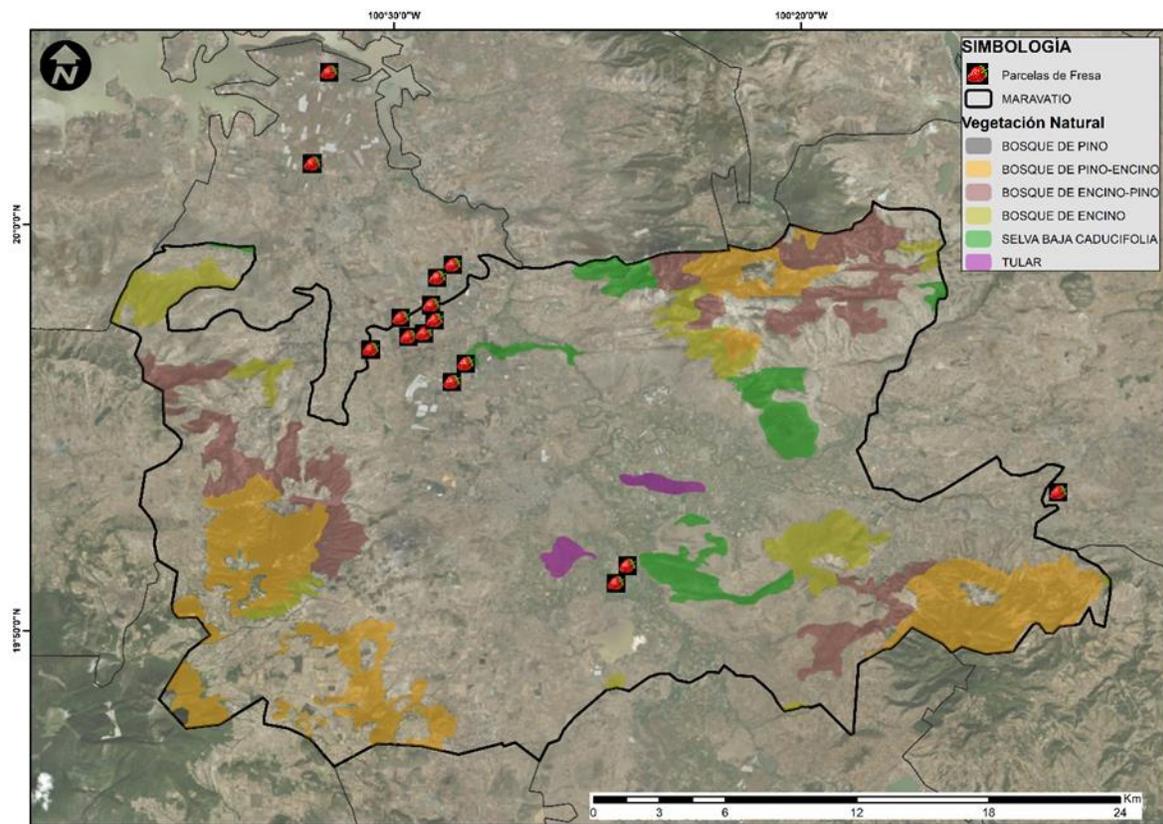
De acuerdo con la información del Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta (SIACON-NG) para el 2018 se reportan en el Municipio de Maravatío 25,174.3 hectáreas cosechadas de 45 cultivos en modalidades de Riego y Temporal en los ciclos agrícolas Primavera-Verano; Otoño Invierno y Perenes. La tabla 28 muestra los 10 principales cultivos cosechados en Maravatío, en términos de superficie.

Tabla 28 Porcentaje de Superficie Cosechada por Cultivo

Cultivo	Superficie (ha)	Superficie en %
Maíz grano	19360.9	77%
Avena forrajera en verde	2530.7	10%
Fresa	498.4	2%
Pastos y praderas	299.8	1%
Sorgo grano	232.1	1%
Frijol	231.6	1%
Tomate verde	165.3	1%
Haba verde	136.7	1%
Espárrago	134	1%
Durazno	132	1%
Otros	1452.8	4%

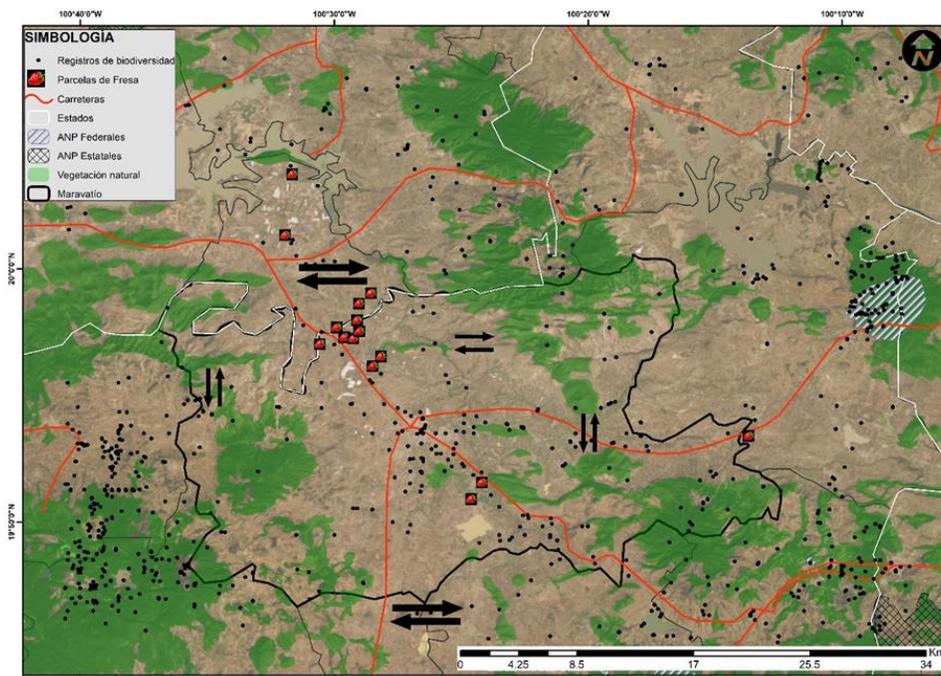
4.4.3 Porcentaje de tierra destinado a zonas arboladas y corredores de otras especies (como áreas verdes, árboles, flores)

En el municipio de Maravatío solo el 16% de su superficie presenta vegetación natural con algún grado de alteración, donde predominan los bosques templados de encino, pino y mixtos, con pequeños fragmentos de selva baja caducifolia (Mapa 13).



Mapa 13 Distribución de la vegetación natural en el municipio de Maravatío

Los corredores biológicos representan una estrategia de conservación de ecosistemas, servicios ecosistémicos y biodiversidad, principalmente en aquellas regiones con una alta antropización como lo es la zona productora de fresa en el municipio de Maravatío, donde los fragmentos de vegetación y hábitats naturales cada vez cubren menos área y se encuentran generalmente desconectados unos de otros. Por tal motivo, es importante la evaluación de la conectividad a nivel paisaje, la cual mide el grado con el cual los elementos del paisaje facilitan o restringen el desplazamiento de las especies entre parches de hábitat (Rico, 2017). Debido a la alta fragmentación solo se establecen (flechas negras) rutas potenciales para el establecimiento de corredores biológicos que conecten áreas con vegetación natural (Mapa 15), sin embargo para la propuesta de establecimiento se deberán considerar varios aspectos importantes; como la tenencia de la tierra, el interés de los propietarios por la conservación y la coordinación entre los niveles de gobierno estatal y municipal.



