



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO



**DEPARTAMENTO DE ENSEÑANZA, INVESTIGACIÓN Y SERVICIO EN
AGROECOLOGÍA.**

**CARACTERIZACIÓN DE LA AGRICULTURA EN EL MUNICIPIO DE SANTO
DOMINGO TOMALTEPEC, OAXACA.**

TESIS PROFESIONAL

Como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO EN AGROECOLOGÍA

PRESENTA

JOSÉ RAMIRO ECAHUA CASTILLO



**DEPARTAMENTO DE ENSEÑANZA
INVESTIGACIÓN Y SERVICIO
EN AGROECOLOGÍA
SUBDIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN**

Chapingo, Texcoco, Edo. de México, diciembre 2021

La presente tesis titulada **Caracterización de la agricultura en el municipio de Santo Domingo Tomaltepec, Oaxaca**, fue realizada por el **C. José Ramiro Ecahua Castillo**, bajo la dirección del **Dr. Quetzalcóatl Orozco Ramírez** y la **M. C. Laura Gómez Tovar** y asesorada por la Dra. María Virginia González Santiago, Dr. Juan Antonio Cruz Rodríguez, y la Dra. Patricia Balvanera Levy. La tesis fue revisada y aprobada por el Honorable Jurado Examinador y aceptada como requisito parcial para obtener el título de:

Ingeniero en Agroecología

Jurado Examinador



Presidente

Dr. Quetzalcóatl Orozco Ramírez



Secretaria

M. C. Laura Gómez Tovar



Vocal

Dra. María Virginia González Santiago



Suplente

Dr. Juan Antonio Cruz Rodríguez



Suplente

Dra. Patricia Balvanera Levy

Dedicatoria

A mis padres Gudelia y Víctor, Por haberme dado la vida y brindarme su apoyo en cada una de las etapas de la misma. Por apoyarme en todo mi proceso de formación, por haberme inculcado buenos principios y valores, por enseñarme que los buenos resultados se obtienen a base de esfuerzo y dedicación.

A mis hermanos, por alentarme en todo momento y no dejar que mis ánimos cayeran, por ser mi fuente constante de inspiración para seguir día con día con este proceso de formación.

Agradecimientos

A Dios por regalarme esta vida y que me ha llenado de bendiciones que me permiten culminar esta etapa de mi vida.

Al Dr. Quetzalcóatl Orozco por compartirme su experiencia y apoyarme con todo el proceso de tesis. Por haberme motivado e impulsado a concluir con esta investigación.

Al equipo de investigación Cocina Colaborativo de Santo Domingo Tomaltepec Oaxaca, por haberme apoyado constante en el desarrollo de las actividades de campo, en particular a la Dra. Patricia Balvanera Levy, así como a los agricultores que me acompañaron en las actividades de campo. También agradezco a la UNAM y al programa PAPIIT por el apoyo económico a través del proyecto IV200120 para hacer el trabajo de campo.

A la M. C. Laura Gómez Tovar por compartirme de sus conocimientos y apoyarme en todo mi proceso de formación como ingeniero en Agroecología, así como a los miembros del comité de tesis por sus recomendaciones y sugerencias que mejoraron este trabajo.

A mi familia por motivarme y apoyarme en todo el proceso de formación.

ÍNDICE

RESUMEN	1
SUMMARY	3
1. INTRODUCCIÓN	5
2. OBJETIVOS	8
2.1. General	8
2.2. Específicos	8
3. REVISION DE LITERATURA	9
3.1. La agricultura en México	9
3.2. El sector agrícola en Oaxaca	13
3.3. La región de valles centrales	16
3.4. El proyecto de cocina colaboratorio	18
4. SITIO DE ESTUDIO	19
4.1. Localización	19
4.2. Organización social	20
4.3. Tipos de propiedad	20
4.4. Clima	20
4.5. Geología y suelo	22
4.6. Fisiografía	22
4.7. Fauna	22
4.8. Uso de suelo y vegetación	22
4.9. Uso potencial de la tierra	23
4.10. Hidrología	23
4.11. Población	23
4.12. Actividades económicas	24
5. MÉTODOS	26
5.1. Estimación de la superficie cultivada	27
5.2. Descripción del proceso productivo del cultivo de maíz	28
5.3. Estimación del uso de agua de riego	28
5.4. Análisis de la problemática agrícola	29
6. RESULTADOS	29
6.1. Superficie agrícola	30
6.1.1. <i>Superficie agrícola en 2004</i>	32

6.1.2.	<i>Superficie agrícola en 2019</i>	34
6.1.3.	<i>Superficie agrícola en 2020</i>	36
6.1.4.	<i>Superficie agrícola según el SIAP</i>	38
6.2.	Proceso productivo del maíz	41
6.2.1.	<i>Preparación del suelo</i>	41
6.2.2.	<i>Obtención de la semilla</i>	42
6.2.3.	<i>Siembra</i>	43
6.2.4.	<i>Desherbada</i>	44
6.2.5.	<i>Orejera y fertilización</i>	44
6.2.6.	<i>Cosecha</i>	44
6.2.7.	<i>Almacenamiento y destino de cosecha</i>	45
6.3.	Estimación del uso de agua de riego.....	46
6.3.1.	<i>Cálculo de evapotranspiración inicial</i>	46
6.3.2.	<i>Precipitación efectiva</i>	47
6.3.3.	<i>Datos del cultivo</i>	48
6.3.4.	<i>Datos del suelo</i>	49
6.3.5.	<i>Requerimiento de agua de riego para el cultivo</i>	50
6.4.	Análisis de la problemática	51
6.4.1.	<i>Escasez de agua</i>	52
6.4.2.	<i>Baja fertilidad en los suelos de las parcelas</i>	53
6.4.3.	<i>Bajos rendimientos</i>	54
6.4.4.	<i>Preparación del suelo</i>	54
6.4.5.	<i>Abandono de la agricultura</i>	55
7.	DISCUSIÓN	56
7.1.	Superficie agrícola	56
7.2.	Proceso productivo del maíz	58
7.3.	Estimación del uso del agua de riego.....	60
7.4.	Análisis de la problemática	62
8.	CONCLUSIONES	64
9.	REFERENCIAS	65

RESUMEN

En la últimas dos décadas la agricultura ha presentado muchos cambios en el país. En algunas zonas se ha reducido considerablemente, mientras que otras han ido en aumento. Estos cambios se deben a diferentes problemáticas u oportunidades que se presentan a los campesinos en sus actividades de producción. La presente investigación se centra en caracterizar la agricultura en el municipio de Santo Domingo Tomaltepec en el estado de Oaxaca e identificar los cambios que ha presentado. Para llevar a cabo esta investigación se empleó en método del diagnóstico rural rápido (DRR), el cual permitió a través de talleres con productores, recorridos a campo y entrevistas semiestructuradas, obtener información necesaria para la caracterización. Los objetivos específicos fueron: 1) Calcular la superficie cultivada de la comunidad de Santo Domingo Tomaltepec Oaxaca por cultivo y los cambios que han presentado en los últimos años. 2) Describir el proceso productivo del maíz criollo en la comunidad de Santo Domingo Tomaltepec Oaxaca. 3) Estimar el uso de agua de riego en el cultivo de alfalfa en la comunidad. Y 4) Identificar los principales problemas que enfrentan los campesinos en el proceso agrícola.

A través de análisis de imágenes de satélite, en el año 2004 se identificaron cultivos de maíz y alfalfa, los cuales cubrían 218.65 ha. En el año 2019 se identificaron los cultivos de maíz, alfalfa, aguacate, sorgo, maguey y garbanzo con una superficie agrícola de 167.11 ha; y en el año 2020 se identificaron los cultivos de maíz, alfalfa, aguacate, sorgo, maguey, y frijol, y la superficie agrícola total fue de 212.62 ha. El ciclo productivo del cultivo de maíz consta de siete actividades principales que son; preparación del suelo, obtención de la semilla, siembra, desherbada, orejera, cosecha y almacenamiento. En el caso del cálculo del requerimiento de agua por parte del cultivo de alfalfa, se obtuvo un uso total de 7, 765 m³ por hectárea por año. Los principales problemas en la producción agrícola que fueron identificados son los siguientes: escasez de agua; el método inadecuado de preparación del suelo; baja fertilidad de los suelos; bajos rendimientos; y abandono del campo.

La superficie agrícola ha disminuido a través de los años y esto se le atribuye principalmente a la urbanización y el abandono del campo por parte de los productores. El principal cultivo es el maíz, el cual integra en su proceso productivo maquinaria tradicional y mecanizada. El

cultivo de alfalfa que requiere de mucha agua por lo que no es recomendable en la zona. En la comunidad existen varios problemas relacionados con la agricultura, por lo que se sugiere implementar un plan de manejo que proponga diferentes estrategias de mejorar la productividad y el uso de los recursos que se encuentran disponibles en la zona.

SUMMARY

In the last two decades agriculture has undergone many changes in the country. In some areas it has fallen considerably, while others have been increasing. These changes are due to different problems or opportunities that are presented to farmers in their production activities. This research focuses on characterizing agriculture in the municipality of Santo Domingo Tomaltepec in the state of Oaxaca and identifying the changes that it has presented. To carry out this research, the rapid rural diagnosis (DRR) method was used, which allowed through workshops with producers, field trips and semi-structured interviews, to obtain the necessary information for characterization. The specific objectives were: 1) Calculate the cultivated area of the Santo Domingo Tomaltepec Oaxaca community by crop and the changes that have occurred in recent years. 2) Describe the production process of Creole corn in the community of Santo Domingo Tomaltepec Oaxaca. 3) Estimate the use of irrigation water in the cultivation of alfalfa in the community. And 4) Identify the main problems that peasants face in the agricultural process.

Through the analysis of satellite images, in 2004 corn and alfalfa crops were identified, which covered 218.65 ha. In 2019, corn, alfalfa, avocado, sorghum, maguey and chickpea crops were identified with an agricultural area of 167.11 ha; and in 2020 the crops of corn, alfalfa, avocado, sorghum, maguey, and beans were identified, and the total agricultural area was 212.62 ha. The productive cycle of corn cultivation consists of seven main activities that are; preparation of the soil, obtaining the seed, sowing, weeding, earmuff, harvesting and storage. In the case of calculating the water requirement for alfalfa cultivation, a total use of 7,765 m³ per hectare per year was obtained. The main problems in agricultural production that were identified are the following: water shortage; the improper method of soil preparation; low soil fertility; low yields; and abandonment of the field.

The agricultural area has decreased over the years and this is mainly attributed to urbanization and the abandonment of the countryside by producers. The main crop is corn, which integrates traditional and mechanized machinery into its production process. The cultivation of alfalfa that requires a lot of water so it is not recommended in the area. In the community there are several problems related to agriculture, so it is suggested to implement a

management plan that proposes different strategies to improve productivity and the use of resources that are available in the area.

1. INTRODUCCIÓN

En México las actividades agropecuarias tienen una gran importancia en el medio rural como fuente de ingresos y proveedoras de alimentos. Además, el sector agropecuario es uno de los principales medios de empleo para la población que reside en el medio rural (FAO, 2014).

El sector agropecuario en México ha sufrido una serie de cambios y de adaptaciones a lo largo de los años, tanto por modificaciones en las condiciones de la tierra, las variaciones en el clima y los cambios en las demandas de la sociedad. Algunos de estos cambios incluyen la modificación de las prácticas de manejo de las unidades agropecuarias y la sustitución o abonado de cultivos o variedades nativas o criollas (FAO, 2014).

En México el 63.4% de las unidades económicas rurales del estrato familiar de subsistencia se localizan en seis estados de la República Mexicana: Estado de México, Oaxaca, Guerrero, Puebla, Chiapas, Veracruz, El 52.0% de estas unidades están ubicadas en localidades de alta marginación y el 16.4% en localidades de muy alta marginación (SAGARPA, 2012).

El Estado de Oaxaca se ubica dentro de las cinco entidades con mayor pobreza del país, reportando el 70.4% de su población en pobreza situada principalmente en zonas rurales (CONEVAL, 2017).

El 70% de su territorio es de tipo rural, donde la agricultura y producción pecuaria son sus principales actividades económicas, pero con la creciente urbanización de zonas cercanas a la capital del estado y otras ciudades importantes, los territorios se han estado reconfigurando, al igual que su vocación económica (Mariscal et al, 2019).

La agricultura familiar es de las principales actividades económicas en las zonas rurales del país, pero en las últimas décadas se ha encontrado con muchas dificultades económicas, las cuales la han ido reduciendo considerablemente, generando cambios en el empleo rural y la migración de campesinos, para encontrar nuevas oportunidades de empleo (Carton De Grammont H., 2009).

Es importante mencionar que la agricultura de pequeña escala está siendo afectada por diferentes razones, de las cuales destaca el cambio climático y la urbanización. La primera se debe a que el ambiente se ve modificado al igual que el calendario agrícola, los campesinos

dedicados a la producción de pequeña escala se ven limitados en cuestión de recursos por lo cual únicamente pueden aprovechar el temporal para la producción. Al existir el cambio climático, las lluvias se escasean y el temporal ya no funciona como anteriormente lo hacía, esto genera que los campesinos se ven obligados al cambio de actividad debido a los bajos rendimientos (Bocco et al, 2019). Con respecto al crecimiento de la mancha urbana, está ocurriendo en varias regiones, consiste en el crecimiento de la población, ocasionando un cambio de uso del suelo, las tierras agrícolas pasan a ser usadas para la construcción y de esta manera el área de producción agrícola disminuye considerablemente (Ruiz et al, 2020).

La presente investigación se realizó en una comunidad de los Valles Centrales de Oaxaca. Esta región se caracteriza por tener en un mismo territorio procesos muy activos de urbanización y a la vez zonas rurales que dependen de las actividades agropecuarias, siendo la agricultura familiar la principal. La agricultura predominante es de temporal, aunque existen pequeñas zonas de riego que aprovechan el agua subterránea o pequeños almacenamientos (Chávez y Binnqüist, 2012). El énfasis de la tesis fue identificar los cambios en la superficie sembrada en las últimas dos décadas en la comunidad de Santo Domingo Tomaltepec, así como describir el cultivo del maíz y el uso de agua de riego. Este tipo de estudios son importantes para entender cómo se está transformando la actividad agrícola en las regiones con agricultura familiar y cómo la agroecología puede hacer aportes para una mejor adaptación de la agricultura a las condiciones socioeconómicas y ambientales en localidades particulares.

La actual investigación está incluida en un proyecto de mayor alcance. El proyecto tiene el nombre de Cocina-Colaboratorio (<https://colaboratorykitchen.com/es/>). El cual se está desarrollando en tres diferentes sitios del país; en Xochimilco en el estado de México, en la Selva Lacandona en el estado de Chiapas y en Santo Domingo Tomaltepec en el estado de Oaxaca, es un proyecto de acción, creación, docencia e investigación en la búsqueda de sistemas agroalimentarios más justos, resilientes y sustentables. Ante la severa crisis ambiental y social que enfrentamos actualmente, la producción, consumo, procesamiento y comercialización de los alimentos es una de las principales causas, pero también la base para las soluciones de cara al futuro.

Las actividades en la comunidad se iniciaron en el año 2019, llevando a cabo diferentes actividades junto al equipo transdisciplinario de investigadores miembros del proyecto de Cocina Colaboratorio, con quienes en conjunto se planearon actividades con los productores. Se inició con recorridos a campo para analizar la situación de los cultivos y también el agua utilizada en la comunidad, se llevaron a cabo talleres con productores para realizar análisis del proceso productivo del maíz, entrevistas que permitieron complementar la información respecto a los cultivos agrícolas establecidos, grupos focales, etc.

Esta investigación se inserta al proyecto de Cocina Colaboratorio como una herramienta que permita conocer las condiciones actuales de las actividades agrícolas en la comunidad. Esto implica conocer los cultivos establecidos en la comunidad, el cultivo principal para la comunidad, así como también las actividades que se llevan a cabo a lo largo de su ciclo productivo y el uso de los recursos principalmente el agua disponible en la comunidad, además de analizar la problemática a la que se enfrenta el sector agrícola. Esto permitirá a los investigadores del proyecto Cocina Colaboratorio tener un panorama más amplio del sistema productivo de la comunidad y podrán establecer propuestas de mejora en los procesos productivos de los cultivos y llegar a obtener sistemas agroalimentarios adecuados, como se ha planteado.

2. OBJETIVOS

2.1. General

Caracterizar la agricultura en Santo Domingo Tomaltepec Oaxaca para poder identificar los cambios que han existido a lo largo de las últimas dos décadas.

2.2. Específicos

1. Calcular la superficie cultivada de la comunidad de Santo Domingo Tomaltepec Oaxaca por cultivo y los cambios que han presentado en los últimos años.
2. Describir el proceso productivo del maíz criollo en la comunidad de Santo Domingo Tomaltepec Oaxaca
3. Estimar el uso de agua de riego en el cultivo de alfalfa en la comunidad.
4. Identificar los principales problemas que enfrentan los campesinos en el proceso agrícola

3. REVISION DE LITERATURA

3.1. La agricultura en México

En México el 63.4% de las unidades económicas rurales del estrato familiar de subsistencia se localizan en ocho estados de la República Mexicana: Estado de México, Oaxaca, Guerrero, Puebla, Chiapas, Hidalgo y Michoacán. El 52.0% de estas unidades están ubicadas en localidades de alta marginación y el 16.4% en localidades de muy alta marginación (Mariscal, et al 2019).

La agricultura familiar es una forma de organizar la agricultura, ganadería, silvicultura, pesca, acuicultura y actividades agrosilvopastoriles relacionadas, que es administrada y operada por una familia y, sobre todo, que depende preponderantemente del trabajo familiar, tanto de mujeres como de hombres (Beltrán y Sánchez, 2017).

Tradicionalmente la agricultura en pequeña escala se ha identificado con el concepto de campesino, a quien se señala como el productor rural inserto en una cultura tradicional. El campesino tiene control sobre la tierra, lo cual le permite mantener un modo de vida tradicional en el que la agricultura desempeña un papel fundamental. Además, su economía se sustenta en el trabajo del productor y su familia, por lo que prácticamente no involucra trabajo asalariado, de manera que es poco factible determinar la retribución de los factores de la producción (capital, trabajo y tierra) y su utilidad mercantil (Macías, 2013).

Sin embargo, la agricultura es una actividad particularmente susceptible a factores climáticos. Los campesinos, por lo tanto, incluyen en sus saberes tradicionales prácticas encaminadas a reducir los riesgos que supone una actividad que depende de condiciones climáticas impredecibles (Vallejo et al, 2011)

Considerando el ingreso al mercado que presenta la agricultura familiar, esta puede ser clasificada en: a) Agricultura familiar, la cual está orientada a exclusivamente al autoconsumo, con disponibilidad de tierras e ingresos insuficientes para garantizar la reproducción económica, lo que los induce a recurrir al trabajo asalariado, rentar parte de la superficie disponible y depender en gran medida de apoyos gubernamentales. b) Agricultura familiar en transición en la cual la producción obtenida se destina al autoconsumo y venta,

cuenta con una mayor superficie que el grupo anterior y diversificación de actividades primarias; sin embargo, presenta dificultades para generar ingresos y producción suficiente para la estabilidad familiar, lo que causa que los integrantes de la familia se empleen fuera de la unidad familiar, o dependan de ingresos otorgados por familiares y de apoyos gubernamentales para complementar sus ingresos. c) Agricultura familiar consolidada la cual se distingue porque tiene sustento suficiente en la producción propia y acceso a mercados locales. Sin embargo, esto es posible debido a los apoyos gubernamentales y otras fuentes de ingreso que también perciben (FAO, 2012).

