



Adopción de innovaciones tecnológicas para la sustentabilidad de la cafecultura

Coordinadora:
Laura C. Ruelas Monjardin

Adopción de innovaciones
tecnológicas para la
sustentabilidad de la caficultura

Adopción de innovaciones
tecnológicas para la
sustentabilidad de la cafecultura

Coordinadora:

Laura C. Ruelas Monjardín

Instituto Tecnológico Superior de Xalapa

Primera edición, junio de 2024
D.R. © Instituto Tecnológico Superior de Xalapa
5a. Sección de la Reserva Territorial s/n
Col. Santa Bárbara, CP 91098
Xalapa Veracruz, México
Tel. 52+ 228 1650525 ext. 114
<https://www.itsx.edu.mx/>
angelica.cerdan@itsx.edu.mx
ISBN: 978-607-8212-18-7

Esta obra debe ser citada como:

Ruelas Monjardín, L. C. (Coord.). (2024). *Adopción de innovaciones tecnológicas para la sustentabilidad de la cafecultura*. Instituto Tecnológico Superior de Xalapa, Xalapa, Veracruz.

Comité científico revisor

Dr. Felipe Gallardo López. Colegio de Posgraduados, campus Veracruz. México
Dr. Noé Hernández Cortez. Universidad Autónoma de Zacatecas. México
Dr. Erasmo Velázquez Cigarroa. CONAHCYT- Universidad Autónoma de Guerrero. México
Dra. Yakelin Rodríguez Yon. Embrapa Agrobiología. Seropédica. Río de Janeiro, Brasil.
Diseño de portada: Juan Camilo Fontalvo Buelvas

Diseño y edición: Juan Camilo Fontalvo Buelvas & Erasmo Velázquez Cigarroa

Red Mexicana de Formadores Ambientales para el Desarrollo Sostenible - REMEFADS, A. C.

www.remefads.org.mx



Agradecimientos

Esta obra fue publicada gracias al apoyo del Consejo Veracruzano de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico, del gobierno del Estado de Veracruz, a través del proyecto “Impulso a la Cafeticultura Sustentable Mediante Innovaciones Tecnológicas para el Uso del Agua y Suelo en Jilotepec, Veracruz” clave CP1111 2113/2023, cuya responsable técnica es la Dra. Laura C. Ruelas Monjardín y docente del Instituto Tecnológico Superior de Xalapa.

El proyecto pudo realizarse vía talleres mensuales de información, demostración y experimentación, porque los cafeticultores de Jilotepec, Veracruz, en particular, de los ejidos La Concepción, San Juan, Vista Hermosa y Jilotepec, así como productores de municipios vecinos a Jilotepec, siempre se mostraron dispuestos, interesados y comprometidos con los objetivos del proyecto. Nuestro más profundo reconocimiento.

El apoyo del Instituto Tecnológico Superior de Xalapa, para la gestión y desarrollo del proyecto fue muy valioso. Sobre todo, a Oscar A. Trujillo Flores, Director General, Ludivina Flores Villegas, Directora Académica, Korina González Camacho, Subdirectora de Posgrado e Investigación, también por su disposición a publicar esta obra como libro electrónico, toda vez que este instituto tiene el reconocimiento de casa editora.

Este proyecto multidisciplinario e interinstitucional tuvo la participación y compromiso de varios académicos, investigadores y estudiantes, a los cuales debemos reconocer: a Rosa María Arias Mota (investigadora, Instituto de Ecología, A.C.), Yadeneyro de la Cruz Elizondo (docente, Universidad Veracruzana), Carlos Quiroz Aparicio (Enlace con los productores), María Salomé Alejandre Apolinar, Hugo Amores Pérez, Irma Angélica García González, Virginia Lagunes Barradas (docentes, Instituto Tecnológico Superior de Xalapa), Martha Elena Nava Tablada (investigadora, Universidad Veracruzana) Andrés De la Rosa Portilla (investigador posdoctoral, Instituto de Ecología, A.C.) y Felipe Gallardo López (Investigador, Colegio de Posgraduados, Campus Veracruz). A los alumnos-tesistas: Dimas A. Hernández Landa, Víctor A. Cabana y Daniela Santiago A. (Instituto Tecnológico Superior de Xalapa), Jazmín Hernández Campeche (Universidad Veracruzana); a los alumnos residentes, Aldrich Irisson y Luis Villa (Instituto Tecnológico Superior de Xalapa).

Muchas gracias a todas y todos.



Índice

Presentación.....	10
Historia, evolución y sustentabilidad en la actividad cafetalera: el proceso poscosecha, una asignatura pendiente.....	17
Jesús Imanol Grajales Grajales	
Laura Celina Ruelas Monjardín	
Descripción socio-hidrológica del territorio desde los elementos de la sustentabilidad	46
Andrés De la Rosa Portilla	
Karina Zapata Cuéllar	
Raymundo Dávalos Sotelo	
Dinámica poblacional, relevo generacional y adopción de innovaciones tecnológicas para el uso sustentable del agua en la cafecultura de Jilotepec, Veracruz, México.....	76
Martha Elena Nava Tablada	
Uso eficiente del agua en el beneficiado sustentable del café: el caso de Jilotepec, Veracruz.....	110
Victor Alexei Cabana	
Laura Celina Ruelas Monjardín	
Dimas Alejandro Hernández Landa	

HydroCafé: Aplicación móvil para la medición del consumo de agua durante el proceso de beneficio del café en Jilotepec, Veracruz.	141
Virginia Lagunes Barradas	
Diego Yosef Martínez Hernández	
Brian Delfino Flores Méndez	
Omar Trejo Landa	
Mario Alberto Arroyo Utrera	
Diseño de una aplicación móvil para la evaluación de las características del suelo	161
María Salomé Alejandre Apolinar	
Hugo Amores Pérez	
Irma Angélica García González	
Rosa María Arias Mota	
Yadeneyro de la Cruz Elizondo	
Propuestas de obras de conservación del suelo y agua para una cafecultura sustentable en Jilotepec, Veracruz.....	186
Yadeneyro de la Cruz Elizondo	
Rosa María Arias Mota	
Lizbeth Pérez Pérez	



Presentación

La visión utilitarista del desarrollo, que predominó hasta finales de la década de 1960, ha cambiado en décadas recientes. En esa visión, la naturaleza se consideraba como fuente inagotable de recursos y como sumidero de los residuos. Este modelo de desarrollo sin duda influyó para que servicios que prestan los ecosistemas, como el agua dulce, calidad del aire, regulación microclimática, entre otros, se encuentren degradados o hayan sido aprovechados insustentablemente en aproximadamente un 60% (MEA, 2005)¹. De acuerdo con Rockstrom et al. (2009)², la pérdida de la biodiversidad, las alteraciones al ciclo global del nitrógeno y el cambio climático ya han rebasado los umbrales críticos que el sistema terrestre puede amortiguar. En este sentido, los cafetales bajo sombra son quizá el único cultivo agrícola que contribuyen a mantener el clima regional (Barradas et al., 2010)³.

¹ MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT (MEA) (Program). (2005). *Ecosystems and Human Well-Being: Our Human Planet: Summary for Decision makers*. Island Press.

² Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, A., Chapin, S. Lambin, E. F., Lenton, T.M., Scheffer, M., Folke, Csche- Inhuber, H.J., Nykvist, B., de Wit, C.A., Hughes, H., van der Leeuw, S., Rodhe, H., Sorlin, S., Snyder, P.K., Costanza, R., Svedin, U., Falkenmark, M., Karlberg, I., Corell, R.W., Fabry, V.J., Hansen, J., Walker, B., Liverman, D., Richardson, K., Crutzen, P., & Foley, J. A. (2009). A safe operating space for humanity. *Nature*, 461(7263), 472-475.

³ Barradas, V.L., J. Cervantes-Pérez, R. Ramos-Palacios, C. Puchet-Anyul, P. Vázquez-Rodríguez, & R. Granados-Ramírez. (2010). Meso-scale climate change in the central mountain region of Veracruz State, Mexico. *In: Bruijn-Zeel, L.A., F.N. Scatena., & L.S. Hamilton, (eds). Tropical Montane Cloud Forests*. Cambridge University Press, Cambridge.

El aumento en la temperatura y la disminución de la precipitación dada por la sustitución de bosques, se ha visto moderado por la presencia de grandes áreas de café bajo sombra, razón por la cual su conservación es de gran importancia ambiental en la región central de Veracruz (Ruelas-Monjardín et al., 2014)⁴. Sin embargo, la lucha por un modelo de desarrollo ambiental y socialmente más sustentable de la cafecultura debe incluir desarrollos tecnológicos que consideren la forma en que ésta se diseña, crea, adopta y eventualmente se integra en la sociedad. Ya que la tecnología no es un vehículo de progreso social per se, ni un instrumento que inherentemente maximiza las capacidades humanas. Este es el cometido del libro “Adopción de innovaciones tecnológicas para la sustentabilidad de la cafecultura”. Para ello, se presentan siete capítulos, que desde diferentes ángulos contribuyen con el propósito del libro.

El capítulo “Historia, evolución y sustentabilidad en la actividad cafetalera: el proceso poscosecha, una asignatura pendiente”, de Jesús I. Grajales Grajales y Laura C. Ruelas Monjardín, hace una breve revisión de la evolución de la cafecultura en México y en Veracruz, para entender los retos que enfrentan municipios con potencial en la cafecultura, como Jilotepec, Ver. Para ello, se revisan los diferentes conceptos de sustentabilidad, a fin de analizar en qué medida consideran el factor agua en la actividad. Se encontró que la mayoría de los conceptos hacen alusión a las prácticas productivas y a la comercialización y muy escasamente al proceso de su transformación o poscosecha. Dado que el proceso poscosecha es altamente demandante de agua, se analizan las variables de temperatura, precipitación, humedad y clima de este municipio, para poner de manifiesto que la alteración en éstas

⁴ Ruelas-Monjardín, L. C., Nava-Tablada, M.E., Cervantes, J., & Barradas, V.L. (2014) Importancia ambiental de los agroecosistemas cafetaleros bajo sombra en la zona central montañosa del estado de Veracruz, México. *Madera y Bosques*, 20(3), 27-40.

debe tomarse en cuenta para adoptar sistemas eficientes en el uso del agua y reducir las descargas de aguas residuales. Toda vez que el descenso en la disponibilidad de agua en México, aunado a la vulnerabilidad a sequías en el 52% de su territorio, lleva a la necesidad de reconocer al recurso agua como un bien escaso, no solo en el cultivo del café, sino también en su proceso de transformación o poscosecha.

El capítulo dos, “Descripción socio-hidrológica del territorio desde los elementos de la sustentabilidad”, cuyos autores son Andrés De la Rosa Portilla, Karina Zapata Cuéllar y Raymundo Dávalos Sotelo, analizan el estado que guarda la cuenca hidrológica del Río Actopan en términos de 14 variables del contexto social, medio ambiente y económico como: partes funcionales de la cuenca, municipios, población, marginación, corrientes superficiales, precipitación, temperatura, erosión del suelo, uso de suelo, pérdida forestal, especies en categoría de riesgo, declaratorias de desastre, y como conclusión su seguridad hídrica. De manera particular, señalan que, de los 2,990 km de corrientes superficiales, el 90.5 % de los sitios de muestreo de la calidad del agua superficial indican que están contaminados. Los suelos presentan erosión en el 36 % de su territorio y se han perdido 5,334 hectáreas de arbolado del 2001 al 2023. De manera general, la cuenca presenta estrés hídrico y se prevé que éste pueda afectar al 40 % de su población al 2030.

El capítulo tres, “Dinámica poblacional, relevo generacional y adopción de innovaciones tecnológicas para el uso sustentable del agua en la cafecultura de Jilotepec, Veracruz, México”, su autora, Martha Elena Nava Tablada, señala que el sector cafetalero mexicano sufre crisis recurrentes, como bajo rendimiento, pérdida de empleo, migración, abandono de plantaciones, deterioro de recursos naturales, edad avanzada de los productores y riesgo de que no exista un relevo generacional de jóvenes que

continúe la cafeticultura. Bajo este contexto, su objetivo fue identificar la existencia de un proceso de envejecimiento poblacional y falta de relevo generacional en el municipio cafetalero de Jilotepec, Veracruz y cómo estos fenómenos se relacionan con la disposición a adoptar innovaciones tecnológicas para el uso sustentable del agua en el beneficiado húmedo del grano y la disposición final de aguas residuales.

El cuarto capítulo “Uso eficiente del agua en el beneficiado sustentable del café: el caso de Jilotepec, Veracruz”, de Victor Alexei Cabana y Laura Celina Ruelas Monjardín, inicia con el planteamiento de los incuestionables beneficios económicos, ecológicos y sociales de la producción del café, aunque se ponen en duda en los procesos de transformación o poscosecha. Sobre todo, en el proceso de beneficiado húmedo tradicional que puede emplear hasta 100 litros de agua por café pergamino seco. De ahí que se analice el potencial de adopción de tecnologías de beneficiado sustentable del café por cafeticultores de Jilotepec, Ver., a fin de fomentar un uso eficiente del agua en el proceso poscosecha del café. Para ello, se presenta la situación de disponibilidad del agua en México y en particular en la cuenca del río Actopan; las innovaciones tecnológicas para el beneficiado del café, así como las características de los productores que inciden en la adopción de tecnologías eficientes en el uso del agua.

El capítulo quinto, “HydroCafé: Aplicación móvil para la medición del consumo de agua durante el proceso de beneficio del café en Jilotepec, Ver.”, preparado por Virginia Lagunes Barradas, Diego Yosef Martínez Hernández, Brian Delfino Flores Méndez, Omar Trejo Landa y Mario Alberto Arroyo Utrera, detalla la implementación de una aplicación móvil diseñada para respaldar a los productores de café, en el monitoreo y registro del consumo de agua durante actividades que se ejecutan en el beneficiado de esta semilla. Para

llevar a cabo este proyecto se utilizaron diversas herramientas y buenas prácticas de la ingeniería de software, principalmente enfocadas en la gestión de requerimientos, las cuales facilitan tanto la programación como la comunicación de los diferentes actores involucrados en el desarrollo del proyecto. El desarrollo de la aplicación, no solo proporciona a los cafecultores de la zona una herramienta que almacena y da seguimiento al uso de agua en diferentes procesos e instalaciones, sino que, a futuro, favorece el logro de una eficiencia operativa, logrando un uso más eficiente del recurso y, por lo tanto, reduciendo los costos operativos.

El capítulo sexto “Diseño de una aplicación móvil para la evaluación de las características del suelo” de María Salomé Alejandre, Hugo Amores Pérez, Irma Angélica García González, Rosa María Arias Mota y Yadeneyro de la Cruz Elizondo, ofrece diversas funciones clave que buscan mejorar la gestión y control de la información relacionada con el proceso de recolección de datos en las evaluaciones de suelo para cultivo de café en las fincas de la localidad de Jilotepec, Veracruz. La aplicación móvil "Coffee Soil Analytics", ofrece una plataforma interactiva para el análisis del suelo y la gestión de cultivos de café. Con dos módulos principales, proporciona información detallada sobre las propiedades del suelo y facilita un sistema automatizado de evaluación con resultados y recomendaciones específicas.

El capítulo séptimo “Propuestas de obras de conservación del suelo y agua para una cafecultura sustentable en Jilotepec, Veracruz”, de Yadeneyro de la Cruz Elizondo, Rosa María Arias Mota y Lizbeth Pérez Pérez, justifican dichas propuestas en el hecho de que la mayoría de las plantaciones de café de Jilotepec, Ver., se ubican en zonas de laderas que están expuestas a la erosión y a una topografía bastante accidentada que hace necesario conocer la condición de las fincas de café para elegir las

prácticas de conservación de suelo que mejor se adecuen al lugar. Para documentar lo anterior, identificaron prácticas de conservación de agua y suelo en cafetales bajo sombra implementadas en diversas partes del mundo, con el fin de identificar su efectividad y crear el manual para los caficultores del municipio de Jilotepec y facilite la implementación de prácticas de conservación de suelos, y que con ello, la caficultura sea más sostenible.

Laura C. Ruelas Monjardín


Profesora / Investigadora Nacional
Instituto Tecnológico Superior de Xalapa





Historia, evolución y sustentabilidad en la actividad cafetalera: el proceso poscosecha, una asignatura pendiente

Jesús Imanol Grajales Grajales
Instituto Tecnológico Superior de Xalapa

Laura Celina Ruelas Monjardín
Instituto Tecnológico Superior de Xalapa.  laura.rm@xalapa.tecnm.mx

Resumen

El descenso en la disponibilidad de agua en México, aunado a la vulnerabilidad a sequías en el 52% de su territorio, plantea la necesidad de reconocer al recurso agua como un bien escaso, no solo en el cultivo del café, sino también en su proceso de transformación. Se han desarrollado múltiples conceptos en torno a la sustentabilidad en la cafecultura, sin embargo, la mayoría hacen alusión a las prácticas productivas y a la comercialización. De ahí que este capítulo gire en torno a una breve revisión de la evolución de la cafecultura en México y en Veracruz, para entender los retos que enfrentan municipios con potencial en la cafecultura, como Jilotepec, Ver. Para ello, se hacen análisis de las variables de temperatura, precipitación, humedad y clima de este municipio, para poner de manifiesto que la alteración en estas variables debe tomarse en cuenta para adoptar sistemas eficientes en el uso del agua y reducir las descargas de aguas residuales. Se concluye con una reflexión sobre la innegable importancia de la cafecultura en las tres

dimensiones de la sustentabilidad, las cuales requieren sustituir los sistemas tradicionales de beneficiado del café por otros que tomen en cuenta las limitantes en recursos naturales como el agua.

Palabras clave: Agua virtual, disponibilidad de agua, Jilotepec, Veracruz, variables climatológicas.

Abstract

The decrease in water availability in Mexico, combined with the vulnerability to droughts in 52% of its territory, raises the need to recognize water resource as a scarce good, not only in the growing of coffee, but also in its transformation process. Multiple concepts have been developed around sustainability in coffee growing, however, most of them refer to production practices and marketing. Hence, this chapter revolves around a brief review of the evolution of coffee growing in Mexico and Veracruz, in order to understand the challenges faced by municipalities with potential in coffee growing, such as Jilotepec, Veracruz. To this end, analyzes of the variables of temperature, precipitation, humidity and climate of this municipality are carried out, to show that the alteration in these variables must be taken into account to adopt efficient systems in the use of water and reduce water discharges. It concludes with a reflection on the undeniable importance of coffee growing in the three dimensions of sustainability, but that it is necessary to replace traditional coffee processing systems with others that take into account the limitations in natural resources such as water.

Keywords: Virtual water, water availability, Jilotepec Veracruz, climatological variables.

Introducción

La cafecultura es una actividad agrícola de importancia mundial, nacional y estatal, la cual enfrenta una serie de problemas, entre ellos, que no utiliza tecnología que haga los procesos de beneficiados eficientes, sobre todo en el uso del agua. Los sistemas convencionales o tradicionales llegan a utilizar hasta 100 litros/por kg de café pergamino verde. Para reducir este volumen de agua, se han desarrollado tecnologías eficientes o que utilizan menos agua. Por ejemplo, los que llegan a utilizar uno o medio litro en el proceso de beneficiado. De ahí que se deba investigar por qué la gran mayoría de las innovaciones tecnológicas que existen en el mercado son escasamente adoptadas por los productores de café que benefician el café (Rodríguez-Valencia et al., 2021).

Toda vez que los cafecultores se enfrentan a desafíos debido a la escasez y disponibilidad del agua limitada, además de la contaminación provocada por las aguas residuales derivadas de este proceso. La NOM-PA-CCA-027/93 establece los límites máximos permisibles de los contaminantes de las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores provenientes de la industria del beneficio del café (DOF,1993).

Para el estado de Veracruz, específicamente el municipio de Jilotepec, no existen medidas de regulación del agua; consecuentemente esto provoca que los productores no tengan incentivos para utilizar tecnologías de uso eficiente. Por consiguiente, esto aumenta la crisis en el sector cafetalero. Actualmente, los cafecultores buscan soluciones a esta crisis social y ambiental para aumentar su producción y enfrentar desafíos como el cambio climático. Para ayudar a comprender esta situación, es conveniente hacer una revisión de la historia y evolución del café, hasta llegar a Veracruz. A partir de esta revisión, analizar los retos que representa el tránsito hacia una

caficultura sustentable, que cumpla con estándares en uso eficiente del agua y tratamiento de sus aguas residuales. De ahí que este capítulo tenga por objetivo compartir una breve historia de los orígenes del café, su llegada a México y a Veracruz, a fin de comprender los retos que ha enfrentado y aún está por enfrentar en términos no solo de práctica productiva del café, sino de su proceso de transformación o de poscosecha. Para acercarse a este objetivo, primero, se presenta una breve historia y evolución histórica de la caficultura, las dificultades que ha enfrentado y que la han llevado a la pérdida de competitividad, así como poner de manifiesto cómo las distintas acepciones de sustentabilidad en la caficultura dejan de lado el proceso de transformación o poscosecha.

Historia y evolución del café en el mundo

Los historiadores sitúan las primeras plantas de café en las regiones montañosas de Etiopía, antes del siglo IX. Se dice que se originó en la provincia de Kaffa (ICO, 2003). De ahí se dispersó a diferentes partes del mundo en los siglos XVII y XVIII durante el periodo de la colonización. Para principios del siglo XVIII, las colonias holandesas se habían convertido en los principales suministradores de café a Europa (Hoekstra y Chapagain, 2008). El consumo de café comenzó a generalizarse en Europa a partir del siglo XVIII (Cafés Candelas, s. f.), hasta convertirse en una de las bebidas más populares y consumidas en todo el mundo. Actualmente, los países nórdicos son los mayores consumidores de café, seguidos de Estados Unidos, Italia y España. Por su parte, Brasil, Vietnam y Colombia son los principales productores mundiales de café (Orús, 2024).

En un primer momento el café se consumía masticando los granos crudos o en una masa obtenida tras machacar los frutos y mezclarlos con

grasa. Más tarde se convirtió en una bebida obtenida de la maceración de los granos en agua fría. A partir del siglo XIII se procedió a secar los granos al sol y tostarlos al fuego antes de preparar la infusión, tal y como se realiza en la actualidad (Cafés Candelas, s. f.).

El café llega a la Nueva España alrededor de 1790 y su cultura se difunde en la primera mitad del siglo XIX, principalmente en Veracruz, Oaxaca, Chiapas, Tabasco y Michoacán. Durante el porfiriato creció la cafeticultura inducida por empresas transnacionales en grandes fincas especializadas. A partir de la reforma agraria de Cárdenas (1934-1940), pasó a ser una actividad de grandes plantaciones a pequeñas parcelas de campesinos y población indígena. Los grandes productores de café lograron conservar los terrenos más fértiles y mantener así una posición ventajosa. A pesar de que los grandes productores de café solo representan el 8.0% de la producción, reciben arriba del 90% de los beneficios de la venta de café seco en México (Figueroa Hernández et al., 2015).

Situación de la cafeticultura en México

En 2022 la producción y consumo de café beneficiado se dispararon 27.5 y 35.2 por ciento, respectivamente, en comparación con 2021, revelan proyecciones del Grupo Consultor de Mercados Agrícolas (GCMA), con base en cifras de organismos gubernamentales tanto de Estados Unidos como de México (Carbajal, 2023). Según datos del organismo privado, en 2022 la producción de café beneficiado, es decir, el proceso por el cual se obtiene el grano de café verde a partir de la cereza, se ubicó en 386 mil 400 toneladas. Un considerable incremento respecto a la cifra del año previo, que se ubicó en 303 mil 70 mil toneladas (Carbajal, 2023).

La producción no es lo único que se disparó en México el año pasado, pues según cifras del GCMA, su consumo por la población hizo lo mismo, pues se estima que cerró el año en aproximadamente 311 mil 40 toneladas, una cifra muy superior respecto a las 230 mil 80 que se reportaron en 2021. Si bien México es un gran productor de café, no figura entre los mayores exportadores globales debido al enorme consumo de la población (Carbajal, 2023), además que los rendimientos han ido a la baja, principalmente en los estados de Guerrero, Oaxaca y Chiapas (Martínez, 2021). Este comportamiento en la producción ha dado como resultado que México se sitúe en el décimo lugar en el ranking de los 10 principales países productores (Tabla 1). Después de México, están Guatemala (3 435), Nicaragua (2 660) y China (1 700).

Tabla 1. *Ranking de los 10 principales productores de café a nivel mundial*

País	Producción en miles de sacos de 60 kg
Brasil	66 300
Vietnam	27 500
Colombia	11 500
Indonesia	9 700
Etiopía	8 350
Uganda	6 850
Honduras	6 500
India	5 950
Perú	4 200
México	4 090

Fuente: Orús (2024).

Tales bajos rendimientos en los estados del sur se deben principalmente al poco manejo y a la escasa inversión en el manejo fitosanitario. Se estima que alrededor del 60 por ciento de los cafetales son viejos, está el efecto de las plagas y enfermedades (principalmente la roya), el cambio climático, los productores con edad avanzada, la migración y abandono de la actividad cafetalera por falta de rentabilidad (Martínez, 2021). Factores como estos han influido para que la posición de México en el cuarto lugar como productor de café la perdiera desde 1989. La pérdida de posiciones coincide con la desaparición del Inmecafé en 1993, institución similar a la Cenicafé, Colombia, que por más de 100 años ha realizado investigación sobre mejoramiento genético del café para crear variedades resistentes a la roya, ha mantenido la posición del café colombiano en el mercado internacional, ha desarrollado tecnología para los procesos poscosechas del café y que cumplan con la normatividad ambiental en términos de los vertidos de las aguas residuales.