Mapa 15 Identificación de rutas (flechas negras) para el establecimiento potencial de corredores biológicos

4.4.4 Presencia de polinizadores

Durante los muestreos en los puntos de observación y transectos recorridos se observaron varios grupos de organismos, se clasificaron por gremios, según su interacción con el cultivo y hábitos dentro de este. Los gremios son: polinizadores, insectos benéficos y plagas potenciales. Dentro de la diversidad de los polinizadores los principales fueron las Abejas (*Apis mellifera*) seguido de

los Abejorros (*Bombus huntii*), la presencia de Abejas (*Apis mellifera*) se debe principalmente a colmenas colocadas por los productores, aunque también se encontraron colmenas de vida libre. El género de los abejorros *Bombus* es un grupo de polinizadores que habitan en zonas boscosas, algunas parcelas tienen contacto o cercanía con áreas de bosque de las cuales los abejorros pueden volar a los cultivos (Tabla 29).

La diversidad de insectos benéficos se encuentra principalmente representada por las chinches depredadoras, chinche pirata y chinche ojona (Hemiptera). Estos son depredadores de plagas potenciales del cultivo de fresa. Los Escarabajos (Coleopteros/Catarinas) fueron el segundo grupo con presencia de adultos en el cultivo, estos son depredadores de acaros como la araña roja y aphidos (Tabla 29). Lepidopteros, Dipteros e Hymenopteros tienen el potencial de ser polinizadores efectivos y complementar la polinización de abejas y abejorros, sin embargo, estos se encontraron en menor proporción.

La presencia de polinizadores y benéficos en los cultivos está relacionada a los sitios que cuentan con características que ayudan a que tengan hábitat y alimento, lo cual los atrae de las zonas aledañas al cultivo de fresa. Algunas de las parcelas donde se encontró la mayor presencia de polinizadores y benéficos fueron las que contaban con corredores de vegetación nativa, principalmente compuesta por plantas con flor. La presencia de arbustos y árboles también fue importante ya que las abejas construyen nidos en cavidades y entre ramas como sustratos para estructurar los nidos.

Las plantas florales, arbustos y árboles forman corredores que son utilizados por polinizadores y benéficos para trasladarse entre sitios y entre zonas de cultivo. Estos movimientos ayudan a que se mantengan conectadas las zonas donde potencialmente están presentes los polinizadores y los cultivos, en los cuales pueden realizar actividades de polinización y/o depredación (Imagen 1).



Imagen 1 a) Parcela sin vegetación contigua que presentó bajas observaciones de polinizadores y benéficos. b) Parcela con vegetación en sus bordes la cual presentó altas observaciones de polinizadores y benéficos

El grupo de las plagas son los que mayor diversidad de taxas presentó, esto es algo que se esperaba ya que estos grupos han desarrollado estrategias para obtener los recursos que necesitan en monocultivos, como es el caso de las parcelas de fresa. Las plagas que más presencia tuvieron fueron las moscas, mosquitas (Dipteros del grupo *Drosophilidae*) y Chinchas (*Hemíperos*).

Los organismos que se observaron durante los muéstreos corresponden a los que mencionaron los productores en las entrevistas. Las respuestas más recurrentes fueron: Araña Roja, Chinche Lygus, Trips, Moscas Suzuki.

Tabla 29 Diversidad de visitantes florales, insectos benéficos y plagas observados en los cultivos de fresa

Gremio	Orden	Familia	Género	Especie	Nombre Común
Polinizadores potenciales	Hymenoptera	Apidea	<i>Bombus</i>	<i>huntii</i>	Abejorro
			<i>Bombus</i>	<i>sp.</i>	Abejorro
			<i>Apis</i>	<i>mellifera</i>	Abeja
		<i>Apis</i>	<i>sp.</i>	Abeja	
		Vespidae	<i>Polistes</i>	<i>sp.</i>	Abispa
	Lepidoptera	Hesperiidae	<i>Heliopetes</i>	<i>laviana</i>	Mariposa
		Pieridae	<i>Ascia</i>	<i>monuste</i>	Mariposa
	Diptera	Syrphoidea			Moscas

Gremio	Orden	Familia	Género	Especie	Nombre Común
Insectos Benéficos	Hemiptera	Anthocoridae	<i>Orius</i>		Chinche
		Geocoridae	<i>Geocoris</i>	<i>insidiosus</i>	Pirata Chinche Ojona
	Dermaptera	Forficulidae	<i>Forficula</i>	<i>sp</i>	Tijerilla
	Coleoptera	Chrysomelidae			Escarabajo Catarina
Plagas	Hemiptera	Miridae	<i>Lygus</i>	<i>hesperus</i>	Chinche Lygus
			<i>Neopamera</i>	<i>bilobata</i>	Chinche
		Aleyrodidae	<i>Bemisia</i>	<i>tabaci</i>	Mosca Blanca
	Diptera	Drosophilidae	<i>Drosophila</i>	<i>sp.</i>	Mosquita
			<i>Drosophila</i>	<i>suzuki</i>	Mosquita Suzuki
			<i>Zaprionus</i>	<i>indianus</i>	Mosquita
	Lepidoptera	Noctuidae	<i>Spodoptera</i>	<i>frugiperda</i>	Palomilla, gusano
Prostigmata	Tetranychidae	<i>Tetranychus</i>	<i>urticae</i>	Araña Roja	
Orthoptera				Chochos	

4.4.4.1 Polinizadores (Visitantes Florales)

El cultivo de fresa en su etapa de floración tiene requerimientos importantes de polinización para poder desarrollar los frutos de manera más adecuada. Los monocultivos suelen tener problemas o dificultades en la polinización por varias razones como:

- Falta de hábitat
- Falta de alimento
- Ausencia de sitios de descanso
- Aplicación de productos agrícolas que matan o repelen a los polinizadores

Tres estrategias utilizadas para atraer y tratar de establecer poblaciones de polinizadores son:

1. Implementación de líneas de vegetación floral: se deben colocar en los bordes del cultivo y en caso de ser campos con extensiones mayores a una hectárea continua, es recomendable colocar líneas intermedias que realizan la función de Islas de Polinización para que los polinizadores puedan movilizarse de manera más adecuada a lo largo del cultivo (Imagen 2).

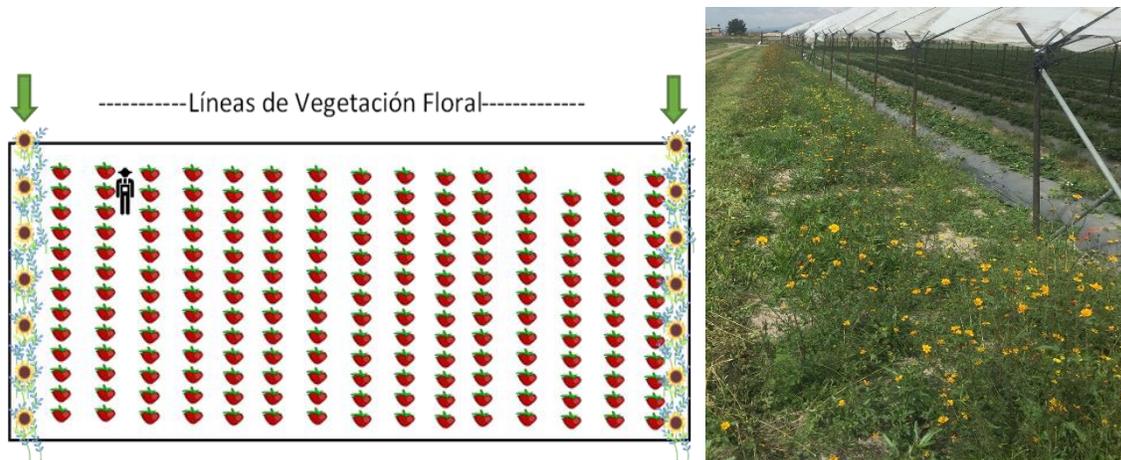


Imagen 2 Parcela de un cultivo de fresa con líneas florales para atraer polinizadores al cultivo

2. Colocar Hoteles para polinizadores: Estos se pueden colocar en la periferia del cultivo en la zona que potencialmente tengan más probabilidad de contacto con hábitats naturales en donde pueden estar presentes los polinizadores. Los hoteles de polinizadores son dispositivos que funcionan para darles alojamiento. Los polinizadores pueden establecer sus nidos en estas estructuras o en caso de ser solitarios, utilizarlos como sitios de descanso (McCallum, 2018) (Figura e imagen 3).