Durante el siglo XX y sobre todo a partir de la Revolución Verde, campesinos tradicionales alrededor del mundo han estado bajo presión para abandonar sus estrategias de autosubsistencia y practicar la agricultura como negocio (Vallejo et al, 2011).

Con la esperanza de ganar dinero, muchos campesinos abandonaron sus saberes tradicionales para concentrarse en cultivos comerciales. Al hacerlo, alteraron las características de su sistema humano ambiental con resultados generalmente desalentadores (Vallejo et al, 2011).

México tiene 127.8 millones de habitantes a lo largo y ancho de todo el país. 55.4 millones de personas poseen un trabajo, de esta cifra, 5.4 millones se dedican a las actividades agrícolas, 881 mil en la cría y explotación de especies ganaderas y 146 mil en la pesca y acuicultura (Panorama Agroalimentario, 2020).

De los 24.6 millones de hectáreas de zonas agrícolas existentes en México en el año 2020, el 24.5% fue sembrado con maíz grano, 5.4% con sorgo grano, 4.0% con frijol, 2.0% con trigo grano y el 0.1% con arroz. Cuenta con 108.9 millones de hectáreas para la ganadería. 11 mil km de litoral 76 mil embarcaciones para pesca 125 mil hectáreas para acuicultura (Panorama Agroalimentario, 2020).

La historia de la alimentación en México se relaciona directamente con la agricultura. El maíz, la calabaza, y el chile, fueron los primeros alimentos cultivados del mexicano. Por su resistencia a condiciones variables, el maíz pudo ser cultivado junto con el frijol y la calabaza, surgiendo un tipo de agricultura que estaba destinada a alimentar a la población (Torres, 2014).

El maíz fue domesticado hace aproximadamente 9,000 años. Este cultivo es descendiente de una planta de nombre “teocinte (*Zea mays*)”, la cual posee rasgos muy similares a los del maíz, como es la arquitectura de la planta, y el fruto, con la diferencia que el de esta planta es más pequeño en comparación del del maíz y que tiene una cubierta dura. Después de varios estudios se determinó que el maíz tenía rasgos más similares a las plantas del teocinte que se encontraban ubicadas cerca del río Balsas (Herrera et al., 2020). Aunque el maíz es un alimento importante en muchas partes del mundo, su valor nutricional es inferior al de otros cereales. En promedio, el contenido de proteína es de 10%. Sin embargo, es rico en carotenoides, vitaminas (A, B, C y E) y pequeñas cantidades de ácido fólico, colina y ácido pantoténico. Un grano de maíz contiene hasta 30% de grasas, por lo que se utiliza para obtener aceites ricos en grasas poliinsaturadas (como los ácidos grasos linoleico y linolénico). El almidón representa entre 72 y 73% del peso de un grano de maíz, porque es su componente mayoritario (Herrera et al, 2020).

Por otra parte, el frijol en México es uno de los principales alimentos en la dieta básica ya que proporciona una gran cantidad de proteína, pero actualmente se enfrenta a modificaciones importantes ante una sociedad cambiante, incluidos los hábitos alimenticios, a consecuencia del urbanismo, la migración y el empleo. Como valor nutricional, el frijol aporta 39.7% de proteína, 0.97% de grasa, un porcentaje de fibra de 12.22% y 284.5 kcal de energía (Fernández et al, 2017).

Otro cultivo importante para las zonas rurales es la calabaza. La calabaza tiene su origen en Mesoamérica, desde México hasta Panamá (CONABIO s. f.). El componente principal de la calabaza es el agua, lo que, unido a su bajo contenido de carbohidratos, hace que sea un alimento con un escaso aporte calórico, proporcionando solamente 50 calorías por 100 gramos. En relación con las vitaminas, es fuente importante de pro vitamina A y betacarotenos beta, alfa y luteína. La vitamina C se encuentra en cantidades apreciables, con 100 gramos de calabaza, se cubre el 20% de las necesidades diarias recomendadas (Ferrera, 2012).

Junto con la calabaza, el maíz y el frijol, el chile conformó la base de la alimentación de las culturas de Mesoamérica. De acuerdo con los especialistas, el chile es originario de México. Existen evidencias arqueológicas han permitido estimar que este producto fue cultivado

desde el año 7000 al 2555 a. C. en las regiones de Tehuacán, Puebla, y en Ocampo, Tamaulipas. El fruto del chile no es sólo un condimento extraordinario. Es también un alimento de gran valor nutritivo. Se considera el vegetal con mayor concentración de ácido ascórbico; en fresco contiene más del doble de vitamina C que el limón y la naranja y casi seis veces más que la toronja; en seco, por su parte, contiene vitamina A en una proporción mayor que las zanahorias. Además, los chiles poseen cantidades significativas, aunque menores, de vitaminas E y B, y de algunos minerales (Hernández y Muñoz, 2015).

Otro de los cultivos de gran importancia en la dieta de los mexicanos es el tomate, el cual tuvo su origen en la región Andina que se extiende desde el sur de Colombia al norte de Chile. El centro de domesticación del tomate ha sido controvertido; sin embargo, se cree que el origen de su domesticación es México, porque existe mayor similitud entre los cultivares europeos y los silvestres de México que con los de la zona andina (Sañudo, 2013). El tomate maduro, además de agua, posee carbohidratos, potasio, fósforo, magnesio, vitaminas B1, B2, B5 y C; también presenta carotenoides como el licopeno, el que junto a la vitamina C son antioxidantes (Palomo et al, 2010).

En general, los cultivos se pueden clasificar de distintas formas, por ejemplo, en básicos, cíclicos y perennes. Los cultivos básicos en México son el maíz, frijol, garbanzo, trigo, arroz. Estos son los cultivos que por razones alimenticias, económicas, sociales, Etc. se cultivan en casi todas las regiones. Los cultivos cíclicos tienen un periodo vegetativo menor a un año, también se conocen como anuales. Y se concentran en dos periodos productivos: otoño-invierno y primavera-verano. Por último, los cultivos perennes, aquellos cuyo ciclo vegetativo es mayor a un año (Torres, 2014).

En México y en general en todas partes del mundo, existen dos tipos de agricultura por su forma de abasto de agua; la que se relaciona con la de subsistencia es la de temporal, ésta depende exclusivamente de las lluvias y permite sembrar una vez al año en regiones con lluvia estacional, o todo el año en regiones con lluvia continua. El otro tipo de agricultura es de riego, esta se caracteriza por contar con canales, u otros sistemas de riego que permiten la siembra independientemente de la lluvia, y si pueden tener varios ciclos de cultivo al año, dependiendo de la temperatura. (Torres, 2014).

En México de la superficie dedicada a la agricultura casi el 25% se cultiva bajo condiciones de riego. En el caso de la superficie de riego, poco más del 10% se encuentra bajo sistemas tecnificados, mientras que el resto opera bajo condiciones de riego no tecnificado (Torres, 2014).

En México existe un gran contraste al interior del sector agrícola, ya que por un lado se encuentra la agricultura de subsistencia o tradicional, donde el “campesino” depende de en parte de la lluvia para la producción y utiliza mano de obra no asalariada para producción de sus cosechas. Esta agricultura es utilizada generalmente para el autoconsumo, también podría denominarse familiar. Por otro lado, se encuentra la agricultura comercial o industrial, donde la tecnología se emplea para aumentar la producción. También se usa la irrigación y la mano de obra asalariada para la producción, y a diferencia de la agricultura de subsistencia, las cosechas se destinan principalmente al mercado nacional o internacional (Torres, 2014).

3.2. El sector agrícola en Oaxaca

El estado de Oaxaca cuenta con una superficie de 93,757 km² ocupando el quinto lugar nacional en cuanto a superficie con respecto a otras entidades. Se localiza en el sur del país. El clima es cálido subhúmedo y cálido húmedo, principalmente, con una temperatura media anual de 22 grados centígrados, y una precipitación media anual de 1,550 mm. Del total de la superficie estatal, el 14.34% está destinada a la agricultura con 1,367,440.34 hectáreas sembradas, de las cuales 652,719.28 hectáreas están destinadas a cultivos anuales y 714,721.06 hectáreas a cultivos perennes, 631,294 hectáreas mecanizadas y 736,147 hectáreas no mecanizadas, 618,396 hectáreas fertilizadas y 749,044 hectáreas no fertilizadas. Del total de hectáreas sembradas únicamente 6.55% cuentan con riego, el resto son de temporal (SEDAPA, 2016).

La producción estatal comprende cultivos anuales y perennes; entre los primeros destaca el sector de granos básicos, predominando el maíz y en menor proporción el frijol, sorgo en grano y trigo, juntos representaron el 46.54% de la superficie agrícola sembrada en 2015. El sector forrajero representó el 30.68% de la superficie, destacando los pastos y en menor importancia la alfalfa verde, maíz y sorgo forrajero. Ambos sectores representaron el 77.22% de la superficie cultivada sembrada a nivel estatal en 2015. El resto (22.78%) está

representado por cultivos comerciales diversos, destacando el café, caña de azúcar, cítricos (limón, naranja y toronja principalmente), agave y diversos cultivos frutales (tropicales: mango, plátano, papaya, piña, coco; cucurbitáceas: sandía, melón y; caducifolias: durazno, manzana, entre otros). Este último grupo, aunque la superficie es menos representativa que los dos sectores anteriores, son promisorios, dado su potencial económico productivo y de generación de empleos a nivel local. De manera general, la producción de granos básicos (maíz y frijol), se orienta principalmente al autoconsumo familiar. El resto de los cultivos son para fines comerciales (Bernardino 2017)

El cultivo de maíz es la actividad agrícola ubicada en primer lugar en Oaxaca. El estado de Oaxaca representa un importante acervo de maíz nativo en México. Es de los estados con mayor diversidad de razas, 38 de las 64 reportadas en el país, la cuales se cultivan en prácticamente todos los ambientes y forma parte fundamental de la cultura y la alimentación de las comunidades (Aguilar et al, 2015).

El cultivo de forrajes, es la actividad agrícola ubicada en el segundo lugar, representada por los pastos. La producción de forraje se enfrenta principalmente a problemas relacionados con la nutrición vegetal asociada a la obtención en cantidad y calidad de materia seca disponible para la alimentación animal (Bernardino, et al 2017).

El café es el tercer cultivo de importancia para Oaxaca. A partir de la agrícola sembrada hasta 2015, se puede calcular que el café con manejo tradicional representa aproximadamente el 75% (Bernardino, et al 2017).

El estado de Oaxaca es uno de los de mayor marginación y pobreza en México. El 70% de su territorio es de tipo rural, donde la agricultura y producción pecuaria son sus principales actividades económicas. Aunque la urbanización ha aumentado en zonas cercanas a la capital y en ciudades medias como en Puerto Escondido, Tuxtepec y Salina Cruz (SEDAPA, 2016).

La producción agrícola en el estado se sustenta en dos modalidades técnicas: la agricultura tradicional indígena y la de mercado. Aunque hay un continuo de situaciones entre estos dos extremos. Las dos son vitales en la estrategia productiva de los pueblos indígenas. La primera es producto de la experiencia histórica de los indígenas en el manejo de sus hábitats y los recursos ahí inmersos. Se define a esta agricultura como "atrasada" o "primitiva", por el tipo

de energía e instrumental empleados. Esta es la visión dominante entre las burocracias nacionales e internacionales, que plantean que los paquetes tecnológicos son la solución para modernizar y hacer más eficientes los sistemas productivos autóctonos. Por otra parte, subyace, especialmente entre los profesionales del sector de las organizaciones no gubernamentales agrícolas y algunas corrientes académicas, la idea de que las sociedades indígenas mantienen una relación armónica y equilibrada con el ambiente, en la que sus sistemas de apropiación y producción de recursos son inocuos (González, 2001).

La agricultura comercial tiene diferencias con la tradicional. Su fin es producir de manera intensiva para el mercado, bajo modalidades que privilegian el monocultivo, el uso de maquinaria, semilla mejorada, el riego, con acceso a créditos y la utilización de productos agroquímicos en gran escala, si bien en las áreas indígenas la presencia de créditos y maquinaria es bastante restringida (González, 2001).

El estado cuenta con regiones y microrregiones muy diversas en cuanto a condiciones ambientales, sociales y económicas lo que determina una agricultura diversa también. A continuación, se describen cada una de las regiones, excepto la región de Los Valles centrales que se describe más a profundidad en el siguiente apartado por que la comunidad de estudio se ubica en dicha región.

La Región de la cañada es la más pequeña del estado, de orografía accidentada lo que propicia diversos microclimas; La agricultura contempla principalmente cultivos, como el maíz y frijol en laderas, frutas como el chicozapote, mango, papaya, sandía, limón, ciruelas, café y melón. La superficie para cultivo en su mayoría de temporal en laderas se practica la agricultura de subsistencia (SEDAPA, 2016).

La Región de la Costa se localiza al sur del estado de Oaxaca, siendo sus principales cultivos, la papaya, el maíz y el limón, además, en el distrito de Pochutla se cultiva el café de buena calidad. La Costa participa con 19.5% del valor de la producción agrícola del estado, ocupando el segundo lugar en importancia (SEDAPA, 2016).

La Región Istmo es la que posee mayor extensión territorial, donde se siembra, ajonjolí, café, arroz, sorgo, piña, plátano, coco, melón, caña de azúcar y maíz; La producción que se genera en esta parte de la entidad, por lo regular se destina al comercio regional o de la capital del

Estado y en menor medida a la capital del país, con excepción de una parte de la producción frutícola que es de exportación (SEDAPA, 2016).

La Región Mixteca se encuentra ubicada al norte del Estado de Oaxaca. Los principales productos de la región, son el maíz con la contribución más importante 47% del valor de la producción total, seguida del frijol que participa con el 16%, y la calabacita con 11%. Los terrenos en esta región son en su gran mayoría de temporal, donde se practica la agricultura de subsistencia, con niveles muy bajos de rendimientos. La mayor parte, es de una agricultura tradicional, bajo uso de semillas mejoradas, fertilizantes y plaguicidas (SEDAPA, 2016).

La Región Sierra Norte es considerada una de las 12 áreas con mayor biodiversidad en el mundo por el World Wildlife Fund. En toda la sierra se producen, frijol, maíz y calabaza. En áreas templadas frutos como pera, manzana, durazno, membrillo, níspero, rocoto o chile manzano, trigo, la papa y haba. En las áreas existen productos históricamente importantes como la fibra de Maguey, o ixtle y la grana cochinilla. En esta región el maíz registra la contribución más importante con 18% del valor de la producción seguido por el limón y el café que registran cada uno el 16 % (SEDAPA, 2016).

Región Sierra Sur se encuentra al Suroeste de la entidad, en esta región montañosa resalta la producción de maíz, frijol, caña de azúcar, café, agave y hortalizas en menor escala. Debido a los escasos de agua en algunas partes de la región, la pérdida de cosechas es recurrente por los fenómenos naturales (SEDAPA, 2016).

La Región del Papaloapan es una región agrícola y ganadera importante en términos comerciales. En todos los municipios de esta región se cultivan piña, arroz, mango, litchi, plátano, caña de azúcar, sandía, chile verde, tabaco, limón, plantíos de hule, malanga y naranja. Por el valor de su producción en el 2015, ocupó el primer lugar a nivel estatal, siendo la caña de azúcar el cultivo que registra la contribución más importante con 48% del valor, seguido del pasto con 24% y la piña cuya contribución es del 7% (SEDAPA, 2016).

3.3. La región de valles centrales

Valles Centrales (VC), conocida también como Los Valles o Valle de Oaxaca, se ubica en la zona central del Estado y es una de las ocho regiones de Oaxaca. VC cuenta con 121

municipios organizados en siete distritos (Ocotlán, Zimatlán, Zaachila, Etna, Ejutla, Tlacolula y Centro) y 1280 localidades. La región concentra una población de 1 107 557 habitantes, la cual representa alrededor del 28% del total de la población de Oaxaca (Plan Estatal de Desarrollo, 2016-2022). VC es la región con mayor densidad poblacional, superficie urbana, y dispersión de núcleos poblacionales. Asimismo, cerca del 25% de la población vive en localidades rurales, pequeñas y dispersas, mientras el 40.9 por ciento se ubica en ciudades y el 33.2% vive en poblaciones en transición del medio rural al urbano (Plan Regional de Desarrollo de Oaxaca, 2011).

El clima de la región varía de semicálido subhúmedo en las planicies y templado subhúmedo en las partes altas de la sierra. La precipitación promedio anual varía entre 600 mm - 730 mm que se registran principalmente en temporada de verano (Nava y Medrano, 2020)

En la región de Valles Centrales cada año se cultivan alrededor de 100 mil hectáreas de maíz de temporal con un rendimiento promedio de 800 kilogramos por hectárea. En estas siembras temporales predomina la raza de maíz bolita, la cual tiene características de gran importancia para la agricultura local: tolerante a la sequía, ciclo precoz, buena cobertura de mazorca, buena calidad de grano para la elaboración de diferentes tipos de tortillas, tamales, niquatole (gelatina de maíz) y “téjate” (bebida refrescante). El bajo rendimiento regional que se tiene, se debe a la escasa e irregular distribución de la lluvia, bajo uso de insumos, baja fertilidad de los suelos y poca difusión de la tecnología disponible. La región también dispone de una superficie con posibilidades de riego, en donde anualmente se cosechan 4, 960 hectáreas de maíz con “punta de riego” y 700 hectáreas de riego con rendimiento promedio de 2.7 toneladas por hectárea. Este bajo rendimiento se debe a la utilización de maíces criollos en las zonas de alto potencial, bajo uso de insumos (fertilizantes químicos y orgánicos), deficiente manejo del agua de riego, baja densidad de población e inadecuadas fechas de siembra para las variedades mejoradas (SAGARPA, 2015).

Debido a dos factores principales, como lo es el aumento poblacional en la zona, así como también la fuerte variación de la precipitación en los últimos años, la región de los Valles Centrales se enfrenta a una seria problemática con respecto a la disponibilidad del agua. Por esta razón el agua subterránea es la que cubre el 40% de la demanda agrícola de la zona, además de abstener el uso urbano y el industrial (Chávez y Binnqüist, 2012).

En otras palabras, la agricultura de riego en los Valles Centrales de Oaxaca, así como en otros lugares, enfrenta límites ecológicos y, por sí sola, no podrá enfrentar exitosamente las necesidades crecientes de producción de alimento porque las disponibilidades de agua se han convertido en un factor limitante de sus alternativas tecnológicas, especialmente en áreas pobres afectadas por la falta de agua (Toledo, 2002).

La región consume anualmente 121.8 millones de m³ de agua. Se estima que del subsuelo se extrae alrededor del 90% del agua para uso y consumo humano por medio de pozos profundos, un 8% a través de norias y solo el 2% de manantiales y galerías filtrantes (Plan Estatal de Desarrollo, s. f.).

Con respecto a la situación de la disponibilidad de agua es importante determinar las cantidades de agua requeridas para producir diferentes cultivos en contextos biofísicos diferentes, así como el rendimiento económico de los cultivos por unidad de agua, es un requerimiento importante en términos de transitar hacia una agricultura más sustentable (Chávez y Binnqüist, 2012).

Dada la vulnerabilidad de los Valles Centrales de Oaxaca al crecimiento urbano y su orientación agrícola bajo condiciones de una amplia brecha entre oferta y demanda de agua, es importante realizar estudios que sirvan de base para intentar establecer políticas que den viabilidad a las zonas rurales a través del sostenimiento de la agricultura, y que, de manera sinérgica, promuevan la protección y el uso sustentable de los recursos hídricos (Chávez y Binnqüist, 2012).