Sin embargo, el cultivo de café mexicano mantiene ventajas frente a países como Brasil, en cuanto a que más del 95% de la superficie cultivada se da bajo sistemas de policultivos arbolados diversos, lo que contribuye a conservar la biodiversidad y a suministrar servicios ambientales (Ovando Cruz et al., 2017). Estos sistemas son altamente resilientes, tanto a eventos ecológicos adversos como a los fuertes altibajos que se llegan a presentar en las cotizaciones del grano en el mercado.

Situación de la caficultura en Veracruz

Por lo que respecta a Veracruz, tercer estado en importancia después de Chiapas y Oaxaca, las expectativas no son halagüeñas. La producción de un millón de sacos procede de 136 mil hectáreas con 90 mil productores, el

95.4% se concentra en pequeños productores y el restante son empresarios, medianos y grandes (Vázquez, 2023). A pesar de que la importancia ambiental y social del cultivo queda fuera de duda, enfrenta una problemática procedente del dominio de grupos de poder, carencia de infraestructura industrial entre pequeños productores, altos costos de producción, baja productividad y falta de políticas públicas favorables, entre otros factores (Vázquez, 2023).

Hace unos años, las zonas montañosas del estado de Veracruz estaban cubiertas de fincas de café de sombra, produciendo un grano importado de África hace dos siglos y que, durante todo ese tiempo, ayudó asegurar el bienestar socioeconómico de miles de familias Veracruzanos y la conservación de nuestra riqueza biológica. Sin embargo, hoy en día se enfrentan decisiones sumamente importantes para el futuro de la cafecultura en el estado de Veracruz (Manson, s. f.).

En este nuevo contexto, el valor de las exportaciones desde los países tropicales de los llamados productos tradicionales disminuyó –café, algodón, cacao, caña de azúcar– y otros productos cobraron importancia, representando las proporciones más altas del valor total del comercio internacional de alimentos, como son: frutas, hortalizas, lácteos, carnes, mariscos, entre los principales (Watts y Goodman, 1997).

En el caso del café, el cambio en el modo de acumulación significó la emergencia de nuevos sistemas de producción, comercialización y consumo, entre los que destacan el café de especialidad, los orgánicos, el comercio justo, los ecológicos, los amigables con las aves migratorias y los responsables, entre los más comunes. El café de especialidad representa una alternativa centrada en la mejora de la calidad en todas las fases del proceso como un criterio de diferenciación, desde que el grano se cultiva hasta que se

consume, a lo que se agrega el «refinamiento, calidad y buen ambiente» (Pendergrast, 2002; Rindova y Fombrun, 2001). El resto de los sistemas tienen un enfoque más amplio pues incluyen dimensiones ambientales, sociales y económicas. Estas alternativas emergieron en los últimos años del periodo de cuotas o en los primeros del periodo de liberalización que le siguió. En todos ellos, los actores participan voluntariamente y existen terceras instancias que se encargan de la certificación de los procesos (Muradian y Pelupessy, 2005). A continuación, se discute sobre cada uno de ellos, dimensionando su importancia mundial y destacando sus diferencias.

El café orgánico se define como un sistema holístico de gestión de la producción que fomenta y mejora la salud de los agroecosistemas, y en particular la biodiversidad, los ciclos biológicos y la actividad biológica del suelo, a través de prácticas que evitan el uso de productos de síntesis química, así como de organismos genéticamente modificados, aguas negras, edulcorantes y conservadores sintéticos en productos transformados (Pérez-Akaki, 2009).

Se basa en cuatro principios, que son: salud del suelo, las plantas, las personas y el planeta como un único ente que es indivisible; promoción y conservación de los ecosistemas y ciclos ecológicos; equidad, que implica relaciones de igualdad para los humanos y el medio ambiente; y en la precaución, pues no compromete el bienestar de las sociedades presentes ni futuras ni el del medio ambiente (IFOAM, 2005).

Según Krier (2005), el comercio justo se define como una sociedad de comercio basada en el diálogo, la transparencia y el respeto, que busca mayor equidad en el comercio internacional. Sus objetivos son conseguir la mejoría en las condiciones de vida de los más pobres y marginados, el fortalecimiento del papel de los productores y empleados, y difundir los

esfuerzos de justicia a una escala global (Krier, 2005: 21). Este sistema se identifica como un sistema de etiquetas –*labels*– para la identificación del producto.

“La propuesta de comercio justo implica responsabilidades para todos los actores en la cadena de comercialización, lo cual tiene como objetivo garantizar relaciones comerciales de largo plazo y una mayor equidad para todos los participantes, mejorando su acceso al mercado y fortaleciendo su organización colectiva” (Giovannucci y Koekoek, 2003, p. 38).

El café sustentable o ecológico se produce en fincas con una importante biodiversidad y con un bajo uso de insumos, pues conserva recursos, protege el ambiente, produce con eficiencia, compite comercialmente y aumenta la calidad de vida de los productores y la sociedad en conjunto (Barreto-Peixoto et al., 2023). Esto implica que el grano debe ser producido utilizando técnicas que protegen los suelos, la diversidad biológica, los mantos acuíferos, promoviendo la captura de carbono, la reforestación, y con uso mínimo de productos químicos. Los productores deben tener acceso a la información de mercado, a créditos justos, con producción diversificada, donde se cumpla con estándares internacionales de calidad observados por terceras instancias, que aseguren el respeto de las prácticas culturales locales (Velandia-Silva y Diab, 2023).

La certificación de café bajo la figura *Utz Kapeh*, «buen café» en lengua maya, se trata de un programa basado en la producción y comercialización responsable del grano, orientado a identificar el origen del café, la ruta de comercio hasta el consumidor y las condiciones en las que fue producido. El modelo surgió como una iniciativa entre productores de Guatemala y comercializadores en Holanda, y en esta último, figura la sede del programa. Las normas para los productores se organizan en cuatro grupos: el primero

son los criterios productivos sanos, entre los cuales se especifica que deben existir procesos de monitoreo, registro de aplicación de fertilizantes, entrenamiento de los empleados, reglas de acción en caso de accidentes, normas sanitarias para el proceso y registro de todas las actividades a desarrollar. En segundo lugar, criterios sociales y ambientales, que consisten, por un lado, en el respeto a las leyes laborales internacionales, permitir el acceso a los sistemas de salud, educación para los menores, vivienda digna; y por el otro, la reducción de la erosión del suelo, minimización del uso de agroquímicos y del uso de energía, uso eficiente del agua, evitar la deforestación y proteger a especies en peligro de extinción. En tercer lugar, el rastreo, que permite la asignación de responsabilidades para cada uno de los participantes en la cadena de producción y comercialización. El cuarto, probablemente el criterio más difícil de cumplir para los pequeños productores, el manejo administrativo, que significa tener registros de todas las operaciones realizadas, tanto comerciales como productivas (Utz Kapeh, 2006).

La ventaja de esta certificación es que el café podría venderse por arriba del precio que se percibe en el mercado tradicional, aunque esto no está garantizado. Para los compradores, entre ellos los consumidores, la información significa seguridad y certidumbre en las características del grano, así como un estricto cuidado durante el traslado a los espacios de consumo. Desde su inicio en 1997, la iniciativa ha tenido un crecimiento acelerado: al cierre de 2005, las organizaciones productoras certificadas fueron 135 en 16 países, lo que las tasas de crecimiento tanto en el número de productores certificados como en los volúmenes de comercialización bajo este sistema superan 30% anual, y los pequeños productores tienen una participación menor a 40% (Pérez-Akaki, 2009).

Por su parte el Código Común para la Comunidad Cafetalera (mejor conocido como 4C) de la *Common Code for the Coffee Community Association*, es un código de conducta desarrollado por una organización en la que coinciden todos los participantes del sector cafetalero, con el objetivo de “aumentar continuamente la sustentabilidad en la producción, transformación y comercialización de todo el café verde” (Common Code, 2004, p.1).

“El arranque de esta iniciativa se registró en 2003, y para 2006 el 4C se convirtió en un organismo privado con sede en Alemania. Entre las normas establecidas, existen diez prácticas que son totalmente inaceptables: el trabajo infantil; el trabajo forzoso; servidumbre por deudas; tráfico de personas; prohibición del derecho a la organización sindical y negociación colectiva; desalojo forzoso; falta de provisión de agua potable y alojamiento en caso necesario; tala de bosques; uso de pesticidas prohibidos, y transacciones inmorales de negocios” (Common Code, 2004, p. 13-14).

Como puede apreciarse en las características de los distintos conceptos de café, sea del café justo, orgánico, responsable, ecológico o sustentable, predomina su orientación hacia el mejoramiento de las prácticas productivas, las condiciones de producción, ya sea en cuanto a tipo de insumos, al empleo de mano de obra en condiciones justas, pero se hacen escasas alusiones a los impactos del proceso de transformación del café cereza en pergamino, o incluso hasta su preparación como bebida. Ya que, aunque se requiere agua para el desarrollo de la planta del café, también es necesaria para procesar la cosecha en un producto final.

El concepto de huella hídrica, como indicador de sustentabilidad, analiza cómo a través de las exportaciones de productos, los países hacen transferencias de agua virtual que no es percibida ni compensada por los consumidores. El contenido de agua virtual del café se define como el

volumen de agua requerido para producir una unidad de café, que se expresan generalmente en metros cúbicos de agua por tonelada de café. Como resultado, se ha encontrado que el agua virtual del producto resultante es mayor que el contenido de agua virtual del producto original. Aunque se requiere mayor agua para el cultivo del café, que, para su procesamiento, esta pequeña cantidad puede ser y muchas veces es un problema, porque ésta es un agua que tiene que obtenerse de fuentes superficiales o subterráneas, lo que generalmente es más escasa que el agua de lluvia. Además, las aguas residuales procedentes del beneficiado del café están fuertemente contaminadas (GTZ, 2002).

Bajo las prácticas actuales, el café que se adquiere por los consumidores finales ni incluye en su precio los costos económicos de los insumos del agua y los impactos en este vital líquido, ni revela información cualitativa sobre estos costos en su etiquetado. Basado en el contenido promedio de agua virtual del café tostado ($20.4 \text{ m}^3/\text{kg}$), una taza de café requiere aproximadamente 140 litros de agua en total. Si consideramos que una taza estándar de café es de 120 ml, esto significa que necesitamos más de 1100 gotas de agua para producir una gota de café. Sin embargo, el café soluble tiene mayor agua virtual. Para hacer un kg de café soluble, se necesitan 2.3 kg de café verde (Rosenblatt et al., 2003, citado en Hoekstra y Chapagain, 2008), esto significa un contenido de agua virtual de $39\,400 \text{ m}^3/\text{ton}$. Aunque para preparar una taza de café instantáneo se necesita una cantidad relativamente menor café en polvo (aproximadamente dos gramos). Dado que el café no se produce en los países consumidores, sino en América Latina, entre ellos México, entonces estos consumidores están utilizando el agua de estos países productores. Un recurso, que cada vez es más escaso,

amenazado por el cambio climático y los patrones de uso cada vez más intensivos en su empleo.

La disponibilidad de agua en México y en Veracruz

México ya experimenta los efectos negativos de la falta de agua. Durante los últimos años, las regiones centro y norte del país han vivido escasez de agua debido al aumento de las sequías. De acuerdo con datos del Banco Mundial, en el país la disponibilidad promedio anual per cápita pasó de 10 mil metros cúbicos (m³) en 1960 a 4 mil en 2012. Se estima que para 2030, esta disponibilidad en México descienda debajo de los 3 mil m³ por habitante al año (IMCO, 2023). Además, México es un país vulnerable a sequías en el 52% de su territorio que se ubica en clima árido o semiárido. En total, 14 estados se encuentran en estas regiones. Aunque las sequías son fenómenos recurrentes, durante la última década éstas han ido en aumento en frecuencia, intensidad y duración. En 2021 se registraron 8,491 sequías, de las cuales 71% fueron severas -con las que hay el riesgo de pérdidas de cultivos- 26% fueron extremas -con pérdidas mayores en cultivos, y riesgo de incendios forestales- y 3% fueron sequías excepcionales, es decir con escasez total de agua en embalses, arroyos y pozos.

De acuerdo con IMCO (2023) los cuatro grupos con mayores concesiones de agua son: el sector agropecuario que en 2020, obtuvo el 76% del total de agua concesionada para riego de cultivos y ganadería. Por su parte el abastecimiento público, el cual representa el 15% del total concesionado y se distribuye a través de las redes de agua potable a domicilios, industrias y a otros usuarios que estén conectados a dichas redes. Por otro lado, la industria autoabastecida con el 5% del total concesionado e incluye a las empresas que toman agua directamente de los ríos, arroyos,

lagos y acuíferos del país. Finalmente, para las centrales termoeléctricas representa el 4% del agua concesionada.

Además, IMCO (2023) señala que los retos que enfrenta el recurso hídrico dependen de si la fuente es superficial o subterránea, así como del tipo de fenómenos climatológicos (precipitaciones o sequías). En México, el 60% del agua potable proviene de los cuerpos de agua superficiales. De los principales ríos, siete representan 71% del agua superficial del país, distribuidos en la zona centro y sur del país, mientras que solo 29% del agua superficial se ubica en la zona norte. El principal problema de las aguas superficiales es la contaminación, en particular por las aguas residuales, ya sean domésticas, industriales, agrícolas o ganaderas, que en la mayoría de los casos son vertidas sin tratamiento previo y que contienen elementos y sustancias contaminantes disueltas (IMCO, 2023).

Los acuíferos en México se encuentran en riesgo de sobreexplotación. En 2018, 18% de los acuíferos subterráneos estaban sobreexplotados. Esto afecta tanto el abasto humano como las actividades agropecuarias e industriales, al mismo tiempo eleva los costos de extracción del agua y ocasiona hundimientos en el terreno. Asimismo, 5% de los acuíferos tuvo problemas de salinización del suelo, proceso por el cual se incrementa la concentración de sales y minerales de las aguas subterráneas, y deteriora sus parámetros de calidad. Aunado a ello, 3% de los acuíferos en México tiene problemas de intrusión marina, la cual se da cuando el agua salada tierra adentro desplaza al agua dulce (IMCO, 2023).

En cuanto a precipitación, México recibe en promedio anual alrededor de 1.5 millones de hm³ de agua. El 67% se precipita entre junio y septiembre, en su mayoría en la región sur-sureste, donde tiene lugar el 50 % de las lluvias. La precipitación promedio anual a nivel nacional ha aumentado a través del

tiempo, potencialmente debido al cambio climático. Sin embargo, este fenómeno no se ha presentado en todas las entidades federativas con la misma intensidad. En la Ciudad de México y el Estado de México la precipitación se redujo entre 2000 y 2021, mientras que durante este mismo periodo aumentó en estados como Campeche, Quintana Roo, Veracruz y Guanajuato (IMCO, 2023).

La situación del recurso agua en Jilotepec, Veracruz

En Jilotepec, Ver., los dos mayores usuarios del agua son el sector agrícola y el público urbano, con el 44% y 39%, respectivamente, con un volumen total concesionado de 1 129 041 m³. Dado lo accidentado de su topografía, gradiente altitudinal y uso del suelo, en el municipio se encuentran representados los climas Templado-Húmedo, Cálido-Subhúmedo y Semicálido-Húmedo (Vázquez, 2000). Con la información antes mencionada, se observó que en el caso del beneficiado del café las dos variables más importantes y que conviene evaluar son las de precipitación y temperatura (Figura 1).

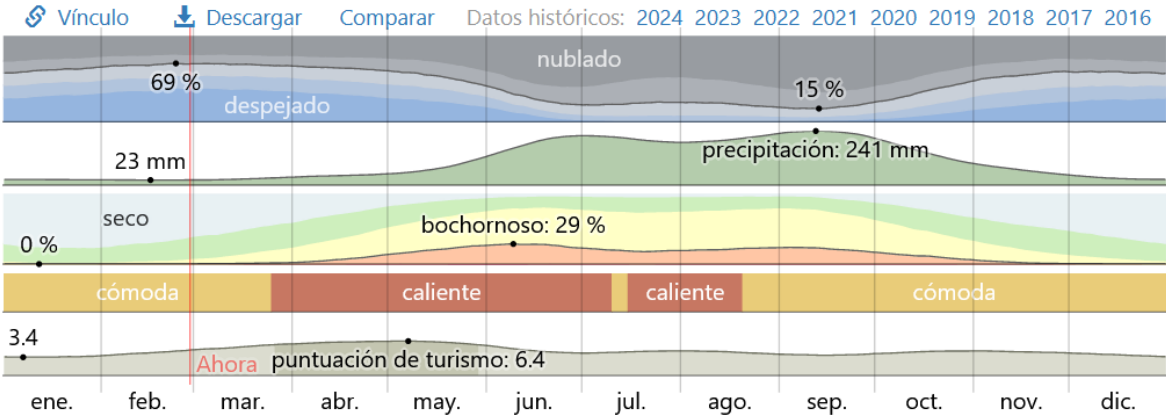


Figura 1. El clima en Jilotepec. Fuente: Weather Spark (s. f.).

En Jilotepec, la temporada de lluvia es nublada, la temporada seca es parcialmente nublada y es cómodo durante todo el año. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 7 °C a 26 °C y rara vez baja a menos de 4 °C o sube a más de 30 °C. La temperatura es una medida de calor, es una forma de energía. Refiere al grado de calor específico del aire en un lugar y momento determinados, así como a la evolución temporal y espacial de dicho elemento en las distintas zonas climáticas (INEGI,2019). La temperatura media anual está entre 12° y 18°C y la de este mes más caliente se encuentra entre 6.5 y 22°C, por lo que se clasifica de extremoso (Figura 2). En cuanto a la temperatura tipo Ganges, este clima se encuentra representado en las partes más elevadas del municipio, y las estaciones que lo registran son la de Banderilla, Coacoatzintla, Jilotepec, Linderos, Naolinco, Rafael Lucio, Tlacolulan y Xalapa (Vázquez, 2000).

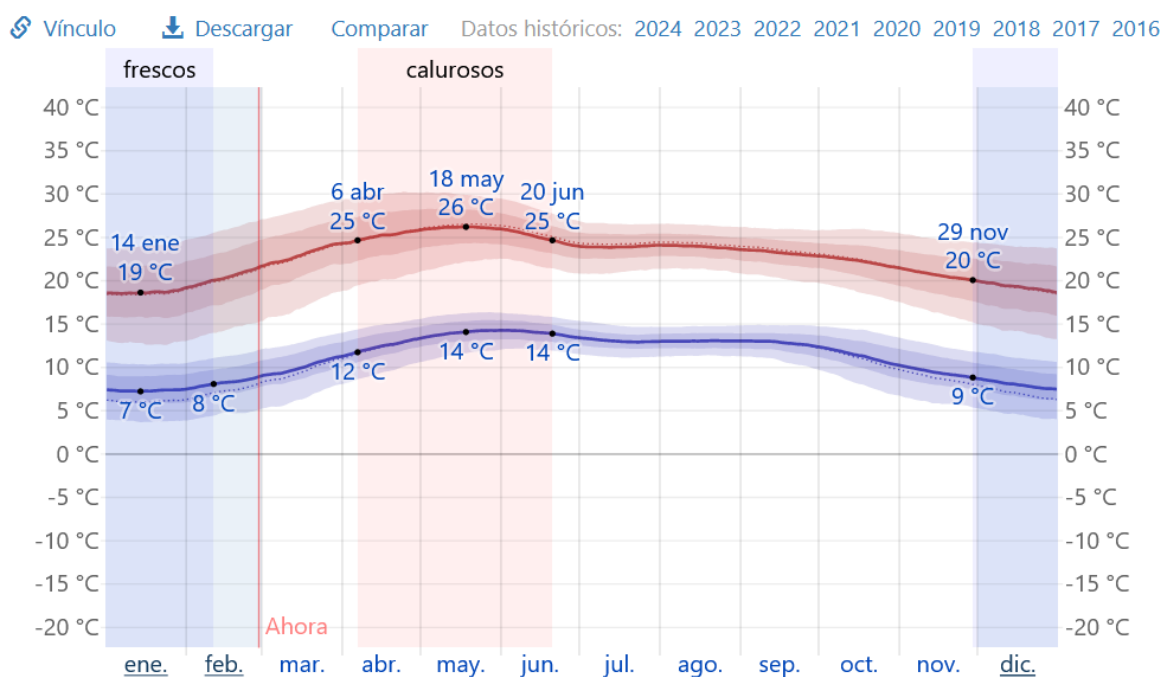


Figura 2. Temperatura máxima y mínima promedio en Jilotepec.

Fuente: Weather Spark (s. f.).

La temporada templada dura 2.4 meses, del 6 de abril al 20 de junio, y la temperatura máxima promedio diaria es de más de 25 °C. El mes más cálido del año en Jilotepec es mayo, con una temperatura máxima promedio de 26 °C y mínima de 14 °C. (Weather Spark, s. f.). La temporada fresca dura 2.4 meses, del 29 de noviembre al 11 de febrero, y la temperatura máxima promedio diaria es de menos de 20 °C. El mes más frío del año en Jilotepec es enero, con una temperatura mínima promedio de 7 °C y máxima de 19 °C. La temperatura máxima (línea roja) y la temperatura mínima (línea azul) promedio diario con las bandas de los percentiles 25° a 75°, y 10° a 90°. Las líneas delgadas punteadas son las temperaturas promedio (Figura 3).

Promedio	ene.	feb.	mar.	abr.	may.	jun.	jul.	ago.	sep.	oct.	nov.	dic.
Máxima	19 °C	20 °C	23 °C	25 °C	26 °C	25 °C	24 °C	24 °C	23 °C	22 °C	21 °C	19 °C
Temp.	12 °C	13 °C	16 °C	18 °C	19 °C	19 °C	18 °C	18 °C	18 °C	16 °C	14 °C	13 °C
Mínima	7 °C	8 °C	10 °C	12 °C	14 °C	14 °C	13 °C	13 °C	13 °C	11 °C	9 °C	8 °C

Figura 3. Promedio de temperatura en Jilotepec.

Fuente: Weather Spark (s. f.).

La figura 4, muestra las temperaturas promedio por hora de todo el año. El eje horizontal es el día del año, el eje vertical es la hora y el color es la temperatura promedio para ese día y a esa hora. La temperatura promedio por hora está codificada por colores en bandas. Las áreas sombreadas superpuestas indican la noche y el crepúsculo civil. (Weather Spark, s. f.). Con la información anterior se puede observar que para el año 2000 según la investigación de Vásquez (2000) la media anual es en 12° y 18°C, y el mes más caliente ronda entre 6.5 y 22°C. Mientras que la información recabada en (Weather Spark, s. f.), el mes más cálido del año es mayo, con una

temperatura máxima promedio de 26 °C y mínima de 14 °C. Con un promedio anual de 11° a 22. 5° C, dando como resultado para el municipio de Jilotepec un aumento en la temperatura para el mes más caliente con un aumento en la mínima de 7. 5° C y un aumento en la máxima de 4°C.

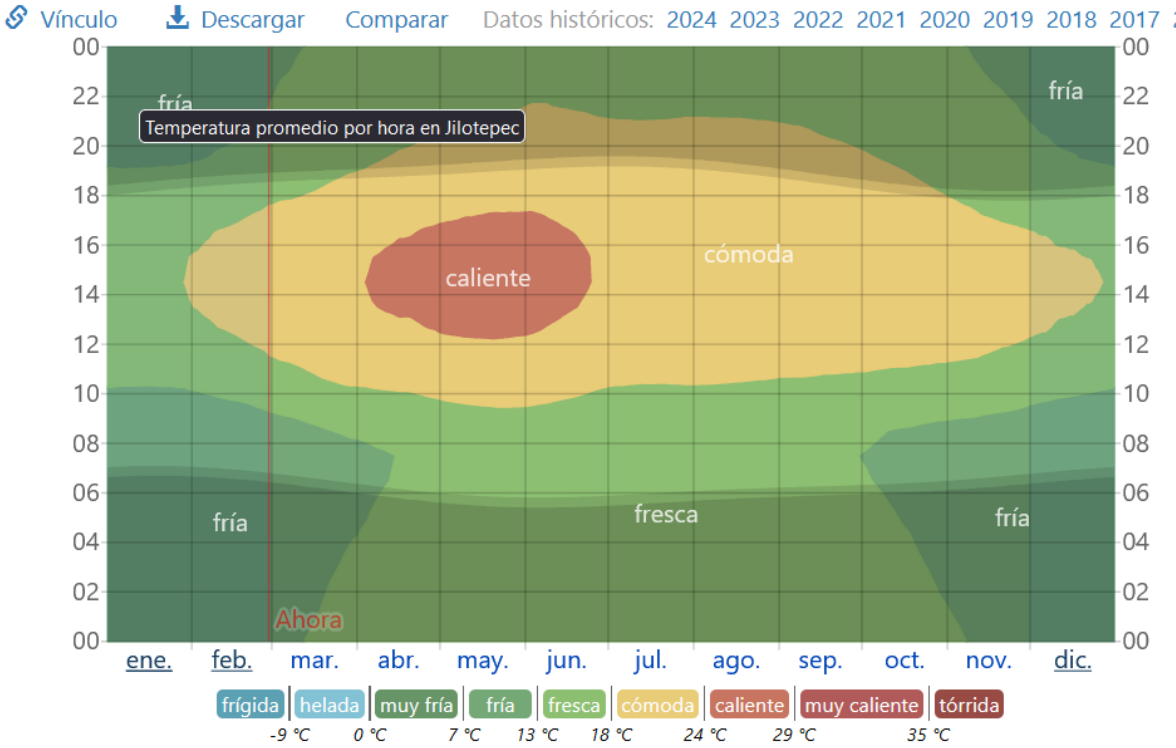


Figura 4. La temperatura promedio por hora, codificada por colores en bandas. Las áreas sombreadas superpuestas indican la noche y el crepúsculo civil. **Fuente:** Weather Spark (s. f.).