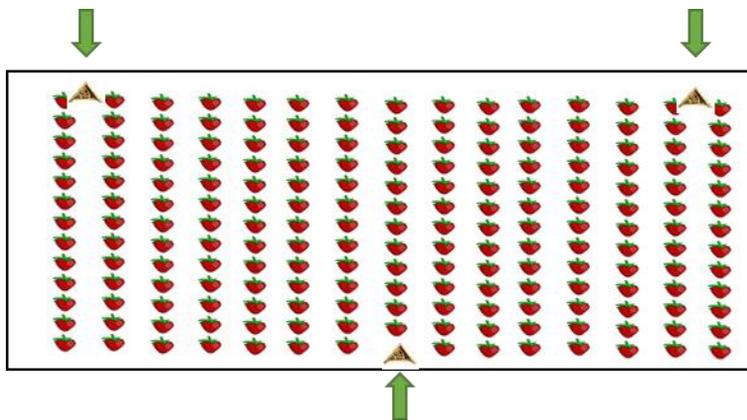


Figura 3 Colocar Hoteles para polinizadores en las inmediaciones del cultivo



Imagen 3 Colocar Hoteles para polinizadores en las inmediaciones del cultivo

3. Colocar colmenas de abejas o abejorros en las inmediaciones del cultivo. El uso de colmenas es una práctica común y muy efectiva (Imagen 4).



Imagen 4 Colmena de abajas y abejorros

4.4.4.2 Insectos Benéficos

La presencia de insectos benéficos en el cultivo ayuda a regular las poblaciones de potenciales plagas, lo cual ayuda al productor a mantener un cultivo más sano y contar con una estrategia adecuada para disminuir los gastos en la aplicación de productos en el control de plagas.

La incidencia de polinizadores se puede estimular colocando vegetación que funciona como hábitat para estos organismos. Un ejemplo es la chinche Orius que es atraída utilizando girasoles, las chinches se alojan en esta flor y se pueden desplazar al cultivo para realizar la función de depredador de Trips (Imagen 5).



Imagen 5 Girasol y chinche Orius (Chinche Pirata)

Un aspecto importante que el productor debe considerar en la relación de los insectos benéficos con su cultivo es la aplicación de insecticidas. La aplicación de estos debe ser de manera adecuada y correspondiente a las especificaciones técnicas del producto. De esta manera los insectos benéficos se verán menos afectados cuando se hagan aplicaciones y pueden recolonizar o incrementar su presencia en el cultivo de interés.

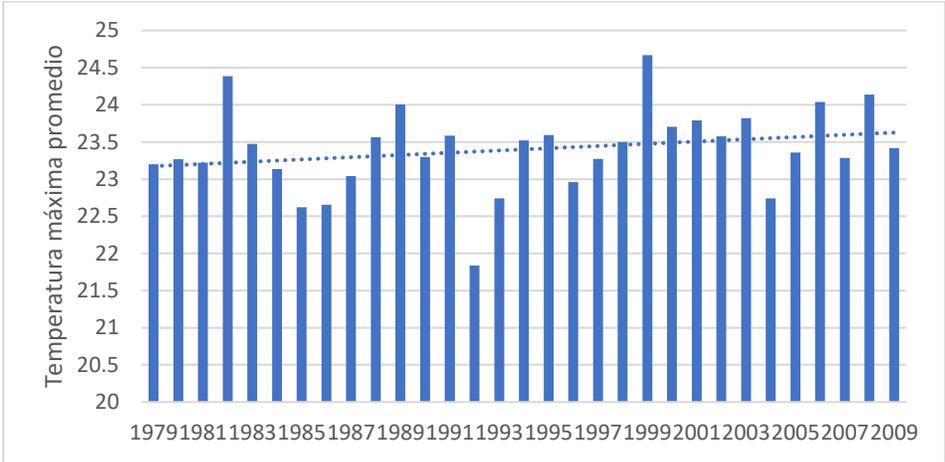
Derivado de las visitas y recorridos se observó que algunas parcelas cuentan en su periferia con vegetación nativa que ayuda a atraer a polinizadores potenciales, estas barreras de plantas nativas deben mantenerse e incrementarse para favorecer la diversidad y el número de polinizadores, esto con la finalidad de que este servicio ecosistémico se mantenga en los cultivos de interés comercial de esta zona.

Se recomienda realizar la implementación de vegetación en la periferia de uno a dos meses antes de la fecha de plantación de la fresa, esto posibilita que la vegetación atrayente se desarrolle antes que el cultivo. Un aspecto importante en el manejo de las líneas de vegetación atrayente es proporcionarles riego para que su establecimiento sea adecuado y con un índice alto de sobrevivencia. La vegetación recomendada para este fin son flores de las familias *Compositae* (*Asteracea*), *Lamiacea*, *Solanaceae* y *Convolvulaceae*.

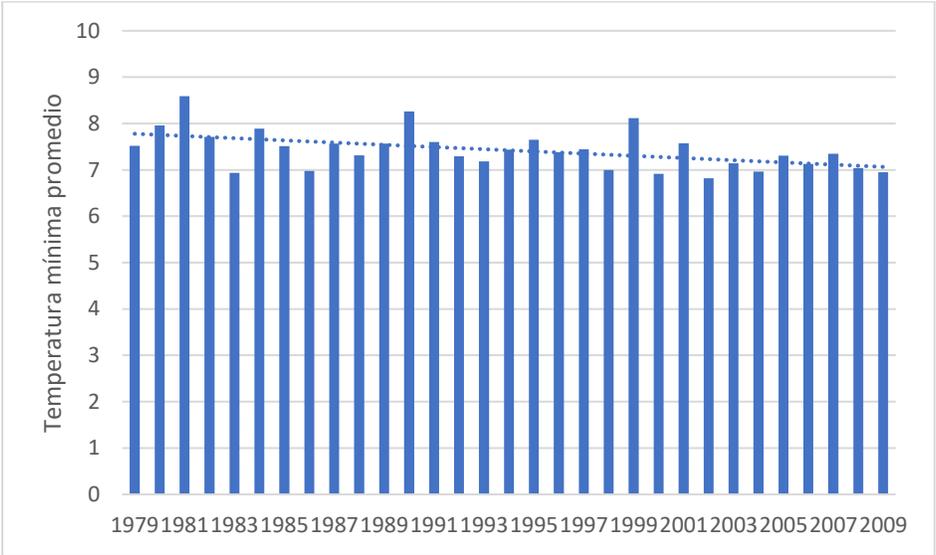
4.4.5 Análisis de riesgos climáticos en la producción de fresas de Maravatío (riesgo de inundación, sequía, cambios bruscos de temperatura y plagas dentro de la zona)

Al analizar las temperaturas máximas y mínimas promedio anuales, se encontró que la mayor temperatura máxima promedio se presentó en 1999 con 24.67°C y la menor temperatura máxima promedio se presentó en 1992 con 21.84°C. Se observa que la tendencia de la temperatura máxima promedio anual es a la alza (Gráfica 14). Mientras que la temperatura mínima promedio anual presentó su valor más alto en 1981 con 8.59°C y el menor en 2002 con 6.82°C. Se observa que la tendencia de la temperatura mínima promedio anual es a la baja (Gráfica 15.). Se puede inferir a partir de las tendencias observadas, que el clima en el futuro será más cálido y con

extremos (valores de temperaturas máximos y mínimos) cada vez más marcados, lo que podría suponer estrés fisiológico para las plantas si dichos cambios se llegaran a dar en el orden de poco tiempo. También es posible que el aumento en temperaturas máximas beneficie a algunas especies de fauna dañina.