3.4. El proyecto de cocina laboratorio

Es un proyecto de acción, creación, docencia e investigación que desarrolla sistemas agroalimentarios más justo, resilientes y sustentables. Ante la severa crisis ambiental y social que enfrentamos actualmente, la producción, consumo, procesamiento y comercialización de los alimentos es una de las principales causas, pero también la base para las soluciones que se están llevando a cabo y mejoraran las condiciones alimentarias en el futuro (UNAM - Cascoland - WUR - ECOSUR – CONABIO, s. f.).

El objetivo central de Cocina CoLaboratorio es diseñar sistemas alimentarios sustentables (que van desde lo social hasta la restauración del paisaje) y a través de esto se está incidiendo en el desarrollo de tres comunidades (UNAM - Cascoland - WUR - ECOSUR – CONABIO, s. f.).

La Cocina es el corazón del proyecto en donde se dan los encuentros cotidianos, iniciando acciones hacia el paisaje, la parcela, la comunidad, el entorno. Las prácticas creativas, la gastronomía y el diseño social, así como el diseño de espacios de comunicación, son los medios a través de los cuales se cataliza la inspiración y el intercambio. Se llevan a cabo acciones concretas en tres comunidades con problemáticas agro-alimentarias contrastantes: Marqués de Comillas, Chiapas, Santo Domingo Tomaltepec, Oaxaca, y Xochimilco, CDMX. Marqués de Comillas, Chis, enfrenta una acelerada deforestación de un bosque tropical diverso, mientras que en Santo Domingo, Oax, el patrimonio biocultural ancestral zapoteca está en riesgo ante la creciente globalización, y en Xochimilco, CDMX, los impactos del crecimiento urbano se combinan con raíces agrícolas ancestrales y las oportunidades que ofrece la ciudad. (UNAM - Cascoland - WUR - ECOSUR – CONABIO, s. f.).

El proyecto se encuentra actualmente construyendo redes de colaboración reuniendo a habitantes locales de tres comunidades contrastantes, académicos, estudiantes y profesionales de distintas ramas de las ciencias biofísicas, sociales, de las humanidades, las artes y prácticas gastronómicas generando con esto una transformación de los procesos que han generado injusticias y degradación ambiental (UNAM - Cascoland - WUR - ECOSUR – CONABIO, s. f.).

Las colaboraciones entre la UNAM, la Universidad de Wageningen (Holanda), el colectivo internacional de artistas Cascoland y universidades u organizaciones nacionales, permiten contribuir a estos tres sitios, generando conocimiento y recursos humanos para llevar estos aprendizajes a localidades análogas (UNAM - Cascoland - WUR - ECOSUR – CONABIO, s. f.).

4. SITIO DE ESTUDIO

4.1. Localización

En municipio de Santo Domingo Tomaltepec, se ubica en el estado de Oaxaca, entre las coordenadas 17° 02' y 17°07' latitud norte y 96°32' y 96°39' longitud oeste. Se encuentra a una altura que va de entre los 1500 a 2500 msnm (figura 1). Colinda en el norte con el

municipio de Tlaxitc de cabrera; al este con el municipio de Teotitlán del Valle; al sur con los municipios de Teotitlán del Valle, San Francisco Lachigoló y Santa María del Tule; al oeste con los municipios de Santa María del Tule y Tlaxitac de Cabrera (INEGI, 2008).

4.2. Organización social

La organización social del municipio está basada en los usos y costumbres, las autoridades son elegidas bajo este sistema, tanto el presidente municipal y cada integrante de su cabildo quienes duran tres años en el cargo, también se eligen comités para que administren los servicios de agua potable, drenaje sanitario, agua de riego, maquinaria, molino de nixtamal, granos secos y templo católico; duran por un periodo de un año, excepto este último que atiende tres años. Además de esto se elige a un comité de salud, comisariado de bienes comunales, comisariado de bienes ejidales, comité de escuelas. (SAGARPA, 2008)

4.3. Tipos de propiedad

En la comunidad existen tres tipos de tenencia de tierra. Comunal, ejidal y propiedad privada, con la característica de pulverización de la tierra, la superficie de cada productor es menor a 5 hectáreas (SAGARPA, 2008)

4.4. Clima

En el municipio se encuentran el clima semicálido subhúmedo con lluvias en verano, el cual se encuentra en el 69.02% de la superficie del municipio; templado subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media, este se encuentra en el 18.88% de la superficie; templado húmedo con lluvias en verano, más húmedo, y este ocupa el 12.09% de la superficie; y el semiseco semicálido, que ocupa el 0.01% de la superficie del municipio. La temperatura tiene un rango que va de los 12°C a los 26°C, con una precipitación que va de los 600 a los 1200 mm (INEGI, 2008).

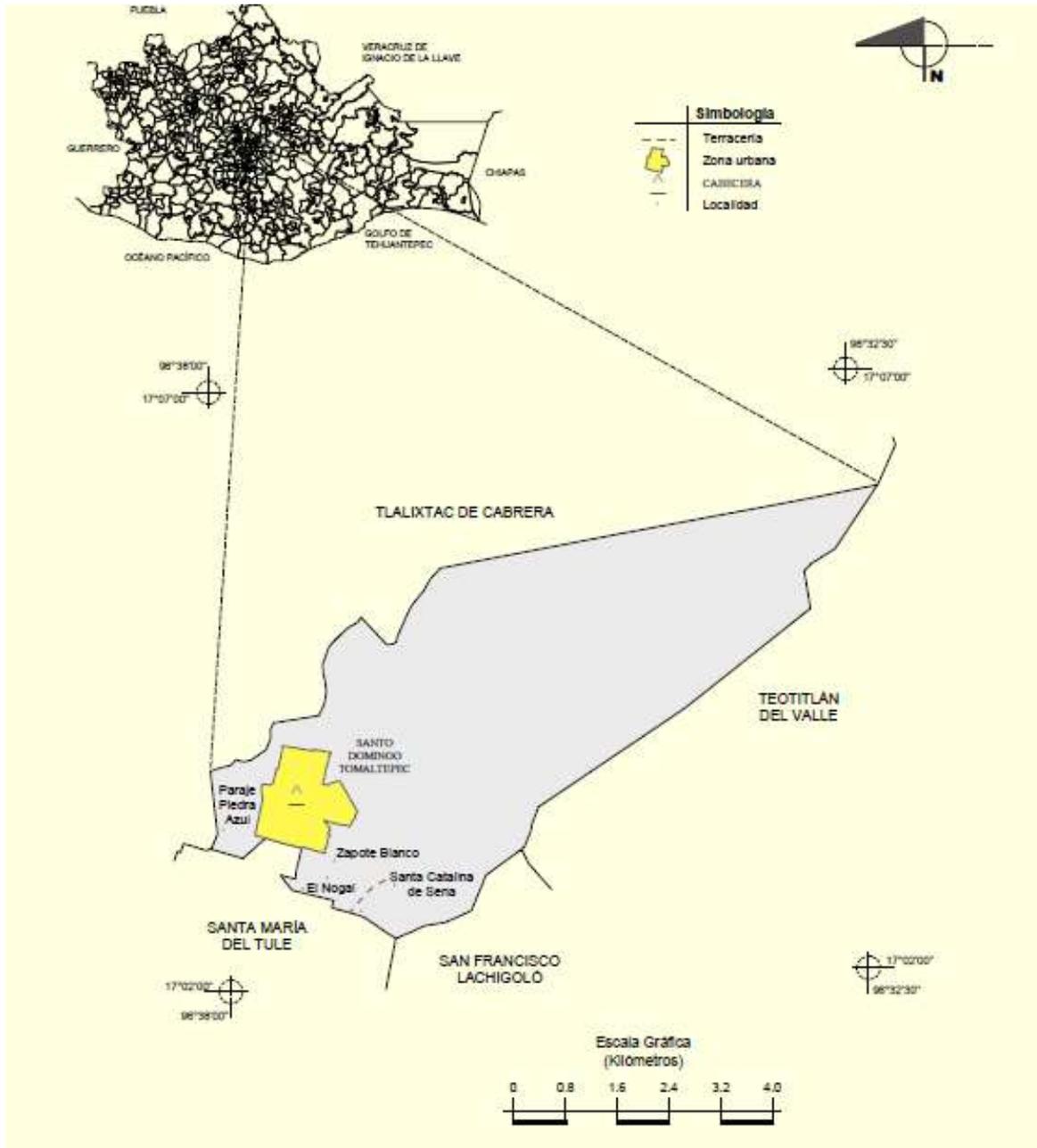


Figura 1. Localización del municipio de Santo Domingo Tomaltepec (Fuente: INEGI, Marco Geoestadístico Municipal 2005, versión 3.1. INEGI. Información Topográfica Digital Escala 1: 250 000 Serie III).

4.5. Geología y suelo

En Santo Domingo existen cinco tipos de suelo; el suelo Cambisol, que abarca una superficie de 60.5%; Vertisol que ocupa 12.68% de la superficie; Lluvisol, que cubre el 11.34%; Regosol que ocupa el 7.13% y el Acrisol, que ocupa el 6.82%. El tipo de suelo Acrisol o suelo delgado se ubica en las partes altas característico de la zona boscosa. El Cambisol, Lluvisol, Regosol y Vertisol son los más apropiados para la agricultura. El tipo de suelo localizado en el municipio, en el área agrícola principalmente, es el Vertisol pélico. Es un suelo muy arcilloso de color negro o gris. Su uso agrícola es muy extenso, variado y altamente productivo, aunque su manejo es en ocasiones problemático, debido a su dureza y consistencia (INEGI, 2008).

4.6. Fisiografía

El municipio está ubicado a la provincia de Sierra Madre del Sur, y a dos subprovincias; la primera es Sierras Orientales, en la cual se ubica el 86.50% de la superficie, y la segunda, Valles de Oaxaca que abarca el 13.50% restante del territorio. Posee el sistema de topografía de Sierra Alta compleja con un 86.50% y llanura aluvial con lomerío que se presenta en un 13.50% (INEGI, 2008).

4.7. Fauna

Se encuentra una gran diversidad de fauna silvestre entre los que sobresalen venados, conejos ardilla roja, comadrejas, tlacuaches, tuzas, ratas de campo, zorrillos, pato mexicano en la temporada de invierno en la presa, zanates, pájaro carpintero, zopilotes y reptiles como: lagartijas, culebras y anfibios (SEDATU, 2013).

4.8. Uso de suelo y vegetación

La zona urbana ocupa el 5.12% de la superficie total permitiendo de esta manera que la agricultura se desarrolle en el 10.21% de la superficie. La vegetación natural ocupa el 84.64% de la superficie del municipio, siendo la de mayor presencia. Se compone de bosque, el cual ocupa una superficie de 55.66%, pastizal inducido que por su parte ocupa el 16.89% y finalmente la selva, con un 12.09% de superficie (INEGI, 2008).

4.9. Uso potencial de la tierra

En el municipio, la superficie con vocación agrícolas es de 28.53%. De esta superficie, el 13.43% es para agricultura mecanizada, ya que las parcelas presentan las condiciones para que esto se pueda realizar, mientras que el otro 15.10% de la superficie es para la agricultura de tracción animal estacional. En el municipio existe una parte de la superficie que puede ser dedicada al establecimiento de praderas cultivadas con maquinaria agrícola y esta superficie es del 13.43% de la superficie total y una pequeña parte de la superficie puede ser usada para el aprovechamiento de la vegetación de pastizal, la cual es del 1.72%. La mayor parte de la superficie del municipio no presenta características que permita darle un uso agropecuario, esto es del 71.47% (INEGI, 2008).

4.10. Hidrología

Al norte se localiza el Río Veinte (se introduce por el vecino municipio de Tlalixtac de Cabrera), atraviesa de norte a suroeste el municipio hasta llegar a la Presa la Mina, continuando el recorrido hasta llegar a la presa La Rosita. De ahí se une con otros arroyos convirtiéndose en el Río Zempoloatengo, sigue su cauce pasando a un lado de la población para después desembocar en el Río Salado (y fuera de los límites de Santo Domingo, desemboca en el Río Atoyac). El municipio se abastece de agua de dos pozos ubicados estratégicamente en el municipio, para el consumo humano el agua es clorada y después se distribuye a las viviendas a través de la red hidráulica mientras que para el riego de algunos terrenos de cultivo se utiliza el agua de la presa “la mina” y la “rosita” que es llevada a los terrenos de labor a través de canaletas sin embargo este sistema no llega todos los terrenos de cultivo (SEDATU, 2013).

4.11. Población

De acuerdo censo de población y vivienda del año 2020 del INEGI, En el municipio de Santo Domingo Tomaltepec, existe un total de 3386 habitantes, de los cuales 1651 son hombres (48.76%) y 1735 son mujeres (51.24%). La edad mediana en el caso de los hombres es de 32 años, mientras que el de las mujeres es de 34 años. La población es

diversa en cuestión de edades, presentan edades que van desde los cero años hasta los 99 (Figura 2).

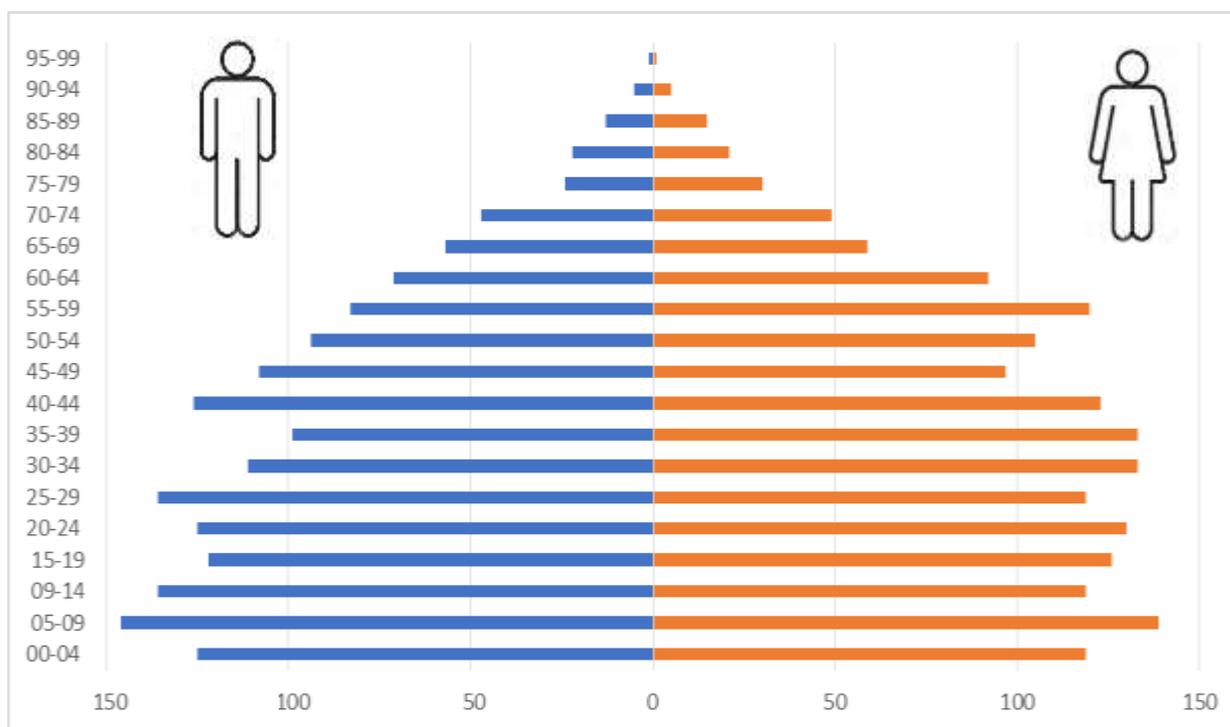


Figura 2. Pirámide de edades de la población de Santo Domingo Tomaltepec Oaxaca (Fuente: INEGI, Censo de Población y Vivienda 2020).

La pirámide de edades muestra en qué edad se encuentra la mayoría de los habitantes del municipio. En el caso de los hombres, la mayoría se encuentra en un rango de edad que va de los 0 a los 50 años, mientras que la mayoría de las mujeres, se encuentra en un rango que va de los 0 a los 64 años.

4.12. Actividades económicas

Las actividades agrícolas son de tipo complementario, se realizan a la par de otro tipo de actividades principalmente comerciales, el 90% de la agricultura practicada en el municipio tiene fines de autoconsumo, los cultivos más importantes son; maíz, frijol, hortalizas y alfalfa.

Algunos productores agrícolas presentes en el municipio cuentan de manera particular con medios para la producción como yuntas e invernaderos, mientras que los tractores son rentados ya que ningún productor cuenta con uno propio (SEDATU, 2013).

La actividad ganadera en el municipio es baja, pocas personas se dedican a crianza menor (borregos y chivos). Con respecto al ganado mayor (bovinos), la actividad es incipiente, existen pocas familias que tienen esta actividad y siempre como actividad complementaria (SEDATU, 2013).

La superficie con vocación forestal son 2932 ha, en la se puede encontrar especies de pino y encino, existe deforestación, debido al manejo y falta de control en la extracción de leña, insumo que es utilizado para la fabricación de pan (SEDATU, 2013).

La principal actividad económica es la panadería. La mayor parte de estas microempresas no tienen un mercado seguro para su producto. Además de que al comprar insumos en pequeñas cantidades el costo de estos se eleva por lo tanto el costo del producto final se incrementa considerablemente. Por lo que no puede competir con otros productos a veces de menor calidad pero de un costo menor ante este panorama es necesario y urgente agruparse para realizar compras compactas de los insumos, lograr disminuir los costos, para ofertar un producto de calidad a bajo precio (SEDATU, 2013).

De acuerdo a datos del INEGI, en el año 2000, la población total era de 2834, de las cuales 980 pertenecían a la probación económicamente activa; y se dividía en los siguientes sectores: 256 personas se dedicaban al sector primario, 404 personas al sector secundario y 290 personas al sector terciario. En el año 2010, la población fue de 2483, de las cuales 1221 se reportaron como económicamente activas, y esta a su vez se dividía de la siguiente manera: 241 personas se dedicabas a las actividades primarias, 403 a actividades secundarias y 560 a actividades terciarias. Para el año 2020, la población total fue de 3386, de los cuales 1539 personas se encuentran reportadas como económicamente activas, y se distribuye de la siguiente manera: 193 personas se dedican al sector primario, 767 al sector secundario y 564 al sector terciario.

5. MÉTODOS

La información se obtuvo a través de visitas a la zona de estudio, donde se tuvo intercambio de saberes con los productores del municipio, tanto en talleres, recorridos de campo y entrevistas. La investigación se llevó a cabo en dos periodos diferentes, el primer periodo fue del 27 de febrero al 16 de marzo del año 2020, y el segundo periodo fue del 10 de octubre al 17 de octubre del mismo año.

El método utilizado para la obtención de información fue el Diagnóstico Rural Rápido (DRR), el cual permitió obtener la información necesaria haciendo uso de las herramientas adecuadas que posee para llevar a cabo la investigación.

El diagnóstico rural rápido (DRR), surge a finales de los años setenta, sobre todo en el mundo de habla inglesa, con un fuerte desarrollo en Tailandia y la India. El elemento que pretendía atender era el conocimiento local técnico, en referencia a lo agrario. Suponía una revalorización del conocimiento agrario indígena. El DRR suele realizarse en un ambiente de taller, que permite un intenso y continuo debate sobre el proceso y los resultados del diagnóstico. Se trata de llegar a opiniones de consenso e identificar las diferencias entre el colectivo (Contreras, et al 1998).