En cuanto a la precipitación, el clima templado húmedo, C(fm)b(e)g, es el predominante en el municipio. Se caracteriza por presentar lluvias casi todo el año, con un ciento de lluvia invernal menor a 18% de la anual y precipitación del mes más seco mayor de 40 mm. Con un verano fresco y largo (Vázquez, 2000). Dado que un día mojado es un día con por lo menos 1 milímetro de

precipitación equivalente a líquido. La probabilidad de días mojados en Jilotepec varía considerablemente durante el año (Weather Spark, s. f.). La temporada más mojada dura 4.6 meses, de 27 de mayo a 15 de octubre, con una probabilidad de más del 48 % de que cierto día será un día mojado. El mes con más días mojados es agosto, con un promedio de 23.9 días con por lo menos 1 milímetro de precipitación (Weather Spark, s. f.).

La temporada más seca dura 7.4 meses, del 15 de octubre al 27 de mayo. El mes con menos días mojados en Jilotepec es marzo, con un promedio de 5.2 días con por lo menos 1 milímetro de precipitación (Weather Spark, s. f.). Entre los días mojados, se distinguen entre los que tienen solamente lluvia, solamente nieve o una combinación de las dos. El mes con más días con solo lluvia en Jilotepec es agosto, con un promedio de 23.9 días. En base a esta categorización, el tipo más común de precipitación durante el año es solo lluvia, con una probabilidad máxima del 82 % el 31 de agosto (Figura 5).

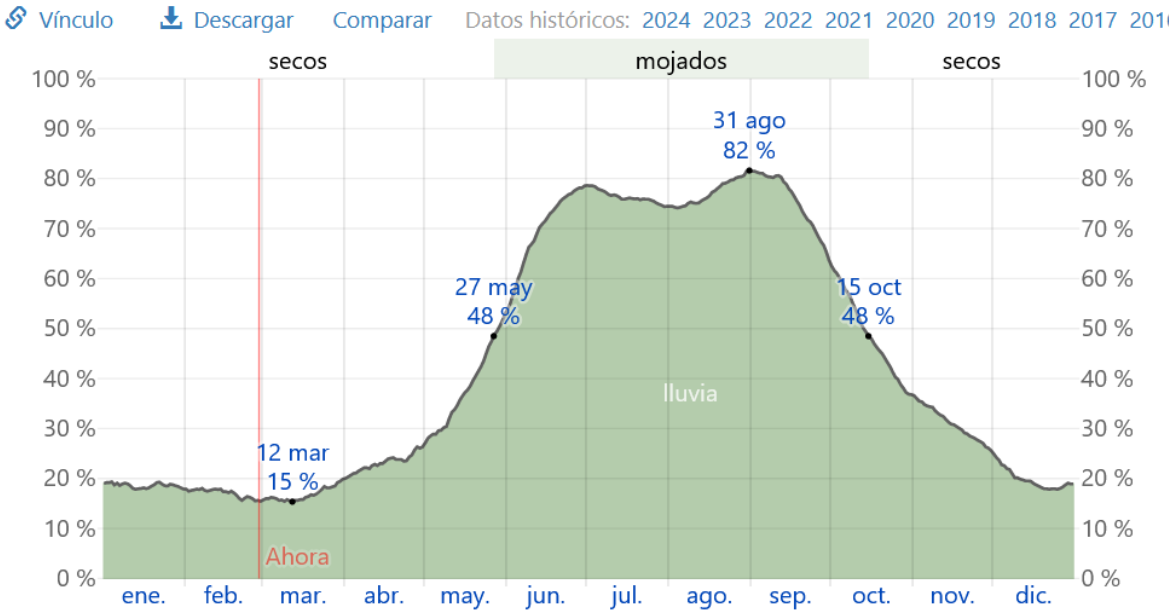


Figura 5. Probabilidad diaria de precipitación en Jilotepec.

Fuente: Weather Spar (s. f.).

En la figura anterior se muestra el porcentaje de días en los que se observan diferentes tipos de precipitación, excluidas las cantidades ínfimas: solo lluvia, solo nieve, mezcla (llovió y nevó el mismo día).

En la información anterior se observa que el clima dominante según Vázquez (2000) es el clima templado húmedo con una precipitación para el mes más seco de 40 mm. Mientras que con el uso del Weather Spark, con datos históricos muestran que la precipitación varía considerablemente durante el año, pero la temporada más mojada dura 4.6 meses, de 27 de mayo a 15 de octubre, con una probabilidad de más del 48 % de que cierto día será un día mojado. Con esto puede apreciarse que en los últimos años la precipitación varía aún más y que las lluvias que se presentan no son intensas, pero con una gran cantidad de días lluviosos.

Ante este escenario de disponibilidad de agua incierta, la actividad cafetalera, desde el cultivo hasta el proceso de transformación del grano, debe considerar la adopción de tecnologías que les permitirán enfrentar de mejor manera este futuro desalentador.

Procesos de adopción de tecnologías

El planeta clama por sistemas productivos rentables y sostenibles, en ese orden de ideas, los cambios que marcan la modernidad en nuestra sociedad, reflejan un proceso acelerado de transformación mediado por la innovación como vía para alcanzar dicha sostenibilidad. Sin embargo, se debe evaluar si las instituciones y las comunidades cuentan con los recursos estructurales, financieros y actitudinales para aprovechar y adoptar las nuevas tecnologías que se van desarrollando (FAO, 2019, como se citó en Robledo, 2020)

La tecnología juega un papel fundamental en el tratamiento de aguas residuales al proporcionar herramientas y soluciones para mejorar la eficiencia, la calidad del agua tratada y la sostenibilidad de los procesos (Telwesa, 2023). En los últimos años, se están llevando a cabo importantes avances en materia de investigación y desarrollo de nuevas tecnologías que permitan una gestión más eficiente del agua. La mayoría de estas acciones van destinadas a: la mejora del tratamiento; la recuperación de recursos; el monitoreo y control; la innovación y desarrollo de nuevas soluciones, así como la eficiencia y sostenibilidad.

A manera de conclusión

La tecnología desempeña un papel esencial en el tratamiento de aguas residuales al permitir mejoras en la eficiencia, calidad del agua, recuperación de recursos y sostenibilidad de los procesos. Los continuos avances tecnológicos impulsan el progreso del sector y ayudan a abordar los desafíos relacionados con la gestión del agua y la protección del medio ambiente (Telwesa, 2023). Las nuevas tecnologías deben responder a la problemática de los productores en los diferentes contextos, teniendo en cuenta los riesgos, los retos y las oportunidades que ellos tienen con el objetivo de ayudarlos a ser más competitivos en sus sistemas productivos (Perdomo, 2014, citado en Robledo, 2020). De ahí que los estudios sobre adopción de innovaciones deban identificar y definir aquellos factores que promueven o que influyen en la renuencia a utilizar una nueva tecnología. En el municipio de Jilotepec, el proceso de beneficiado se realiza en mayor medida mediante el lavado. Sin embargo, en general, no tienen una estimación del volumen utilizado. Procesos como el natural y miel, que requieren menos agua, son escasamente utilizados por los productores.

El método natural o también llamado de vía seca es el más antiguo y el más sencillo y requiere poca maquinaria. Además del uso del agua, el proceso de beneficiado genera subproductos o residuos como la pulpa, el mucílago y las aguas mieles, que tienen una fuerte carga contaminante. En países como Colombia se ha desarrollado toda una industria para transformar estos residuos en productos como el té, miel, sustrato para el cultivo de hongos, composta, pectinas comerciales para la industria médico-farmacéutica y cosmética, levaduras alimenticias, antioxidantes, etc. Por tanto, es necesario retomar estas experiencias para disminuir la carga contaminante proveniente de los vertimientos de este proceso y transitar hacia una cafecultura sustentable en término de la transformación del fruto en producto final. Con ello, se espera contribuir a una diversificación productiva y valorar el potencial económico, ecológico y social de los hasta ahora considerados residuos.

Sin embargo, para que estas estrategias funcionen, es imperante que los productores estén conscientes de las problemáticas ambientales relacionadas con su labor diaria e implemente prácticas eficientes. Las diferentes acepciones del café, ponen énfasis en aspectos del cultivo o comercialización, pero, no en su transformación. Como se revisó con el caso del café ecológico, que pone énfasis en mejoramiento de las prácticas productivas, el énfasis está en la dimensión ambiental de la sustentabilidad, dejando de lado las dimensiones económica y social. En el caso del café responsable Utz Kapeh, éste se orienta también al mejoramiento productivo de la cadena principal de café, para comercializar grandes volúmenes, lo que representa la mayor desventaja para los pequeños productores, pues el sistema de comercialización descansa en los actores tradicionales y la posibilidad de escalamiento vertical está bien definida, y por tanto limitada.

Finalmente, las propuestas y estrategias sobre cómo fomentar un manejo más sustentable de sus fincas de café y los procesos de transformación y disposición de las aguas residuales existen, pero deben acompañarse de políticas públicas que reconozcan el papel de los cafetales en la socioeconomía local y en el mantenimiento de los bienes y que conserven su capacidad de brindar los diversos bienes y servicios ambientales.

Referencias

- Barreto-Peixoto, J. A., Silva, J. F., Oliveira, M. B. P. y Alves, R. C. (2023). Sustainability issues along the coffee chain: From the field to the cup. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 22(1), 287-332. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.13069>
- Cafés Candelas (s/f). *Historia del café*. Candelas. Disponible en: <https://www.cafescandelas.com/el-cafe/historia-del-cafe#>
- Carbajal, B. (2023). *Producción y consumo de café en México se dispararon el año pasado*. La Jornada. Disponible en: <https://www.jornada.com.mx/notas/2023/02/05/economia/produccion-y-consumo-de-cafe-en-mexico-se-dispararon-el-ano-pasado/>
- Common Code for the Coffee Community (2004). *Código Común para la Comunidad Cafetalera*. Versión 9 de septiembre de 2004.
- CONAGUA. (2022). *Estadísticas del agua en México 2021*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Disponible en: https://sinav30.conagua.gob.mx:8080/PDF/EAM_2021.pdf
- Secretaría de Gobernación (1993, 18 de octubre). NORMA Oficial Mexicana NOM-CCA-027-ECOL/1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a

cuerpos receptores provenientes de la industria del beneficio del café. Diario Oficial de la Federación. Disponible en: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4794179&fecha=18/10/1993#gsc.tab=0

Figueroa Hernández, E., Pérez Soto, F. y Godínez Montoya, L. (2015). *La producción y el consumo del café*. ERCOFAN. <http://hdl.handle.net/20.500.11799/64936>

Giovannucci, D. y Koekoek, F.J. (2003). *The State of Sustainable Coffee: A study of twelve major markets*. International Coffee Organization e International Institute of Sustainable Development.

GTZ. (2002). *Post harvesting processing: coffee waste water*. PPP Project, Gesellschaft fur Technische Zusammenarbeit, Alemania.

International Federation of Organic Agriculture Movements [IFOAM]. (2005). *Principles of Organic Agriculture*. IFOAM Organic International. Disponible en: <http://www.ifoam.org>

Krier, J. (2005). *Fair Trade in Europe 2005. Facts and figures on Fair Trade in 25 countries*. FLO, IFAT, NEWS y EFTA.

Houbron, E. (2010). Calidad del agua. En: E. Florescano, y J. Ortiz (Coord.). *Atlas del patrimonio natural, histórico y cultural de Veracruz. Comisión del Estado de Veracruz para la Conmemoración de la Independencia Nacional y la Revolución Mexicana (pp. 148-272)*. Secretaría de Educación de Veracruz. https://www.sev.gob.mx/servicios/publicaciones/colec_veracruzsigloXXI/PatrimonionaturalVeracruz/PatrimonionaturalVeracruz2.pdf

Hoekstra, A.Y. y Chapagain, A.K. (2008). *Globalization of water: sharing the planet's freshwater resources*. Backwell.

- ICO. (2003). *Website of the International Coffee Organization*. Londres.
Disponible en: www.ico.org
- IMCO. (2023). *Aguas en México. Escasez o mala gestión*. IMCO. Disponible en:
<https://imco.org.mx/situacion-del-agua-en-mexico/>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (México). (2019). *Estudio de información integrada de la Cuenca Ríos Actopan–Jamapa y otros*. INEGI.
https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/702825188719.pdf
- Manson, R. (s. f.). *¿Es posible imaginar un Veracruz sin café?* Ciencia hoy. INECOL. Disponible en: <https://www.inecol.mx/inecol/index.php/es/ct-menu-item-25/ct-menu-item-27/17-ciencia-hoy/305-es-posible-imaginar-un-veracruz-sin-cafe>
- Martínez, N. (2021, 17 de septiembre). *Cafeticultura: clave en el rescate del campo mexicano*. La Jornada del Campo. Disponible en: <https://www.jornada.com.mx/2021/09/18/delcampo/articulos/cafeticultura-rescate-campo.html>
- Muradian, R. y Pelupessy, W. (2005). Governing the coffee chain: the role of voluntary regulatory systems. *World Development*, 33(12), 2029–2044.
- Orús, A. (2024). *Ranking de los principales países productores de café a nivel mundial en 2023*. Statista.
- Ovando Cruz, M.E., Martínez Bolaños, M., López Morgado, R. y Méndez López, I. (2017). *Establecimiento de plantaciones de café Coffea arábica L. con genotipos tolerantes a roya anaranjada (Hemileia vastatrix Berk y Broome) en el Estado de Oaxaca*. INIFAP.
- Pendergrast, M. (2002). *El café. Historia de la semilla que cambió el mundo*. Javier Vergara Editor, Argentina.

- Pérez-Akaki, P. (2009). Los espacios de producción de café sustentable en México en los inicios del siglo XXI. *Revista pueblos y fronteras digital*, 4(7), 116-156. <https://doi.org/10.22201/cimsur.18704115e.2009.7.186>
- Rindova, V.P. y Fombrun, C.J. (2001), Entrepreneurial action in the creation of the specialty coffee niche. En, Schoonhoven, C. y Romanelli, E. (eds.) *Entrepreneurial Dynamic: The origins of entrepreneurial and its role in industry evolution (pp. 236-261)*. Estados Unidos.
- Ruelas Monjardín, L. C. (2006). *Los conflictos por la distribución del agua. La necesidad de su manejo desde la perspectiva de la planeación colaborativa*. Gobierno del Estado de Veracruz.
- Robledo, N. (2020). Tecnologías utilizadas en el beneficio del café para la reducción de la contaminación ambiental y los procesos de adopción. [Monografía opción de grado en la Especialización de Gestión de Proyectos]. Universidad Nacional Abierta y a Distancia “UNAD”. https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/40471/nroble_dog.pdf?sequence=1
- Rodríguez-Valencia, N., Sanz-Uribe, J. R., Ramírez, C., Quintero-Yepes, L. y Tibaduiza, C. A. (2021). Tipificación del beneficio del café en Colombia, relación con el consumo de agua, generación de vertimientos y huellas hídricas Azul y gris. *Boletín Técnico Cenicafé*, 46, 1-40. <https://doi.org/10.38141/10781/046>
- Telwesa. (2023). *La importancia de la tecnología en el tratamiento de aguas residuales*. Telwesa. Disponible en: <https://telwesa.com/tecnologia-tratamiento-de-aguas-residuales/Blogpost>
- UTZ Kapeh. (2006). *Utz Kapeh Código de conducta*. Versión 2006 rev.01.
- Vázquez Pacheco, J. (2023). *Cafecultura veracruzana: problemática en busca de solución*. Universo - Sistema de Noticias de la UV. Disponible

en: <https://www.uv.mx/prensa/eventos/cafeticultura-veracruzana-problematica-en-busca-de-solucion/>

Vázquez Torres, V. (2000). Riqueza fanerogámica del municipio de Jilotepec, Veracruz, México. [Tesis de maestría]. Universidad Veracruzana. <https://cdigital.uv.mx/bitstream/handle/123456789/47188/VazquezTorresVicente.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Velandia-Silva, C. A. y Diab, M. C. (2023). The cultural landscape of coffee in Tolima, Colombia: heritage assessment, sustainability and management. *Journal of Cultural Heritage Management and Sustainable Development*, 13(2), 351-368. <https://doi.org/10.1108/JCHMSD-04-2021-0064>

Watts, M. y Goodman, D. (1997). Agrarian questions, global appetite, local metabolism: nature, culture, and industry in fin-de-cycle agrofood systems. En Goodman, D., y Watts, M., (Coord). *Globalization, food, agrarian questions and global restructuring* (pp. 1-34). Routledge.

Weather Spark. (s/f). *El clima en Jilotepec, el tiempo por mes, temperatura promedio (México)*. Weather Spark Disponible en: <https://es.weather.spark.com/y/8681/Clima-promedio-en-Jilotepec-M%C3%A9xico-durante-todo-el-a%C3%B1o>





Descripción socio-hidrológica del territorio desde los elementos de la sustentabilidad

Andrés De la Rosa Portilla

Instituto de Ecología A.C.  andres.delarosa@inecol.mx

Karina Zapata Cuéllar

Universidad Veracruzana

Raymundo Dávalos Sotelo

Instituto de Ecología A.C

Resumen

La cuenca hidrológica es el territorio natural donde se llevan a cabo diversas interacciones; las cuales, repercuten positiva o negativamente en su territorio. Para analizar el estado que guarda la cuenca hidrológica del Río Actopan se analizaron 14 variables del contexto social, medio ambiente y económico como: partes funcionales de la cuenca, municipios, población, marginación, corrientes superficiales, precipitación, temperatura, erosión del suelo, uso de suelo, pérdida forestal, especies en categoría de riesgo, declaratorias de desastre, y como conclusión su seguridad hídrica. Además, se describió brevemente el municipio de Jilotepec, por haberse llevado allí el trabajo de campo de los otros autores. Algunos de los datos más sobresalientes son: En la cuenca viven 586 personas con grado de marginación muy alto y 5, 574 con alto grado de marginación. Existen 2, 990

km de corrientes superficiales, el 90.5 % de los sitios de muestreo de la calidad del agua superficial indican que están contaminados. Los suelos presentan erosión en el 36 % de su territorio y se han perdido 5,334 hectáreas de arbolado del 2001 al 2023. De manera general, la cuenca presenta estrés hídrico y se prevé que este pueda afectar al 40 % de su población al 2030.

Palabras clave: Río Actopan, Cuenca hidrológica, Marginación, Pérdida forestal, Seguridad hídrica.

Abstract

The watershed is the natural territory where diverse interactions take place; which have positive or negative repercussions on its territory. To analyze the state of the Actopan River watershed, 14 variables of the social, environmental and economic context were analyzed, such as: functional parts of the watershed, municipalities, population, marginalization, surface currents, precipitation, temperature, soil erosion, soil use, forest loss, species at risk, disaster declarations and, in conclusion, its water security. In addition, the municipality of Jilotepec was briefly described, since the field work of the other authors was carried out there. Some of the most outstanding data are: 586 people live in the basin with a very high degree of marginalization and 5,574 with a high degree of marginalization. There are 2,990 km of surface streams, 90.5% of the surface water quality sampling sites indicate that they are polluted. Soils show erosion in 36% of its territory and 5,334 hectares of trees have been lost between 2001 and 2023. In general, the basin is under water stress, which is expected to affect 40% of its population by 2030.

Keywords: Actopan River, Watershed, Marginalization, Forest loss, Water security.

La Cuenca Hidrológica del Río Actopan

Con base en el acuerdo por el que se dan a conocer los estudios técnicos de aguas nacionales superficiales de la Cuenca Hidrológica del Río Actopan (Comisión Nacional del agua [CONAGUA], 2011), ésta se ubica en la parte central del Estado de Veracruz en la región hidrológica golfo centro, tiene una superficie de 201,047.70 hectáreas, nace en las faldas del volcán Cofre de Perote a 3,000 m.s.n.m. y desemboca en el municipio de Úrsulo Galván (Figura 1). Colinda al norte con la cuenca hidrológica Río Nautla, Río Misantla, Río Colipa y Llanuras de Actopan; al sur con la cuenca hidrológica Río La Antigua, al este con el Golfo de México y al oeste con la Región Hidrológica 18 Balsas.

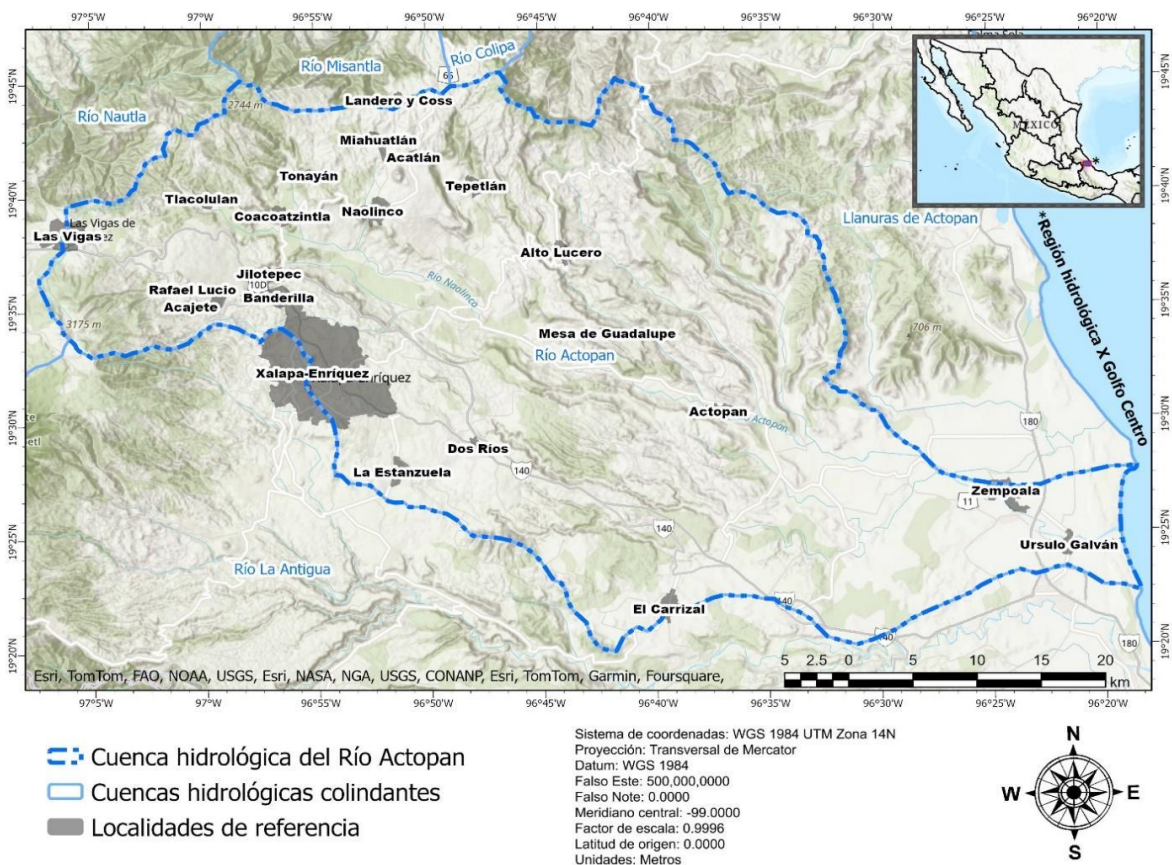


Figura 1. Localización de la cuenca hidrológica del Río Actopan.

Zonas funcionales de la cuenca

Al interior de la cuenca se llevan a cabo diversos procesos hidrológicos que pueden describirse a través de sus zonas funcionales: La zona de captación de agua ubicada en la parte alta de la cuenca y normalmente asociada a montañas donde nacen las corrientes superficiales, la de transporte o cuenca media donde encontramos lomeríos y las corrientes se unen; y por último, la zona de descarga o cuenca baja, donde se conforman las planicies del territorio y las corrientes descargan (Garrido et al., 2010). Para delimitar estas zonas, se utilizaron modelos digitales de elevación (Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI], 2013) de 15 metros, diferenciándose a través de la altimetría (Figura 2).

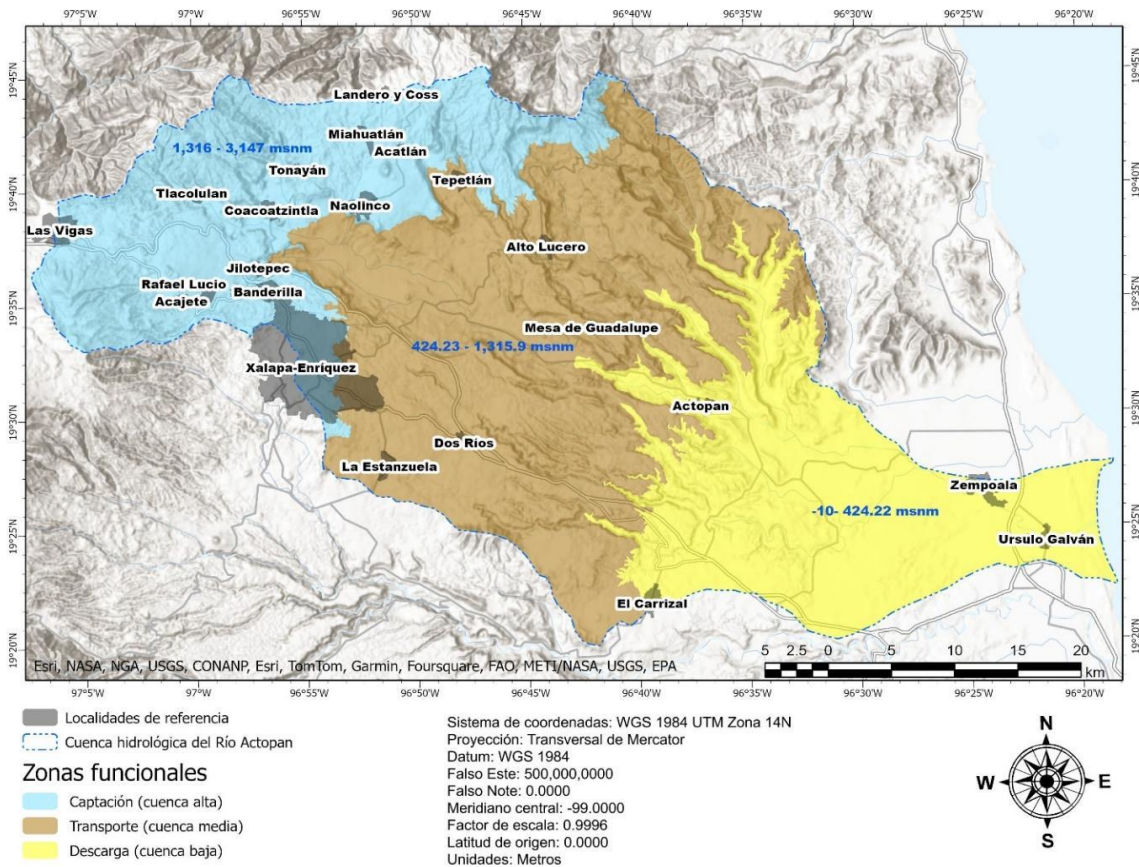


Figura 2. Zonas funcionales de la cuenca hidrológica del Río Actopan.