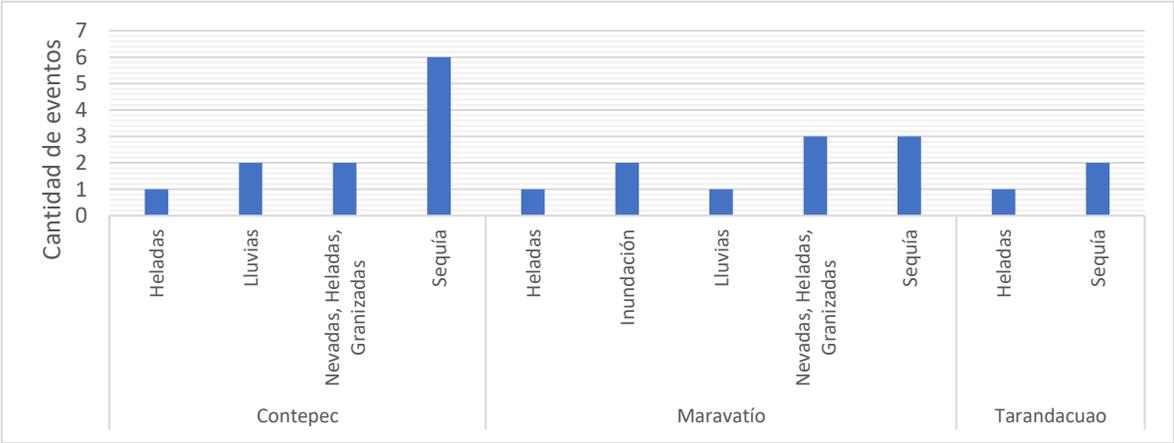
Gráfica 14 Promedios por año de temperatura anual máxima para el área de estudio



Gráfica 15 Promedios por año de temperatura anual mínima para el área de estudio

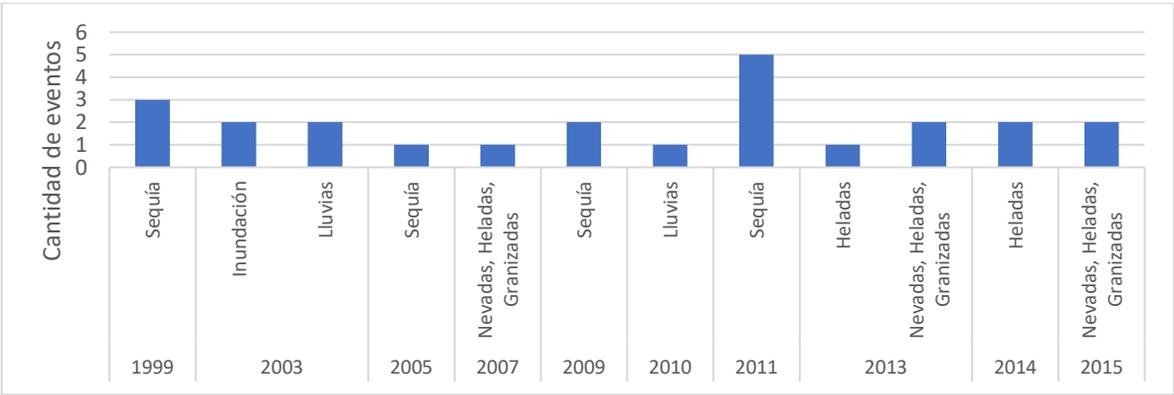
Además, se consultó la base de datos de declaratorias del Atlas Nacional de Riesgos para conocer la incidencia de declaratorias de desastres (CENAPRED, 2017). Cabe señalar que dicha base sólo incluye información de 2000 a 2017 y que la presenta por municipios, por ello se tomaron Maravatío, Contepec y Tarandacua. Es de notar que el municipio con más variedad de eventos

declarados como desastres es Maravatío, que contabiliza cinco tipos diferentes, sin embargo el municipio con más cantidad de eventos, entre los que destacan las sequías es Contepec (Gráfica 16).



Gráfica 16 Eventos declarados como desastres por municipio de las parcelas

En cuanto a la incidencia de eventos por años se observa que las sequías son recurrentes pero el año con mayor cantidad de eventos de este tipo fue 2011 con 5 eventos. Se puede notar también que eventos como heladas, nevadas y granizadas son recurrentes a lo largo de los años (Gráfica 17).



Gráfica 17 Eventos declarados como desastres por año en los tres municipios

La recurrencia de eventos tales como sequías y heladas pueden atribuirse al cambio climático y los escenarios esperados, ya que corresponderían con las tendencias al aumento de temperatura y modificación de los patrones de precipitación (Christensen et al. 2007), es posible que sean

necesarios otros análisis con base en datos de las estaciones meteorológicas presentes en el área. También se realizó una búsqueda de información sobre fenómenos tales como plagas e incendios en SADER y CONAFOR, sin embargo, la información que existe es a manera de reportes y a nivel de entidad federativa, por lo que no es posible usarla como capa geográfica para intentar correlacionarlos con las variables climatológicas.

4.4.6 Análisis de vulnerabilidad a riesgos climáticos de los productores de fresa de Maravatío, Michoacán

El análisis de vulnerabilidad a riesgos climáticos se realizó a través de 3 Modelos de Circulación global MPI-ESM-LR; GFDL-CM3 y HADGEM2-ES, considerando la temperatura media anual actual y las proyecciones para los años 2026, 2045 y 2085 e identificando su comportamiento.

Considerando las condiciones actuales de temperatura, así como las condiciones propuestas a futuro por los modelos, se estiman que todas las parcelas sufrirán incremento de temperatura en el orden de 1.7 a 3.2°C para el año 2085, por lo que la temperatura rebasaría los 20°C en el peor de los casos (Tabla 30).

Tabla 30 Valores de temperatura media anual tanto actuales como en el futuro en las parcelas

Temperatura media anual (°C)		MPI-ESM-LR				GFDL-CM3				HADGEM2-ES			
Parcela	Actual	2026	2045	2085	Incremento	2026	2045	2085	Incremento	2026	2045	2085	Incremento
1	16.9	17.8	18	18.6	1.7	19.1	19.7	20.1	3.2	18.8	19.2	19.8	2.9
2	17.1	18	18.2	18.8	1.7	19.3	19.9	20.3	3.2	19	19.4	20	2.9
3	17.4	18.3	18.5	19.1	1.7	19.6	20.2	20.6	3.2	19.3	19.7	20.3	2.9
4	16.9	17.8	18	18.6	1.7	19.1	19.7	20.1	3.2	18.8	19.2	19.8	2.9
5	16.7	17.6	17.8	18.4	1.7	18.9	19.4	19.9	3.2	18.6	19	19.5	2.8
6	16.7	17.6	17.8	18.4	1.7	18.9	19.4	19.9	3.2	18.6	19	19.5	2.8
7	16	16.9	17.1	17.7	1.7	18.2	18.7	19.2	3.2	17.9	18.3	18.9	2.9
8	17.4	18.3	18.5	19.1	1.7	19.6	20.1	20.6	3.2	19.3	19.7	20.2	2.8
9	17.1	18	18.2	18.8	1.7	19.3	19.8	20.3	3.2	19	19.4	19.9	2.8
10	17.1	18	18.2	18.8	1.7	19.3	19.8	20.3	3.2	19	19.4	19.9	2.8
11	17	17.9	18.1	18.7	1.7	19.2	19.7	20.2	3.2	18.9	19.3	19.9	2.9
12	17	17.9	18.1	18.7	1.7	19.2	19.7	20.2	3.2	18.9	19.3	19.9	2.9
13	17.2	18.1	18.2	18.9	1.7	19.4	19.9	20.4	3.2	19.1	19.4	20	2.8