En la primera fase de la investigación, se realizaron dos talleres con productores, donde la historia de la agricultura en el municipio y la caracterización del sistema productivo del maíz fueron las principales temáticas abordadas. A estos talleres asistieron un total de 15 productores de la comunidad. Se realizaron también recorridos a campo con productores representantes de los diferentes tipos de propiedad que hay en el municipio: ejidal, comunal y privada. En total se realizaron cuatro recorridos a campo. Dos de los recorridos tuvieron la finalidad de identificar los cultivos en cada una de las propiedades pertenecientes al municipio. Otro de los recorridos fue para conocer la situación de la disponibilidad de agua en la comunidad y el final fue un recorrido que se realizó a huertos familiares de la comunidad. En estas actividades participaron un total de 13 personas.

Para la segunda fase de investigación se realizaron dos recorridos a campo, donde se identificaron los cultivos y el área agrícola del nuevo ciclo productivo, esto se llevó a cabo

con autoridades de cada una de los tipos de propiedad que existen en la comunidad. Y se realizaron entrevistas a productores de la comunidad.

5.1. Estimación de la superficie cultivada

Para el cálculo de la superficie cultivada, se realizó la georreferenciación de las parcelas, se utilizó un teléfono celular, en el cual se descargó la aplicación de GPS LOGGER Version 3.0.2 que básicamente cumple la función de un GPS, con esta aplicación se tomaron las coordenadas de cada una de las parcelas. Para el registro de las coordenadas, fue necesario recorrer toda el área agrícola del municipio, por lo cual se pidió ayuda a productores de la comunidad para que participaran en esta actividad y guiaran el recorrido.

Durante los recorridos, se fueron guardando los puntos de GPS en el celular y en una libreta se fueron haciendo observaciones de cada punto que se tomaba, para facilitar su identificación en el sistema de información geográfica (SIG). En la libreta, se anotaba número del punto que se estaba tomando, el cultivo establecido en ese momento o si la parcela se encontraba activa o en descanso, de igual forma se registraban las observaciones que tuvieran los productores con respecto al manejo de las parcelas.

Posterior a los recorridos de campo, se hizo la digitalización de las parcelas. La cual, se realizó en el programa de QGIS 3.14.16, donde se trazaron los polígonos de cada una de las parcelas utilizando como capa base la imagen de satélite de Google Earth (2020). En la base de datos de los polígonos se anotó el cultivo identificado en los recorridos y el tipo de propiedad.

El proceso de georreferenciación se llevó a cabo en dos ciclos productivos. La primera digitalización se realizó para ciclo productivo primavera-verano de 2019 y otoño-invierno de 2020, para ésta, el recorrido se hizo entre 02 y el 06 de marzo de 2020. La segunda se llevó a cabo en el ciclo productivo primavera verano del año 2020. Los recorridos se hicieron del 12 al 16 de octubre de 2020.

Se realizó una tercera digitalización, para el ciclo productivo otoño-invierno del año 2004. Esta actividad se pudo realizar debido a que existe una imagen de satélite en Google Earth de la fecha 2004. A través de un análisis visual de la imagen se identificaron los cultivos que

en ese año se encontraban establecidos en el municipio. La digitalización de polígonos se hizo directamente en Google Earth y luego se exportó la capa resultante a QGIS.

Con estas tres capas se hizo el cálculo del área que ocupaba cada cultivo en los años de: 1) 2004, 2) primavera verano 2019 y otoño invierno 2020 y 3) primavera verano 2020.

Por otro lado, se descargaron los datos agrícolas del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) para el municipio Santo Domingo Tomaltepec, los cuales abarcan del año 2004 al 2018. Estos datos se utilizaron para identificar los cambios en la superficie cultivada y compararlos con los que se obtuvieron de la digitalización de las parcelas.

5.2. Descripción del proceso productivo del cultivo de maíz

Con ayuda de investigadores y colaboradores del Proyecto Cocina Laboratorio, se realizaron talleres con participación de los productores y personas interesadas en temas de alimentación y agricultura de la comunidad, quienes fueron los actores principales en estos procesos. Se realizaron dos talleres focales en donde participaron un total de 22 personas (10 en el primero y 12 en el segundo), un taller de productores en donde participaron 9 personas, cinco recorridos de campo (observación participante), de los cuales en tres se realizó el mapeo y finalmente se aplicaron diez entrevistas semiestructuradas a informantes clave. Todas estas actividades realizadas permitieron obtener información de los cultivos establecidos en la superficie agrícola, específicamente del cultivo de maíz.

Debido a que el cultivo de maíz es el de mayor importancia para los productores, se puso mayor énfasis en él. A partir de la información obtenida a través de las diferentes actividades participativas se sistematizó el proceso productivo del maíz para después identificar prácticas que se pueden mejorar.

5.3. Estimación del uso de agua de riego

Otro de los cultivos de gran importancia en la localidad, es la alfalfa, que a diferencia del cultivo de maíz, esta requiere sistemas de riego para su producción. Se estimó la cantidad de agua que se usa en el riego de este cultivo. Se llevó a cabo con ayuda de datos de la estación meteorológica 00020079 ubicada en la capital de OAXACA y características de los suelos

que se obtuvieron del Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos, con clave geoestadística 20519 del INEGI (s.f.).

La información obtenida se procesó en el programa CROPWAT (FAO, 2020), creado por la FAO. Esta plataforma fue creada por la FAO y es específica para obtener esta información. De esta manera se pudo realizar la estimación del agua que se destina para la producción de este cultivo. Este programa consta de ocho módulos, de los cuales cinco son módulos de datos de entrada y tres módulos de cálculo, en este caso se hizo uso únicamente de cinco módulos, para conocer el requerimiento de agua del cultivo. El módulo uno es el clima, aquí se ingresan los datos de evaporación y temperaturas que permiten calcular la evapotranspiración potencial, este cálculo se lleva a cabo por el método Penman-Monteith (1965). El segundo módulo es de precipitación, donde se anotan todos los datos de la precipitación media que ha sido registrada en la estación meteorológica, este cálculo se realiza por el método USDA S. C. El tercer módulo, es cultivo, donde se ingresan todos los datos con respecto al cultivo de estudio y su fecha de siembra. El cuarto módulo es suelo, en el cual se ingresan los datos con respecto al suelo, para llevar a cabo los cálculos pertinentes. Y finalmente el módulo requerimiento de agua del cultivo, es donde arroja los datos de requerimientos de agua después de haber analizado los datos que fueron ingresados en los módulos anteriores.

5.4. Análisis de la problemática agrícola

Las actividades anteriores ayudaron a la obtención de información relevante de todas las actividades agrícolas de la localidad. Durante la ejecución de los diferentes talleres, recorridos y encuestas, se fueron identificando los problemas que los productores enfrentan en la producción agrícola. Todas las perspectivas de los productores fueron documentadas para su posterior sistematización. A partir de la cual se identificó la lista de principales problemas.

6. RESULTADOS

De acuerdo a la metodología planteada los resultados se obtuvieron de manera satisfactoria, donde el primer resultado que se muestra es la superficie agrícola en los diferentes ciclos

productivos calculada a partir de recorridos y un SIG así como los datos obtenidos del SIAP (2021)., posteriormente se describe el proceso productivo del maíz en la localidad, la estimación del uso del agua de riego para el cultivo de la alfalfa y finalmente se enlista la problemática de la producción agrícola en el municipio.

6.1. Superficie agrícola

Se ubicaron las parcelas en tres tipos de propiedad (Figura 3). Como se puede observar y cómo veremos más adelante, el área agrícola es principalmente propiedad privada.

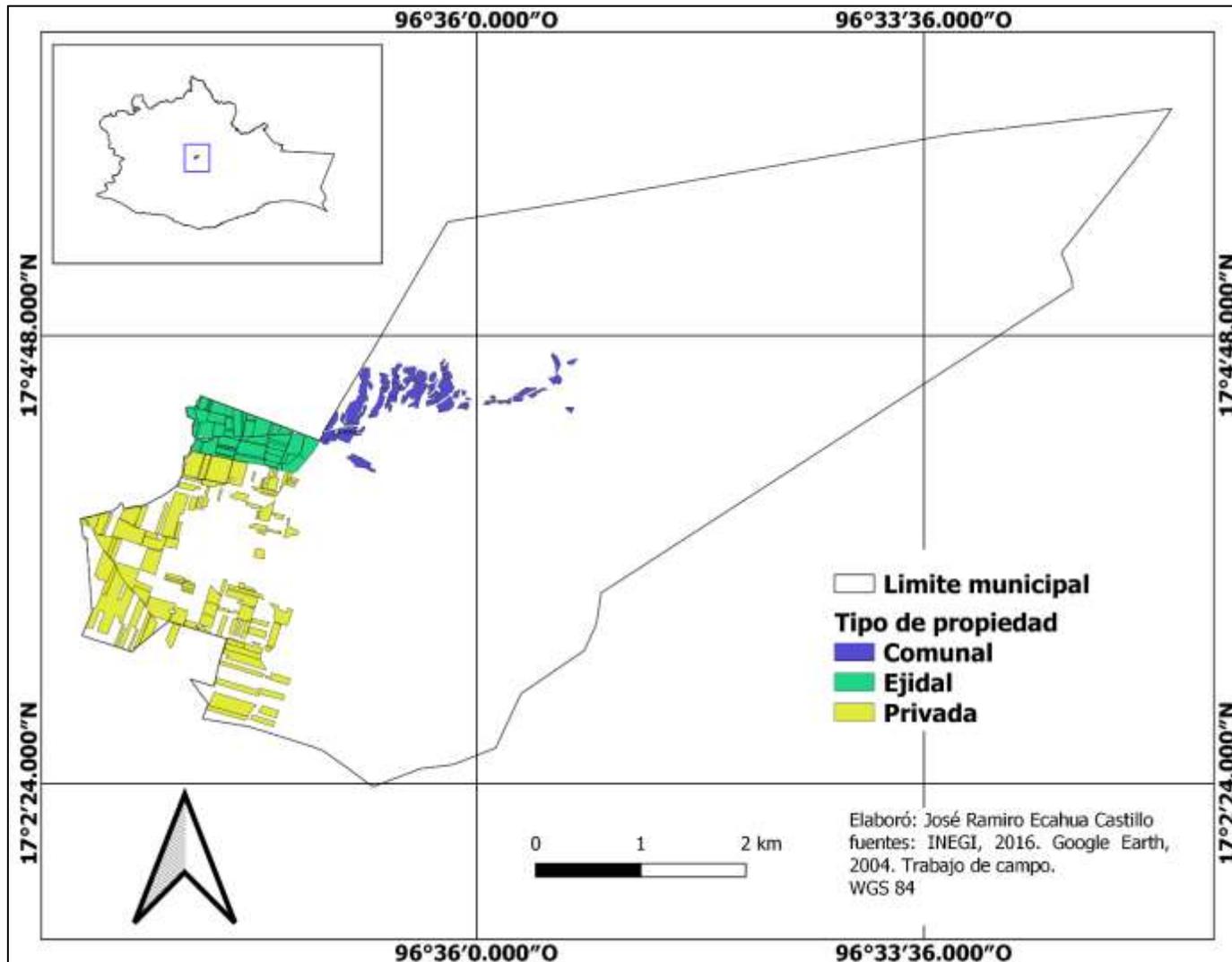


Figura 3. Localización de los tipos de propiedad (Fuente: Trabajo de campo, Santo Domingo Tomaltepec, Oaxaca)

6.1.1. Superficie agrícola en 2004

De acuerdo a un análisis de imágenes satelitales del año 2004, se identificaron únicamente los cultivos de alfalfa y maíz (Figura 4), esto en el ciclo productivo primavera verano 2004 y otoño invierno 2005. Para este año el maíz fue cultivado en una superficie de 186.75 ha. El cultivo de la alfalfa presentó una superficie de 31.9ha en ese año (Cuadro 1).

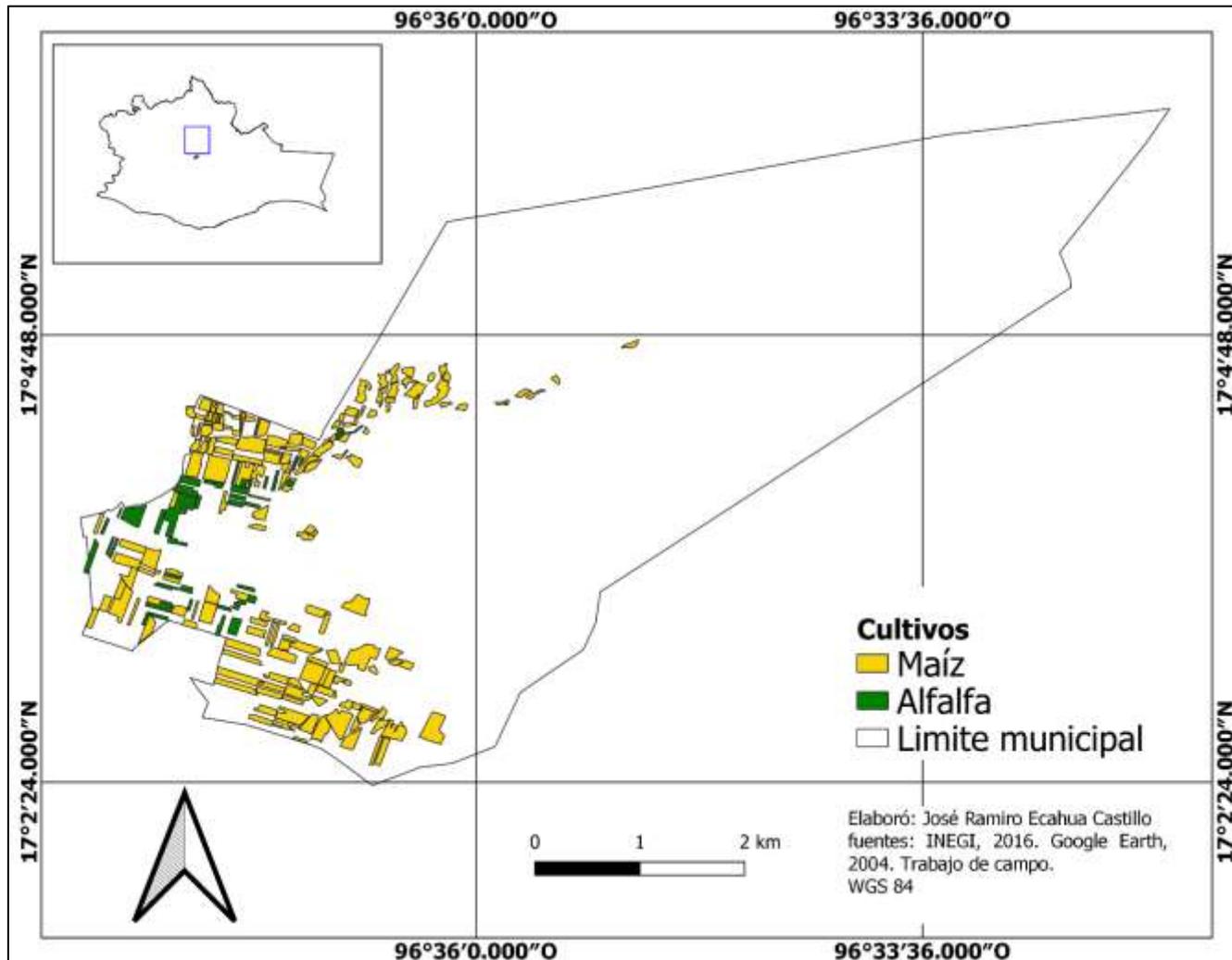


Figura 4. Superficie agrícola del ciclo productivo primavera-verano 2003 y otoño invierno 2003-2004; (Fuente: Imagen de satélite Google Earth, fecha de la imagen: 01 de enero de 2004).

Cuadro 1. Superficie cultivada en Santo Domingo Tomaltepec Oaxaca en el ciclo productivo primavera-verano 2003 y otoño invierno 2003-2004.

Cultivo	Propiedad ejidal (ha)	Propiedad comunal (ha)	Propiedad privada (ha)	Total (ha)	Total (%)
Maíz	28.58	23.79	134.38	186.75	85.41
Alfalfa	0.43	0.79	30.68	31.9	14.58
Total	29.01	24.58	165.06	218.65	100
Total (%)	13.26	11.23	75.49		100

En el año 2004, la superficie agrícola fue de 218.65 has, de las cuales el 13.26% se ubicaba en la superficie de la propiedad ejidal; el 11.23% en la propiedad comunal; y el 75.49% se encontraba en la propiedad privada. De la superficie total producida para este año, únicamente el 14.58% fue del cultivo de alfalfa, mientras que el 85.41% fue para el cultivo de maíz.

6.1.2. Superficie agrícola en 2019

Los cultivos que se encontraron establecidos a lo largo de la localidad en el año 2019, fueron: maíz, alfalfa, sorgo, maguey, aguacate y garbanzo (Figura 5). La superficie agrícola total para este año fue de 167.11ha (Cuadro 2).

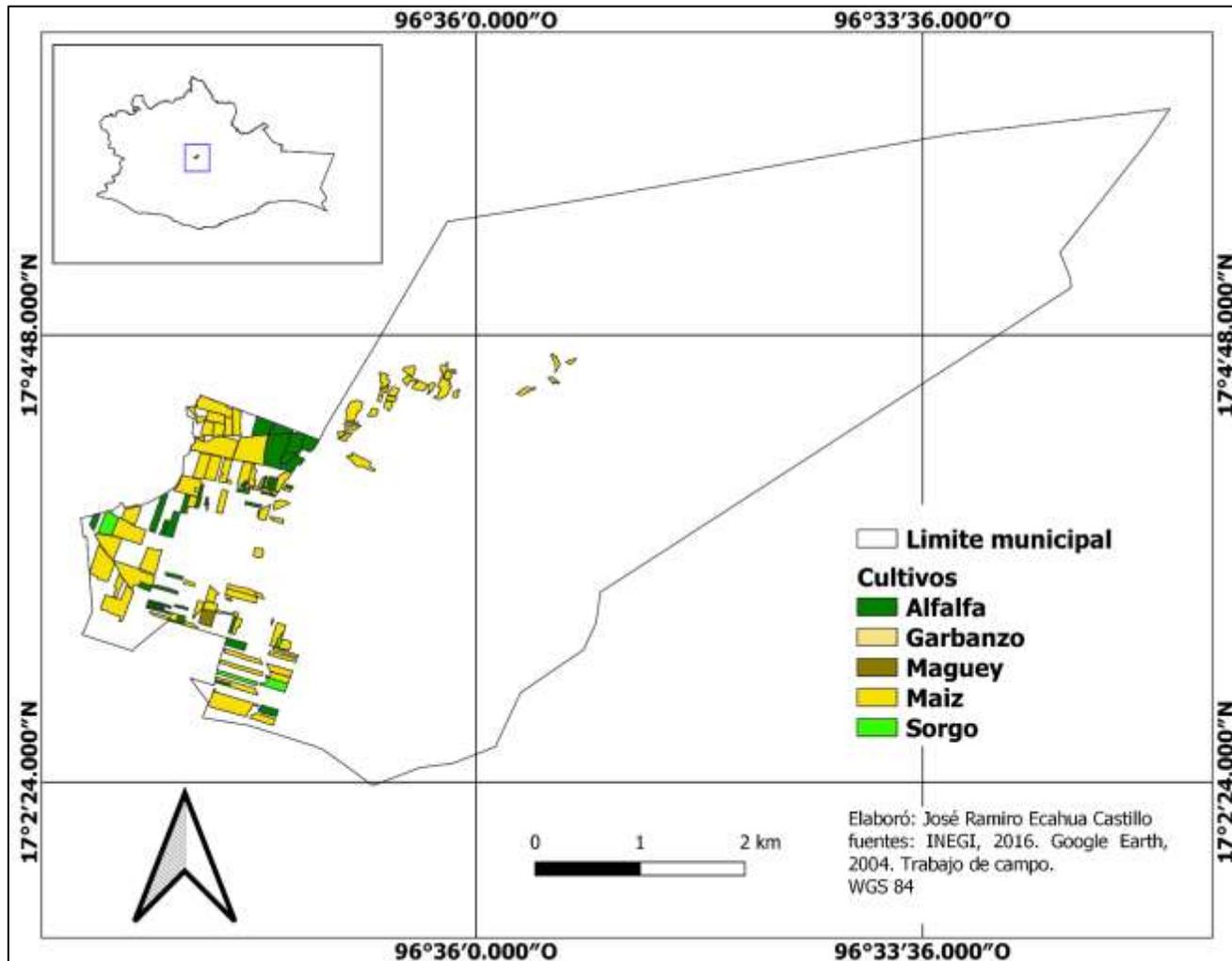


Figura 5. Superficie cultivada en el ciclo productivo primavera-verano 2019 y otoño invierno 2019-2020 (Fuente: Trabajo en campo, Santo Domingo Tomaltepec, Oaxaca).