En este sentido, la zona de captación se encuentra entre los 1,316 a 3,147 m.s.n.m. y representa el 26.9 % (54,013 ha) de la cuenca. La zona de transporte se ubica en los 424 a los 1,315.9 m.s.n.m. y el 45 % (90,521 ha) del territorio; y finalmente la zona de descarga de los -10 a los 424.2 m.s.n.m. con el 28.1 % (56,515 ha) de la cuenca. El 54.1 % (3,044 ha) del municipio de Jilotepec se encuentra en la parte media o de transporte de la cuenca, mientras que el 45.9 % (2,586 ha), se encuentran en la parte alta o de captación.

Municipios

La cuenca hidrológica del Río Actopan está conformada por 26 municipios (INEGI, 2022b) veracruzanos (Figura 3). El 19 % de ellos se encuentran en su totalidad dentro de la cuenca y son: Banderilla, Coacoatzintla, Jilotepec, Rafael Lucio y Tatatila.

Tabla 1. *Porcentaje de municipios en la cuenca hidrológica del Río Actopan*

Clave	Nombre	Superficie total del Municipio	Superficie dentro de la cuenca del Río Actopan	Porcentaje del Municipio dentro de la cuenca
30001	Acajete	9,751.86	5,811.56	59.6
30002	Acatlán	1,827.77	1,827.77	100
30004	Actopan	86,020.19	43,922.94	51
30009	Alto Lucero de Gutiérrez Barrios	64,876.91	24,075.71	37.1
30016	La Antigua	13,140.76	1,282.09	9.8
30017	Apazapan	6,773.34	1,717.72	25.3
30026	Banderilla	1,980.48	1,980.46	100
30036	Coacoatzintla	4,395.87	4,395.85	100
30038	Coatepec	20,239.21	65.71	0.32
30057	Chiconquiaco	13,380.15	3,753.40	28
30087	Xalapa	12,468.64	9,500.78	76.2
30065	Emiliano Zapata	41,603.78	36,884.26	88.7
30093	Jilotepec	5,630.23	5,630.23	100
30095	Juchique de Ferrer	18,794.31	17.09	0.09
30096	Landero y Coss	1,761.67	508.91	28.9

30106	Miahuatlán	2,948.50	2105.90	71.4
30112	Naolinco	10,846.01	10,846.01	100
30132	Las Vigas de Ramírez	9,977.49	5,953.57	59.6
30134	Puente Nacional	38,440.64	9,419.52	24.5
30136	Rafael Lucio	1,152.72	1,152.72	100
30166	Tepetlán	9,557.50	87.77	0.92
30156	Tatatila	9,190.85	9,535.90	100
30177	Tlacolulan	13,349.54	7,790.29	58.3
30182	Tlalnelhuayocan	3,671.47	279.86	7.6
30187	Tonayán	5,025.75	2,924.90	58.2
30191	Úrsulo Galván	12431.18	9573.87	77

Fuente: INEGI (2022).

Las personas

El total de la población en la cuenca es de 789,826 habitantes; de los cuales 416,625 (53 %) son mujeres y 373,201 (47 %) son hombres. Los municipios que concentran mayor población son Xalapa, Emiliano Zapata y Úrsulo Galván (ver Figura 4). Las personas se distribuyen en 679 localidades 31 urbanas (4.6 %) y 679 rurales (95.4 %) (Figura 5). Los municipios con más localidades son Emiliano Zapata con 136, Actopan con 109 y Xalapa con 49 (INEGI, 2022a). Cabe señalar que, aunque la localidad urbana de Xalapa no está en su totalidad en la cuenca, el punto central si está dentro de sus límites, por esta razón se contabilizan sus habitantes.

Tabla 2. Municipios y su población en la cuenca hidrológica del Río Actopan

Municipio	Localidades	Porcentaje localidades	Mujeres	Hombres	Subtotal municipal	Porcentaje población
Acajete	29	4.3%	4,254	4,343	8,597	1.1%
Acatlán	5	0.7%	1,770	1,662	3,432	0.4%
Actopan	109	16.1%	13,664	13,447	27,111	3.4%
Alto Lucero de Gutiérrez Barrios	37	5.4%	9,540	9,455	18,995	2.4%
Apazapan	3	0.4%	1,284	1,277	2,561	0.3%
Banderilla	29	4.3%	13,746	12,197	25,943	3.3%

Chiconquiaco	18	2.7%	2,568	2,510	5,078	0.6%
Coacoatzintla	20	2.9%	5,685	5,326	11,011	1.4%
Emiliano Zapata	136	20.0%	39,470	36,478	75,948	9.6%
Jilotepec	34	5.0%	8,559	8,005	16,564	2.1%
La Antigua	1	0.1%	42	44	86	0.0%
Landero y Coss	1	0.1%	217	204	421	0.1%
Las Vigas de Ramírez	29	4.3%	7,939	7,531	15,470	2.0%
Miahuatlán	6	0.9%	2,282	2,245	4,527	0.6%
Naolinco	38	5.6%	11,700	11,112	22,812	2.9%
Puente Nacional	20	2.9%	1,245	1,108	2,353	0.3%
Rafael Lucio	17	2.5%	4,310	4,017	8,327	1.1%
Tepetlán	27	4.0%	4,592	4,802	9,394	1.2%
Tlacolulan	26	3.8%	4,862	4,696	9,558	1.2%
Tlanelhuayocan	3	0.4%	484	438	922	0.1%
Tonayán	17	2.5%	2,816	2,623	5,439	0.7%
Úrsulo Galván	25	3.7%	14,928	13,823	28,751	3.6%
Xalapa	49	7.2%	260,668	225,858	486,526	61.6%

Fuente: INEGI (2022).

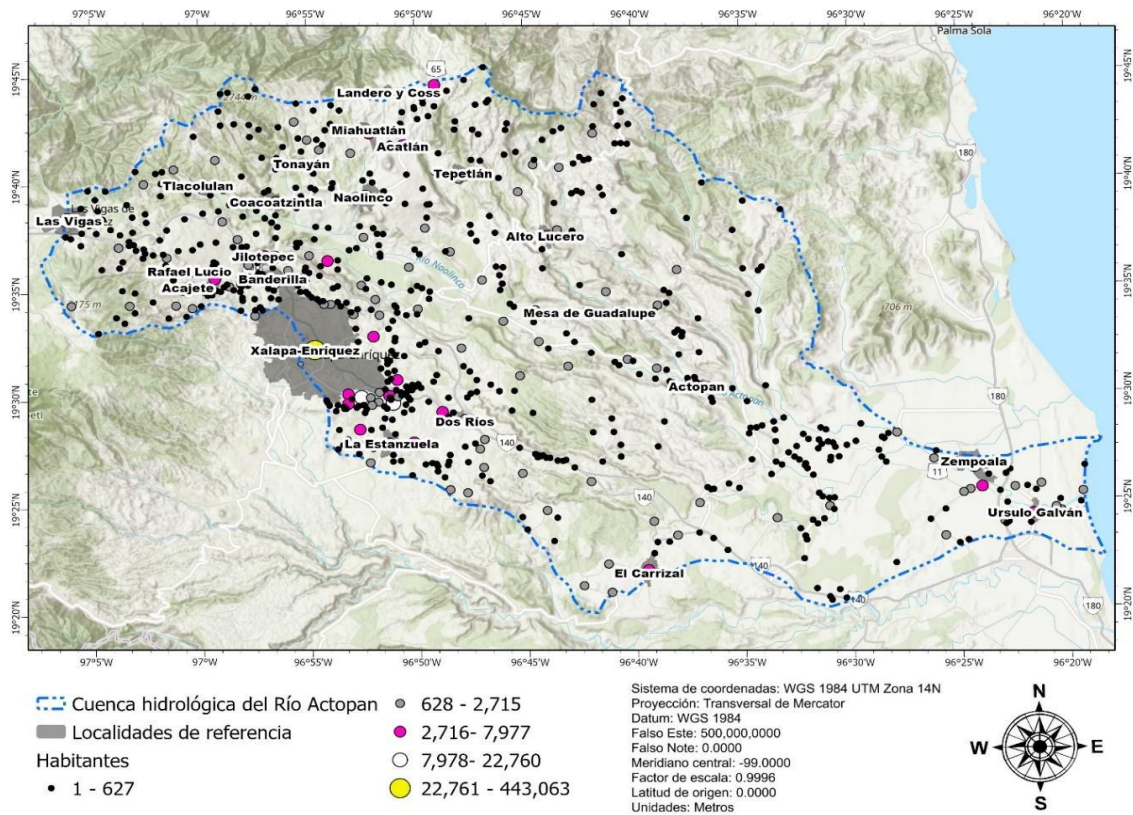


Figura 5. Localidades en la cuenca hidrológica del Río Actopan.

Jilotepec cuenta con 34 localidades y 16, 564 habitantes, 52 % mujeres y 48 % hombres, representando el 2.1 % de la cuenca.

El estado de la sociedad

La marginación es un fenómeno social adverso que refleja la exclusión del desarrollo y el disfrute de sus beneficios, colaborando a incrementar la vulnerabilidad social ante factores negativos de su entorno (Consejo Nacional de Población [CONAPO], 2021b). En este sentido, se analizó la marginación a nivel localidad (CONAPO, 2021a) en 521 localidades (77 %) de la cuenca (Figura 6).

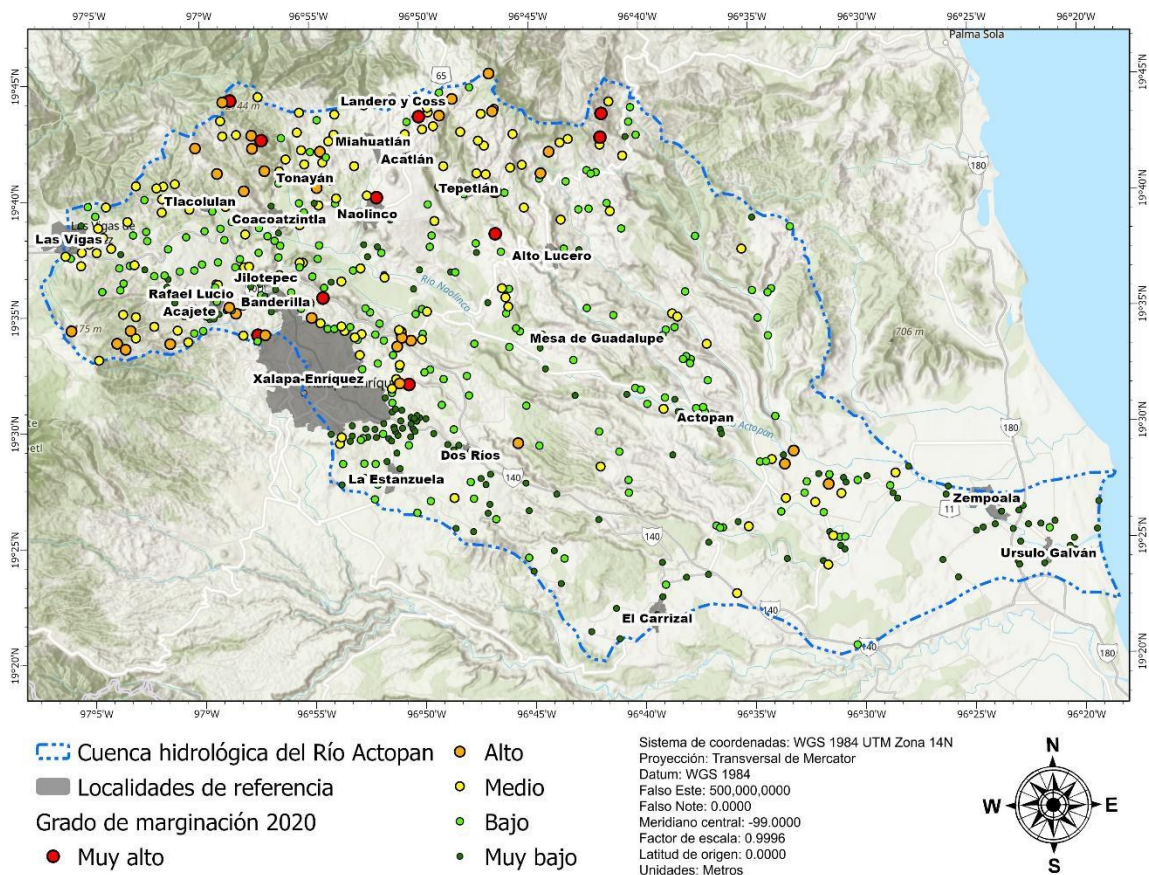


Figura 6. Grado de marginación 2020 por localidad en la cuenca hidrológica del Río Actopan.

El 81 % de la población de la cuenca tiene un grado de marginación muy bajo. El 0.1 % de la población (586 personas, 285 mujeres y 301 hombres) presentan un grado de marginación muy alto ubicándose principalmente en la parte alta de la cuenca, y se concentran en Xalapa con 358 habitantes en esta condición (175 mujeres y 183 hombres), seguido de Coacoatzintla con 82 habitantes (43 mujeres y 39 hombres) y Chiconquiaco con 38 habitantes (15 mujeres y 23 hombres). Con respecto del grado de marginación alto, este representa el 1 % de la población de la cuenca con 5,574 habitantes 2,745 mujeres y 2,829 hombres; distribuidos principalmente en el municipio de Tlacolulan con 1,220 personas (612 mujeres y 608 hombres), Las Vigas de Ramírez con 1,114 personas (545 mujeres y 569 hombres) y Acajete con 1,010 personas (495 mujeres y 515 mujeres) (Tabla 3).

Tabla 3. Habitantes y grado de marginación 2020 por localidad en la cuenca del Río Actopan

Municipio / Grado de Marginación y población	Muy alto			Alto			Medio			Bajo			Muy bajo		
	Mujeres	Hombres	Total	Mujeres	Hombres	Total	Mujeres	Hombres	Total	Mujeres	Hombres	Total	Mujeres	Hombres	Total
Acajete	0	0	0	495	515	1,010	1,021	1,069	2,090	843	881	1,724	1,895	1,878	3,773
Acatlán	0	0	0	23	27	50	66	63	129	1,681	1,572	3,253	0	0	0
Actopan	0	0	0	28	29	57	140	157	297	7,021	7,061	14,082	6,475	6,200	12,675
Alto Lucero de Gutiérrez Barrios	6	4	10	0	0	0	587	577	1,164	4,532	4,548	9,080	4,415	4,326	8,741
Apazapan	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,284	1,277	2,561	
Banderilla	8	8	16	193	223	416	90	74	164	1,286	1,223	2,509	12,169	10,669	22,838
Chiconquiaco	15	23	38	168	166	336	525	517	1,042	1,860	1,802	3,662	0	0	0
Coacoatzintla	43	39	82	397	400	797	399	355	754	4,830	4,514	9,344	16	18	34
Emiliano Zapata	0	0	0	74	86	160	126	126	252	6,535	6,282	12,817	32,735	29,984	62,719
Jilotepec	7	5	12	0	0	0	332	300	632	3,564	3,446	7,010	4,656	4,254	8,910
La Antigua	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	42	44	86	
Landero y Coss	0	0	0	0	0	0	0	0	0	217	204	421	0	0	0
Las Vigas de Ramírez	0	0	0	545	569	1,114	982	941	1,923	6,353	5,967	12,320	59	54	113
Miahuatlán	0	0	0	0	0	0	385	370	755	1,897	1,875	3,772	0	0	0
Naolinco	6	6	12	0	0	0	1,648	1,553	3,201	1,763	1,674	3,437	8,283	7,879	16,162
Puente Nacional	0	0	0	0	0	0	3	6	9	13	8	21	1,229	1,094	2,323
Rafael Lucio	0	0	0	19	19	38	6	4	10	4,110	3,844	7,954	175	150	325
Tepetlán	20	21	41	25	36	61	1,328	1,441	2,769	3,209	3,297	6,506	10	7	17
Tlacolulan	5	12	17	612	608	1,220	1,058	1,056	2,114	2,405	2,263	4,668	782	757	1,539
Tlalnahuayocan	0	0	0	0	0	0	61	60	121	423	378	801	0	0	0
Tonayán	0	0	0	75	57	132	1,450	1,405	2,855	1,276	1,150	2,426	15	11	26
Ursulo Galván	0	0	0	0	0	0				19	20	39	14,909	13,803	28,712
Xalapa	175	183	358	91	92	183	1,335	1,283	2,618	8,358	8,015	16,373	250,709	216,285	466,994
Total general	285	301	586	2,745	2,829	5,574	11,542	11,357	22,899	62,195	60,024	122,219	339,858	298,690	638,548

Jilotepec presenta 12 habitantes (7 mujeres y 5 hombres) con un grado de marginación muy alto. No presenta grado de marginación alto y en grado de marginación medio se encuentran 632 habitantes (332 mujeres y 300 hombres). El resto de su población se ubican con marginación baja 7,010 habitantes (3,564 mujeres y 3,446 hombres) y 8,910 habitantes (4,656 mujeres y 4,254 hombres) con grado de marginación muy bajo.

Los ríos, las venas de la cuenca

El agua de la cuenca fluye a través de los ríos y esta se distribuye en el territorio. Los ríos nos proporcionan diversos servicios ambientales, siendo los principales el abastecimiento de agua dulce para diversas actividades sociales, culturales, productivas y religiosas; entre otras. Lo anterior, si se mantienen en las condiciones idóneas, sin alteraciones de flujo, con su arbolado natural al margen de la corriente y sin contaminación (World Wildlife Fund [WWF], 2022).

Los ríos se reabastecen de agua a través de la lluvia y los escurrimientos formando parte del ciclo hidrológico, facilitando servicios para el soporte de la biodiversidad, mejora y formación de suelos, así como reciclaje de nutrientes (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad [CONABIO], 2022). Para analizar la extensión de las corrientes superficiales, así como su caracterización derivada de su presencia continua (perenne) o temporal (intermitente) en el territorio, se utilizó la red hidrográfica escala 1:50,000 edición 2 del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2010).

A efecto de determinar la calidad del agua contenida en los ríos, se utilizó la información proveniente de los 21 sitios de monitoreo de calidad del agua en la cuenca del periodo 2012-2022. Lo anterior, con base en la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA, 2024) y su semáforo de calidad del agua (ver Figura 8) superficial que considera 3 colores: 1.-Verde cuando se cumplen los 8 indicadores de la normatividad vigente en el periodo, 2.- Amarillo cuando se incumple uno o más de los parámetros (E.COLI, CF, SST y OD%) y 3.-Rojo cuando existe incumplimiento de uno o más de parámetros (DBO5, DQO, TOX y ENTEROC.FEC.)

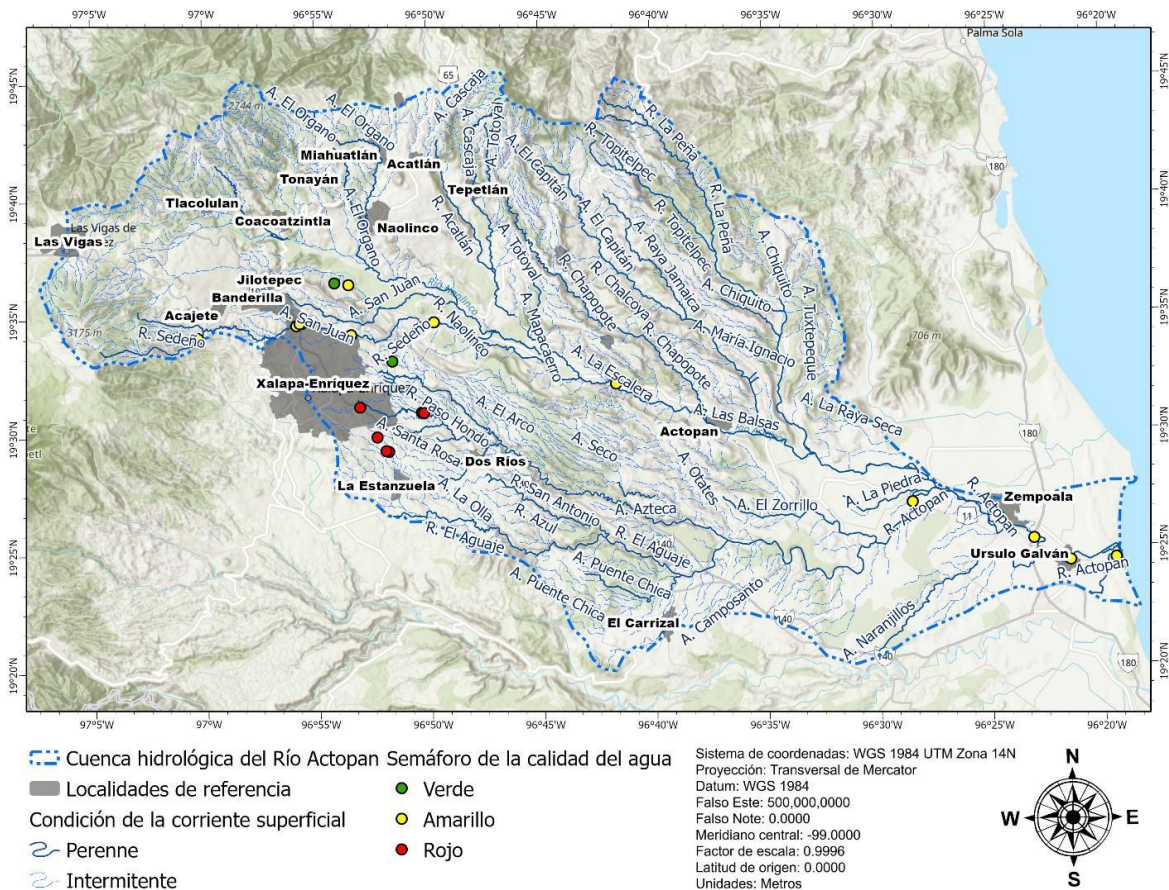


Figura 8. Corrientes superficiales y calidad del agua del periodo 2002-2012 en la cuenca hidrológica del Río Actopan.

En la cuenca existen 2,990 km de corrientes superficiales; de las cuales, 648 km (21.7 %) son perennes y 2,342 son intermitentes (78.3 %). De los 21 sitios de monitoreo de calidad del agua, solo dos (9.5 %) en verde cumplen con los parámetros de calidad de la norma aplicable en el periodo señalado, trece sitios (61.9 %) en amarillo incumplen uno o más parámetros de calidad y seis (28.6 %) en rojo ubicados principalmente aguas abajo de la ciudad de Xalapa no cumplen con los parámetros de calidad.

En el municipio de Jilotepec se ubicaron 65 km de corrientes superficiales, 8.7 km (13 %) perennes y 56 intermitentes (87 %), destacando los arroyos El Órgano y San Juan. Allí se ubican existen dos sitios de monitoreo de calidad del agua, uno en verde en la localidad La Concepción y otras aguas abajo en amarillo en la localidad La Avispa. Ambos miden la calidad del agua del arroyo San Juan, tributario aguas abajo del río Naolinco.

Precipitación y temperatura

El clima de nuestro planeta se está modificando debido principalmente a los efectos del cambio climático. En la cuenca, conocer los valores de temperatura y precipitación son indispensables, ya que están relacionados con el ciclo hidrológico y este a su vez, afecta positiva o negativamente las actividades del territorio (Dissanayaka y Rajapakse, 2019). Por tanto, se obtuvo la precipitación (mm) acumulada anual promedio y la temperatura (°C) media anual del periodo 1902 al 2015 (Fernández-Eguiarte et al., 2014) (Figura 9).