14	17.2	18.1	18.3	18.9	1.7	19.4	19.9	20.4	3.2	19.1	19.5	20.1	2.9
15	16.9	17.8	18	18.6	1.7	19.1	19.7	20.1	3.2	18.8	19.2	19.8	2.9
16	16.7	17.7	17.9	18.5	1.8	19	19.5	20	3.3	18.7	19.1	19.6	2.9
Mínimo	16.0	16.9	17.1	17.7	1.7	18.2	18.7	19.2	3.2	17.9	18.3	18.9	2.8
Máximo	17.4	18.3	18.5	19.1	1.8	19.6	20.2	20.6	3.3	19.3	19.7	20.3	2.9
Promedio	17.0	17.9	18.1	18.7	1.7	19.2	19.7	20.2	3.2	18.9	19.3	19.8	2.9

En cuanto a precipitación anual se utilizaron los mismos modelos (MPI-ESM-LR; GFDL-CM3 y HADGEM2-ES) y se estima que actualmente las parcelas se encuentran entre 770 y 849 mm, con un promedio de 818.3mm. Con las proyecciones se estima que todas las parcelas sufrirán disminución en la precipitación en el orden de 12 a 60 mm, que podría no representar gran riesgo siempre y cuando se maximice la eficiencia en los riegos y el almacenaje de agua de lluvias (Tabla 31).

Tabla 31 Valores de precipitación anual tanto actuales como en el futuro en las parcelas

Precipitación anual (mm)		MPI-ESM-LR				GFDL-CM3				HADGEM2-ES			
Parcela	Actual	2026	2045	2085	Decremento	2026	2045	2085	Decremento	2026	2045	2085	Decremento
1	817	779	776	797	20	844	785	768	49	876	814	795	22
2	811	770	769	792	19	838	781	763	48	869	809	790	21
3	779	745	745	767	12	807	749	734	45	839	778	760	19
4	817	774	776	797	20	844	785	768	49	876	814	795	22
5	849	803	806	826	23	875	817	797	52	909	846	826	23
6	849	803	806	826	23	875	817	797	52	909	846	826	23
7	810	753	763	787	23	821	766	750	60	868	807	794	16
8	770	736	736	757	13	798	740	724	46	829	768	751	19
9	814	780	773	795	19	846	785	769	45	871	810	791	23
10	814	790	773	795	19	846	785	769	45	871	810	791	23
11	808	766	767	789	19	835	778	760	48	866	806	788	20
12	811	774	769	792	19	838	780	763	48	869	809	790	21
13	843	789	797	819	24	867	810	790	53	902	841	823	20
14	845	789	798	820	25	869	812	792	53	904	843	824	21
15	818	775	777	798	20	846	786	769	49	877	815	796	22
16	837	803	795	818	19	864	805	787	50	897	835	816	21
Mínimo	770.0	736.0	736.0	757.0	12.0	798.0	740.0	724.0	45.0	829.0	768.0	751.0	16.0
Máximo	849	803	806	826	25	875	817	797	60	909	846	826	23
Promedio	818.3	776.8	776.6	798.4	19.8	844.6	786.3	768.8	49.5	877.0	815.7	797.3	21.0

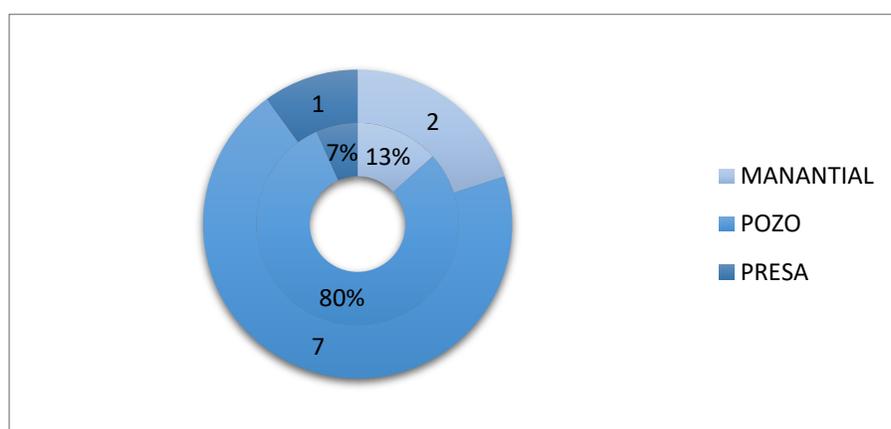
De acuerdo con el análisis realizado se concluye que es posible el desplazamiento y la erradicación de especies de plantas y animales, la modificación o sustitución de ecosistemas a nivel regional y en el peor de los casos, la extinción de especies (Peterson A., 2002) (C.D.Thomas, 2004) (A. Franco, 2006) (J. Malcolm, 2006). En este sentido se prevé la pérdida de servicios ambientales, sin embargo, no se puede conocer la magnitud y cómo es que afectará específicamente a la calidad de vida de las personas ni a la productividad agropecuaria.

4.4.7 Agua como servicio ecosistémico: Tipo de riego empleado y forma de abastecimiento de agua, calidad y cantidad de agua y Monitoreo empleado en el uso del agua.

4.4.7.1 Tipo de riego y Fuentes de agua.

El 100% de los productores utilizan riego por goteo, siendo la cintilla, con goteros a 10 y 20 cm, la más utilizada. Este tipo de sistemas de riego tiene varias ventajas, la principal es que permite hacer un uso eficiente del agua y fertilizante, que a su vez incrementa la producción. Para que esto sea posible, es necesario que los productores implementen un adecuado mecanismo para el control de fugas y taponamiento de goteros, medir presión de operación del sistema y gastos de agua.

Las fuentes de agua proveedoras de la zona de estudio son 3: pozo, manantial y presa. El 80% de los productores utiliza agua de pozo, 7 pozos en total; el 13% de 2 manantiales, mientras que el 7% restante utiliza agua de la presa el Fresno (Gráfica 18)



Gráfica 18 Tipos de fuentes de agua para el cultivo de la fresa

4.4.7.2 Cantidad de agua utilizada

La mayoría de las zonas de riego utilizan una cantidad mayor a la requerida por los cultivos, muchas veces por desconocimiento de lo que el cultivo demanda y otras porque la cantidad de agua disponible no es limitante. El tercer factor para que las cantidades de agua sean más altas que las requeridas por el cultivo, es que no representa un costo económico adicional para el productor, ya que solo paga por la energía eléctrica utilizada en el bombeo, pero no por el servicio del agua como tal.

La mayoría de los productores usan cantidades excesivas de agua, de acuerdo a las estimaciones del Instituto Tecnológico Superior de Coalcomán, Michoacán (ITSC, 2018), una hectárea de fresa requiere de 4,000 a 6,000m³ de agua por año. El promedio de agua utilizada por los productores de la zona de estudio es de 18,674 m³ por año, cantidad tres veces mayor que la requerida. Solo uno de los productores utiliza 6,000m³ por año, lo que demuestra que si es posible reducir el excesivo consumo de agua sin afectar los volúmenes de producción.