Cuadro 2. Superficie agrícola en Santo Domingo Tomaltepec Oaxaca en el ciclo productivo primavera-verano 2019 y otoño invierno 2019-2020.

Cultivo	Propiedad Ejidal (ha)	Propiedad Comunal (ha)	Propiedad Privada (ha)	Total (ha)	Total (%)
Maíz	26.18	17.19	80.13	123.5	73.90
Alfalfa	17.25	0	17.83	35.08	20.99
Aguacate	0.19	0	0	0.19	0.11
Sorgo	0	0	6.39	6.39	3.82
Maguey	0	0	1.89	1.89	1.13
Garbanzo	0	0	0.06	0.06	0.03
Total	43.62	17.19	106.3	167.11	100
Total (%)	26.10	10.28	63.61		100

En el año 2019 la superficie agrícola fue de 167.11 has. La propiedad ejidal aportó el 26.10% de la superficie total, la propiedad comunal el 10.28%, mientras que la propiedad privada aportó el 63.61% del total. Del 100% de la superficie agrícola de ese año, el 73.90% fue del cultivo de maíz, el 20.99% del cultivo de alfalfa, el 0.11% del cultivo de aguacate, el 3.82% del cultivo de sorgo, el 1.13% del cultivo de maguey, y únicamente el 0.03% fue del cultivo de garbanzo.

6.1.3. Superficie agrícola en 2020

Para el ciclo primavera verano 2020, se identificaron un total de seis cultivos, distribuidos en toda la superficie del municipio (Figura 6). Se identificó el cultivo de maguey, aguacate, alfalfa, frijol, maíz y sorgo. La superficie agrícola para este ciclo fue de 212.62ha (Cuadro 3).

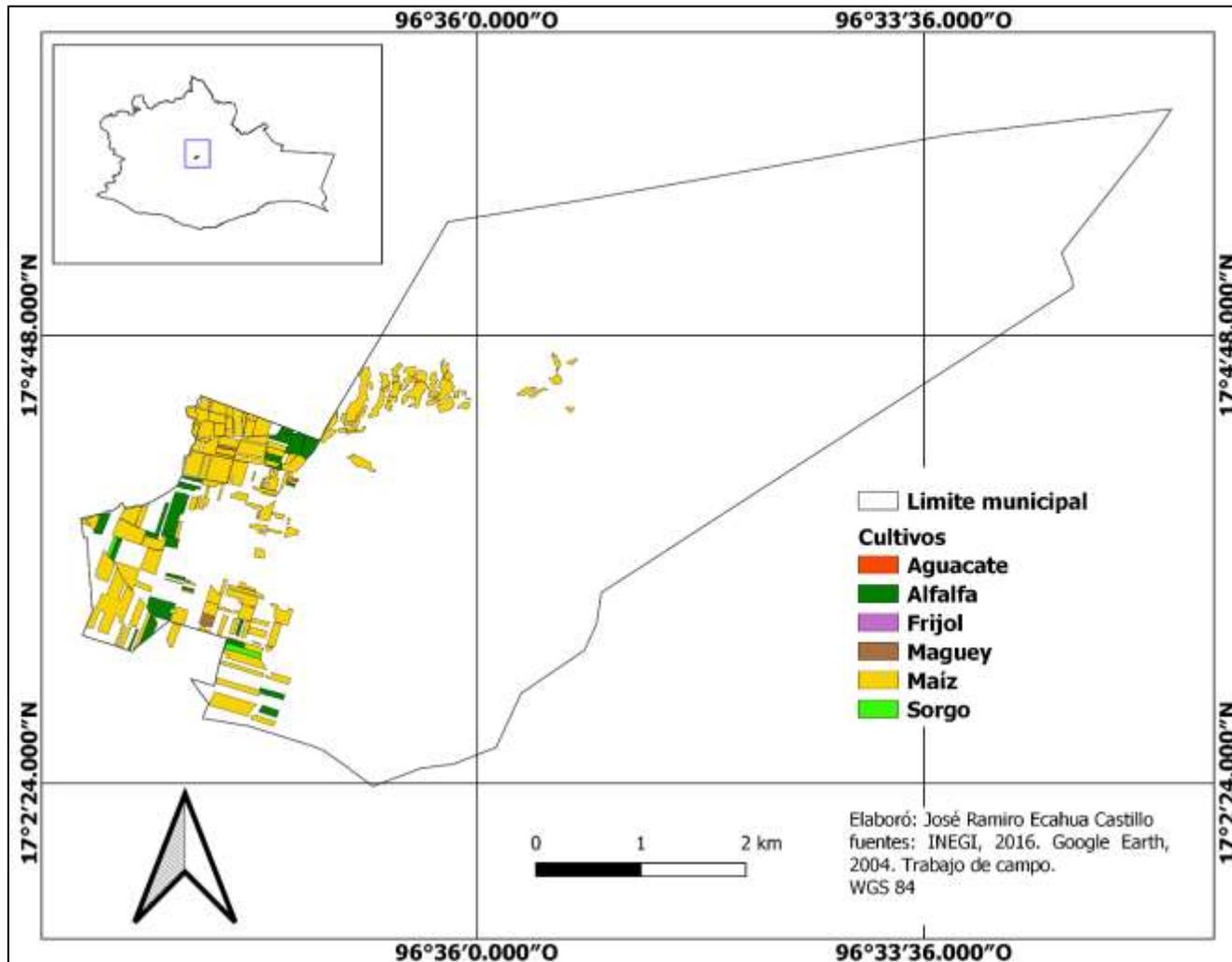


Figura 6. Superficie agrícola en el ciclo productivo primavera-verano 2020 (Fuente: Trabajo en campo, Santo Domingo Tomaltepec, Oaxaca).

Cuadro 3. Superficie agrícola en Santo Domingo Tomaltepec Oaxaca en el ciclo productivo primavera-verano 2020.

Cultivo	Propiedad ejidal (ha)	Propiedad comunal (ha)	Propiedad privada (ha)	Total (ha)	Total (%)
Maíz	37.21	32.38	105.83	175.42	82.50
Alfalfa	8.58	0	23.83	32.41	15.24
Aguacate	0.19	0	0	0.38	0.17
Sorgo	0	0	2.74	2.74	1.28
Maguey	0	0	1.6	1.6	0.75
Frijol	0	0	0.07	0.07	0.03
Total (ha)	45.98	32.38	134.07	212.62	100
Total (%)	21.62	15.22	63.05		100

Para el año 2020 la superficie agrícola total fue de 212.62has. Para este año, en la propiedad ejidal se ubio el 21.62% de la superficie total, en la propiedad comunal el 15.22% y el 63.05% fue ubicado en la propiedad privada. Para el ciclo productivo 2020, el cultivo que mayor superficie agrícola presento fue el cultivo de maíz, con el 82.5%. El cultivo de la alfalfa presento el 15.24%, el cultivo de sorgo tuvo el 2.74%, el maguey el 1.06, mientras que el cultivo de aguacate y frijol aportaron el 0.38% y 0.07% respectivamente.

6.1.4. Superficie agrícola según el SIAP

Además de los datos obtenidos en campo se indago en la plataforma del SIAP (2021) para obtener más referentes de los cultivos que se encontraban en la localidad en diferentes años. Se encontró información de la superficie agrícola del municipio en un periodo que comprende del año 2004 al año 2018. Los cultivos establecidos en este periodo en el municipio fueron: frijol, maíz, alfalfa, garbanzo en grano, agave, tomate rojo, avena forrajera, tomate verde y cebolla (Cuadro 4).

Cuadro 4. Superficie agrícola en los años 2004-2018 en hectáreas

Cultivo	SUPERFICIE POR HECTÁREA POR AÑO														
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Maíz	189	166	117	178	261	153	255	255	257.5	245	238	202	163.36	425.5	418
Alfalfa	22	20	44	33	35	35	35	35	35	20	18.5	18	17	22	23.5
Frijol	126	65	78	61	45	18	45	45	36	29	28	24	14.65	15	13.5
Garbanzo en grano	4	20		4	4	4	4	4	6	5	4	5.25	4.75		5
Agave			5	5	5	6	6	9	5	3	2	2	1	1	2
Tomate Rojo		2		1.16	0.21	0.21	0.23	0.23	0.29	0.17	0.2	0.19	0.2	0.2	0.3
Avena Forrajera		3													
Tomate verde					1	1	1	1	1	1	1	1.15	1.2	3	2.75
Cebolla							2								
Total	341	271	239	276	345	210	339	339	334.5	299	288.5	249.25	199.76	462.5	460

Fuente: SIAP, 2021

El maíz es el cultivo que mayor superficie agrícola ocupa, además de que se produce todos los años de este periodo. La superficie producida con este cultivo presenta un rango que va de las 117 ha que es el dato de superficie más bajo, en el año 2006 y llega a una superficie de 425.5 ha que es la más superficie más grande en el año 2017. Además, fue el cultivo que presentó mayores variaciones, pues en algunos años tuvo mayor superficie, mientras que en otros disminuyó considerablemente.

El cultivo de alfalfa se encuentra establecida a lo largo de este periodo al igual que el maíz, la diferencia es que presenta menor área cultivada, inicio en el 2004 con 22 ha y en el 2006 aumento a 44 ha, que fue cuando obtuvo mayor superficie. Se muestran muchas variaciones a lo largo de los años, donde se muestra que la superficie más baja de este cultivo fue en el año 2016.

El frijol es otro de los cultivos que al igual que los dos anteriores ha estado presente en el municipio. Este cultivo inició con una superficie de 126 ha en 2004 y disminuyó considerablemente en el año 2018 solo se cultivaron 13.5 ha. El frijol además de que tuvo muchas variaciones, en el año 2019 no se cultivó en el municipio y en el 2020 nuevamente se está estableciendo en una pequeña superficie.

Otro cultivo es el garbanzo, como se puede ver este cultivo ocupa una superficie menor en comparación de los anteriormente mencionados. Este cultivo va de un rango de 4 ha en el año 2004 y alcanza las 6 ha en el año 2012, cabe señalar que este cultivo no fue producido en los ciclos 2006 y 2017. Es un cultivo que ocupó una superficie muy pequeña a lo largo de los años.

El cultivo de agave inicio su producción en el año 2005 ocupando una superficie de 5 ha, sin embargo, al paso de los años esta superficie fue disminuyendo y para los años 2016 y 2017 su superficie fue de 1 ha únicamente, en el año 2018 incremento un poco mostrando una superficie de 2 ha. El agave tuvo un área agrícola pequeña, en los años 2019 y 2020 no rebasa las 2 ha.

En este periodo de tiempo también se llegó a producir tomate rojo y verde. El tomate rojo se empezó a producir en el año 2005, iniciando con 2 ha de superficie, sin embargo, con el paso

de los años esta superficie fue disminuyendo y cayó a 0.17 en año 2013, después aumentó un poco en los siguientes años y para el año 2018 cayó a un total de 0.3 ha, nada comparado con las hectáreas que presentó en su inicio.

Por su parte el tomate verde comenzó a ser producido en el año 2008 y para ese año la superficie fue de 1 ha, la superficie máxima que se llegó a producir con este cultivo fue de 3 ha en el año 2017 y se siguió produciendo en el año 2018 y para el 2019 y 2020 ya no se sembró.

Además de todos los cultivos mencionados, también se llegaron a producir los cultivos de avena forrajera y de cebolla. En el caso de la avena se produjo solo en el año 2005, en una superficie total de 3 ha. Fue un caso similar con el cultivo de la cebolla, ya que fue producida por única vez en el año 2010 y fue en una superficie de 2 ha.

Finalmente están los cultivos de sorgo y aguacate los cuales se empezaron a producir en el año 2019. El sorgo obtuvo una superficie mayor a las 5 ha, sin embargo, en el 2020 bajo la superficie producida. El cultivo de aguacate presentó una superficie baja y esta superficie se mantuvo en el 2020, pero estos cultivos no se reportan en la base de datos del SIAP, fueron calculados por nuestro trabajo de campo

Revisando el área total en cada año, se puede ver que el año que presentó menor superficie cultivada fue el año 2016, con un total de 199.76 ha, mientras que el año donde se obtuvo mayor superficie agrícola es el 2017 con 462.5ha.

6.2. Proceso productivo del maíz

6.2.1. *Preparación del suelo*

El proceso se inicia con la preparación del terreno, para esta actividad existen diferentes formas y fechas para llevarla a cabo, todo depende la perspectiva de cada productor.

En la primera forma es con el tractor. La preparación de la tierra requiere de dos pasadas con el tractor para barbechar la tierra. La primera pasada se lleva a cabo en los meses de enero y febrero y la segunda en los meses de abril y mayo. Esto porque la primera pasada deja grandes

agregados de tierra muy compacta (grandes bloques de suelo), y estos se logran desintegrar con la segunda pasada. De esta manera el suelo queda listo para llevar a cabo la siembra.

En el segundo caso, el proceso se inicia agregando estiércol a la parcela. Esta actividad se realiza unos meses después de levantar la cosecha del ciclo pasado (1 o 2 meses). Una vez que la parcela está cubierta con el estiércol (2 a 3 toneladas por hectárea), se pasa la desvaradora, esto en los meses de enero y febrero, se lleva a cabo con la finalidad de cortar y picar todas las hierbas que existen en la parcela. Inmediatamente después se pasa el tractor para remover la tierra y mezclarla con el estiércol y la hierba. En los meses de abril y mayo se pasa la rastra, para eliminar los agregados de tierra que fueron quedando y así dejar el suelo listo para que se efectuó la siembra.

Otra forma es hacerlo más tarde. Se inicia con el barbecho de la tierra a finales del mes de abril o inicios del mes de mayo, con el tractor, 15 días después de haber llevado a cabo la primera pasada, se repite la actividad con la finalidad de eliminar los agregados grandes de suelo que quedaron, y con esto el suelo queda listo para la siembra.

En la comunidad, aún existen productores que llevan a cabo ciertas actividades con la yunta. Cuando se realiza con yunta, debe ser en los meses de marzo y abril. Sin embargo, todos prefieren realizar la preparación del suelo con tractor ya que consideran que es más fácil y eficiente.

6.2.2. *Obtención de la semilla*

Los productores de la comunidad obtienen las semillas en cada cosecha. Las semillas las obtienen seleccionando las mejores mazorcas. Las mazorcas que los productores tienden a seleccionar deben presentar características que indican buena calidad; como es el tamaño, la cantidad de carreras del grano, el color de los granos, entre las más importantes. Cabe señalar que no todos los productores seleccionan las semillas para la siembra, hay quienes prefieren comprar las semillas con productores mayores de edad que han realizado esta actividad durante muchos años y que poseen una gran experiencia para llevar a cabo la práctica de selección, los productores son de la misma comunidad. Actualmente no existen maíces híbridos y/o mejorados en la comunidad, solo maíces criollos.

En el caso de la calabaza, el procedimiento es similar al del maíz, la semilla se obtiene de las calabazas que fueron cosechadas. En este caso se seleccionan las calabazas que presentan mejores características, de tamaño, color, cantidad de pulpa, entre otras características. Se colocan al sol para que pierdan humedad y así extraer la semilla, posterior a esto las semillas se ponen a secar y está lista para ser sembrada en la próxima temporada.

El frijol, es un caso distinto, debido a que no se realiza ninguna selección de semilla por parte de los productores de la comunidad. La semilla de este cultivo que se siembra año con año se adquiere en las tiendas de la comunidad, las cuales, a su vez, la adquieren con productores de pueblos aledaños. Por esta razón la semilla que se siembra es local a nivel regional.

6.2.3. *Siembra*

Para la actividad de la siembra no existe una fecha precisa, esto depende del clima.

Una vez que la tierra esta lista, se espera a que le caigan las primeras lluvias, y así adquiera la humedad necesaria para que el grano pueda germinar, es importante mencionar que en ocasiones las lluvias duran hasta 15 días, por lo cual una vez que las lluvias cesan, se deja 3 días para que el sol reduzca la humedad de la tierra y al sembrar no se pudra la semilla por exceso de humedad.

La siembra se puede hacer con tractor o con yunta, esto queda a decisión de los productores. Hay productores que prefieren usar el tractor ya que se pueden realizar más rápido la actividad y se ahorran tiempo. El tractor en cada pasada realiza cuatro surcos, mientras que la yunta hace solo uno. Sin embargo, hay productores que argumenta que, al usar la yunta, el suelo se conserva en mejores condiciones ya que no se compacta como ocurre cuando se usa el tractor. En ambos casos la siembra se hace a mano y la semilla se tapa con el pie. Se siembra frijol junto con el maíz y algunas calabazas.

La distancia entre surcos y plantas depende del manejo que tendrá el cultivo, es decir, si se usara maquinaria (tractor), o será con el método tradicional (yunta o manualmente). Para los productores que usan tractor, la distancia entre surcos es de 70 cm, y entre plantas de 50 cm, de esta manera no se dañan las plantas cuando ingresan el tractor a la parcela. Para los productores que realizan las actividades siguientes con la yunta o incluso manualmente la distancia entre surco es de 60 cm, mientras que entre planta es de 20 cm a 30 cm.

6.2.4. *Desherbada*

Esta actividad consiste en eliminar la hierba que exista entre los surcos para que la planta de maíz pueda seguir su desarrollo sin tener competencia. Dicha actividad se hace de 20 a 30 días después de la siembra, para la ejecución de esta actividad se puede hacer uso del tractor, la yunta o incluso manualmente, esto depende del diseño de siembra y de las posibilidades económicas y preferencias del productor.

La mayor parte de los productores considera que no es bueno el uso del tractor en esta actividad, debido a que la planta es muy pequeña y al pasar entre los surcos, mucha se va tapando con tierra y ya no se puede sacar. Sin embargo, el tractor ayuda a que esta actividad se lleve a cabo en un menor tiempo. En el caso de la yunta, todo es diferente, al pasar entre los surcos no daña tanto a las plantas y si alguna llega a cubrirse de tierra, la persona que va dirigiendo la yunta puede marcar con el pie y las personas que están detrás pueden ir quitándole la tierra, para que la planta siga con su crecimiento.