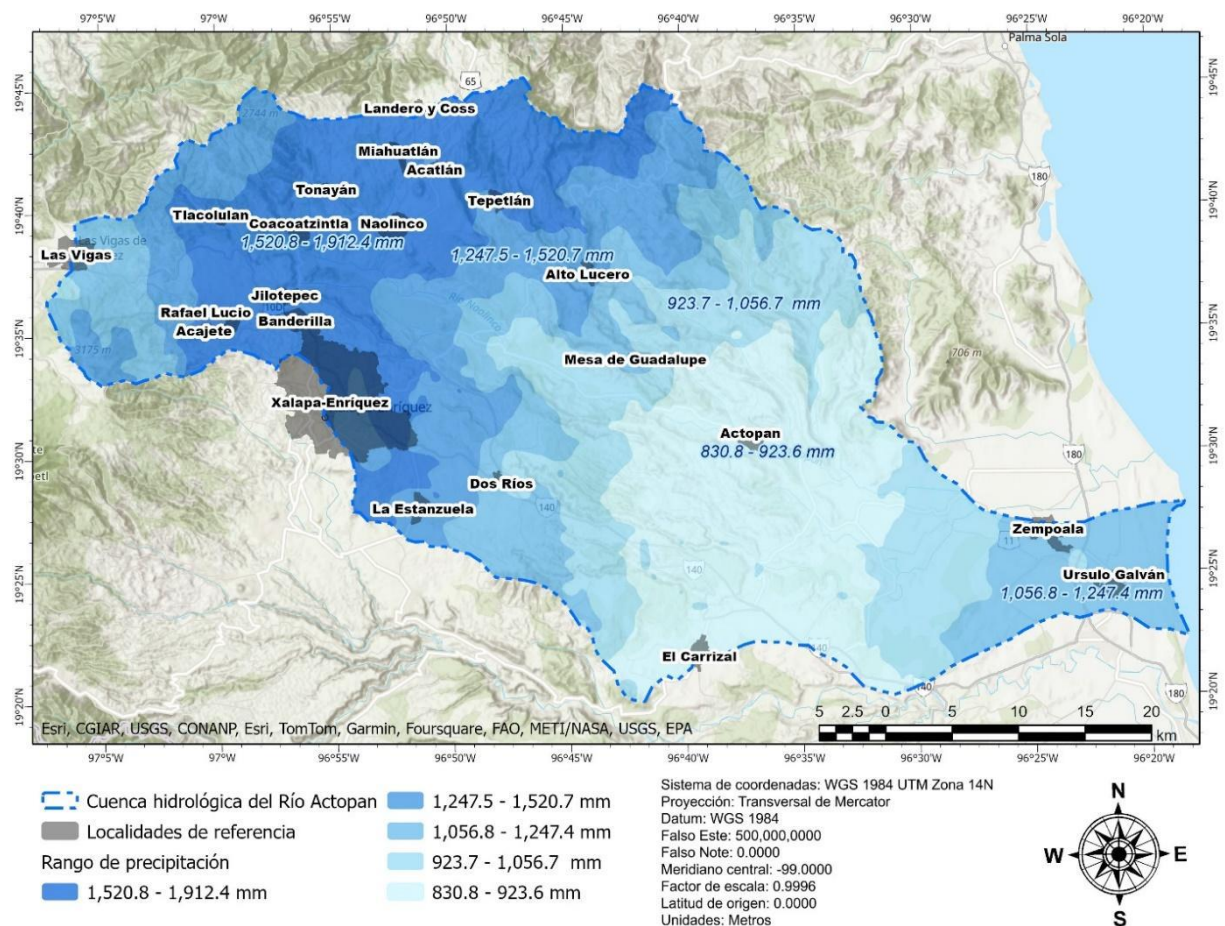


Figura 9. Precipitación acumulada anual promedio 1902-2015 de la cuenca hidrológica del Río Actopan.

Los mayores rangos de precipitación de 1,520.8 a 1,912.4 mm ocurren en el 23 % de la cuenca, en el 17 % se registran 1,247.5 a 1,520.7 mm y en el 19 % valores de 1,056.8 a 1,247.4 mm. El municipio de Jilotepec registra los dos rangos más altos de precipitación de la cuenca; en el 78 % de su territorio, se precipitan de 1,520.8 a 1,912.4 mm y en el 22 % de su territorio 1,247.5 a 1,520.7 mm.

Con respecto de la temperatura (Figura 10), el rango de 20 a 22.8 °C predomina en el 26 % de la cuenca, seguido de 15.7 a 19.9 °C en el 24 %, y el

18 % con los valores más altos de 24.8 a 25 °C. En el municipio de Jilotepec, los rangos presentes corresponden a valores de 15.7 a 19.9 °C en el 82 % del territorio, mientras que en el 18 % restante se presentan temperaturas de 20 a 22.8 °C.

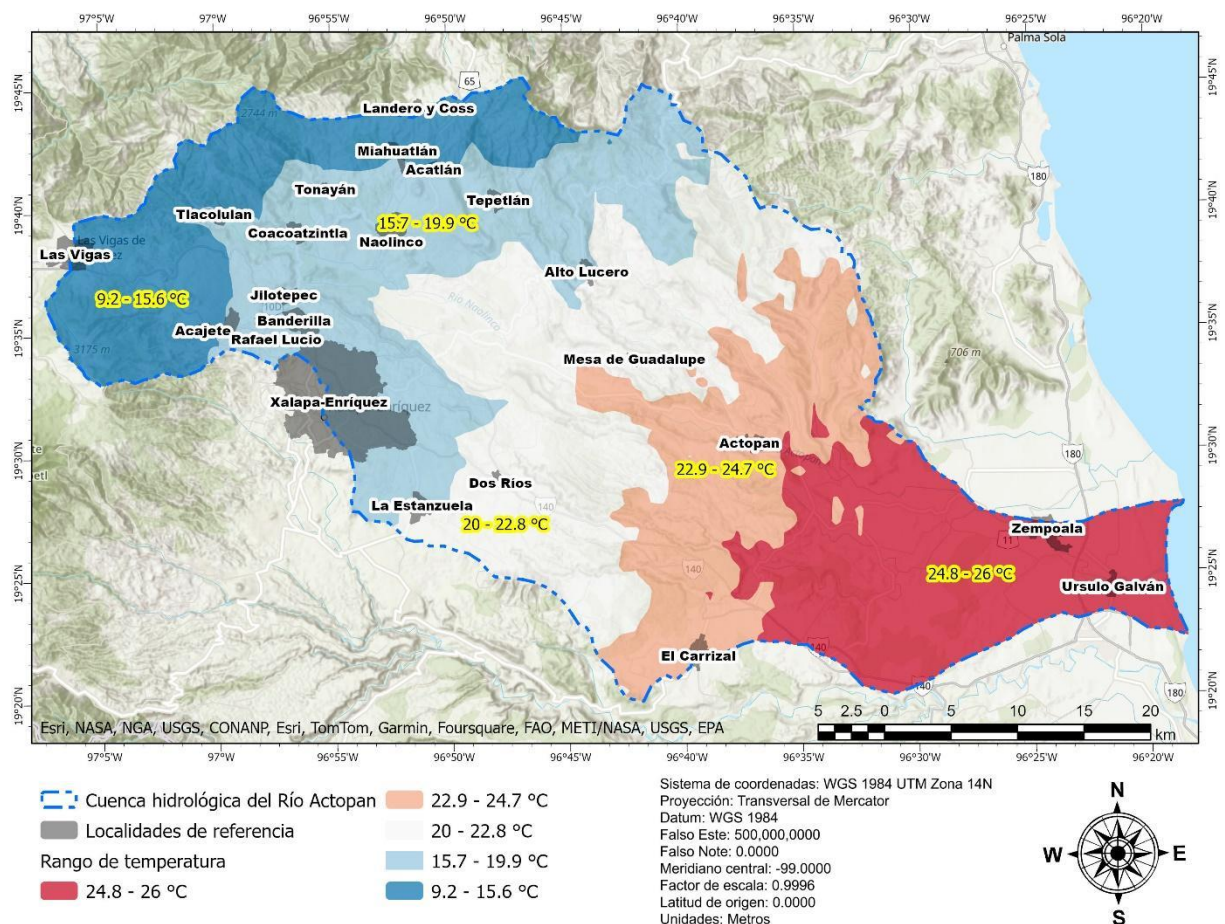


Figura 10. Temperatura media anual 1902-2015 de la cuenca hidrológica del Río Actopan.

El desgaste de los suelos

Las amenazas más significativas de los suelos a escala mundial son la erosión, la pérdida del carbono orgánico y el desequilibrio de nutrientes. La erosión del suelo se define “...como eliminación acelerada de la capa superficial del

suelo por agua, viento o la labranza” (Montanarella et al., 2015). Para analizar la erosión, se utilizó el estudio más detallado en la República sobre el tema, el “Mapa de erosión de los suelos de México y posibles implicaciones en el almacenamiento de carbono orgánico del suelo” (Figura 11), ya que por su escala (1:50,000) permite determinar superficies afectadas por esta condición en la cuenca (Bolaños-González et al., 2016).

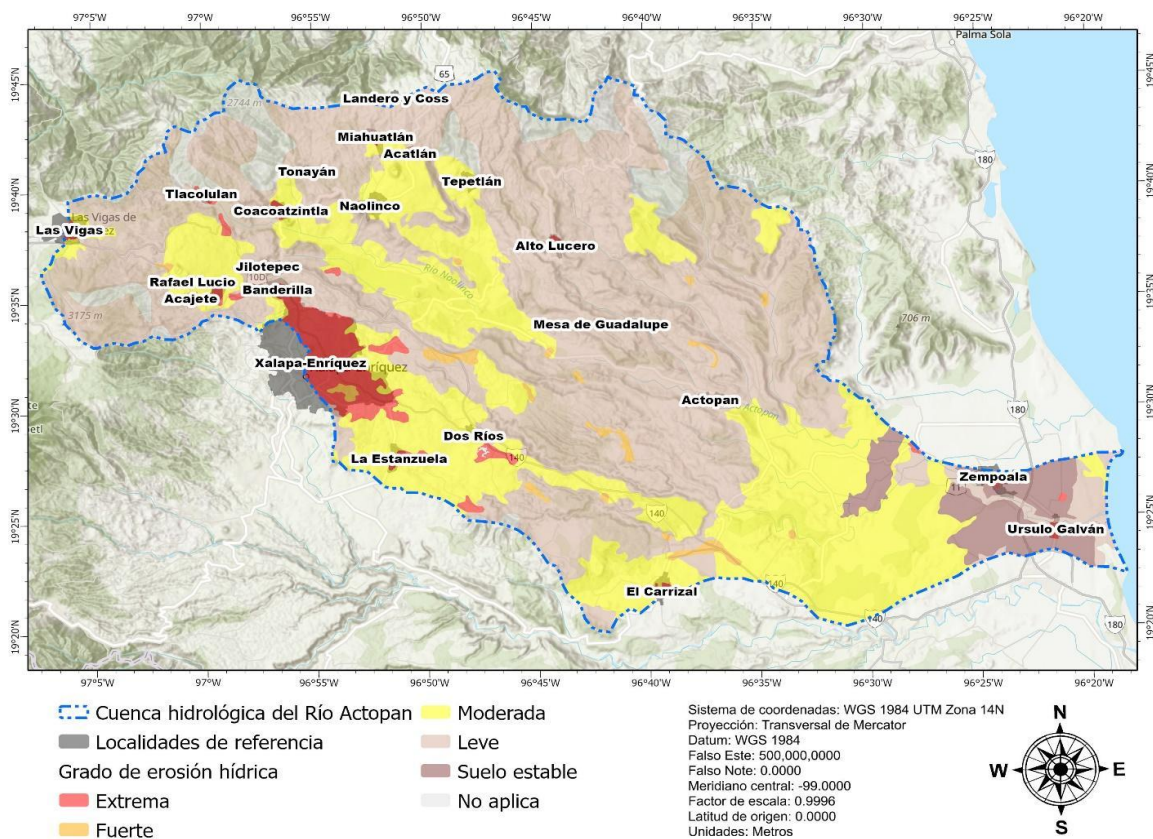


Figura 11. Erosión hidrológica del suelo en la cuenca hidrológica del Río Actopan.

La cuenca presenta erosión del grado extrema a moderada en 73,305 ha (36 %) de su territorio. Un grado de erosión extrema en 7,010 ha (3 %), erosión fuerte en 2,033 ha (1%) y 64,262 ha (32 %) de erosión moderada. El municipio

de Jilotepec presenta 64 ha (1 %) de grado de erosión extrema, erosión moderada en 2,383 ha (42 %) y erosión leve en 3,183 ha (57 %).

¿Qué hacemos en la cuenca?

Conocer el uso del suelo en la cuenca es importante para analizar las actividades que la sociedad realiza en el territorio, destacando el estado de la cubierta vegetal y las actividades productivas. Además, es una fuente valiosa para planear acciones y tomar decisiones en materia de recursos naturales y los servicios que prestan a nuestra sociedad (INEG, 2017). En este sentido, con base en Karra et al. (2021) se analizó el uso de suelo derivado de imágenes *Sentinel2* (10 metros), referente al año 2023 (Figura 12).

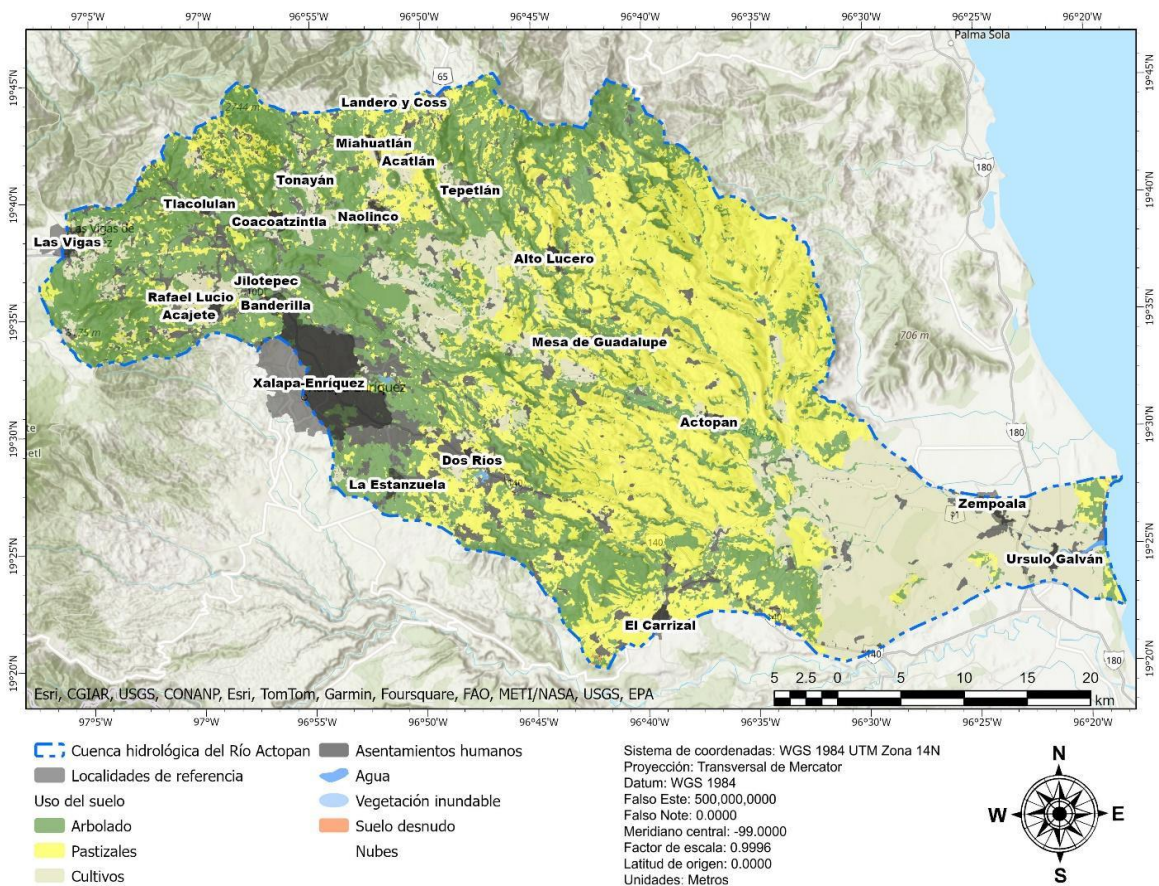


Figura 12. Uso del suelo 2023 de la cuenca hidrológica del Río Actopan.

El 99.9 % de la cuenca está conformado por zonas arboladas con 74,542 ha (37.1 %), pastizales 71,610 ha (35.6 %), cultivos 34,552 ha (17.2 %) y asentamientos humanos 20,010 ha (10 %), respectivamente. El uso de suelo del municipio de Jilotepec consiste en 4,358 ha arboladas (77.4 %), 761 ha de asentamientos humanos (13.5 %), 257 ha de cultivos (4.6 %) y 248 ha de pastizales (4.4 %). Según Hernández et al. (2019) la zona pertenece a la región cafetalera de Coatepec; la cual, está conformada por 27,185 fincas a una altura promedio de 1,028 m.s.n.m., una temperatura media anual de 20.2 °C y una precipitación anual de 1,521.1 mm. Para conocer de manera precisa (4 m píxel) el arbolado actual, se analizó un mosaico de imágenes satelitales (Planet Labs. Inc., 2024) del mes de marzo de 2024, derivado de la Iniciativa Internacional de Noruega sobre el Clima y los Bosques (NICFI) (Figura 13).

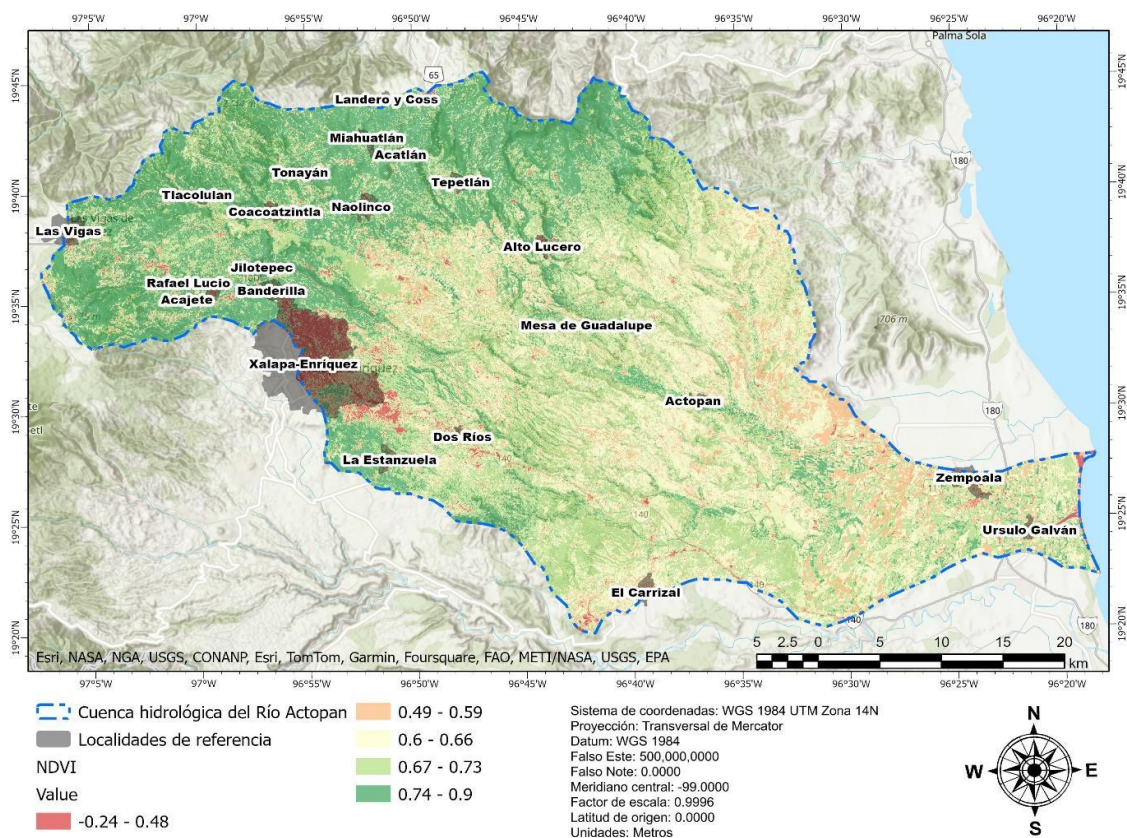


Figura 13. Análisis NDVI del arbolado de la cuenca del Río Actopan.

Para el caso, se utilizó el índice diferencial de vegetación normalizado (NDVI) (United States Geological Survey. USGS, 2018). Los resultados indican que los dos rangos con valores de NDVI de 0.67 a 0.73 y 0.74 a 0.9, corresponden al arbolado en la cuenca cubriendo el 59 % de su territorio.

¿Cuántos árboles hemos perdido?

Los árboles nos brindan diversos servicios ambientales como los hidrológicos y la captura de carbono. A pesar de sus beneficios, afectamos más del 70 % de la superficie terrestre a través del cambio de uso de suelo de forestal a otros usos, aumentando el cambio climático y sus efectos (de la Rosa et al., 2020). Por esta razón, es necesario evaluar la pérdida de los recursos forestales, esto para evitar que disminuyan los servicios que estos nos brindan. En este sentido, para calcular la pérdida de los recursos forestales se analizó la información de Hansen et al., (2013) versión 1.11, del periodo 2001-2023. Los resultados indican que se han perdido 5,334 ha en los últimos 23 años, con un promedio anual de 232 ha. En el municipio de Jilotepec, resalta que el total de arbolado perdido en el periodo es de 84 ha y un promedio anual de 3.7 ha. También sobresale que en los años 2013 y 2014 no hay registro de pérdida forestal (Figura 14).

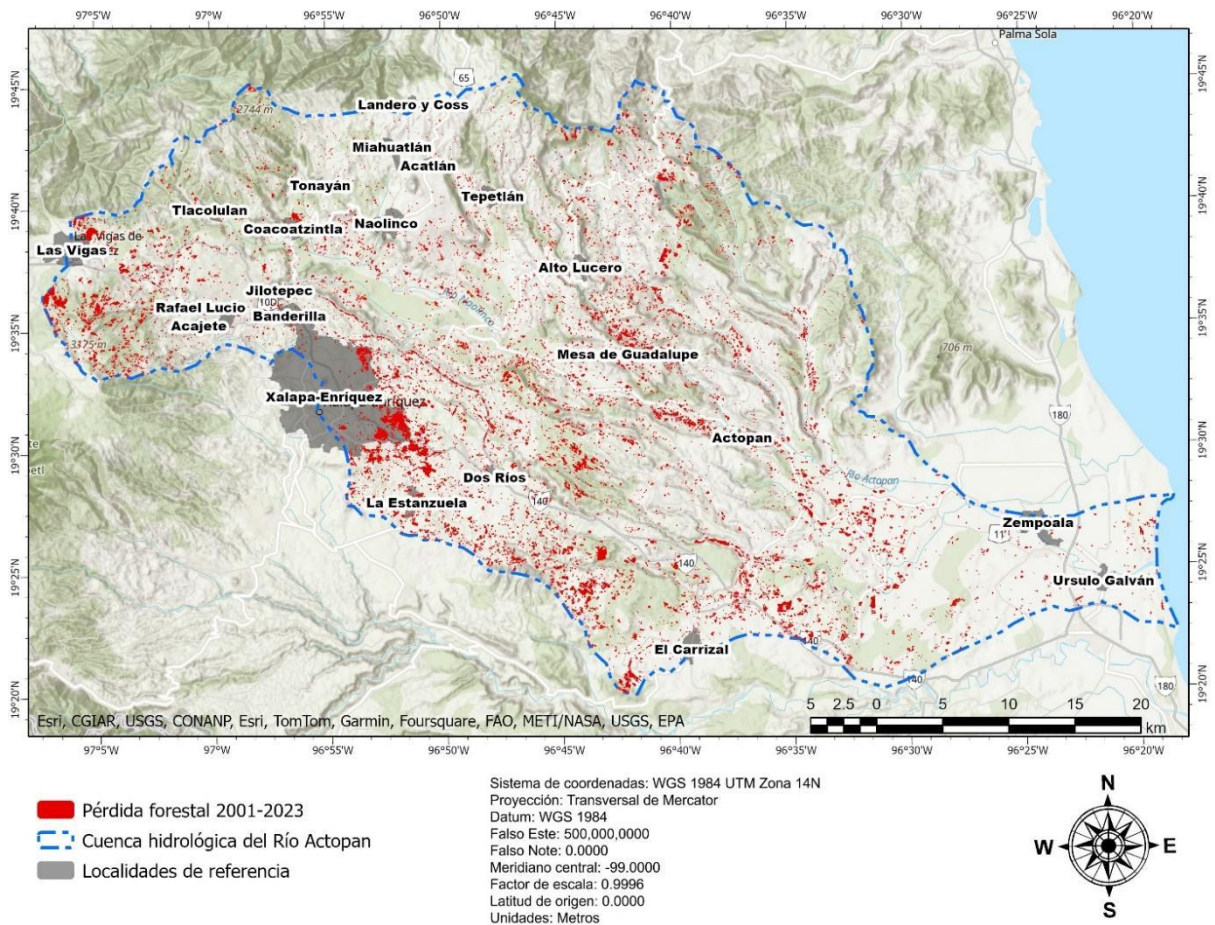


Figura 14. Pérdida de los recursos forestales del periodo 2001 al 2023 en la cuenca hidrológica del Río Actopan.

Los seres vivos de los que dependemos

Actualmente, enfrentamos tres emergencias ambientales: 1.-La contaminación, 2.-El cambio climático y sus efectos y 3.-La pérdida de la biodiversidad. Los tres están conectados y sus efectos derivados se manifiestan como incendios forestales, estrés hídrico, islas urbanas de calor y degradación de suelos. Específicamente la combinación del cambio climático y la degradación del suelo impulsan la reducción de la biodiversidad aumentando el riesgo de extinción de especies, lo que pone en riesgo la

producción de alimentos al desaparecer los polinizadores para más del 75 % de los cultivos incluyendo el café; entre otros (United Nations Environment Programme (UNEP), 2021). En este sentido, es muy importante conocer, valorar y proteger las especies que se encuentren en alguna categoría de riesgo, con base en la Norma Oficial Mexicana 059 (SEMARNAT, 2010).

Por ello, se analizaron las especies de grupos biológicos de anfibios, aves, hongos, mamíferos, plantas y reptiles, a través de la Base de datos del Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB) y actualizadas al 06 de febrero del 2024 (CONABIO, 2024). Se encontraron 1,0050 especies listadas en alguna de las categorías de la norma oficial mexicana, destacando una del grupo biológico de aves probablemente extinta y 1,275 especies en peligro de extinción (Figura 15).