Tabla 32 Cantidad de metros cúbicos utilizados por hectárea por año en el cultivo de la fresa

Parcelas	Cantidad de agua (m³/ha/año)
SECOAM-GIZ-1	23,652
SECOAM-GIZ-10	22,526
SECOAM-GIZ-11	18,240
SECOAM-GIZ-12	6,007
SECOAM-GIZ-13	28,470
SECOAM-GIZ-14	10,212
SECOAM-GIZ-15	27,594
SECOAM-GIZ-2	10,512
SECOAM-GIZ-3	11,826
SECOAM-GIZ-4	17,739
SECOAM-GIZ-5	13,515
SECOAM-GIZ-6	23,214
SECOAM-GIZ-7	23,652
SECOAM-GIZ-8	24,027
SECOAM-GIZ-9	18,922
Promedio	18,674
Máximo	28,470
Mínimo	6,007

Los factores a considerar para definir la cantidad de agua de riego son: la evaporación en la zona en la que se establece el cultivo y la etapa fenológica. Las características físicas del suelo como capacidad de almacenamiento de agua, infiltración y conductividad hidráulica definen el momento y duración del riego. Por lo tanto, se recomienda que se tomen en cuenta estos factores para realizar un programa de riego por parcela (volumen de agua, frecuencia y duración), de forma tal que se reduzca significativamente la cantidad utilizada actualmente.

Otro ejemplo de que se está utilizando agua en exceso se observa en la tabla 33, donde se toma como referencia los datos de evaporación de humedad en el municipio de Maravatío, según los datos de la estación meteorológica “El Gigante” (ubicada en las coordenadas 19°58'21"N y 100°27'04"W) (CONAGUA, 2019), donde se considera que marzo es el mes de trasplante e indica que se requieren 10,734m³/ha/año de agua para satisfacer la demanda en condiciones de campo abierto y sin acolchado.

Tabla 33. Requerimiento de agua del cultivo de fresa en función de la Evaporación registrada de 1981 al 2010 en la estación meteorológica El Gigante, municipio de Maravatío, Michoacán.

Mes	Evaporación diaria (mm)	Coefficiente de cultivo	Evapotranspiración del cultivo. (mm)	Requerimiento (m ³ /ha/ día)	Requerimiento (m ³ /ha/ mes)
Marzo	7	0.4	2.2	22.3	692
Abril	8	0.4	2.5	25.0	750
Mayo	8	0.55	3.3	33.5	1038
Junio	6	0.7	3.4	33.9	1018
Julio	5	0.85	3.4	33.8	1047
Agosto	5	0.85	3.3	32.7	1014
Septiembre	5	0.85	3.1	30.7	921
Octubre	5	0.85	3.1	31.2	966
Noviembre	4	0.85	2.8	28.2	847
Diciembre	4	0.85	2.5	24.8	770
Enero	4	0.75	2.5	24.7	765
Febrero	5	0.75	3.2	32.4	906
Anual					10,734

El coeficiente de cultivo está relacionado a los requerimientos de agua por cada etapa de crecimiento, y sirve para estimar la cantidad mínima de agua que se requiere aplicar para que el cultivo no pierda humedad por efecto de la radiación solar (FAO., 2006)

4.4.7.3 Calidad del agua

Existe una íntima relación entre el agua de riego y la producción de alimentos, dado que el agua es uno de los principales factores limitantes en la producción agrícola a nivel mundial. Con la competencia cada vez mayor por recursos hídricos y la creciente demanda de productos agrícolas, nunca ha sido tan indispensable la necesidad de mejorar la eficiencia y productividad del uso del agua para la producción de cultivos, por ello es importante conocer las características del suelo relacionadas con la humedad y una de las más importantes es la conductividad hidráulica (D.W., 1985)

El agua es esencial para toda actividad agrícola, alrededor del 70% del agua potable disponible en el planeta, es utilizada en la agricultura; la calidad del agua está ligada a la triada suelo-agua-planta, porque, además de considerar el efecto sobre la nutrición de la planta, se debe de considerar el efecto que la calidad del agua produce en el equilibrio del suelo.

En la tabla 34 se observan los valores estipulados por la NOM-001-SEMARNAT-1996 que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en descargas residuales en aguas y bienes nacionales.

Tabla 34 Valores máximos permisibles de contaminantes en agua de riego

Parámetros	Símbolo	Unidad	Valores permisibles en agua de riego
Salinidad			
Contenido en sales			
Conductividad eléctrica	CE	dS/m	0 - 3
Cationes y aniones			
Calcio	Ca ²⁺	meq/L	0 - 20
Magnesio	Mg ²⁺	meq/L	0 - 5
Sodio	Na ⁺	meq/L	0 - 40
Carbonatos	CO ₃ ²⁻	meq/L	0 - 1
Bicarbonatos	HCO ₃ ⁻	meq/L	0 - 10
Cloro	Cl ⁻	meq/L	0 - 30
Sulfatos	SO ₄ ²⁻	meq/L	0 - 20
Nutrientes			
Nitrato-nitrógeno	NO ₃ -N	mg/l	0 - 10
Amonio-nitrógeno	NO ₄ -N	mg/l	0 - 5
Fosfato-fósforo	PO ₄ -P	mg/l	0 - 2
Potasio	K ⁺	mg/l	0 - 2
Boro	B	mg/l	0 - 2
pH	pH	1-14	6 - 8.5
Relación de absorción de sodio	RAS	meq/L	0 - 15

4.4.7.4 Conductividad eléctrica.

Se entiende como Conductividad eléctrica la capacidad de una solución para transportar una corriente eléctrica y es lo contrario de la resistencia, está relacionada con la concentración de sales en solución, cuya disociación genera iones capaces de transportar la energía eléctrica. Este parámetro facilita la estimación del grado de mineralización que tiene el agua y funciona para indicar la cantidad de sólidos disueltos. En el caso de las fuentes de agua analizadas, los valores encontrados varían de 0.32 a 0.69 dS/m el agua es considerada adecuada, ya que está dentro del límite máximo permisible.

4.4.7.5 pH

El pH es un índice de la concentración de los iones de hidrógeno (H) en el agua. Cuanto mayor sea la concentración de los iones de hidrógeno en el agua, menor será el valor del pH. Un agua con pH demasiado alto, inhibe la absorción de nutrientes, principalmente de micronutrientes, como el hierro. Mantener el pH del agua de riego por debajo de 7,0 es también importante para prevenir las obstrucciones de los goteros, debido a la concentración de sales. Por otra parte, un pH demasiado bajo, podría dar lugar a la toxicidad de los micronutrientes y daños al sistema radicular de la planta. Los resultados obtenidos en el análisis de agua muestran un pH que va del rango de 6.86 a 7.96, donde se observa buena calidad, ya que el Límite Máximo Permisible (LMP) va de 6.5 a 8.5.

4.4.7.6 RAS (Relación de Adsorción de Sodio)

Este parámetro indica la cantidad de sodio en el agua de riego en relación con el calcio y el magnesio. El calcio y el magnesio tienden a contrarrestar el efecto negativo de sodio.

Altos niveles de RAS podrían resultar en un daño de la estructura del suelo y en problemas de infiltración de agua, el suelo se vuelve duro y compacto en condiciones secas y reduce la infiltración de agua y aire lo que comúnmente se conoce como encostramiento del suelo. Los valores permisibles para agua de riego van de 0 a 15 meq/l en base a la NOM-001-SEMARNAT-1996.

Los valores obtenidos en la zona de estudio oscilaron de 0.1 a 1.25 meq/l, por lo tanto no hay restricción para uso agrícola, por lo que su calidad es Adecuada.