6.2.5. *Orejera y fertilización*

Esta actividad consiste en acercar tierra a la base de la planta con ayuda de la yunta, tiene la finalidad de darle mayor firmeza ya que además de soportar su peso, debe soportar el peso de la planta de frijol, por lo cual se trata de evitar que esta se acame. Esta actividad se llama orejera debido a que cuando se realiza, las plantas tienen una altura tal que alcanza las orejas de los toros que son usados para jalar la yunta. La orejera se lleva a cabo de 20 a 30 días después de haber realizado la desherbada.

Durante esta actividad, se aprovecha para realizar la fertilización de las plantas y no realizar doble trabajo. Los fertilizantes que se usan en la comunidad son el triple 17 (17-16-17), sulfato de amonio (21-00-00) y urea (46-00-00). Dentro del cultivo de maíz la plaga que más presenta afectaciones es el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), sin embargo, los productores no tienen ningún método de manejo y/o control que permita reducir las afectaciones que en cada ciclo productivo ocasiona.

6.2.6. *Cosecha*

La cosecha es la actividad final del ciclo productivo, es importante mencionar que antes de cosechar el maíz, los productores cosechan elotes, esta actividad se realiza a los cuatro o cinco meses después de haber realizado la siembra, a esto también se le conoce como pizca. La pizca consiste en desprender los elotes que más le agraden al productor de entre toda la parcela, procurando que la planta no se dañe para que pueda seguir sosteniendo a la planta de frijol.

Posterior a la pizca de elotes sigue la cosecha o pizca de mazorca, la cual es realizada a los siete meses después de haber sembrado. Cabe señalar que en esta actividad al igual que en algunas de las anteriores existen diferencias en la forma en la que se realiza así como en las herramientas que usan. Hay productores que usan machetes, con los cuales cortan toda la planta y la dejan en la parcela durante 15 días, esto con la finalidad de que la mazorca se seque totalmente, después de esto los productores van y desprenden la mazorca y la llevan a su casa, dejando el resto de la planta (caña) en la parcela para que se reincorpore al suelo.

Otra forma de realizar esta actividad es cortar toda la planta y en camionetas llevarla a la casa del productor para que ahí termine de secarse, después de esto se desprende la mazorca y la planta sirve como alimento para el ganado, es muy similar al método anterior, solo cambia el uso que se le da al rastrojo.

Otros productores usan un método completamente distinto, ya que usan un canasto, el cual cargan en la espalda y pasan por todos los surcos desprendiendo la mazorca de las plantas y las van colocando en el canasto, después llevan la mazorca a su casa y las plantas se quedan en la parcela sin ser cortadas.

Para el caso del frijol y la calabaza, estos se cosecha un tiempo después, este puede variar de 15 a 20 días. Las calabazas se colectan y en el caso del frijol se arranca toda la planta y se lleva para después extraerlo de las vainas.

6.2.7. Almacenamiento y destino de cosecha

Una vez que se ha terminado la cosecha, muchos productores le aplican al maíz una pastilla de fosforo de aluminio que compran en las tiendas de agroquímicos que evita que los insectos la dañen, esta es la actividad más común en la mayoría de los productores. Hay unos cuantos productores que proponen el uso de plantas repelentes para la conservación de su producto,

como es el caso del epazote (*Dysphania ambrosioides*), la hierba santa (*Piper auritum*), entre otras.

Los productores conservan su producto debido a que su finalidad es el autoconsumo, por lo cual el producto se va aprovechando de manera lenta y en un lapso de tiempo, incluso este producto puede durar hasta obtener la cosecha de la siguiente siembra.

6.3. Estimación del uso de agua de riego

Como se ha mencionado, en la comunidad de Santo Domingo, el cultivo de alfalfa es de suma importancia, sin embargo, por las condiciones del clima es necesario el uso de sistemas de riego para que de esta manera el cultivo pueda prosperar. Considerado esto se realizó el cálculo una lámina de riego para conocer el consumo de agua que se tiene a lo largo de un año.

6.3.1. Cálculo de evapotranspiración inicial.

Para el cálculo de la evapotranspiración potencial (ET₀) se usaron los datos meteorológicos de la estación más cercana a la zona de estudio. La estación meteorológica consultada fue la de la capital de Oaxaca (Servicio Meteorológico Nacional s. f.), a partir de esta se calculó la ET₀ (Cuadro 5).

Cuadro 5. Cálculo de evapotranspiración potencial (ET₀) para Santo Domingo Tomaltepec.

Mes	Temp Min °C	Temp Max °C	Humedad%	Viento km/día	Insolación horas	Rad MJ/m ² /día	ET ₀ mm/día
Enero	8.4	28	49	156	6.2	15.1	3.76
Febrero	9.8	29.7	50	199	7.4	18.2	4.69
Marzo	12.1	31.8	46	225	6.5	18.5	5.5
Abril	14.3	32.7	52	216	4.5	16.4	5.22
Mayo	15.3	32.1	57	216	5.3	17.8	5.23
Junio	15.7	29.5	66	216	4.9	17	4.57
Julio	14.8	28.5	74	207	4.9	17	4.12
Agosto	14.8	28.8	68	233	4.6	16.5	4.37
Septiembre	14.8	27.5	70	259	3.9	14.9	4.02
Octubre	12.6	27.6	69	199	5.4	15.8	3.81
Noviembre	10	28.1	53	164	6.2	15.3	3.89
Diciembre	8.5	27.7	49	138	5.8	14.1	3.47

Promedio	12.6	29.3	58	202	5.5	16.4	4.39
----------	------	------	----	-----	-----	------	------

Con ayuda del programa de CROPWAT 8.0 (FAO, 2020), se calculó la ET₀, para esto se utilizaron los datos mensuales promedio de temperatura mínima, máxima, humedad, viento, insolación y radiación. Así se obtuvo una Evapotranspiración inicial promedio anual de 4.39 mm/día (Cuadro 5).

6.3.2. Precipitación efectiva

La precipitación, es un elemento fundamental para calcular el requerimiento de agua de un cultivo. Para calcularla se parte de la disponibilidad de agua a través de las precipitaciones. Cabe señalar que, no toda el agua de lluvia que cae al suelo permanece ahí y está disponible para las plantas, sino que hay pérdidas de agua. Existe un fenómeno denominado abstracción hidrológica, esto hace referencia a la pérdida del agua que llega al suelo, a través de la evaporación, percolación, infiltración, entre otras. Considerando la pérdida de agua se obtiene la llamada precipitación efectiva, la cual es el agua que se encontrará disponible en el suelo para ser aprovechada por las plantas. Para el cálculo de la precipitación efectiva también es uso el programa Cropwat 8.0 (FAO, 2020). Se utilizaron como datos de entrada la precipitación mensual (Servicio Meteorológico Nacional, s. f.), y la ET₀ ya calculada. La precipitación anual en la comunidad de Santo Domingo es de 752.6 mm, los meses como mayor precipitación son los de mayo, junio, julio, agosto, septiembre y octubre. Considerando la abstracción hidrológica, la precipitación efectiva es de 613 mm al año (Cuadro 6)

Cuadro 6. Precipitación efectiva en Santo Domingo Tamaltepec.

Mes	Precipitación (mm)	Precipitación efectiva (mm)
Enero	3.6	3.6
Febrero	5.4	5.4
Marzo	13.1	12.8
Abril	39.7	37.2
Mayo	85.4	73.7
Junio	171.1	124.3
Julio	118.1	95.8

Agosto	114.5	93.5
Septiembre	138.1	107.6
Octubre	51.4	47.2
Noviembre	9	8.9
Diciembre	3.2	3.2
Total	752.6	613

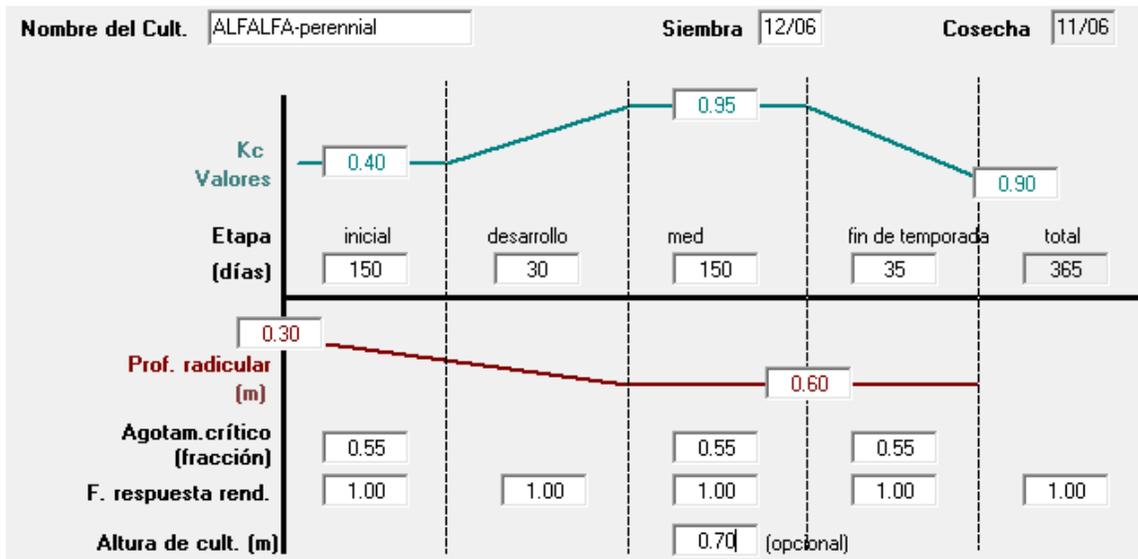
6.3.3. Datos del cultivo

Se obtuvieron datos del cultivo de diferentes fuentes de la literatura, donde explican el desarrollo del cultivo y sus requerimientos. Se consideró a la alfalfa como un cultivo anual por lo que cada ciclo de este cultivo es de 365 días y consta de cuatro etapas de desarrollo. La etapa inicial comprende de 150 días, a partir de la siembra del cultivo. La segunda etapa es el desarrollo del cultivo, esta etapa consta únicamente de 30 días. La etapa tres es el desarrollo medio del cultivo la cual consta de 150 días. Y finalmente es el final del ciclo, este consta de 35 días. Sumando los días de cada etapa dan un total de 365 días (Yzarra, s. f.).

Ahora bien, el coeficiente del cultivo (K_c), es el resultado de la combinación de la transpiración del cultivo y la evaporación del suelo, este varía de acuerdo a la etapa en que se encuentre el cultivo. En la etapa inicial el cultivo de la alfalfa presenta un coeficiente de 0.40, durante la etapa media aumenta a 0.95 y finaliza en 0.90 (FAO, s. f.).

La alfalfa presenta una profundidad de 0.30 m y puede ser mayor a los 0.60 m, para este caso la evaluación se dio en ese rango de crecimiento, considerando que los tricomas de las raíces se encuentran en los primeros centímetros de la raíz, el resto son raíces de anclaje (Yzarra, s. f.). El agotamiento crítico es del 12% de humedad en el suelo, esto quiere decir que si hay menos de esta humedad en el suelo el cultivo ya no sobrevive, mientras que la capacidad de campo es del 55%, lo que indica que mientras el suelo no llegue al agotamiento crítico y se mantenga en capacidad de campo, el cultivo tendrá un buen rendimiento que es lo que indica el número 1. El cultivo fue evaluado a una altura de 0.70 m (Figura 7).

Figura 7. Datos del cultivo de alfalfa.



6.3.4. Datos del suelo

Según el INEGI (2008), en donde se cultiva la alfalfa en el municipio, predomina el suelo vertisol, el cual posee una textura media (Arena 38%, Limo 37% y Arcilla 27%), con una profundidad que va de los 30 cm a los 60 cm. De acuerdo estos datos, los parámetros para la estimación de la lámina de riego fueron; 1) humedad disponible de 150.0 mm/metro, 2) una tasa máxima de infiltración de la precipitación del 15 mm/día, 3) una profundidad radicular de 60 cm, 4) un agotamiento inicial de humedad del suelo de 50%, y 5) una humedad inicialmente disponible de 75 mm/metro (figura 8).

Figura 8. Datos generales del suelo donde se cultiva alfalfa.

Nombre del suelo	Medium (loam)	
Datos generales de suelo		
Humedad de suelo disponible total (CC-PMP)	150.0	mm/metro
Tasa máxima de infiltración de la precipitación	15	mm/día
Profundidad radicular máxima	60	centímetros
Agotamiento inicial de hum. de suelo (como % de ADT)	50	%
Humedad de suelo inicialmente disponible	75.0	mm/metro

6.3.5. *Requerimiento de agua de riego para el cultivo.*

Con los datos descritos arriba (datos climatológicos, los datos del cultivo y los del suelo) se obtuvo la necesidad de agua que tiene el cultivo. El cultivo de alfalfa en la comunidad presentó un requerimiento de agua de riego 776. 5 mm (Cuadro 7). Los resultados del programa Cropwat se presentan en períodos de 10 días.

Cuadro 7. Requerimiento de agua de riego para el cultivo de alfalfa en Santo Domingo Tomaltepec durante un año.

Mes	Década	Etapa	Kc (coeficiente)	Etc. mm/día	Etc. mm/dec	Prec. Efectiva mm/dec	Req. Riego mm/10 días
Jun	2	Inic	0.93	4.25	38.2	40.6	4.2
Jun	3	Inic	0.4	1.77	17.7	40.7	0
Jul	1	Inic	0.4	1.71	17.1	34.3	0
Jul	2	Inic	0.4	1.65	16.5	30.7	0
Jul	3	Inic	0.4	1.68	18.5	30.9	0
Ago	1	Inic	0.4	1.71	17.1	30.9	0
Ago	2	Inic	0.4	1.75	17.5	30.4	0
Ago	3	Inic	0.4	1.7	18.7	32.2	0
Sep	1	Inic	0.4	1.65	16.5	36.6	0
Sep	2	Inic	0.4	1.61	16.1	39.4	0
Sep	3	Inic	0.4	1.58	15.8	31.5	0
Oct	1	Inic	0.4	1.55	15.5	21.8	0
Oct	2	Inic	0.4	1.53	15.3	14.7	0.5
Oct	3	Inic	0.4	1.54	16.9	10.8	6.1
Nov	1	Des	0.41	1.57	15.7	6.2	9.5
Nov	2	Des	0.55	2.13	21.3	1.5	19.9
Nov	3	Des	0.75	2.8	28	1.3	26.6
Dic	1	Med	0.94	3.39	33.9	1.5	32.3
Dic	2	Med	0.99	3.45	34.5	0.8	33.7
Dic	3	Med	0.99	3.54	39	0.9	38
Ene	1	Med	0.99	3.64	36.4	1.1	35.2
Ene	2	Med	0.99	3.73	37.3	1.1	36.2
Ene	3	Med	0.99	4.04	44.4	1.4	43.1
Feb	1	Med	0.99	4.35	43.5	1.4	42.1
Feb	2	Med	0.99	4.66	46.6	1.5	45
Feb	3	Med	0.99	4.92	39.4	2.4	37
Mar	1	Med	0.99	5.26	52.6	2.9	49.6

Mar	2	Med	0.99	5.56	55.6	3.5	52.1
Mar	3	Med	0.99	5.43	59.8	6.5	53.3
Abr	1	Med	0.99	5.27	52.7	9.3	43.4
Abr	2	Med	0.99	5.18	51.8	11.8	39.9
Abr	3	Med	0.99	5.18	51.8	16.1	35.7
May	1	Fin	0.99	5.18	51.8	20.1	31.7
May	2	Fin	0.98	5.11	51.1	23.9	27.2
May	3	Fin	0.96	4.8	52.8	29.8	23.1
Jun	1	Fin	0.94	4.5	45	38.3	6.7
Jun	2	Fin	0.93	4.25	4.2	4.5	4.2
Total					1206.6	613.6	776.5

El cultivo de alfalfa no presenta necesidades de riego en los meses de lluvia, ya que con ese aporte de agua le es suficiente para su buen desarrollo. Ahora bien, en los meses más calorosos es donde se requiere mayor cantidad por parte del cultivo y es cuando el riego es muy necesario, en este caso a partir del mes de octubre hasta el mes de junio, el desarrollo del cultivo va a depender del agua que se le pueda proporcionar a través del riego.

A lo largo del año en la comunidad, las precipitaciones brindan un total de 613.6 mm, lo cual equivale a 613.6 litros de agua por cada metro cuadrado (m²). A pesar de esto el cultivo de alfalfa requiere un total de agua adicional de 776.5 mm al año, lo cual equivale a 776.5 litros de agua por cada m² de alfalfa.

Ahora bien, considerando los datos obtenidos del cálculo de requerimiento de agua del cultivo, a través de conversiones se puede estimar el total de litros de agua que se requiere en una ha, por año. En cada m² se requiere un total de 776.5 L, considerando que una ha posee un total de 10,000 m², el total de agua requerida es de 7, 765, 000 L por año o 7, 765 m³ de agua por año. En el año 2019 el cultivo de alfalfa presento una superficie de 35.08has, donde se emplearon un total de 272, 396,200 L de agua en ese año. En el año 2020, la superficie de alfalfa fue de 32.41has, por lo que se usó un total de 251, 663,650 L en ese año.

6.4. Análisis de la problemática

La comunidad de Santo Domingo Tomaltepec, se enfrenta a diferentes problemáticas, las cuales impactan directamente a las actividades agrícolas. Los problemas están relacionados con la escasez del agua, uso inadecuado del agua para la producción de alfalfa bajo sistema de riego, suelos compactos con baja fertilidad que se le atribuye al uso de maquinaria agrícola empleada en el proceso productivo de los cultivos y los bajos rendimientos.

6.4.1. Escasez de agua

En la comunidad se tienen problemas con la disponibilidad de agua, esto se debe a las bajas precipitaciones que se tienen en la zona (Figura 9). Las personas de la comunidad comentan que cada vez llueve menos, en comparación de otros años donde las lluvias eran abundantes. Además de esto, las condiciones climáticas no permiten la emergencia de manantiales de donde la comunidad pudiera abastecerse de agua, solo se cuenta con un río intermitente, en los límites con el municipio de Tlalixtac, el cual se forma únicamente en la temporada de lluvias.



Figura 9. Comportamiento de la precipitación en el periodo 1980-2010 (Fuente: Servicio Meteorológico Nacional)

En la comunidad se encuentran dos presas, las cuales almacenan agua en la época de lluvia para ser usada en la época de sequía, sin embargo, se han presentados diferentes conflictos entre las personas que pertenecen a la propiedad comunal, ya que ambas presas se encuentran en esta área. La comunidad cuenta con dos pozos profundos de los cuales, solo uno está

funcionando y es el que brinda el agua necesaria a todos los ciudadanos de la comunidad. El segundo pozo se perforó con la finalidad de aportar un mejor servicio de agua en la época de escases, sin embargo, al final de su perforación, el agua presentó altos contenidos de sal, lo que impide que pueda ser usada por los ciudadanos de la comunidad.

En la comunidad la agricultura es de temporal y una pequeña parte cuenta con riego. El único cultivo que posee riego es la alfalfa, que como vimos, para su desarrollo son necesarias grandes cantidades de agua. La producción de alfalfa solo es posible en lugares con disponibilidad de agua, por lo tanto, solo se produce en la propiedad privada y ejidal. En el área ejidal se usa agua de un pozo profundo que está ubicado en la parte de alta de dicha propiedad. El agua del pozo no abarca toda la superficie que corresponde a la propiedad ejidal, ya que no existe presión suficiente ni tuberías para que pueda llegar a toda la superficie, es por eso que solo una pequeña parte del ejido se dedica a la producción de alfalfa y el resto a la producción de maíz.