Categoría NOM 059 SEMARNAT 2010 / Grupo biológico	Especies en la cuenca	Porcentaje
Probablemente extinta en el medio silvestre (E)	1	100%
Aves	1	100%
En peligro de extinción (P)	1,275	100%
Aves	604	47.4%
Anfibios	482	37.8%
Plantas	180	14.1%
Mamíferos	6	0.5%
Hongos	3	0.2%
Amenazada (A)	2,751	100%
Aves	1,414	51.4%
Anfibios	499	18.1%
Plantas	436	15.8%
Reptiles	269	9.8%
Hongos	118	4.3%
Mamíferos	15	0.5%
Sujeta a protección especial (Pr)	6,023	100%
Aves	4,694	77.9%
Reptiles	507	8.4%
Anfibios	383	6.4%
Plantas	300	5.0%
Mamíferos	118	2.0%
Hongos	21	0.3%

Figura 15. Especies listadas en la NOM0 59 SEMARNAT 2010 en la cuenca hidrológica del Río Actopan.

Se ha documentado la presencia de estas especies en toda la cuenca (Figura 16) y en el municipio de Jilotepec se encontraron 323 especies; de las cuales, en Peligro de extinción (P) son 38 especies (plantas 28, aves 8 y anfibios 2), Amenazadas (P) 99 especies (Plantas 38, anfibios 26, aves, 19, reptiles 13 y hongos 3) y Sujetas a protección especial (Pr) 186 especies (Aves 92, reptiles 49, plantas 23, anfibios 18, mamíferos 3 y hongos 1).

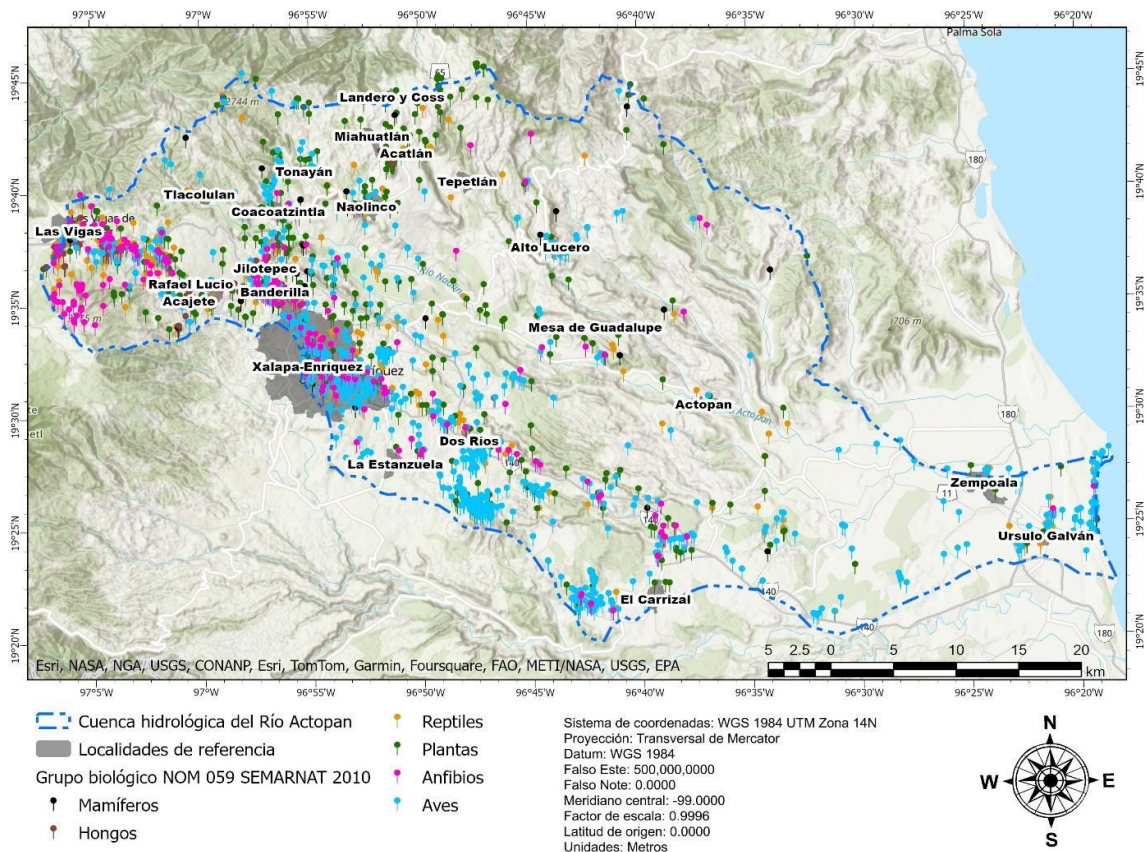


Figura 16. Presencia de especies listadas en la NOM 59 SEMARNAT 2010 en la cuenca hidrológica del Río Actopan.

La historia inconclusa de los desastres

El territorio de la cuenca hidrológica es dinámico, parte de ello se refleja en la acción-respuesta de los recursos naturales y las posibles afectaciones de los

sistemas expuestos y en su caso vulnerables. Normalmente se asocian los desastres a la ocurrencia de algún fenómeno climatológico extremo como huracanes, lluvias, sequías, entre otros. Sin embargo, es la sociedad que se expone involuntariamente y en grados de vulnerabilidad diversos a estos fenómenos. Por esta razón, los fenómenos naturales adversos no siempre derivan en algún tipo de desastre. La condición de desastre es producto de condiciones de vulnerabilidad y exposición originados en mayor medida por aspectos de desarrollo social y económico (de la Rosa y Ruelas-Monjardín, 2019).

En consecuencia, se analizaron las declaratorias de desastre (Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), 2024) en aquellos municipios que tuvieran el 50 % o más de su territorio en la cuenca, ya que las declaratorias se realizan con base en esa división geopolítica. De los 16 municipios analizados (59 % con respecto de la cuenca), destacaron las lluvias y ciclón tropical como los fenómenos más recurrentes en este tipo de declaratorias, mientras que los municipios más afectados fueron Xalapa con 16 declaratorias, Actopan 13 declaratorias y Úrsulo Galván con 123 declaratorias. Jilotepec acumula 10 declaratorias, pero llama la atención que es el municipio con más fenómenos adversos de ocurrencia como: Ciclón tropical, deslave, deslizamiento, lluvias y sequía (Figura 17).

Municipio / Fenómeno	Ciclón Tropical	Deslave	Deslizamiento	Inundación	Lluvias	Nevadas, Heladas, Granizadas	Sequía	Total general
Acajete	3				6			9
Acatlán	3				3			6
Actopan	5			1	5		2	13
Banderilla	4				4			8
Coacoatzintla	4				6			10
Emiliano Zapata	3				6			9
Jilotepec	3	1	1		4		1	10
Las Vigas de Ramírez	2			1	2	2		7
Miahuatlán	3		1		6			10
Naolinco	4				4			8
Rafael Lucio	1				5		1	7
Tepetlán	3				2			5
Tlacolulan	3	1			4			8
Tonayán	4				4			8
Ursulo Galván	4			1	7			12
Xalapa	5	1	1		9			16
Total	54	3	3	3	77	2	4	146

Figura 17. Declaratorias de desastre en la cuenca hidrológica del Río Actopan.

Viviendo en la inseguridad hídrica

La seguridad hídrica definida como “La disponibilidad de agua en aceptable cantidad y calidad para la salud, las actividades humanas, los ecosistemas y la producción, junto con un nivel aceptable de riesgos hídricos para las personas, el ambiente y la economía” (Grey y Sadoff, 2007, p. 1), resulta inalcanzable por la forma en la que vivimos. Por ello, el objetivo es reducir la inseguridad hídrica y adaptarnos a las condiciones actuales con el firme propósito o de reducir nuestra vulnerabilidad ante el reto hídrico integral que se presenta. De esta forma, en 2021 se generó un índice de seguridad hídrica con enfoque de cuenca hidrológica en territorio veracruzano, analizando la dimensión socioeconómica, de medio ambiente, riesgos hidrometeorológicos y un escenario de cambio climático. Lo anterior, a través de 13 indicadores y 20 variables (de la Rosa et al., 2021). Algunos de los principales resultados para la cuenca del Río Actopan se resumen y reflexionan con los datos obtenidos.

En la cuenca de referencia la seguridad hídrica con respecto de la calidad del agua es baja; ya que, de 22 sitios de monitoreo solo dos (9 %) cumplen cabalmente con la norma mexicana de calidad del agua aplicable en el momento de la publicación referida. Lo cual, está conectado con la variable de plantas de tratamiento de agua residual de la investigación de seguridad hídrica citada, ya que refleja una seguridad hídrica baja, con apenas siete plantas de tratamiento que están cercanas al máximo del agua que pueden tratar, dando como resultado que el líquido en la cuenca esté contaminado.

A pesar de que la medición de la seguridad hídrica es muy alta con respecto del acceso al líquido derivado de que el 96 % de las viviendas habitadas cuenta con servicio de agua entubada, el problema es la escasez. En materia de satisfacción hídrica potencial que refleja la cantidad mínima diaria de agua disponible por persona en la cuenca, la del Río Actopan tiene una seguridad hídrica muy baja con apenas 13 litros diarios por habitante al año, cuando el ideal son al menos 100 litros.

Con estas características, sumadas a la pérdida forestal recurrente en la cuenca, marginación, erosión, fenómenos meteorológicos adversos y falta de preparación, así como la escasez de agua ya descrita; no resulta extraño que en un escenario de cambio climático si no existe una conciencia ambiental orientada a cambiar nuestras acciones, en los próximos 6 años (2030), es posible que se presente un estrés hídrico donde del 20 % al 40 % de la población demande agua, pero no tenga acceso a ella.

Referencias

- Bolaños-González, M., Paz Pellat, F., Cruz-Gaistardo, C., Espinoza, J., Romero Benítez, V. y Cabrera, J. (2016). Mapa de erosión de los suelos de México. *Terra Latinamericana*, 34, 271–278. <https://www.terralatinoamericana.org.mx/index.php/terra/article/view/149/>
- Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED). (2024). *Sistema de Consulta de Declaratorias 2000-2023*. Gobierno de México. <http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/apps/Declaratorias/>
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). (2024). *Calidad del agua en México*. <https://www.gob.mx/conagua/articulos/calidad-del-agua>
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). (2022). *Ríos y lagos*. Ecosistemas de México. <https://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/ecosismex/rios-y-lagos>
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). (2024). *Catálogo de autoridades taxonómicas de especies de flora y fauna con distribución en México*. Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB). <https://www.snib.mx/>
- Consejo Nacional de Población (CONAPO). (2021a). *Índice de marginación por localidad 2020. Índices de marginación 2020*. <https://www.gob.mx/conapo/documentos/indices-de-marginacion-2020-284372>
- Consejo Nacional de Población (CONAPO). (2021b). *Índice de marginación por localidad 2020. Documento* (Índices de marginación 2020). https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/835461/Indices_Coleccion_280623_localidad.pdf
- De la Rosa, A. y Ruelas-Monjardín, L. C. (2019). Riesgo de desastre por deslizamiento de laderas en la Cuenca del río Nautla, Veracruz. En D.

- Fabre, I. Ortiz, y G. Busso (Eds.), *Agua. Territorialidades y dimensiones de análisis* (pp. 401-427). Serie Manovuelta. <https://bit.ly/4brgqKd>
- De la Rosa, A., Valdés-Rodríguez, O. A. y Ruelas-Monjardín, L. C. (2020). Usos de suelo y su relación con procesos de remoción en masa en la cuenca del río Nautla, Veracruz, México. En G. R. Adriana, D. A. Fabre Platas. y G. Ortega Pineda (Eds.), *Miradas Colectivas. Rutas y aportes a la sustentabilidad* (pp. 49-64). Secretaría de Medio Ambiente del Estado de Veracruz. <https://bit.ly/3yttqAy>
- De la Rosa, A., Valdés-Rodríguez, O. A., Villada-Canela, M., Manson, R. y Murrieta-Galindo, R. (2021). Caracterizando la seguridad hídrica con enfoque de cuenca hidrológica: Caso de estudio Veracruz, México. *Ingeniería del agua*, 25(3), 187-203. <https://polipapers.upv.es/index.php/IA/article/view/15221>
- Dissanayaka, K. D. C. R. y Rajapakse, R. L. H. L. (2019). Long-term precipitation trends and climate extremes in the Kelani River basin, Sri Lanka, and their impact on streamflow variability under climate change. *Paddy and Water Environment*, 17(2), 281-289. <https://doi.org/10.1007/s10333-019-00721-6>
- Fernández-Eguiarte, A., Romero-Centeno, R., Zavala-Hidalgo, J. y Kucienska, B. (2014). Precipitación acumulada mensual promedio (1902-2015). En *Atlas Climático de México y Áreas Adyacentes Volumen 2* (1a ed.). Universidad Nacional Autónoma de México, Centro de Ciencias de la Atmósfera, Comisión Nacional del Agua, Servicio Meteorológico Nacional. https://atlasclimatico.unam.mx/ACM_vol2/
- Garrido, A., Pérez, J. y Enríquez, C. (2010). Delimitación de las zonas funcionales de las cuencas hidrográficas de México. *Las cuencas hidrográficas de México: diagnóstico y priorización*. Instituto de Ecología

- de México Press, México, 14–17. <https://agua.org.mx/wpcontent/uploads/2011/02/CuencasHidrogra%CC%81ficas-1.pdf>
- Grey, D. y Sadoff, C. W. (2007). Sink or Swim? Water security for growth and development. *Water Policy*, 9(6), 545–571. <https://doi.org/10.2166/wp.2007.021>
- Hansen, M. C., Potapov, P. V, Moore, R., Hancher, M., Turubanova, S. A., Tyukavina, A., Thau, D., Stehman, S. V, Goetz, S. J. y Loveland, T. R. (2013). High-resolution global maps of 21st-century forest cover change. *Science*, 342, 850–853. <http://earthenginepartners.appspot.com/science-2013-global-forest>
- Hernández, M., G., Espíndola Rafael, V. y De la Rosa, A. (2019). *El café de México. La riqueza de sus regiones*. CAFECOL.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2010). *Red hidrográfica escala 1:50,000 edición 2*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). <https://www.inegi.org.mx/temas/hidrografia/#Descargas>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2013). *Continuo de elevaciones mexicanas, CEM 3*. INEGI. <https://www.inegi.org.mx/app/g eo2/elevacionesmex/>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2017). *Guía para la interpretación de cartografía uso del suelo y de vegetación: Escala 1: 250 000. Serie VI (VI)*. INEGI. <https://bit.ly/4bwkIFK>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2022a). *Principales resultados por localidad (ITER) 2020*. https://www.inegi.org.mx/app/sci tel/doc/descriptor/fd_iter_cpv2020.pdf
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2022b). *Marco Geoestadístico*. INEGI. <https://www.inegi.org.mx/temas/mg/>

- Karra, K., Kontgis, C., Statman-Weil, Z., Mazzariello, J. C., Mathis, M. y Brumby, S. P. (2021). Global land use / land cover with Sentinel 2 and deep learning. *2021 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium IGARSS*, 4704–4707. <https://doi.org/10.1109/IGARSS47720.2021.9553499>
- Montanarella, L., Badraoui, M., Chude, V., Costa, I., Mamo, T., Yemefack, M., Aulang, M. S., Yagi, K., Hong, S. Y. y Vijarnsorn, P. (2015). *Status of the world's soil resources: main report*. Rome: FAO. <https://bit.ly/3yvbZ2J>
- Planet Labs. Inc. (2024). Mosaico de reflectancia superficial, marzo 2024. En *Iniciativa Internacional de Noruega sobre el Clima y los Bosques*.
- United Nations Environment Programme (UNEP). (2021). *Making Peace with Nature: A scientific blueprint to tackle the climate, biodiversity and pollution emergencies*. ONU. <https://www.unep.org/resources/making-peace-nature>
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2010, 26 de noviembre). NORMA Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación. https://dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5173091
- Secretaria de Gobernación (2011, 06 de noviembre). ACUERDO por el que se dan a conocer los estudios técnicos de aguas nacionales superficiales de la Cuenca Hidrológica Río Actopan de la Región Hidrológica denominada Papaloapan. Diario Oficial de la Federación. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5227831&fecha=03/01/2012#gsc.tab=0

United States Geological Survey (USGS). (2018). *NDVI, the Foundation for Remote Sensing Phenology*. Remote Sensing Phenology. <https://bit.ly/3KdsD9n>

World Wildlife Fund (WWF). (2022). *¿Por qué los ríos son más que fuentes de agua?* WWF. <https://www.wwf.org.co/?379150/Por-que-los-rios-son-mas-que-fuentes-de-agua>





Dinámica poblacional, relevo generacional y adopción de innovaciones tecnológicas para el uso sustentable del agua en la cafecultura de Jilotepec, Veracruz, México

Martha Elena Nava Tablada

Instituto de Investigaciones Histórico-Sociales, Universidad Veracruzana



marnava@uv.mx

Resumen

México ha permanecido entre los diez principales productores de café del mundo y el estado de Veracruz ocupa el segundo lugar nacional. Sin embargo, el sector cafetalero mexicano sufre crisis recurrentes, observándose bajo rendimiento, pérdida de empleo, migración, abandono de plantaciones, deterioro de recursos naturales, edad avanzada de los productores y riesgo de que no exista un relevo generacional de jóvenes que continúe la cafecultura. En este contexto, el objetivo fue identificar la existencia de un proceso de envejecimiento poblacional y falta de relevo generacional en el municipio cafetalero de Jilotepec, Veracruz, y cómo se relacionan estos fenómenos con la disposición a adoptar innovaciones tecnológicas para el uso sustentable del agua en el beneficiado húmedo del grano y la disposición final de aguas residuales. En Jilotepec se observa un proceso de envejecimiento poblacional y falta de relevo generacional, que aunque en el presente no parece afectar la disposición de los cafecultores a adoptar

innovaciones tecnológicas para el uso sustentable del agua en el beneficio húmedo del grano y la disposición final de las aguas residuales, a futuro constituye una problemática latente que amenaza con obstaculizar la continuidad del desarrollo del sector cafetalero hacia la sustentabilidad.

Palabras clave: Café, envejecimiento, jóvenes, ruralidad, sustentabilidad

Abstract

Mexico has remained among the top ten coffee producers in the world and the state of Veracruz ranks second nationally. However, the Mexican coffee sector suffers from recurrent crises, with low yields, job losses, migration, abandonment of plantations, deterioration of natural resources, advanced age of producers and the risk that there will not be a generational change of young people to continue coffee growing. In this context, the objective was to identify the existence of a process of population aging and lack of generational renewal in the coffee-growing municipality of Jilotepec, Veracruz and how these phenomena are related to the willingness to adopt technological innovations for the sustainable use of water in the wet processing of the grain and the final disposal of wastewater. In Jilotepec there is a process of population aging and lack of generational renewal, which although at present does not seem to affect the willingness of coffee growers to adopt technological innovations for the sustainable use of water in the wet processing of the bean and the final disposal of wastewater, but in the future it constitutes a latent problem that threatens to hinder the continuity of the development of the coffee sector towards sustainability.

Keywords: Coffee, aging, young people, rurality, sustainability

Introducción

México históricamente ha permanecido entre los diez principales productores de café del mundo, aunque para 2018 datos oficiales indican que ocupa el onceavo lugar aportando 2.4% del total de producción mundial, mientras que para el 2020 Vázquez et al. (2022) reportan que ocupó el treceavo lugar con una producción de 175, 555 toneladas. A pesar de ello, continúa siendo líder internacional en café orgánico (3.24% del total de la superficie cultivada está certificada como orgánica y exporta 28,000 toneladas mayormente Estados Unidos y la Unión Europea); también es pionero en la comercialización de café en el esquema de Comercio Justo y productor de cafés de excelente calidad, dado que las condiciones geográficas, climáticas, edafológicas, de altitud y sistemas productivos bajo sombra, permiten cultivar variedades como la arábica, catalogadas entre las mejores del mundo. En la década de 1990 con la implementación en México de un modelo de desarrollo neoliberal que implicó el retiro del apoyo del Estado al sector rural, el café perdió peso en las exportaciones agropecuarias, pero permanece como una fuente importante de divisas para el país, ya que aporta 0.66% del Producto Interno Bruto (PIB) agrícola nacional y el 1.34% de la producción de bienes agroindustriales (SADER, 2018).

El sistema productivo de café en México tiene gran relevancia ecológica, pues 99% de los predios se cultiva bajo sombra, ayudando a conservar el bosque mesófilo de montaña (también conocido como bosque de niebla) que es reservorio de una rica biodiversidad. Además, la cafecultura es un ámbito productivo estratégico nacional dado que emplea aproximadamente a 500,000 productores de 14 estados y 480 municipios (muchos de ellos con predominio de población indígena); si además se toma en cuenta el número

de personas que obtienen sus ingresos de ella (productores, acopiadores, beneficiadores, comercializadores) representa la segunda actividad agrícola, solo superada por el maíz (SAGARPA, 2017).

En México, el estado de Veracruz ocupa el segundo lugar como productor de café, aportando 24% del volumen nacional, solo superado por Chiapas que produce el 41%; además, la región central montañosa veracruzana es reconocida en el mercado internacional por su producción de cafés de altura de gran calidad (SADER, 2018).

El cultivo de café en el país tuvo auge a partir de la década de 1950 con la adopción de paquetes tecnológicos y variedades que incrementaron la productividad y orientaron la producción a la exportación en el mercado internacional. Sin embargo, el aumento de los volúmenes de producción en la mayoría de los países donde se practicaba la cafecultura y el ingreso de nuevo productores como Vietnam al mercado mundial de café, se tradujo en una sobreproducción global (sobre todo de cafés de menor calidad de la variedad robusta) que deterioró el precio internacional. La desregulación del mercado internacional y el retiro del apoyo del Estado mexicano al sector cafetalero con la desaparición del Instituto Mexicano del Café (INMECAFÉ) vino a agravar la problemática sobre todo a los pequeños cafecultores, quienes a partir de 1990 sufren crisis recurrentes que afectan negativamente los sistemas de producción bajo sombra en la mayoría de las regiones cafetaleras mexicanas, donde se observa: pérdida de empleos, aumento de la migración, abandono de plantaciones, impacto ambiental por la tala de cafetales, alta incidencia de plagas y enfermedades que afectan la calidad del grano (como la broca y roya), bajos rendimientos, caída del nivel de vida de la población que depende del café, avanzada edad de los productores y

riesgo de que no exista un relevo generacional de jóvenes que continúe la actividad productiva en los cafetales (Hernández y Nava, 2016).

Ante esta problemática, el Plan Nacional Agrícola 2017-2030 para maximizar la producción del café mexicano (SAGARPA, 2017) plantea diversas estrategias para enfrentar las crisis, las cuales van desde campañas fitosanitarias contra la broca y la roya, mejora de la calidad del grano, generación de valor agregado, fomento a la cultura de consumo nacional, diversificación productiva, así como la introducción de innovaciones tecnológicas que orienten el cultivo de café hacia la sustentabilidad para que los productores puedan transitar hacia la conversión necesaria para obtener certificaciones de café en los llamados mercados alternativos “verdes” donde el precio es más alto debido a que incluye un sobrepago por la conservación de la biodiversidad y la captura de carbono (orgánicos, de sombra, sustentables, amigos de las aves, entre otros) (Nava, 2016). Específicamente en cuanto a la innovación tecnológica orientada hacia la sustentabilidad dicho Plan incluye tres objetivos: 1) Promover la innovación y transferencia de tecnología sustentable; 2) Impulsar sistemas de producción sostenible con buenas prácticas que maximicen la calidad del producto; y 3) Fomentar la Innovación y transferencia tecnológica que permitan mejorar la capacidad de adaptación de las plantaciones al cambio climático (SAGARPA, 2017).

En este panorama, se ha abordado escasamente cómo afecta la edad avanzada de los productores y la falta de relevo generacional de los jóvenes a la adopción de innovaciones tecnológicas sustentables en la cafecultura, aunque se consideran entre las problemáticas futuras más preocupantes.

Hernández y Nava (2019) señalan que si bien el envejecimiento poblacional es una etapa “normal” de la transición demográfica de los países

en su proceso de desarrollo, que se relaciona con el incremento de la esperanza de vida y la disminución de la natalidad; en el ámbito rural es mayor debido a que se suma la alta emigración de la población joven en edad productiva, sobre todo por la falta de oportunidades de empleo bien remunerado y condiciones de vida equiparables a las de las zonas urbanas.

Ramírez y Nava (2019) coinciden en que si bien, la disminución y envejecimiento de la población rural es un fenómeno que se observa en todo el mundo (incluidos países desarrollados), esta situación es más aguda en los países en desarrollo como México y conlleva a la reducción del número de residentes rurales ante la falta de oportunidades de empleo bien remunerado y la consecuente migración selectiva de jóvenes, lo que a su vez incide en el cambio de estructura por edad, caracterizado por el predominio de pobladores en edades avanzadas, lo cual generalmente deriva en un círculo de declive demográfico y socioeconómico. El incremento de personas mayores en las zonas rurales y la emigración de pobladores en edad productiva se refleja en que la mano de obra esté constituida por personas de la tercera edad y la ausencia de jóvenes sucesores que se hagan cargo de las unidades de producción a futuro para asegurar el reemplazo generacional. A este fenómeno se le ha denominado “envejecimiento” de la población rural y se percibe desde la década de los años ochenta en los países desarrollados que han puesto de relieve cómo el elevado número de productores en edad avanzada, constituye una limitante para la continuación del desarrollo rural.

Algunos datos dan cuenta de esta situación, pues para el área rural de América Latina, el porcentaje de población mayor de 60 años pasa de 6.3% en 1985, a 7.6% en 2000 y a 10.2% en 2015 (Dirven, 2016), sin embargo, es la Población Económicamente Activa (PEA) agrícola la que muestra la máxima proporción de personas mayores de 60 años (11% de la PEA agrícola total);

esta proporción se incrementa a más del 20% si sólo se considera a los productores responsables del manejo de los predios, incluso en algunos países el porcentaje es mayor, por ejemplo, en Brasil 24% de los productores son mayores de 60 años y en Panamá 32%. En México la edad promedio de los ejidatarios es de 51 años y 24.5% tiene más de 65 años, mientras que en los productores privados la edad promedio es de 53 años y 25% tiene más de 65 años (Dirven, 2016).