4.4.7.7 Dureza

La dureza del agua es la suma de las concentraciones de calcio y magnesio, expresada en ppm de CaCO_3 . El calcio y el magnesio son nutrientes esenciales para las plantas y una concentración adecuada de ellos en el agua es benéfica. Sin embargo, cuando la dureza del agua es demasiado alta, una precipitación de sales de calcio y magnesio puede ocurrir en el sistema de riego, obstruyendo los emisores (goteros). Una dureza demasiado baja (blanda) puede causar corrosión en el sistema de riego.

Los resultados del análisis de laboratorio arrojaron una dureza de 6.3 a 23.12 ppm/ CaCO_3 , lo que indica que el agua es muy suave-suave-blanda, comparado con los datos de la tabla 31 Clasificación de la dureza por CaCO_3 en agua (Ruiz, 2017) que muestra los rangos de dureza permisibles para agua de riego, se concluye que las concentraciones de carbonatos de calcio y magnesio son bajos y no puede causar problemas de precipitación de sales.

Tabla 35 Clasificación de la dureza por CaCO_3 en agua

Denominación	ppm de CaCO_3
Muy suaves	0 - 15
Suaves	16 - 75
Medias	76 - 150
Duras	130 - 300
Muy duras	> 300

4.4.7.8 Cationes y Aniones

El Ca, Mg, Na, HCO_3 , Cl, SO_4^2 , están dentro de los LMP, y concuerda con los valores encontrados en la dureza. No hay presencia de carbonatos CO_3^2 . Por lo tanto, la calidad el agua con respecto a la concentración de cationes y aniones se considera como Adecuada.

4.4.7.9 Nitratos.

Para el caso de los nitratos (N- NO_3), 7 de las 9 fuentes de agua analizadas están dentro de los parámetros de calidad adecuada (0-10 ppm), pero hay 2 fuentes, un manantial y un pozo, que superan el límite máximo permisible. Tomando como base estos resultados, se debe poner especial atención al exceso de riego y dosificación de los fertilizantes nitrogenados, ya que son los principales factores para la acumulación de nitratos en las fuentes de agua.

4.4.7.10 Boro

Es un elemento esencial, pero que en elevadas concentraciones resulta tóxico para las plantas. Los cultivos tienen distintos niveles de tolerancia, en caso del cultivo de fresa niveles mayores a 1.0 ppm serían tóxicos (Maas, 1990). En la zona de estudio los niveles de boro están bajos y no representan riesgo para los cultivos. Adecuada calidad del agua por Boro.

4.4.7.11 Metales

Los metales analizados son Fe, Mn, Cu, Zn, As. Los cuatro primeros sirven de nutrientes para los cultivos y el último es tóxico para plantas y animales. En la zona de estudio las cantidades encontradas en el agua son bajas y no se presenta ningún problema, es decir la calidad de agua por Metales es Adecuada.

4.4.7.12 Interpretación de calidad del agua.

Una vez que se analizaron cada uno de los 14 parámetros de forma individual, se determinó la clasificación para cada una de las fuentes de agua estudiadas. (Tabla 36). Para el 100% de las fuentes de agua, la calidad es Adecuada, siendo los únicos factores inadecuados el Potasio (K) que supera los límites permisibles en todas las fuentes, y Nitratos (NO_3) que supera los límites sólo en dos fuentes, sin embargo, este exceso es favorable para el cultivo, por ser nutrientes que son requeridos por el cultivo, ya están solubles y pueden ser asimilados fácilmente.

Tabla 36 Parámetros y clasificación de calidad del agua de la zona de estudio.

FOLIO	CE (dS/m)	pH	RAS	Dureza ppmd CaCO ₃	Ca meq/l	Mg meq/l	Na meq/l
1-POZO	▲ 0.32	▲ 7.96	▲ 0.77	▬ 10.29	▲ 0.78	▲ 1.31	▲ 0.78
2-MANANTIAL	▲ 0.69	▲ 7.74	▲ 1.25	▲ 23.12	▲ 2.36	▲ 2.32	▲ 1.90
3-POZO	▲ 0.35	▲ 7.80	▲ 0.77	▬ 11.90	▲ 0.98	▲ 1.44	▲ 0.84
6-POZO	▲ 0.46	▲ 7.83	▲ 0.97	▬ 15.31	▲ 1.30	▲ 1.81	▲ 1.20
8-POZO	▲ 0.53	▲ 7.90	▲ 1.23	▬ 15.74	▲ 1.74	▲ 1.45	▲ 1.54
9-POZO	▲ 0.41	▲ 7.96	▲ 0.91	▬ 13.40	▲ 1.04	▲ 1.68	▲ 1.06
13-POZO	▲ 0.48	▲ 7.86	▲ 0.95	▬ 15.24	▲ 1.64	▲ 1.45	▲ 1.18
14-PRESA	▲ 0.42	▲ 7.79	▲ 0.71	▬ 15.42	▲ 1.80	▲ 1.32	▲ 0.88
15-POZO	▲ 0.33	▲ 7.82	▲ 0.78	▬ 11.16	▲ 0.84	▲ 1.42	▲ 0.83
FOLIO	K (ppm)	S-SO4 meq/l	HCO3 meq/l	Cl meq/l	CO3 meq/l	N-NO3 (ppm)	B (ppm)
1-POZO	▼ 10.20	▲ 0.11	▲ 2.71	▲ 0.31	▲ -	▲ 0.98	▲ 0.10
2-MANANTIAL	▼ 17.60	▲ 0.73	▲ 4.30	▲ 0.69	▲ -	▼ 11.30	▲ 0.01
3-POZO	▼ 11.30	▲ 0.09	▲ 3.00	▲ 0.27	▲ -	▲ 0.98	▲ 0.10
6-POZO	▼ 12.90	▲ 0.17	▲ 3.90	▲ 0.34	▲ -	▲ 2.10	▲ 0.15
8-POZO	▼ 23.90	▲ 0.13	▲ 3.43	▲ 0.35	▲ -	▼ 18.10	▲ 0.13
9-POZO	▼ 11.30	▲ 0.13	▲ 3.46	▲ 0.35	▲ -	▲ 0.84	▲ 0.19
13-POZO	▼ 18.40	▲ 0.14	▲ 4.10	▲ 0.43	▲ -	▲ 1.54	▲ 0.11
14-PRESA	▼ 8.99	▲ 0.72	▲ 2.82	▲ 0.27	▲ -	▲ 1.68	▲ 0.02
15-POZO	▼ 9.78	▲ 0.11	▲ 2.70	▲ 0.29	▲ -	▲ 1.12	▲ 0.11

5. Literatura citada

- A. Franco, J. H. (2006). Impacts of climate warming and habitat loss on extinctions at species' low-latitude range boundaries. . *Global Change Biology* 12(8), 1545-1553.
- Aboukacem, L. G. (2014). Impacts of earthworms on soil components and dynamics. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ*, 121-133.
- Aguilar Tlatelpa, M. (2011). *Demanda nutrimental de cuatro variedades de fresa (Fragaria X annanasa), cultivadas en la región de Zamora Michoacán*. Tesis de Maestría: Colegio de Posgraduados, México.
- Alavez V., V. M. (2019). Enfrentando el reto de evaluar los daños ambientales ocasionados por organismos genéticamente modificados. En C. Á. Ornelas-García, *Antropización: primer análisis integral*. (págs. 125-148). México: IBUNAM, CONACYT.
- ANEBERRIES-A.C. (12 de 11 de 2019). *Aneberries*. Obtenido de aneberries.mx/listas-de-plaguicidas-19-20
- Bolivar-Anillo, H. e. (2016). Burkholderia tropica una especie de interes para la agricultura. . *TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, 102-108.
- Boschini-Figueroa, C. A.-V.-R. (2009). población de lombrices (Oligochaeta:Annelida) en una finca en Costa Rica. *Agronomía mesoamericana*, 91-99.
- Buzai, G. D. (2013). *Sistemas de Información Geográfica (SIG): Teoría y aplicación*. Lujan, Argentina: Universidad Nacional de Lujan.
- C.D.Thomas, A. C. (2004). Extinction risk from climate change. *Nature* 427, 145-148.
- Carolina Elisabet-Masin., A. R. (2011). EVALUACIÓN DE LA ABUNDANCIA Y DIVERSIDAD DE LOMBRICES DE TIERRA. *Ciencia del Suelo (Argentina)*, 21-28.
- Catalán, V. E., Sánchez, C. I., Villa, C. M., Inzunza, I. M., & Mendoza, M. S. (2007). Programa para Calcular las Demandas de Agua y Calendarizar el Riego de los Cultivos. Gomez Palacio, Dgo. Méx.: CENID-RASPA. INIFAP.
- CENAPRED, (. N. (2017). *Atlas Nacional de Riesgos*. Obtenido de <http://www.atlasmacionalderiesgos.gob.mx/apps/Declaratorias/>
- Christensen, J. H. (2007). *Regional climate projections , Climate Change, 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge,: University Press.