La producción de alfalfa en la propiedad privada representa un problema mayor, esto, debido a que, como se mencionó anteriormente, este cultivo requiere una fuerte cantidad de agua para su desarrollo por lo cual, los productores que deciden producir alfalfa y tienen los medios se toman la libertad de hacer su propio pozo profundo para extracción de agua y así poder establecer riego en sus parcelas. En la localidad no existe un control por parte de las autoridades para la perforación de pozos profundos, por lo cual puede existir un consumo excesivo del agua subterránea agotando el agua disponible de los mantos acuíferos.

El cultivo de maíz por ser de temporal, presenta muchas limitaciones, esto debido a que depende de la lluvia y en los últimos años las variaciones del clima han limitado el correcto desarrollo del cultivo. Los productores se basan en predicciones de las lluvias para poder llevar a cabo la siembra, sin embargo, hay ocasiones en las que no resulta lo planeado y la cosecha es mala, es por eso que se menciona que los temporales son malos ahora en comparación a los años anteriores. La escasez de las lluvias afecta fuertemente el cultivo de maíz y ocasiona bajos rendimientos.

6.4.2. *Baja fertilidad en los suelos de las parcelas*

Los suelos de las parcelas de los productores presentan características que muestran una baja fertilidad, lo que a su vez se traduce en bajos rendimientos en las cosechas. La baja fertilidad se le atribuye a la baja reincorporación de materia orgánica, alta pedregosidad, suelos poco profundos y compactos con textura Franco-Areno-Arcilloso en su mayoría (Cuadro 5).

La baja presencia de materia orgánica se le atribuye a la poca reincorporación de residuos de cosecha en las parcelas, o incorporación de material vegetal que pudiera ayudar a mejorar las características físicas del suelo. Los productores no realizan practica de abonos orgánicos, sino por el contrario, fertilizan sus suelos con fertilizantes de síntesis química, como es el caso de urea (46-00-00), sulfato de amonio (21-00-00-24S) y triple 17 (17-16-17). Estos fertilizantes proveen de nutrimentos a las plantas para su desarrollo, mientras que afectan las propiedades físicas del suelo, eliminando a los microorganismos acondicionadores del suelo.

La mayoría de los suelos son poco profundos, y se encuentran muy compactos, lo que evita la actividad de microorganismos en el suelo, un indicador de esto es que no existe presencia de lombrices en el suelo. Esto se le atribuye al uso de maquinaria pesada en las actividades agrícolas, ya que de manera periódica van afectando las propiedades físicas del suelo.

6.4.3. Bajos rendimientos

Los productores de la comunidad no tienen un registro adecuado acerca del rendimiento que obtienen en cada cosecha, por lo que mencionan algunos datos como referencia a este tema, hay quienes indican que obtienen 800kg por hectárea, y los que obtienen mejores cosechas que son hasta 1.5 toneladas por hectárea, lo que indica bajos rendimientos a nivel comunidad.

6.4.4. Preparación del suelo

En la comunidad, hay productores que prefieren llevar a cabo las labores de preparación del suelo, hasta que realizaran la siembra o incluso una vez que han caído las primeras lluvias. Esto genera que las primeras lluvias no sean aprovechadas, ya que al estar compacto el suelo, el agua no penetra y solo escurre, desaprovechando las primeras lluvias para el cultivo. Otra de las situaciones es que al no realizar la siembra en las fechas adecuadas y dejar pasar las primeras lluvias, el ciclo del cultivo se acorta y no alcance un buen desarrollo lo que al final provoca bajos rendimientos.

6.4.5. *Abandono de la agricultura*

En la comunidad la agricultura ya no es una opción de trabajo, ha dejado de ser una de las actividades económicas importantes a ser una actividad secundaria. En la actualidad la mayoría de los productores son adultos, y los jóvenes no la consideran como una opción de trabajo, prefieren abandonar las parcelas agrícolas y buscar un trabajo que resulte más redituable, hay jóvenes que migran a la capital del estado o a otras ciudades, mientras que otros simplemente prefieren dedicarse a otras actividades dentro de la comunidad, lo que implica una alta reducción en la superficie agrícola de la comunidad.

7. DISCUSIÓN

De acuerdo a los resultados de la investigación, se presenta un análisis donde se resalta el impacto que tiene cada uno de estos en la comunidad. Se menciona en primera parte, la superficie agrícola obtenida en diferentes ciclos productivos en comparación con datos obtenidos por el SIAP y que a su vez son comparados a niveles regionales, estatales y nacionales. Posteriormente se muestra el proceso productivo del maíz, el cual presenta una serie de deficiencias, que se buscan subsanar con la implementación de principios y prácticas agroecológicas. La estimación de agua de riego se analiza desde el punto de vista del consumo del agua por parte de los habitantes de la comunidad que sufren de escases en temporadas de calor. Y finalmente se hace mención de la problemática que se presenta en la comunidad con respecto a las actividades agrícolas y la severa escasez de agua que se presenta en la comunidad en los meses de seca.

7.1. Superficie agrícola

De acuerdo al análisis que se realizó a lo largo de esta investigación, se obtuvo información de la superficie agrícola en la comunidad de Santo Domingo de tres ciclos productivos diferentes.

Los ciclos productivos analizados muestran variaciones, en el año 2004 es cuando se presenta la mayor superficie agrícola, con respecto a los otros dos ciclos productivos revisados en la investigación de campo. Existe una mayor diversidad de cultivos en los años 2019 y 2020 con respecto al 2004, donde solo de acuerdo al análisis visual, solo se consideran dos cultivos.

De acuerdo a información del SIAP (2020), en el año 2004 la Región Valles Centrales tuvo una superficie agrícola de 213,616.00has, de las cuales el 0.10% fue aportada por la comunidad. Para el año 2019, la producción fue de 186,539.67has, de las cuales la comunidad aportó el 0.089% respectivamente. En el año 2020, la producción fue de 188,092.33has y la comunidad aportó un total de 0.113%.

El estado de Oaxaca en el año 2004 tuvo una superficie agrícola total del 1, 252,782.00has de las cuales el 0.017% fue aportado por la comunidad de estudio. Para el año 2019, la producción fue de 1, 253,543.99has, de las cuales el 0.013% fue aportado por el municipio. En el año 2020, la superficie agrícola del estado fue de 1, 125,470.40has, y el municipio aportó un total de 0.024%.

A nivel nacional, en el año 2004, la superficie agrícola fue de 21, 874,034.40has, de las cuales el 0.0009% fue aportado por el municipio. En el año 2019, la superficie producida fue de 20, 664,424.08has, de las cuales el municipio aportó un total de 0.0008%. Finalmente, en el año 2020, la superficie agrícola fue de 18, 125,470.40has, de las cuales, el municipio aportó un total de 0.0011%.

El análisis de los tres ciclos productivos muestra que la superficie agrícola tiende a disminuir, ya que en el año 2004 la superficie fue de 218.65has, y en para el año 2019 disminuye en un 23.57% de la superficie, y en el año 2020 aumenta respecto al año anterior pero no iguala la superficie del año 2004 que la supera por solo el 2.75%. Sin embargo, los datos de superficie agrícola reportados en el portal del SIAP en un rango de tiempo que va del año 2004 al año 2018, muestran variaciones significativas a lo largo de los años (figura 10). El comportamiento que muestra la superficie agrícola en el municipio de estudio es similar a lo que ocurre a nivel regional, donde disminuyó la superficie.

Respecto a los datos obtenidos en el análisis de campo, en comparación a los obtenidos de la plataforma de SIAP, se observa una diferencia considerable en el reporte de la superficie agrícola. De acuerdo a los datos del SIAP, a partir del año 2004 y hasta el año 2018 la superficie agrícola es mayor en comparación con los datos de los años 2004, 2019 y 2020 de la investigación de campo (figura 9).

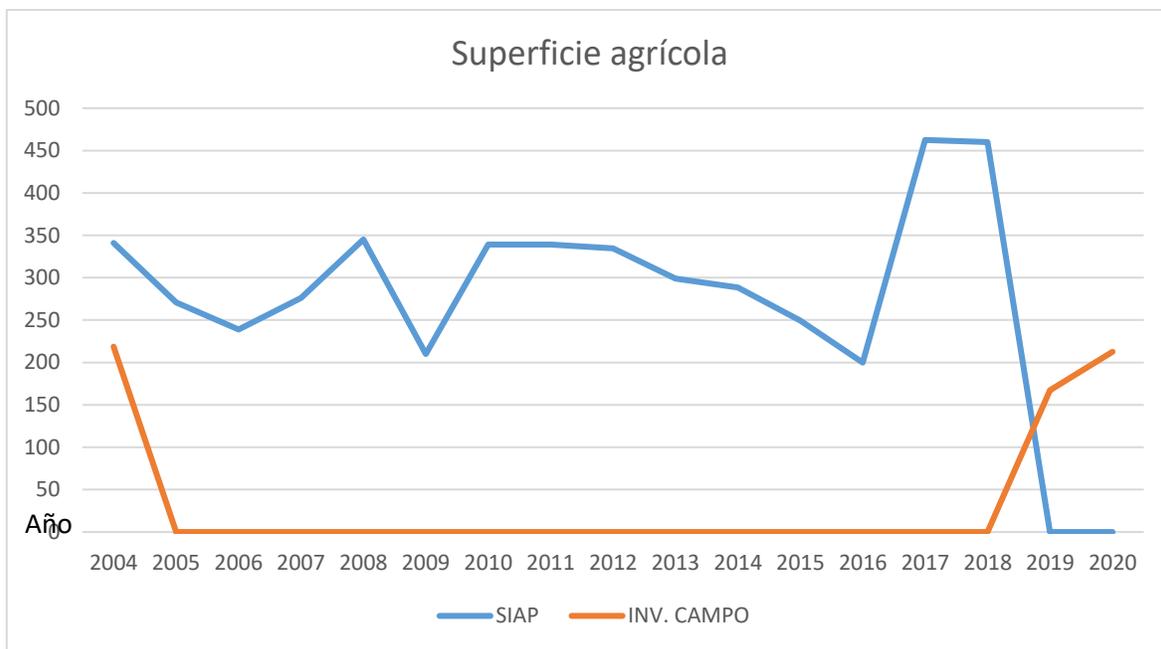


Figura 10. Comportamiento de la superficie agrícola total 2004-2020.

Fuente: SIAP (2021) y trabajo en campo (2020).

7.2. Proceso productivo del maíz

El proceso productivo en la comunidad de Santo Domingo, combina el método tradicional y el método moderno. Existen productores que incluyen maquinaria en las actividades productivas que las facilitan, mientras que también hay otras actividades donde prefieren realizarlas con el método tradicional, y esto implica el uso de la yunta o materiales manuales, como machetes, azadones, entre otros. Mientras que otros productores inician con la preparación del suelo, con el uso de maquinaria y posteriormente el resto de las actividades las llevan a cabo con los métodos tradicionales. Esto depende fuertemente de la visión de cada productor y de la situación económica en la que se encuentre, ya que el uso de maquinaria implica tener mayores costos de producción.

En el ciclo productivo del maíz, presenta diferentes actividades como se ha mostrado a lo largo de esta investigación. La preparación del suelo es una de las actividades que considero poco eficientes y se debe a que no todos los productores la realizan de la manera correcta. De las actividades de preparación del suelo que se describieron la que muestra deficiencias es la

que se lleva a cabo a destiempo, ya que esto evita aprovechar las primeras lluvias del ciclo, el agua no se infiltra en el suelo para poder humedecerlo, sino más bien, escurre superficialmente y no logra ser aprovechada. Esto muestra un desbalance en todo el ciclo productivo, además de que la siembra se realiza mucho después de lo que se debiera realizar.

La fertilización es otra de las actividades que no se lleva a cabo de manera adecuada, ya que los productores no tienen claro cómo llevarla a cabo y que productos agregar de acuerdo a la fase fenológica del cultivo. Para esto sería bueno diseñar un plan de abonado, que permita incorporar diferentes insumos que sean aprovechados para la planta pero que no afecten de manera directa la salud del suelo, podría realizarse una combinación de insumos orgánicos y fertilizantes químicos y así con esto iniciar con una transición agroecología que traiga mejores beneficios a la producción. De acuerdo a Altieri (2001), existen 5 principios básicos en la producción agroecología, los cuales son:

- 1.- Aumentar el reciclado de biomasa y optimizar la disponibilidad y el flujo balanceado de nutrientes.
- 2.- Asegurar condiciones del suelo favorables para el crecimiento de las plantas, particularmente a través del manejo de la materia orgánica y aumentando la actividad biótica del suelo.
- 3.- Minimizar las pérdidas debidas a flujos de radiación solar, aire y agua mediante el manejo del microclima, cosecha de agua y el manejo de suelo a través del aumento en la cobertura.
- 4.- Diversificar específica y genéticamente el agroecosistema en el tiempo y el espacio.
- 5.- Aumentar las interacciones biológicas y los sinergismos entre los componentes de la biodiversidad promoviendo procesos y servicios ecológicos claves.

De acuerdo a lo anterior se puede considerar iniciar con algunos de los principios mencionados para llevar a cabo un cambio positivo en la producción agrícola. En la comunidad de estudio, pueden ser implementados algunos principios ya que existen condiciones que lo hacen favorables. Considerando el primer punto, existen residuos de cosecha en las parcelas que pueden ser incorporados para reintroducirse al suelo y aumentar la materia orgánica, esto ayudara a mejorar las condiciones del suelo y aumentara la presencia de microorganismos benéficos que ayudaran a proveer de nutrimentos para el desarrollo del suelo. En la comunidad existes productores dedicados a la producción de ganado, lo cual

puede ser favorable para la elaboración de insumos orgánicos (composta, biol, bocashi, lombricomposta, etc.) que pudieran ser aplicados al suelo para mejorar su calidad además de proveer de manera directa nutrientes a las plantas.

Las practicas mencionadas ayudaran en la sustitución de los productos químicos usados (fertilizantes) y ayudaran la calidad del suelo, de acuerdo a Gliessman (2015), esto es agroecología de primer nivel, ya que se inicia con la sustitución de insumos tóxicos, el siguiente nivel en la adopción de la agroecología consiste en la conservación del fertilidad del suelo, y la eliminación de plagas, enfermedades y arvenses no deseadas a través de biofertilizantes, microorganismos eficientes, pesticidas botánicos, control de agentes biológicos, entre otras.

Durante la investigación, se notó que no existen prácticas adecuadas de manejo de plagas y enfermedades en el proceso productivo, por lo cual, es importante mencionar que se pueden implementar preparados que puedan fortalecer el manejo. Se pueden implementar prácticas de prevención con es el uso del caldo ceniza que según CATIE (2015), es un insumo agroecológico que se utiliza como insecticida o fungicida en varios cultivos. También se pueden usar preparados minerales para la prevención de enfermedades, como es el caso del caldo sulfocalcico que es a base de azufre y el caldo bordelés que es a base de Cobre (CATIE, 2015).

Toda esta información recabada del proceso productivo, le servirá a los investigadores y estudiantes que pertenecen al proyecto de Cocina Colaboratorio como antecedentes de las actividades agrícolas de la comunidad, y tener un punto de partida para la mejora de los sistemas productivos de la comunidad, el maíz es el cultivo más importante, ya que forma parte de la gastronomía, conocer su proceso productivo, les ayudara a fortalecer sus puntos críticos y mejorarlo, para alcanzar el objetivo de tener una alimentación adecuada para toda la comunidad y esto se logra iniciando en el campo, donde se producen la mayoría de los alimentos.

7.3. Estimación del uso del agua de riego

El cultivo de alfalfa es uno de los más demandantes de agua, y sin este recurso es muy difícil que pueda prosperar. De acuerdo a estudios realizados en la Comarca Lagunera, la alfalfa

para su desarrollo requiere un total de 1500 mm de agua al año, de acuerdo a las características del suelo (Trejo, 2010). La situación en el municipio de Santo Domingo no se aleja mucho de estos datos, ya que, de acuerdo a los resultados obtenidos del cálculo de requerimiento de agua, se estimó un total de 1390.1 mm de agua por hectárea por año. Del total estimado, en la comunidad las precipitaciones aportan un total de 613.5 mm y el resto que corresponden a 776.5 mm son suministrados con sistemas de riego.

En el año 2004, el cultivo de alfalfa se encontraba en una superficie de 31.9 ha, lo que indica que fueron necesarios 24,770.35 mm de agua que equivalen a 247,703,500 L de agua al año, que traducidos a m^3 , son un total de 247,703.5. En el año 2019, la superficie cultivada con alfalfa fue de 35.8 ha, por lo cual el consumo de agua fue de 27,798.7 mm, que son un total de 277,987,000 L de agua por año, que traducidos a m^3 , son un total de 277,987. En el año 2020, la alfalfa ocupó una superficie de 32.41 ha, su requerimiento de agua fue de 25,166.35 mm, que equivalen a 251,663,650 L de agua por año o, a 251,663.65 m^3 de agua.

Eso muestra una fuerte inversión de agua a un solo cultivo, cabe mencionar que, aquí se calcula el requerimiento de agua por parte del cultivo, sin embargo, no necesariamente se está usando esa cantidad de agua, es decir, el riego usado en la comunidad puede suministrar esa cantidad de agua o incluso más, eso es incierto, ya que no se realizó una evaluación al sistema de riego, lo que sí es claro es que los datos que se muestran son la estimación para que la alfalfa pueda desarrollarse de manera adecuada y dar los mejores rendimientos.

En el periodo que va de los meses de febrero a mayo, en la comunidad se enfrenta a una fuerte problemática con la disponibilidad, ya que durante estos meses las precipitaciones son nulas y necesitan del agua que se extrae de los pozos. Han existido temporadas en las que los habitantes de la comunidad se ven obligados a comprar agua para llevar a cabo sus actividades domésticas. El agua es el recurso que se escasea en la comunidad durante este lapso de tiempo, sin embargo, no se dejan de regar las parcelas que poseen el cultivo de alfalfa establecido, es decir, a pesar de la escasez que se sufre en la comunidad, una parte de agua sigue siendo destinada para el cultivo de alfalfa y así este pueda prosperar.

De acuerdo a Blancos et al (2009), el consumo de agua fue de 250L de agua por día, mientras que la comisión nacional de agua, dice que el consumo de agua por persona en el 2015, fue de 380L por día. Por lo cual, considerando el consumo de agua mencionado por la comisión

nacional del agua, el consumo por persona por año es de 138, 700 L de agua por persona por año. En el entendido que, en el 2020, el cultivo de la alfalfa ocupó un total de 251, 663, 650 L de agua de riego, que de no haber tenido esta finalidad pudieron haber ayudado en las necesidades de 1, 814.44 personas de la comunidad de Santo Domingo Tomaltepec.