Nava y Hernández (2017) anotan que en México 57% de los responsables de las unidades económicas rurales son mayores de 50 años, lo que implica que en una década más, esta población estará por concluir su etapa productiva. Sin embargo, no se aprecia un relevo generacional de jóvenes que sustituyan a sus padres en las labores productivas y la conservación del patrimonio sociocultural rural. También se observa una escasa transferencia de la propiedad de las tierras a la población joven que aún se encuentra en el campo.

Es decir, como la mayoría de los países del mundo, México ha experimentado un proceso de transición demográfica, derivado de la disminución en la tasa de fecundidad, el crecimiento de la esperanza de vida y la migración nacional e internacional de la población joven en edad productiva, principalmente en espacios rurales. Este proceso de transición demográfica constituye un problema potencial para el sector rural, el cual empieza a caracterizarse por el predominio de población en edades avanzadas (envejecimiento), que se agudiza con la migración de los jóvenes y tiene un impacto negativo en la dinámica socioeconómica rural del país (Aguirre et al., 2016).

Nava y Hernández (2017) agregan que en México, la presencia mayoritaria de productores rurales de mayor edad tiene implicaciones para

la producción, adopción tecnológica y el manejo sustentable de los recursos naturales, debido a que la capacidad productiva declina en edades avanzadas al disminuir las capacidades físicas, por lo que el reemplazo generacional es esencial para la subsistencia del sector rural. Sin embargo, para que se realice dicha transición deben existir jóvenes dispuestos a continuar con la unidad de producción familiar.

El proceso de envejecimiento, sus orígenes y consecuencias en el medio rural, aplican también para el sector cafetalero latinoamericano y nacional. Al respecto, López (2013) reporta que, en áreas cafetaleras de Colombia, se observa el envejecimiento de los productores, ya que la edad promedio es de 54.5 años, mientras 30% tiene más de 62 años y se encuentra en edad de retiro; por tanto, sus esfuerzos no están enfocados en el mejoramiento productivo ni tecnológico de los predios. Además, esta generación de productores presenta baja escolaridad: 11% no recibieron educación, 76% tenían primaria, 12% educación media y 0.12% estudios técnicos o universitarios. Igualmente, encuentran que la actual generación de cafecultores no está siendo relevada por las generaciones jóvenes, sino que se incrementó la migración de los jóvenes rurales (que tienen mayor nivel educativo que sus padres) hacia zonas urbanas o el extranjero.

Para el caso de las regiones cafetaleras mexicanas, Aguirre et al. (2016) encuentran que el rango promedio de edad de los productores era de 51 años e igualmente reportan la falta de relevo generacional puesto que 56% de la población en edad productiva emigra. También señalan que las problemáticas identificadas en la cafecultura están relacionadas con el alto porcentaje de cafecultores en edades avanzadas, pues esto dificulta la adopción de nuevas tecnologías y se agudiza ante la baja escolaridad de los adultos mayores que manejan los predios cafetaleros. Otras investigaciones

encuentran datos similares respecto al proceso de envejecimiento que se observa en la mayoría de las regiones cafetaleras mexicanas, AMECAFE (2012) reporta que en el país la edad promedio de los productores de café es de 55 años. En la zona centro de Veracruz, Hernández y Nava (2016) encuentran que es de 60 años o más; Apodaca et al. (2016) indican 64 años y Rosales et al. (2018) 53 años.

Los datos expuestos hacen evidente la existencia de un proceso de envejecimiento de los productores cafetaleros y escasa participación de jóvenes en la cafecultura, dado que la población en edad productiva prefiere emigrar a laborar en las ciudades, Estados Unidos o Canadá, lo que impide la incorporación de las nuevas generaciones en la cadena productiva del café. El fenómeno migratorio de la población rural joven obedece a diversos factores entre los que pueden mencionarse la falta de ingresos en el campo, los bajos niveles de bienestar, el incremento de la pobreza y la ausencia de políticas rurales que contemplen específicamente la incorporación y permanencia de los jóvenes en las actividades productivas.

Al respecto, Nava (2022) coincide en que tanto el envejecimiento poblacional como la escasa participación de los jóvenes en la cafecultura constituyen graves problemas sociales que amenazan la continuidad del sector cafetalero, dado que los hijos de los productores se están desvinculando de la producción, beneficiado y comercialización del café; situación que obstaculiza la transmisión de conocimientos y experiencias entre generaciones, a la par que limita la mejora tecnológica y la orientación hacia sistemas de producción y beneficiado sustentables, ya que algunos estudios reportan que a mayor edad de los productores existe menor disposición a la adopción de innovaciones tecnológicas, pues están muy apegados a sus métodos tradicionales, tienen baja escolaridad, sus

capacidades físicas declinan y sus objetivos de vida se orientan mayormente al retiro que a la mejora de la actividad productiva (Rosales et al., 2018).

En contraparte, los jóvenes están más abiertos a aceptar y adoptar nuevas tecnologías productivas, tienen mayor escolaridad que su padres y abuelos, están en la plenitud de sus capacidades físicas de trabajo, tienen una visión más emprendedora y se encuentran en la etapa de construcción de proyectos de vida a futuro, por lo que resulta prioritaria la búsqueda e implementación de estrategias para motivarlos a continuar con los sistemas socio-productivos y la identidad cultural que se ha conformado en torno a la cafecultura (Nava, 2022).

Es necesario agregar que la inserción laboral de la juventud rural en las regiones cafetaleras mexicanas se lleva a cabo en un contexto de declinación del número de jóvenes, incremento de la población de mediana y avanzada edad, aumento significativo de la educación formal de las nuevas generaciones en comparación con las cohortes anteriores, así como un creciente contacto con las tecnologías de información que conlleva el cambio de las identidades culturales locales y promueven patrones de consumo occidentales y urbanos, acordes con los procesos de globalización del espacio rural (Dirven, 2016). Al respecto, Hernández (2018) insiste en que asegurar la incorporación de los jóvenes a los procesos socioeconómicos y culturales de los espacios cafetaleros, para concretar con éxito el relevo generacional, representa una cuestión central para la permanencia en el tiempo de la cafecultura mexicana y la renovación tecnológica de la misma orientada hacia la sustentabilidad.

Es relevante indicar que son escasas las investigaciones que abordan temas emergentes en las regiones cafetaleras mexicanas, como la relación del envejecimiento rural y la falta de relevo generacional con la adopción de

tecnologías sustentables, por ejemplo, el uso eficiente del agua en el beneficiado húmedo del grano, de aquí la importancia de abonar a este campo del conocimiento poco explorado, específicamente en el espacio cafetalero del centro de Veracruz.

El estudio se enfoca en la disposición a adoptar tecnologías ahorradoras de agua en el proceso de beneficio húmedo tradicional, donde se requieren volúmenes considerables de agua que llegan a ser de alrededor de 2000 a 3000 litros por quintal pergamino, si no se tiene ningún control y entre 40 y 60 litros para obtener 1 kg de café pergamino seco (Fernández et al., 2020). Además, se generan dos subproductos: aguamiel y pulpa de café, que son contaminantes potenciales del recurso hídrico si carecen de un manejo de disposición adecuado. Es decir, el proceso normal de beneficiado húmedo de café genera subproductos que al no ser manejados de manera eficiente y controlada provocan contaminación ambiental que pudiera ser evitada, por ejemplo, la pulpa que representa 40% del peso del fruto maduro cosechado puede ser aprovechada como abono orgánico mediante un tratamiento adecuado (compostaje), en lugar de constituir un contaminante para el agua y el suelo (ANACAFÉ, 2018).

Al respecto, Morales et al. (2021) agregan que durante el beneficio húmedo del café solo 5% se aprovecha, el resto genera volúmenes de agua residual (hasta 40 L/kg de café pergamino seco) cuya eliminación sin tratamiento provoca contaminación, por ejemplo, eutrofización de los cuerpos de agua al afectar la fotosíntesis, lo cual pudiera evitarse si el agua residual es sometida a tratamiento para que pueda reutilizarse para riego agrícola, por ello es necesario desarrollar e implementar innovaciones tecnológicas e infraestructura económicas y de fácil manejo que incluyan

protocolos de manejo eficiente del agua para evitar afectaciones al medio ambiente durante el beneficio húmedo de café.

En el contexto expuesto, el objetivo de investigación fue identificar la existencia de un proceso de envejecimiento poblacional y falta de relevo generacional en la zona cafetalera del centro de Veracruz y como se relacionan estos fenómenos con la disposición de los productores para adoptar innovaciones tecnológicas para el uso sustentable del agua en el proceso de beneficiado húmedo del grano y la disposición final de las aguas residuales, específicamente en el municipio de Jilotepec, Veracruz. Para ello, se analizó la evolución de las pirámides de población del municipio correspondientes a los censos que van de 1930 a 2020 y se aplicaron 50 encuestas a cafecultores, donde se incluyeron preguntas que registraron datos generales del productor y los familiares que ayudan en la producción de café (sexo, edad, escolaridad, ocupación principal, parentesco con el dueño, actividades donde apoyan), datos generales de la producción de café (tipo de propiedad, hectáreas cultivadas, años de ser cafecultor, producción por ha y beneficiado del grano), así como cuestionamiento referentes a su disposición para conocer y adoptar innovaciones tecnológicas para el uso sustentable del agua en el proceso de beneficiado húmedo y la disposición final de aguas de desecho, y finalmente la actitud de sus descendientes para continuar con la producción de café.

El municipio de Jilotepec, Veracruz

El municipio de Jilotepec se localiza en la zona montañosa central de Veracruz, entre los paralelos 19°35' y 19°39' de latitud norte; los meridianos 96°50' y 96°59' de longitud oeste; tiene una altitud que oscila de los 860 a los 1,900 m. Sus colindancias son las siguientes: al norte con los municipios de

Tlacolulan, Coacoatzintla y Naolinco; al este con Naolinco y Xalapa; al sur con Xalapa y Banderilla; al oeste con Banderilla, Rafael Lucio y Tlacolulan. Cuenta con una superficie de 56.3 km² que representan el 0.1% del territorio estatal. La cabecera municipal se encuentra a escasos 12 km (aprox. 20 minutos) de la ciudad de Xalapa, capital del estado de Veracruz. El clima que predomina en 73% de su territorio es semicálido húmedo con lluvias todo el año, con un rango de temperatura que va de 16 a 22° C y precipitación entre 1400 a 1600 mm anuales. En cuanto al uso del suelo y vegetación, predomina la actividad agrícola que ocupa 27.1 km², seguida de la vegetación secundaria con 16.7 km², el pastizal cultivado 11.2 km² y las áreas urbanas 1.3 km² (SIEGVER, 2023).

La cabecera municipal es Jilotepec, cuenta con 34 localidades (2 urbanas y 32 rurales). Tiene una población total de 15,585 habitantes (8,015 hombres y 8,570 mujeres). Su densidad poblacional es de 294.7 hab/km². La tasa de crecimiento media en el periodo 2015-2020 fue de -0.12, es decir, la población total ha disminuido, lo que puede reflejar entre otras cosas la existencia de flujos migratorios. La edad mediana de la población es de 31 años, mientras que por grupos de edad se distribuye de la siguiente manera: Infantil (0-14 años) con 3,911; joven y adulta (15-64 años) con 11,129; y tercera edad (65 años y más) con 1,545. Sin embargo, si se desglosa la población por grupos quinquenales de edad, según sexo en una pirámide de población, se observan indicios de envejecimiento poblacional (Figura 1) (SIEGVER, 2023).

En el ámbito educativo, 90.5% de la población de 6 a 14 años sabe leer y escribir; 5.9% de la población de 15 años y más es analfabeta y 39.6% no completó la primaria. El número total de viviendas es de 4,619; 92.5% cuenta con agua entubada, 92.4% con drenaje, 98.2% con energía eléctrica, 97.4% con servicio de sanitario, solo el 2% tiene piso de tierra y el 98% cuenta con

piso de cemento, madera o mosaico; pero 27.1% presenta algún nivel de hacinamiento. El grado de rezago social y marginación son bajos; el grado de desarrollo humano pasó de medio en 2010 a alto en 2020, sin embargo, 63% de la población vive en pobreza, 51.6% en pobreza moderada, 11.4% pobreza extrema, 22.2% es vulnerable por carencia social, 7.7% vulnerable por ingreso y sólo 7.1% no es pobre ni vulnerable; además, 88.6% de la población ocupada recibe un ingreso bajo de hasta 2 salarios mínimos (SIEGVER, 2023).

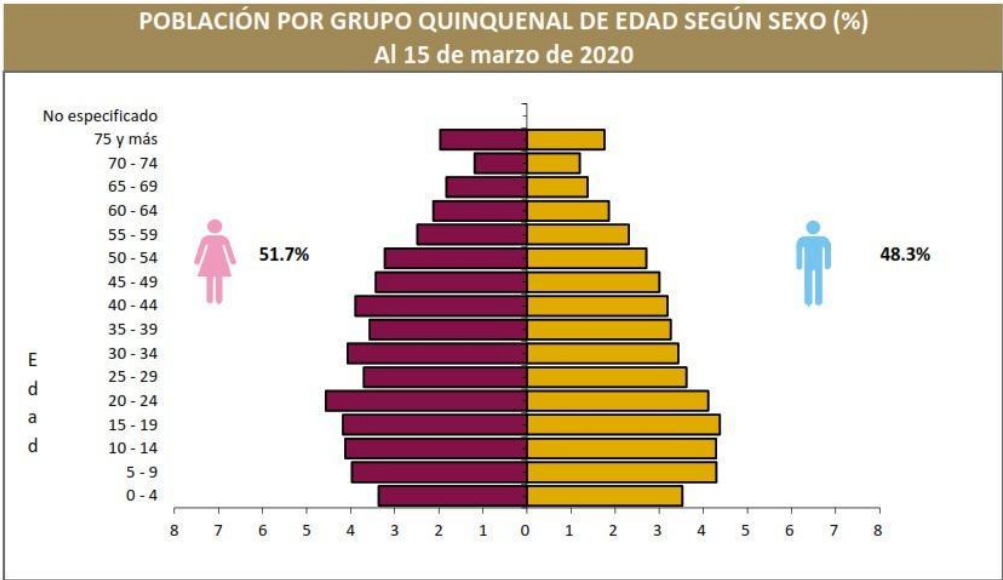


Figura 1. Pirámide de población del municipio de Jilotepec, Veracruz (2020)
Fuente: SIEGVER (2023)

En el rubro de empleo, del total de población económicamente activa (7,697), 97.8% se encuentra ocupada, predominantemente en el sector terciario (61.7%), seguido del sector secundario (21.1%) y por último el sector primario (16%). El principal cultivo es el café, que para 2020 se cosechó en 1,776.5 ha. (75.9% del total de superficie cultivada), con una producción de 3,552.9 ton, cuyo valor fue de 42,261 miles de pesos (67.4% del valor de

producción agrícola total); en segundo lugar, está la caña de azúcar con una superficie cosechada de 317.8 ha y en tercer lugar el maíz grano con 245 ha (SIEGVER, 2023).

Dinámica poblacional del municipio de Jilotepec

Las pirámides de población proporcionan una visión de la evolución de la composición poblacional por edad y sexo; la estructura de una pirámide muestra el comportamiento de estos indicadores que están determinados por los nacimientos, muertes y migraciones. La estructura por edades de la población permite explicar fenómenos demográficos y socioeconómicos como epidemias, guerras, nivel de fecundidad y mortalidad, movimientos migratorios y envejecimiento poblacional (Pérez et al., 2023).

Si la pirámide presenta una base dilatada y una cúspide estrecha (pirámide con un perfil expansivo), se considera una estructura de población joven, con una alta proporción de niños y jóvenes, debido a una alta fecundidad y mortalidad; la cual se asocia a países subdesarrollados o zonas rurales en las primeras etapas de transición demográfica (Pérez et al., 2023), tal y como se aprecia en las pirámides poblacionales de Jilotepec para el periodo 1930-197 (Figura 2).

Las poblaciones que inician su proceso de envejecimiento tienen una fecundidad y mortalidad decrecientes presentando pirámides que empieza a reducir gradualmente su base y ensanchar su parte media y la cúspide (pirámide estacionaria), tendiendo a una figura que asemeja cada vez más un edificio (hasta llegar en sus últimas fases a una base estrecha y casi del mismo ancho que la cúspide); este tipo de pirámide corresponde a una población de estructura vieja, con baja fecundidad y mortalidad, la cual se

observa en los países desarrollados o zonas rurales donde además existe una alta emigración de jóvenes (Pérez et al., 2023).

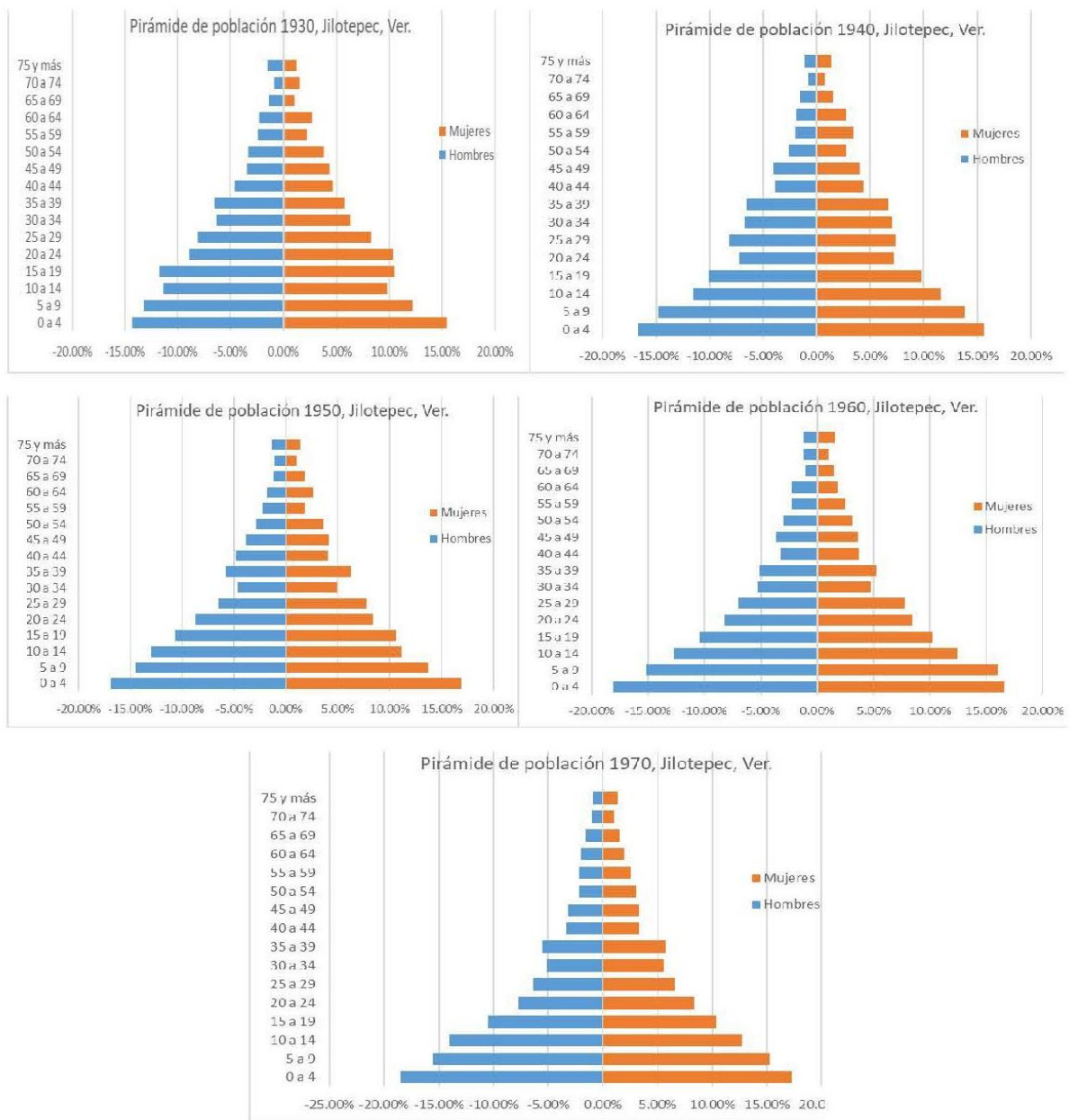


Figura 2. Pirámides de población del municipio de Jilotepec, Veracruz (1930-1970). Fuente: INEGI (2024).

Para el caso de Jilotepec este proceso de transición demográfica se inicia en la década de los años ochenta y se observa claramente el envejecimiento poblacional en la pirámide de perfil estacionario para 2020, donde los segmentos de población adulta y adulta-mayor van adquiriendo mayor importancia relativa (Figura 3).

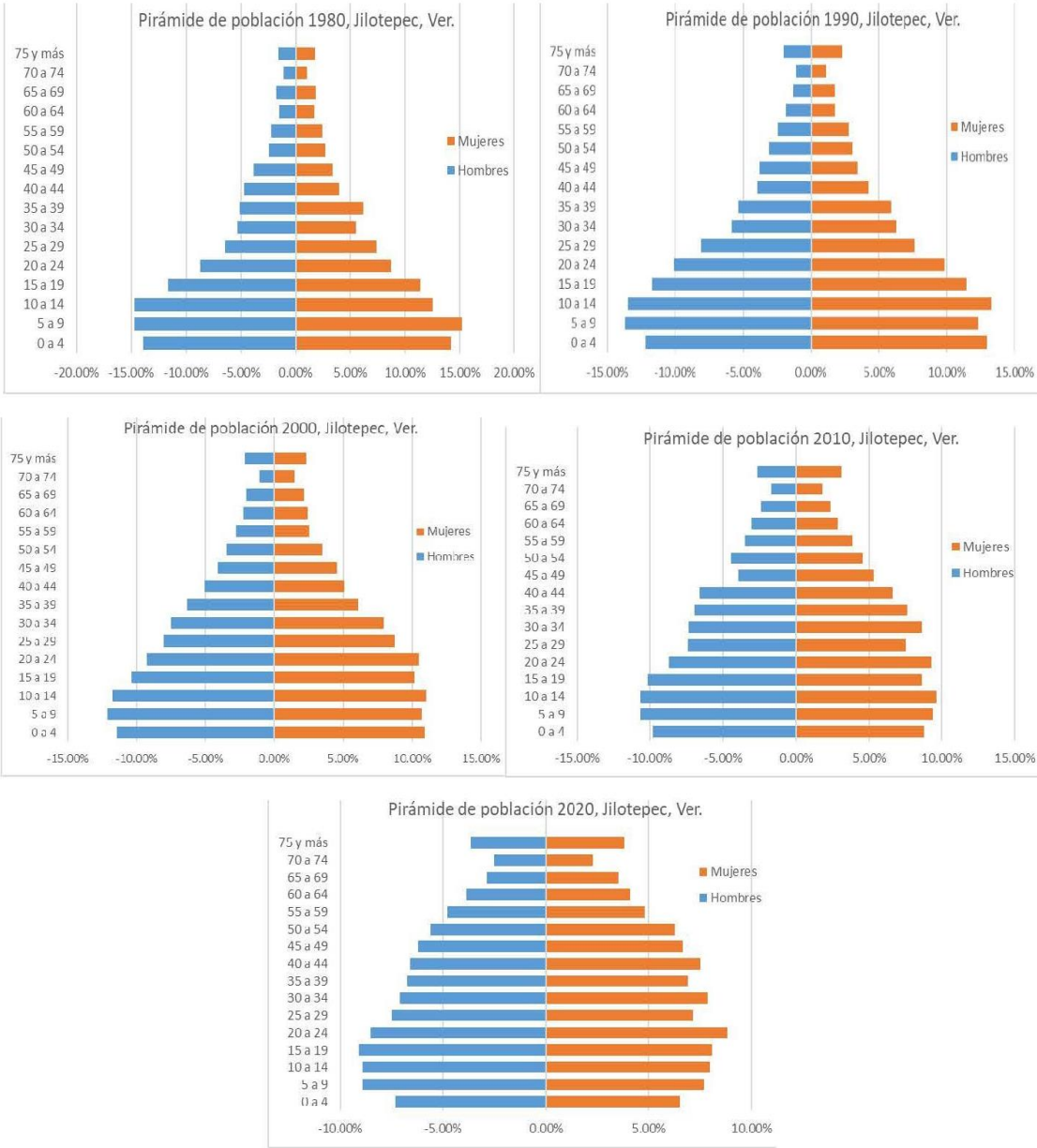


Figura 3. Pirámides de población del municipio de Jilotepec, Veracruz (1980-2020). Fuente: INEGI (2024).

Es decir, a nivel municipal y mediante el uso de los datos estadísticos de los censos del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), resulta evidente el envejecimiento poblacional de los habitantes de Jilotepec, relacionados con los procesos de baja de mortalidad y natalidad y agudizados por la migración de población en edad productiva, sobre todo a la ciudad de Xalapa (capital del estado de Veracruz) que se encuentra a escasos 20 minutos.

Características de las familias cafetaleras e innovaciones tecnológicas

En lo referente a las características generales de las y los 50 cafeticultores encuestados el 80% fueron hombres y 20% mujeres; su promedio de edad fue de 58 años (con un rango de variación de 33 a 85 años), predominando los productores mayores de 50 años (74%) (Tabla 1). La mayoría (76%) tienen baja escolaridad (sin escolaridad, primaria o secundaria) (Tabla 2).

Tabla 1. *Edad de los encuestados (años)*

Rango de edad	Frecuencia	%
71 y más	5	10
61-70	19	38
51-60	13	26
41-50	8	16
30-40	5	10
Total	50	100

Fuente: Elaboración propia con base en datos de la encuesta.

Tabla 2. Escolaridad de los encuestados

Escolaridad	Frecuencia	%
Primaria	27	54
Secundaria	10	20
Preparatoria	4	8
Licenciatura	7	14
Posgrado	1	2
Sin escolaridad	1	2
Total	50	100

Fuente: Elaboración propia con base en datos de la encuesta.