- CONABIO. (1999). *Índice de cartas 1:50000. Escala 1:50 000. Extraído del Inventario de Información Geográfica. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI-1992).* México.
- CONABIO, C. N. (1998). *Subcuencas hidrológicas. Extraído de Boletín hidrológico. (1970). Subcuencas hidrológicas en Mapas de regiones hidrológicas. Escala más común 1:1 000 000.* México: Secretaría de Recursos Hidráulicos, Jefatura de Irrigación y Control de Ríos, Dirección de Hidrología.
- CONAGUA. (2019). *CONAGUA.* Obtenido de CONAGUA:
<https://smn.conagua.gob.mx/es/informacion-climatologica-por-estado?estado=mich>
- D.W., A. R. (1985). *Water quality for agriculture.* Roma: FAO.
- FAO. (2018). *Agricultura sostenible y biodiversidad – Un vínculo indisociable.* Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- FAO, J. B. (2019). *The State of the World's Biodiversity for Food and Agriculture,.* Roma: FAO Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture Assessments.
- FAO. (2006). *Evapotranspiración del cultivo. Guía para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos.* Roma: FAO. Obtenido de Fao.org: <http://www.fao.org/3/a-x0490s.pdf>
- Fernández-Eguiarte, A. J.-H.-C. (2014). *Atlas Climático Digital de México.* Centro de Ciencias de la Atmósfera. Universidad Nacional Autónoma de México.
- García, E. (2004). *Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen.* México: ISBN-UNAM.
- GIZ. (2012). *Integración de los servicios ecosistémicos en la planificación del desarrollo. Un enfoque sistemático en pasos para profesionales basado en TEEB. Deutsche Gesellschaft für, Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH Sede en Bonn, Eschborn y Quito (Ecuador).*
- González-Barrios, J. L. (2011). Caracterización de la porosidad edáfica como indicador de la calidad física del suelo. *Terra Latinoamericana*, 369-377.
- Huerta, E., Rodríguez-Olán, J., Evia-Castillo, I., Montejo-Meneses, E., & de la Cruz-Mondragón, M. (2005). La diversidad de lombrices de tierra (annelida, oligochaeta) en el Estado de Tabasco, México. *Universidad y Ciencia*, 75-85.
- INEGI. (2013). *Continuo de Elevaciones Mexicano.* Obtenido de <https://www.inegi.org.mx/app/geo2/elevacionesmex/>
- INEGI. (2015). Obtenido de <https://datos.gob.mx/busca/dataset/mapas-topograficos-escala-1-50-000-serie-iii>

- INEGI. (2017). Obtenido de http://www.conabio.gob.mx/informacion/metadatos/gis/usv250s6gw.xml?_httpcache=yes&_xsl=/db/metadatos/xsl/fgdc_html.xsl&_indent=no
- INEGI. (2017). *Conjunto de Datos Vectoriales de Uso de Suelo y Vegetación. Escala 1:250 000. Serie VI (Capa Union), escala: 1:250 000*. Aguascalientes, México: Edición: 1. Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- ITSC. (2018). *Manual de producción de fresa en Coalcoman Michoacan*.
- J. Malcolm, C. L. (2006). Global warming and extinctions of endemic species from biodiversity hotspots. *Conservation Biology* 20(2), 538-548.
- J. Z. Castellanos, J. X.-B.-S. (2000). *Manual de Interpretación de suelos y aguas*. Instituto de Capacitación para la Productividad Agrícola.
- Maas, E. V. (1990). Crop salt tolerance. *Agricultural salinity assessment and management*, 262-304.
- McCallum, R. S. (2018). An assessment of artificial nests for cavity-nesting bees (Hymenoptera: Megachilidae) in lowbush blueberry (Ericaceae). *The Canadian Entomologist*, 150(6), 802-812.
- Michel Aceves, A. C. (2001). Especies de Trichoderma en Suelos Cultivados con Mango Afectados por Escoba de Bruja” y su potencial inhibitorio sobre Fusarium oxisporum. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 154-160.
- Pesticide-Action-Network-International. (2018). *Lista de Plaguicidas Altamente Peligrosos de PAN Internacional*. Hamburgo, Germany: PAN International.
- Peterson A., M. O.-H.-C. (2002). Future projections for Mexican faunas under global climate change scenarios. *Nature* 416, 626-629.
- Rico. (2017). *La conectividad del paisaje y su importancia para la biodiversidad*. México: Saber Más.
- ROBERT J. HIJMANS., S. E. (2005). VERY HIGH RESOLUTION INTERPOLATED CLIMATE SURFACES FOR GLOBAL LAND AREAS. *INTERNATIONAL JOURNAL OF CLIMATOLOGY*, 1965-1978.
- Ruiz, C. (2017). *La dureza del agua y su importancia en el riego por goteo*. México: Intagri.
- SAGARPA. (2017). *Plan Agrícola Nacional 2017-2030. Fresa Mexicana*. México: Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural.
- SAS-Institute-Inc. (2008). *JMP® 8 User Guide*. Cary, NC.: SAS Institute Inc.
- SEMARNAT. (2002). *NOM-021-SEMARNAT-2000*. México.

- TEEB. (2010). *The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Mainstreaming the Economics of Nature: A synthesis of the approach, conclusions and recommendations of TEEB*.
- USDA. (1999). *Guía para la evaluación de la calidad y salud del suelo*.
- USDA. (DICIEMBRE de 1999). <https://www.nrcs.usda.gov/>. Obtenido de https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/stelprdb1044786.pdf
- UTZ. (4 de 01 de 2020). <https://www.utz.org>. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/352409362/ES-UTZ-List-of-Banned-Pesticides-v1-0-2015-pdf>
- V. Fernández., T. S. (2015). www.guiaverde.com. Obtenido de Fertilizacion Foliar-Principios Científicos y Práctica de campo.: https://www.guiaverde.com/files/company/03032016122136_libro_2015_foliar_fertilizers_spanish_def.pdf
- WRB, I. W. (2015). *Base referencial mundial del recurso suelo 2014, Actualización 2015. Sistema internacional de clasificación de suelos para la nomenclatura de suelos y la creación de leyendas de mapas de suelos. Informes sobre recursos mundiales de suelos*. Roma, Italia: FAO.
- WRB, I. W. (2015). *Base referencial mundial del recurso suelo 2014, Actualización 2015. Sistema internacional de clasificación de suelos para la nomenclatura de suelos y la creación de leyendas de mapas de suelos. Informes sobre recursos mundiales de Suelos 106*. Roma, Italia: FAO.