La mayoría de los cultivos en la comunidad son de temporal, por lo que el único cultivo que requiere de una inversión de agua es el de alfalfa, por lo que una de las soluciones sería implementar cultivos que requieran menores cantidades de agua en comparación de la alfalfa o que puedan desarrollarse con el temporal. Para esto se requería de un análisis a la zona para conocer de sus características edafoclimáticas y así implementar cultivos de con mayor eficiencia y menor gasto de agua. El cultivo de alfalfa en la comunidad no ha tenido complicaciones debido a que existe un pozo en el área ejidal específico para el riego del cultivo, y en la zona de propiedad privada, las personas pueden realizar perforaciones para la extracción de agua sin tener que pagar cuotas a las autoridades, lo que les facilita producir este cultivo. Por lo tanto, el agua empleada en el cultivo de alfalfa, no tiene ningún costo por lo que no implica un problema para los productores utilizarla, sin embargo, si este recurso llegara a tener un costo para los productores, el cultivo de alfalfa elevaría sus costos de producción y dejaría de ser rentable por la situación complicada que se vive en la comunidad.

Los datos de consumo de agua, son importantes porque se muestra el impacto que está teniendo el cultivo de alfalfa en la comunidad, lo que ayudará a la toma de decisiones por parte del equipo de investigación de Cocina Colaboratorio, ya que existe un consumo de agua muy grande el cual puede ser reducido con la inclusión de otros cultivos que sean aptos para la zona y no presenten requerimientos como es el caso de la alfalfa. Estos datos ayudarán a los investigadores del proyecto a tomar decisiones sobre continuar con el cultivo de alfalfa o buscar mejores alternativas que beneficien al ambiente y a los productores de la comunidad.

7.4. Análisis de la problemática

La comunidad se enfrenta a problemáticas que corresponde a la producción del campo, en las cuales se ven complicaciones desde la actual producción y la producción a futuro, por lo

cual, es importante iniciar con un plan de acción que permita reducir la problemática y mejorar las condiciones de la producción agrícola de la comunidad.

Es importante considerar la implementación de capacitaciones con productores, para conocer a detalle las actividades que realizan en los procesos productivos y en conjunto con investigadores mejorar los procesos productivos, con la finalidad hacerlos más eficientes. Se pueden elaborar planes de manejo con los productores, donde se incluyan actividades amigables con el ambiente, que permitan mejorar la calidad productiva de los suelos en la comunidad y al mismo tiempo esto permita mejorar los rendimientos. Dentro de plan de manejo se puede considerar el uso de insumos locales, lo que les permitirá a los productores reducir costos de producción. Con los insumos locales, se podrían elaborar abonos orgánicos sólidos y líquidos, preparados para el manejo de plagas y enfermedades, entre otros, que pudieran ayudar en los procesos productivos de los cultivos. Es importante la inclusión de jóvenes a estos cursos, para que ellos conozcan el motivo principal por el cual se deben preservar y seguir desarrollando las actividades agrícolas que son importantes para la comunidad.

Muchos de los problemas productivos tienen que ver con que la agricultura no es la actividad principal de las familias, pues los ingresos de las familias vienen de otras fuentes, este es un fenómeno generalizado en América Latina (De Janvry y Sadoulet 2004). Debido a que la agricultura es una actividad secundaria no se tienen los recursos tanto monetarios como de tiempo para invertir en el mejoramiento de las parcelas, por ejemplo, mejorando el suelo, o el manejo del cultivo, o el predio al través de sistemas agroforestales.

Esta investigación proporciona información de la situación actual del sector agrícola de la comunidad, para así poder iniciar con un plan de acción que permita mejorar las condiciones productivas del campo, además de que se puedan diseñar estrategias que permitan hacer más eficiente el uso de los recursos, principalmente el agua en la comunidad.

8. CONCLUSIONES

La superficie agrícola en la comunidad de Santo Domingo Tomaltepec, se ha venido reduciendo a través de los años. Esto debido a diferentes factores, entre los que destacan el crecimiento de la mancha urbana y el abandono del campo para dedicarse a otras actividades económicas por parte de los productores. El aumento que se percibió en el año 2020 se le atribuye a la pérdida de empleo de muchas personas de la comunidad causada por la pandemia por el virus COVID-19, que las obligó a dedicarse a las actividades agrícolas en la comunidad mientras la pandemia pasaba.

El proceso productivo del maíz emplea herramientas de dos tipos de metodología; el método tradicional, el cual comprende el uso de yunta, machetes, azadones, etc., y que funcionan en diferentes actividades; y el método mecanizado, en el cual se emplea principalmente el tractor en algunas de las actividades llevadas a cabo. Algunas de las actividades presentan deficiencias en su desarrollo, sin embargo, estas pueden mejorar con capacitaciones a los productores, que les permitan ampliar su visión con respecto al uso de los recursos que se encuentran disponibles en la comunidad.

De acuerdo a la investigación, se notó que durante el proceso productivo las prácticas de manejo de plagas y enfermedades, y la fertilización del cultivo son muy deficientes y en algunos casos son nulas, lo que lleva a recomendar el uso de prácticas agroecológicas que mejoren el desarrollo del cultivo. En este caso pueden usarse productos que mejoren el suelo,

como es el caso de uso de compostas, bocashis, plantas fijadoras de N, etc., que además de mejorarlo proveen de condiciones óptimas para el desarrollo de los cultivos.

El cultivo de alfalfa consume grandes cantidades de agua y no es un cultivo apto para la zona, debido a las condiciones edafoclimáticas que se encuentran presentes. El gasto de agua representa una gran pérdida y perjudica a los habitantes de la comunidad, aún más en los meses de escasez, donde tienen que comprar agua para llevar a cabo sus actividades domésticas.

A lo largo de la investigación se han mencionado las principales problemáticas en la comunidad de estudio, donde la agricultura aunada a la escases de agua son las que se destacan y son a las que se deben buscar posibles soluciones tomado en cuenta un equilibrio ambiental para evitar la degradación de ecosistemas como hasta ahora se ha presentado.

9. REFERENCIAS

Aguilar R. B.; Rojas A. V.; Martínez A. M. C.; Castañeda A. J. F.; Ramírez B. L. A.; Avilés B. D.; Galván C. G.; Romero C. A.; Durán D. E.; Cárdenas H. G.; Hernández H. M.; Arriaga L. A.; García S. J. M.; Borrell V. E. & Packzca O. R. (2015). Diversidad de maíz en la sierra sur de Oaxaca, México: conocimiento y manejo tradicional. Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, Departamento de Biología; Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias; Universidad Autónoma Chapingo. Polibotanica no. 39. En línea http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-27682015000100009

Altieri A. M. (2001). Agroecología: principios y estrategias para diseñar sistemas agrarios sustentables. Agroecología: un camino hacia la agricultura sustentable. Ediciones Científicas Americanas. En línea: <https://agroeco.org/wp-content/uploads/2010/10/cap2-Altieri.pdf>

Aragón-Cuevas, F.; S. Taba, J.M. Hernández, J.D. Figueroa, V. Serrano, 2006. "Actualización de la información sobre los maíces criollos de Oaxaca". Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. CS002 México DF.

Armando C.; Lafrana S.; Lobillo J.; Soto P. & Carles R. (1998). Los métodos del Diagnóstico Rural Rápido y Participativo. Instituto de Sociología y Estudios Campesinos (ISEC), Universidad de Córdoba. En línea: https://www.camafu.org.mx/wp-content/uploads/2017/12/los-metodos-del-diagnostico-rural-rapido-y-participativo.html_filet_files2FImagenes_M12Fdesarrollo20institucional2FDiseno20y20Gestion20de20Proyectos2FDxRapidoRural.pdf

Bernardino H. H. U.; Arzola V. J. & Cueva V. J. A. (2017). La agricultura y los riesgos en l salud en Oaxaca. *Cathedra et Scientia. International Journal* 3 (2) 21-42. En línea: http://www.profesoresuniversitarios.org.mx/catedra_ciencia_internacional_journal/0066_agricultura_riesgos_salud_oaxaca.pdf

Bernadac H. M.; Hernandez A. A. & Rodriguez L. A. (2020). Más allá de la domesticación del maíz. *Novedades Científicas*. Vol. 71. Número 1. En línea: https://www.amc.edu.mx/revistaciencia/images/revista/71_1/PDF/10_71_1_1149_Maiz.pdf

Bocco, G., Castillo, B. S., Orozco-Ramírez, Q., & Ortega-Iturriaga, A. (2019). La agricultura en terrazas en la adaptación a la variabilidad climática en la Mixteca Alta, Oaxaca, México. *Journal of Latin American Geography*, 18(1), 141-168.

Blanco A. H.; De Williams L. M., Velezmoro C. A. & Aguilar L.V. H. (2013). Consumo de agua en actividades domésticas. Caso de estudio: Estudiantes de la Asignatura Saneamiento Ambiental de la UCV. En línea: <http://ve.scielo.org/pdf/rfiucv/v29n1/art07.pdf>

CATIE (2015). Técnicas básicas para la elaboración de insumos agroecológicos. Gestión del conocimiento para la innovación del desarrollo rural sostenible: fortaleciendo la agricultura familiar y la economía campesina. En línea. <https://www.catie.ac.cr/guatemala/attachments/article/18/tecnicas-basicas-para-la-elaboracion-de-insumos-peque.pdf>

Chávez C. M. M. & Binnqüist C. G. S. (2012). La huella hídrica agrícola en los Valles de Etna, Zimatlán y Tlacolula, Oaxaca. *Art. Cien. Sociedades Rurales, Producción y Medio Ambiente*. vol.12. núm. 23. En línea: https://www.researchgate.net/publication/281241752_La_huella_hidrica_agricola_en_los_Valles_de_Etna_Zimatlan_y_Tlacolula_Oaxaca

CONAGUA (2015). Cuidemos y valoremos el agua que mueve a México. En línea: http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Contenido/Documentos/carrera_agua_2015.pdf

CONEVAL. (2017). Informe de Pobreza y Evaluación en el Estado de Oaxaca 2017. Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social. En línea. <http://desarrollosocial.guanajuato.gob.mx/coneval/informe-oaxaca.pdf>

Cortes C. M. M. & Cervantes B. G. S. (2012). La huella hídrica agrícola en los Valles de Etna, Zimatlán y Tlacolula, Oaxaca. Sociedades Rurales, Producción y Medio Ambiente, vol.12 núm. 23. En línea: <https://sociedadesruralesojs.xoc.uam.mx/index.php/srpma/article/view/215/213>

FAO. (2014). México: el sector agropecuario ante el desafío del Cambio Climático. En línea. <http://www.fao.org/3/a-i4093s.pdf>

FAO (2012). Agricultura familiar con potencial productivo en México. SAGARPA. En línea: <http://www.fao.org/3/bc944s/bc944s.pdf>

FAO (s. f.). Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. En línea: <http://www.fao.org/3/x0490s/x0490s.pdf>

FAO (s.f.). Land and Water. CropWat. En línea: <http://www.fao.org/land-water/databases-and-software/cropwat/en/>

FAO (s.f.). *The Contribution of Blue Water and Green Water to the Multifunctional Character of Agriculture and Land*. Background Paper 6: Water. En línea: <http://www.fao.org/3/x2775e/X2775E08.htm>

Ferrera M. E. (2012). Hamburguesas de soja enriquecida con semillas de calabaza. UNIVERSIDAD F.A.S.T.A Facultad de Ciencias Médicas Licenciatura en Nutrición. En línea: http://redi.ufasta.edu.ar:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/246/2012_n_017.pdf?sequence=1

González, Álvaro (2001). Diagnóstico estatal de Oaxaca. Proyecto Perfiles Indígenas de México. Centro de Investigaciones y Estudios Superiores de Antropología Social Pacifico Sur. En línea: <https://www.aacademica.org/salomon.nahmad.sitton/41.pdf>

Gliessman, S. R. 2015. Agroecology: The ecology of sustainable food systems, 3rd ed. Boca Raton, FL, USA: CRC Press/Taylor and Francis.

Hernandez B. H. U.; Arzola V. J. & Villanueva C. J. A. (2017). La agricultura y los riesgos a la salud en Oaxaca. Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Autónoma Benito Juárez de Oaxaca, México. International Journal 3 (2) 21-42. En línea: http://www.profesoresuniversitarios.org.mx/catedra_ciencia_international_journal/0066_agricultura_riesgos_salud_oaxaca.pdf

Hernández A. E. & Ocotero M. V. (2015). El chile como alimento. Ciencia. En línea: https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/66_3/PDF/Chile.pdf

Heike V. (2010). Malezas de México, *Cucurbita argyrosperma* K. Koch. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. En línea: <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/cucurbitaceae/cucurbita-argyrosperma/fichas/ficha.htm>

INEGI (2008). Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Santo Domingo Tomaltepec, Oaxaca. En línea: http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/20/20519.pdf

INEGI (2021). Censo de Poblacion y Vivienda 2020. En línea: <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/#Tabulados>

Janvry, A. D., & Sadoulet, E. (2004). Estrategias de ingresos de los hogares rurales de México: el papel de las actividades desarrolladas fuera del predio agrícola. En: Empleo e ingresos rurales no agrícolas en América Latina-LC/L. 2069-P-2004-p. 107-128.

Mariscal M. A.; Morín R. J. & Ricardi C. L. C. (2019). Las unidades de producción familiar del municipio de Santa Gertrudis, Zimatlan, Oaxaca, México. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma “Benito Juárez”. PDF.

Nava L. F. & Perez M. O. R. (2020). Retos y oportunidades de la gestión de los recursos hídricos subterráneos: Aproximación al problemático acceso al agua en Valles Centrales de Oaxaca, México. Acta universitaria, versión On-line ISSN 2007-9621. ISSN 0188-6266. En línea: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-62662019000100228

Nava F. L. (2020). Retos y oportunidades de la gestión de los recursos hídricos subterráneos: Aproximación al problemático acceso al agua en Valles Centrales de Oaxaca, México. Acta univ. vol. 29 México. En Línea: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-62662019000100228

Plan estatal de desarrollo (2016-2022). Gobierno del estado de Oaxaca. En línea: https://www.finanzasoaxaca.gob.mx/pdf/planes/Plan_Estatal_de_Desarrollo_2016-2022.pdf

Plan Municipal de Desarrollo. (2011-2013). Municipio de Santo Domingo Tomaltepec Centro, Oaxaca. En línea: https://finanzasoaxaca.gob.mx/pdf/inversion_publica/pmds/11_13/519.pdf

Panorama Agroalimentario (2020). Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) Información que Alimenta. En línea: <https://www.inforural.com.mx/wp-content/uploads/2020/11/Atlas-Agroalimentario-2020.pdf>

Palomo I.; More-Carrasco R.; Carrasco G.; Villalobos P. & Guzmán L. (2010). El consumo de tomates previene el desarrollo de Enfermedades Cardiovasculares y Cáncer: Antecedentes epidemiológicos y mecanismos de acción. IDESIA. Volumen 28, N° 3, Páginas 121-129. En línea: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/idesia/v28n3/art16.pdf>

Rodriguez G. S. (2011). Diagnostico Rgional de Valles Centrales. Proyecto piloto: Alfabetización con mujeres indígenas y afrodescendientes en el Estado de Oaxaca. En línea: http://cedoc.inmujeres.gob.mx/ftpg/Oaxaca/OAX_MetaA4_7_2011.pdf

Ruiz L. C.; Méndez-López Y. & Vieyra A. (2020). Reflexiones sobre el periurbano en una ciudad de mediano tamaño en el centro-occidente de México: Expansión del periurbano y y conformación de territorios desiguales. Primera edición, Morelia, Michoacán

De Ocampo. Universidad Nacional Autónoma de México, Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, 20-21.

SAGARPA (2008). Consejo Municipal de Desarrollo Rural Sustentable. Diagnóstico y Plan Municipal de Desarrollo Santo Domingo Tomaltepec, Centro, Oax. En línea: https://www.finanzasoaxaca.gob.mx/pdf/inversion_publica/pmds/08_10/519.pdf

SAGARPA (2012). Agricultura familiar con potencial productivo en México. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y el Desarrollo. En línea: <http://www.fao.org/3/bc944s/bc944s.pdf>

SAGARPA. (2012). Problemática de las unidades económicas rurales por estratos. En Diagnóstico del sector rural y pesquero: Identificación de la problemática del sector agropecuario y pesquero de México 2012. México. En línea. http://smye.info/cuestionario_final/diagnostico/apps/files/CAP4.pdf

SAGARPA (2015). Agenda técnica agrícola Oaxaca. Segunda edición, Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. En línea: https://issuu.com/senasica/docs/20_oaxaca_2015_sin

Sánchez S. J. L. & Hernández B. A. (2017). La ganadería familiar en México, un enfoque sustentable. Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria. En línea: <https://www.uv.mx/personal/avillagomez/files/2019/03/2017-Ganader%C3%ADa-Familiar-en-M%C3%A9xico-pp.-23-35.pdf>

SEDAPA. (2016-2022). Plan Estratégico Sectorial Desarrollo Rural. Subsector Agrícola. Oaxaca. Secretaria de Desarrollo Agropecuario, Pesca y Acuicultura. En línea: <http://www.coplade.oaxaca.gob.mx/wp-content/uploads/2017/11/8.2-Agricola.pdf>

SEDATU (2013). Atlas de riegos del municipio de Santo Domingo Tomaltepec, Oaxaca. En línea: <http://www.proteccioncivil.oaxaca.gob.mx/wp-content/uploads/2019/03/SantodomingotomaltepecAR.pdf>

SIAP (2021). Anuario Estadística de la Producción Agrícola. En línea: <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>

Toledo A. (2002). El agua en México y el mundo. Gaceta Ecológica, núm. 64, julio-septiembre, 2002, pp. 9-18 Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales Distrito Federal, México. En línea: <https://www.redalyc.org/pdf/539/53906402.pdf>

Torres O. C. (2014). La productividad total de los factores: la agricultura en México antes y después del Tratado de Libre Comercio con América del Norte. Una transición a la economía agrícola verde. Trabajo de investigación tipo tesis Licenciado en Economía y Finanzas, Universidad Iberoamericana Puebla. En línea: <https://repositorio.iberopuebla.mx/bitstream/handle/20.500.11777/1057/LAPRODUCTIVIDADTOTALDELOSFACTORESLAAGRICULTURAENMEXICOANTESYDESPUESDELTLCANUNATRANSICIONALAECONOMIAAGRICOLAVERDECarlosOsorio.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

Torres S. R. R. (2013). El cultivo de tomate (*lycopersicon esculentum mill.*) y el potencial endofítico de diferentes aislados de beauveria bassiana. Tesis como requisito parcial para obtener el grado de maestro en ciencias en desarrollo sustentable de recursos naturales. Universidad Autónoma Indígena de México, Institución Intercultural del Estado de Sinaloa. En línea: <http://uaim.mx/cgip/PDF/TesisRosarioRaudelSanudo.pdf>

Trejo M. J. A.; Aguirre A. H. W.; Ramírez O. J.; López R. A.; González R. M.; Rangel P. P.; Trejo M. I. R.; Castruita S. M. A.; Vidal O. J. A. & Coronado Y P. (2010). Uso del agua en la alfalfa (*Medicago sativa*) con riego por goteo subsuperficial. Rev. mex. de cienc. pecuarias vol. 1 no. 2 Mérida. En línea: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11242010000200006

Valenciano F. A. F. & Chavez S. E. (2017). Estudio de las propiedades fisicoquímicas y calidad nutricional en distintas variedades de frijol consumidas en México. Nova Scientia, vol. 9, núm. 18, 2017, pp. 133-148. Universidad De La Salle Bajío León, Guanajuato, México. En línea: <https://www.redalyc.org/pdf/2033/203350918008.pdf>

Yzarra T. W. J. & López R. F. M. (s. f.). Manual de observaciones fenológicas. Servicio de Meteorología e Hidrología – SENAMHI. Dirección General de Competitividad Agraria. Oficina de Estudios Económicos y Estadísticos. En línea: <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/01401SENA-11.pdf>