En tipo de tenencia de la tierra, 70% son ejidatarios y 30% pequeños propietarios privados; cuentan con una superficie promedio de 1.84 ha, siendo la menor superficie registrada de 0.25 (1/4 de ha) y la mayor de 6 ha (Tabla 3).

Tabla 3. Superficie de la finca (ha)

Hectáreas	Frecuencia	%
1 o menos	18	36
1 a 2	18	36
Más de 2 y hasta 6	12	24
No contestó	2	4
Total	50	100

Fuente: Elaboración propia con base en datos de la encuesta.

Las toneladas de café cereza promedio cultivadas por hectárea durante los tres últimos años (Tabla 4), 38% han obtenido desde más de 8 hasta 5 ton/ha, lo cual se considera un rendimiento bueno.

Tabla 4. *Promedio de café cereza/ha cosechado en últimos 3 años (ton)*

Toneladas	Frecuencia	%
Más de 8	4	8
6 a 8	5	10
3 a 5	10	20
1 a 2	22	44
Menos de 1	6	12
No sabe	3	6
Total	50	100

Fuente: Elaboración propia con base en datos de la encuesta.

Mientras 44% obtuvieron de 1 a 2 ton/ha, es decir la mayoría se encuentra sobre o dentro del promedio nacional reportado en 2022 para café cereza que es de 1.5 ton/ha (Vázquez et al., 2022). En cuanto al tiempo que llevan cultivando café (Tabla 5), casi el 80% tiene más de 20 años como cafeticultor, lo que coincide con la edad avanzada de los mismos.

Tabla 5. *Tiempo de cultivar café*

Años	Frecuencia	%
Más de 20 años	38	76%
11 a 20 años	6	12%
6 a 10 años	4	8%
Menos de 5 años	2	4%
Total	50	100%

Fuente: Elaboración propia con base en datos de la encuesta.

Cuando se les preguntó si al interior de su familia había miembros que los apoyaran en el cultivo del café, 84% respondió afirmativamente y 16% que no, dado que ellos solos se encargaban de los trabajos en la finca. De los 42 productores que reciben apoyo de algún familiar en el cultivo del café, 83.3% indicaron que colabora solo un miembro de la familia y 16.7% que los ayudaban dos familiares. En cuanto a la relación familiar de los miembros que apoyan al dueño de la finca, por orden de importancia mencionaron: hermanos(as), hijos(as), esposos(as) y otros familiares (nietos, yernos, cuñados, tíos, entre otros). La mayoría de los familiares (aproximadamente 80%) se involucran en todas las actividades del proceso, desde las labores de cultivo en campo, la cosecha, beneficiado y venta; el resto apoya específicamente en alguna(as) de las actividades mencionadas.

En cuanto a la escolaridad de los familiares que apoyan en la cafecultura (Tabla 6), 10.2% no tiene escolaridad, 65.4% cursó educación básica (primaria o secundaria) y 24.4% tiene educación media o superior.

Tabla 6. *Escolaridad de los familiares que apoyan en cafecultura*

Escolaridad	Frecuencia	%
Primaria	20	40.9
Secundaria	12	24.5
Preparatoria	2	4
Licenciatura	10	20.4
Sin escolaridad	5	10.2
Total	49	100

Fuente: Elaboración propia con base en datos de la encuesta.

Más de la mitad (53%) reportó como actividad principal la cafeticultura, el resto solo trabaja parcialmente en las fincas porque tienen otros empleos no agrícolas (Tabla 7). Destacando los trabajadores por cuenta propia (albañiles, mecánicos, comerciantes) con 14.4%, el trabajo doméstico realizado por las mujeres en su casa (12.3%) y algunos que ejercen sus profesiones (arquitecto, contador, maestra, entre otros).

Tabla 7. *Ocupación principal de los familiares que apoyan en cafeticultura*

Ocupación	Frecuencia	%
Cafeticultor	26	53
Trabajador por cuenta propia	7	14.4
Ama de casa	6	12.3
Profesionista	5	10.3
Estudiante	2	4
Obrero	2	4
Ganadero	1	2
Total	49	100

Fuente: Elaboración propia con base en datos de la encuesta.

Las características de los cafeticultores encuestados coinciden con lo reportado por Nava y Hernández (2017) respecto a que son pequeños productores minifundistas, en edades avanzadas, con baja escolaridad, recursos económicos limitados, manejo productivo poco tecnificado, uso preferente de mano de obra familiar y que complementan el ingreso familiar con otras actividades no agrícolas que realizan algunos de sus miembros, generalmente en las zonas urbanas cercanas.

El 90% de los encuestados beneficia el café cereza; de los 45 productores que benefician, 73.5% efectúa el beneficiado húmedo, 17.7%

beneficiado natural (bola)⁵ y 8.8% beneficiado miel⁶ (honey). El beneficiado húmedo implica gran cantidad de agua para despulpar el fruto de café, para posteriormente fermentarlo, eliminar el mucílago y lavarlo. La mayoría de los productores encuestados realizan este proceso de manera casera, por lo que generalmente no contabilizan el agua que ocupan para despulpar y lavar un kg de café y desconocen el gasto hídrico de este proceso, pero mencionaron cantidades de agua que llegan hasta 15 litros, aunque la mayoría calcula entre 1 a 3 litros; el agua la toman de manantiales, pozos y la red pública de agua potable. El 98% de los que realizan beneficiado húmedo no le dan ningún tratamiento al agua residual para reducir su impacto contaminante y la vierten directamente al drenaje público (80%), en fosas caseras en el patio de su casa o su parcela (14%), la depositan en el suelo del patio o parcela (4%) o la canalizan al río (2%).

Los resultados expuestos concuerdan con los datos de Fernández et al. (2020) respecto a que en el proceso de beneficiado del café sólo se aprovecha el 5% del peso del fruto fresco en la preparación de la bebida, el 95% restante son residuos (principalmente pulpa y mucílago), siendo el agua uno de los recursos más afectados en el beneficiado húmedo debido al alto consumo que se requiere para despulpar, eliminar el mucílago y lavar el grano, encontrando que el despulpado produce 72% de la contaminación potencial de las aguas por beneficio húmedo de café; igualmente reportan que 66% de los cafeticultores ocupan agua limpia del abastecimiento público y 34% de

⁵El café se seca en su propia cereza, por eso se conoce como natural o bola; primero se recolectan, clasifican y limpian las cerezas; luego se secan al sol extendidas en patios con piso de cemento o ladrillo; es necesario voltear los granos constantemente para lograr un secado homogéneo hasta que alcance una humedad de 12%; este proceso puede tardar un mes. Cuando el grano está seco se almacena en silos; posteriormente se llevan al molino donde se separan y clasifican según tamaño y cualidades; se colocan en sacos para enviarse a la descascaradora (Fernández et al., 2020).

⁶ El café cereza se despulpa, igual que en el beneficiado húmedo, pero en lugar de eliminar el mucílago por fermentación o de manera mecánica, se deja pegado al grano y posteriormente se pone a secar en patios o secadoras mecánicas hasta que tiene 12% de humedad. Su nombre (miel) se debe a la apariencia pegajosa que tiene el grano antes de secarse (Fernández et al., 2020).

fuentes hídricas cercanas o manantiales que existen en sus predios; tienen un consumo elevado de agua entre 40 y 60 litros para la obtención de 1 kilogramo de café pergamino seco y 92% no implementan ninguna tecnología o manejo para disminuir el impacto ambiental generado por las aguas residuales del beneficio húmedo.

Todos los encuestados indicaron como principal razón para llevar a cabo el beneficio la obtención de mayor ganancia al venderlo en pergamino, en comparación con el precio que obtienen en cereza; incluso muchos de los productores lo tuestan y muelen para ofertarlo, listo para preparar en taza. Cuando se les cuestionó sobre los factores que pudieran condicionar la adopción y uso de una innovación ahorradora de agua en el proceso de beneficio húmedo, más de la mitad de las respuestas mencionaron factores económicos (Tabla 8).

Tabla 8. Factores condicionantes para la adopción de innovación tecnológica ahorradora de agua en beneficio húmedo

Factores	Frecuencia*	%
Económicos: costo accesible/contar con financiamiento para implementarla (costo-beneficio)	28	55
Técnicos: facilidad de adquisición y operación, no requiere mucho espacio.	15	29.4
Productivos: no afecte la calidad del café	5	9.8
Sociales: los familiares jóvenes muestren interés en darle continuidad al uso de la innovación tecnológica	1	1.9
Ninguno, tienen toda la disposición para adoptarla	2	3.9
Total	51	100

Fuente: Elaboración propia con base en datos de la encuesta.

Nota: *Frecuencia de respuesta: mencionaron más de un factor.

Casi 30% factores técnicos relativos a su operación, alrededor de 10% la aceptarían si no afecta la calidad del café y solo una vez se mencionó como posible condicionante el interés de los jóvenes en continuar con el uso de la innovación.

Respecto a los factores que serían condición para adoptar y usar una innovación tecnológica para tratamiento de aguas residuales del beneficio húmedo (Tabla 9), igualmente los factores económicos fueron los de mayor peso (50.9%), seguidos de los factores técnicos sobre su operación (43.4%). Es importante hacer notar que a pesar de que el promedio de edad de los cafecultores fue de 58 años y predominan los mayores de 50 años (74%). Todos mostraron una buena disposición a adoptar tanto una innovación tecnológica que ahorre agua en el beneficiado húmedo como para tratar las aguas residuales de dicho proceso, poniendo énfasis en que dichas innovaciones sean económicamente viables y fáciles de operar.

Tabla 9. Factores condicionantes para la adopción de innovación tecnológica para tratamiento de aguas residuales del beneficio húmedo

Factores	Frecuencia*	%
Económicos: costo accesible/contar con financiamiento para implementarlo (costo-beneficio)	27	50.9
Técnicos: facilidad de implementación y operación, duradero, que permita reutilizar el agua	23	43.4
Está dispuesto a implementarlo	3	5.7
Total	53	100

Fuente: Elaboración propia con base en datos de la encuesta.

Nota: *Frecuencia de respuesta: mencionaron más de un factor

Sólo un productor visualiza la incorporación de los jóvenes en el uso de la tecnología ahorradora de agua en el beneficiado como condicionante para su adopción, es decir, desde la perspectiva de los productores su edad avanzada y el relevo generacional no son relevantes para adoptar en el presente las innovaciones tecnológicas que demuestren sus beneficios en los aspectos económicos y de operatividad. Estos hallazgos contrastan con los resultados de Rosales et al. (2018) quienes afirman que a mayor edad de los productores existe menor disposición a la adopción de innovaciones tecnológicas, por el fuerte apego a sus métodos tradicionales, la baja escolaridad, la declinación de sus capacidades físicas y el cambio de sus objetivos de vida donde no resulta una prioridad mejorar su actividad productiva.

En lo referente al relevo generacional, se les preguntó si alguno de sus hijos(as) participa en el proceso de cultivo de café, a lo que 76% (38 productores) respondieron que no y 24% (12 encuestados) que sí. Las razones por las que los hijos no colaboran en el cafetal se observan en la Tabla 10.

Tabla 10. Razones por las que los hijos no colaboran en el cultivo de café

Razones	Frecuencia	%
Realizan otras actividades no agrícolas	19	50
Desinterés por la cafecultura	12	31.7
Hijas casadas que viven aparte	1	2.6
Hijos pequeños	1	2.6
Hijos que estudian	1	2.6
No tienen hijos	4	10.5
Total	38	100

Fuente: Elaboración propia con base en datos de la encuesta.

Donde destacan la ocupación en empleos o actividades no agrícolas que realizan generalmente en las ciudades cercanas, así como el desinterés por la cafeticultura, dado que la visualizan como una actividad muy pesada y poco redituable.

Ante la pregunta de si sus descendientes tienen interés en continuar a futuro el cultivo del café, 64% (32 productores) respondieron que no y 36.5% (18 encuestados) que sí. Las razones por las que los hijos quieren o no continuar trabajando las parcelas de café se observan en el Tabla 11, destacando en los motivos para no continuar: el desinterés en la cafeticultura y la realización de otras actividades no agrícolas; mientras en las razones para continuar predomina un elemento cultural relativo a mantener la tradición y herencia familiar en la cafeticultura, más que el interés económico.

Tabla 11. Razones para que los hijos continúen o no en el cultivo de café

Razones para no continuar	Frecuencia	%
Desinterés	16	37.2
Realizan otras actividades agrícolas	16	37.2
Falta de apoyos para la cafeticultura	4	9.3
No es redituable (bajo precio del café)	3	6.9
Tienen hijos pequeños	2	4.7
No tienen hijos	2	4.7
Total	43	100
Razones para continuar	Frecuencia	%
Continuar tradición y herencia familiar cafetalera	14	77.8
Obtener ingresos por venta de café	4	22.2
Total	18	100

Fuente: Elaboración propia con base en datos de la encuesta.

Nota: *Frecuencia de respuesta: mencionaron más de una razón

Al respecto, si bien los jóvenes están más abiertos a innovaciones tecnológicas pues presentan una visión más emprendedora y tienen mayor escolaridad que sus antecesores, actualmente se encuentran poco motivados para continuar con los sistemas de producción de café que les heredarán sus padres, dado que la mayoría no percibe la cafecultura como un medio viable o atractivo para ganarse la vida, debido al arduo trabajo que implica, su baja productividad y escasa ganancia económica, por ello prefieren emigrar a las ciudades en busca de un empleo mejor remunerado (Nava, 2022). Desde el punto de vista de los posibles sucesores, la permanencia en la cafecultura depende tanto de factores internos como externos a la unidad económica de producción familiar, tales como las carencias en el medio rural, la desvalorización de la ocupación del cafecultor con respecto a otras actividades, el acceso a la tierra a la educación y los apoyos financieros y gubernamentales, así como la oportunidad de los hijos de desempeñar actividades no agropecuarias o emigrar. Es decir, la permanencia en la cafecultura de los jóvenes y su interés en mejorar el sistema productivo del café incorporando innovaciones tecnológicas, está determinada por las oportunidades que el sector cafetalero les brinda para la puesta en práctica de un proyecto de vida a futuro y condiciones de bienestar atractivas.

A manera de conclusiones

El sector cafetalero mexicano está cambiando en cuanto a su estructura demográfica (envejecimiento poblacional) y problemática, por lo que requiere incorporar alternativas productivas diversificadas y sustentables que tomen en cuenta la necesidad de arraigar a la población joven para garantizar la permanencia a futuro de la cafecultura ante la inminente

escasez de recursos naturales (incluida el agua). En el municipio cafetalero de Jilotepec, Veracruz, se observa un proceso de envejecimiento poblacional y falta de relevo generacional, que aunque en el presente no parece afectar la disposición de los cafecultores a adoptar innovaciones tecnológicas para el uso sustentable del agua en el beneficio húmedo del grano y la disposición final de las aguas residuales, a futuro constituye una problemática latente que amenaza con obstaculizar la continuidad del desarrollo del sector cafetalero regional hacia la sustentabilidad. Por ello deben considerarse las actuales problemáticas y expectativas de los jóvenes rurales que habitan las regiones cafetaleras, que son diferentes a la visión tradicional de sus padres y se orientan a vislumbrar nuevos caminos de empleo e ingreso que les permitan tener una vida digna en sus lugares de origen.

Si el potencial de desarrollo del sector cafetalero fuera aprovechado, se podrían generar oportunidades de empleo bien remunerado para la juventud rural, que cuenta con mayores niveles de educación que sus antecesores, así como gran capacidad de creatividad y apertura a la innovación tecnológica sustentable. A pesar de que los jóvenes poseen una mejor educación que sus padres, carecen del conocimiento y la experiencia sobre temas que van desde el acceso a la tierra, los servicios financieros, los mercados, hasta las políticas sectoriales relevantes, por ello es esencial promover acciones para consolidar el capital humano potencial que representa la juventud rural como motor del desarrollo futuro de la cafecultura.

El relevo generacional implica desde cómo los padres involucran a los jóvenes en la actividad productiva, pasando por la transferencia del conocimiento, hasta su inclusión en las organizaciones, actividades de capacitación, apoyo en la capitalización inicial y el traspaso de recursos productivos (incluida la tierra).

También deben tomarse en cuenta aspectos subjetivos como la experiencia y percepción de los jóvenes hacia la vida en los territorios cafetaleros, dado que esta subjetividad influye en la toma de decisiones a futuro. Sin embargo, es necesario entender que la percepción de los jóvenes es resultado de las condiciones objetivas de las regiones cafetaleras en cuanto a su capacidad de proveer servicios, empleo, educación, acceso a la tierra y nuevos proyectos de vida a futuro adoptados a las aspiraciones de la juventud.

Los jóvenes rurales (con su creatividad, mejor disposición ante la innovación y mayores niveles educacionales) pueden hacer una gran contribución al proceso de desarrollo rural sustentable, actual y futuro en el sector cafetalero.

Referencias

- Aguirre C., J.F., Cadena I., J, Ramírez V., B, Trejo T., B.I., Juárez S., J.P. y Morales F., F.J. (2016). Diversificación de cultivos en fincas cafetaleras como estrategia de desarrollo. Caso Amatlán. *Acta Universitaria*, 26(1), 30-38. <https://doi.org/10.15174/au.2016.833>
- Asociación Mexicana de la Cadena Productiva de Café [AMECAFE]. (2012). *Plan integral de promoción del café*. AMECAFE.
- Asociación Nacional del Café [ANACAFE]. (2018). Buenas prácticas de beneficiado húmedo del café, fundamentales para mantener la calidad. *Boletín del Centro de Investigaciones en café*. CEDICAFE.
- Apodaca-González, C., Juárez-Sánchez, J.P., Ramírez-Valverde, B. y Figueroa-Sterquel, R. (2016). El cultivo de *Coffea arabica* L. por pequeños productores. *Agroproductividad*, 9(10), 22-25. <https://bit.ly/3KagGRU>

- Dirven, M. (2016). La inserción laboral de los jóvenes rurales en América Latina. *Revista Latinoamericana de Estudios Rurales*, 1(1), 135-162. <https://ojs.ceil-conicet.gov.ar/index.php/revistaalasru/article/view/89>
- Fernández C., Y., Sotto R., K.D. y Vargas M., L.A. (2020). Impactos ambientales de la producción de café, y el aprovechamiento sustentable de los residuos generados. *Revista Producción + Limpia*, 5(1), 93-110. <https://www.doi.org/10.22507/pml.v15n1a7>
- Hernández F., H. (2018). Del arado al celular. Apuntes sobre juventud y consumo en espacios rurales. *Revista Euroamericana de Antropología*, (7), 71-94. <https://gredos.usal.es/handle/10366/141965>
- Hernández S., M.I. y Nava T., M.E. (2016). *Cafeticultura y uso sustentable de los recursos naturales. El caso del Sitio Ramsar "Cascadas de Texolo y su entorno" en Veracruz, México*. El Colegio de Veracruz, Juan Pablos Editor.
- Hernández S., I. y Nava T., M.E. (2019). Capital social en organizaciones cafetaleras de dos regiones de la zona centro de Veracruz, México. *Sociedad y Medio Ambiente*, 7(21), 185-206. <https://www.doi.org/10.31840/sya.v0i21.2045>
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática [INEGI]. (2024). Censos Generales de Población 1930, 1940, 1950, 1960 y 1970. Censos Generales de Población y Vivienda 1980, 1990, 2000, 2010 y 2020. INEGI. <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv>
- López C., L. (2013). Generación de relevo y decisiones de inversión en fincas cafeteras en el departamento de Caldas-Colombia. *Sociedad y Economía*, (24), 263-286. <http://www.scielo.org.co/pdf/soec/n24/n24a12.pdf>

- Morales R., E., Hurtado B., R., Chávez Q., S, Martos C.S., E. y Sánchez S., T. (2021). Sistemas de tratamiento y reutilización de aguas mieles de café: Un enfoque de desarrollo sustentable para los caficultores de países en desarrollo. *Revista Pakamuros*, 9(2), 97-13. <https://doi.org/10.37787/8f1evv33>
- Nava T., M.E. (2016). *Mercados alternativos de café en el centro de Veracruz*. El Colegio de Veracruz, Juan Pablos Editor.
- Nava T., M. E. y Hernández S., M.I. (2017). Cafecultura en Veracruz: entre crisis y alternativas. En Vásquez M., E.A. (Coord.), *Veracruz, un análisis para el desarrollo (pp. 93-122)*. El Colegio de Veracruz.
- Nava T., M.E. (2022). Expectativas laborales de los jóvenes rurales en la región cafetalera del centro de Veracruz. En Rivera G., J.G. (Coord.). *Juventudes y ruralidades en el México del siglo XXI (pp. 83-108)*. Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Consejo Mexicano de Ciencias Sociales.
- Pérez D., J., Fariñas, D.R., Aceituno N., P., Escudero M., J., Bueno L., C., Castillo B., A.B., De las Obras-Loscertales S., J., Fernández M., I., Villuendas H., B. (2023). Un perfil de las personas mayores en España 2023. Indicadores estadísticos Básicos. *Informes de envejecimiento en red*, 30, 1-40. <https://digital.csic.es/handle/10261/341851>
- Ramírez G., S. y Nava T., M.E. (2019). *Comercio Justo y Empoderamiento. Realidades y expectativas de los pequeños cafetaleros en Veracruz y Chiapas*. Editora de Gobierno del Estado de Veracruz.
- Rosales M., V., Martínez D., J.P., Osorio A., F, López R., G., Asiaín H., A. y Estrella Ch., N. (2018). Aspectos culturales, sociales y productivos para una tipología de cafecultores. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 15(1),

47-61. <https://www.scielo.org.mx/pdf/asd/v15n1/1870-5472-asd-15-01-47-en.pdf>

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER). (2018). *México, onceavo productor mundial de café*. Gobierno de México. Disponible en: <https://bit.ly/3WRMpis>

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación [SAGARPA]. (2017) *Planeación Agrícola Nacional 2017-2030. Café mexicano*. SAGARPA.

Sistema de Información Estadística y Geográfica del Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave [SIEGVER]. (2023). *Cuadernillos Municipales. Jilotepec*. Secretaría de Finanzas y Planeación.

Vázquez L., P., Espinoza A., J.J., González M., A., Guerrero R., L.A. (2022). Características de productores y plantaciones de café en la zona norte de Chiapas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 28, 101-111. <https://doi.org/10.29312/remexca.v13i28.3266>





Uso eficiente del agua en el beneficiado sustentable del café: el caso de Jilotepec, Veracruz

Victor Alexei Cabana

Instituto Tecnológico Superior de Xalapa

Laura Celina Ruelas Monjardín

Instituto Tecnológico Superior de Xalapa.  laura.rm@xalapa.tecnm.mx

Dimas Alejandro Hernández Landa

Instituto Tecnológico Superior de Xalapa

Resumen

Son innegables e incuestionables los beneficios económicos, ecológicos y sociales de la producción del café. Estos beneficios se ponen en duda en los procesos de transformación o poscosecha. Sobre todo, en el proceso de beneficiado húmedo tradicional que puede emplear hasta 100 litros por café pergamino seco. De ahí que este capítulo tiene como objetivo analizar el potencial de adopción de tecnologías de beneficiado sustentable del café por cafeticultores de Jilotepec, Veracruz, a fin de fomentar un uso eficiente del agua en el proceso poscosecha del café. Para ello se presenta la situación de disponibilidad del agua en México y en particular en la cuenca del río Actopan; las innovaciones tecnológicas para el beneficiado del café, y; las características de los productores que inciden en la adopción de tecnologías eficientes en el uso del agua. Se encontró que los cafeticultores de Jilotepec

cuentan con atributos innovadores en cuanto a disponibilidad de mano de obra, riesgo e incertidumbre, pero, no en cuestión de escolaridad, edad, tamaño de la finca, productividad y créditos. De ahí que deban fomentar prácticas sustentables para estar acorde a las demandas de consumidores cada vez más exigentes de un proceso de transformación del café eficiente en el uso del agua.

Palabras clave: Cuenca del río Actopan, disponibilidad hídrica, disposición a innovar, sistemas de beneficiado del café

Abstract

The economic, ecological and social benefits of coffee production are undeniable and unquestionable. These benefits are questioned in the transformation or post-harvest processes. Especially in the traditional wet milling process that can use up to 100 l per dry parchment coffee. Hence, this chapter aims to analyze the potential adoption of sustainable coffee processing technologies by coffee growers in Jilotepec, Veracruz, in order to promote an efficient use of water in the post-harvest process of coffee. For this purpose, the situation of water availability in Mexico and in particular in the Actopan river basin is presented; technological innovations for coffee processing, as well as the characteristics of producers that influence the adoption of efficient technologies in water use. It was found out that coffee growers in Jilotepec have innovative attributes in terms of labor availability, risk and uncertainty, but not in terms of education, age, farm size, productivity and credits. Therefore, sustainable practices must be promoted to be in line with the demands of increasingly demanding consumers for a water-efficient coffee transformation process

Keywords: Actopan river basin, water availability, willingness to innovate, beneficial coffee systems.

Introducción

La producción y el consumo del café se han estado incrementando desde que se popularizó como bebida durante el siglo XV. La producción, si bien ha tenido altibajos, ha aumentado de manera sostenida a nivel mundial. En la temporada 2022-2023, la producción mundial fue de 172,8 millones de sacos de 60 kg de café; mientras que en la temporada anterior, la de 2021-2022, fue de 167 millones de sacos de café. Es decir, 6,6 millones de sacos más entre un periodo y otro. En este mismo sentido se incrementó el consumo. En la temporada 2021-2022, se consumieron a nivel mundial casi 170,5 millones de sacos de 60 kg de café. Hubo un incremento de aproximadamente 5,5 millones con respecto al periodo anterior (Orus, 2024).

Dado los requerimientos agroclimáticos que requiere la planta del café para su mejor desarrollo, su cultivo está circunscrito entre el trópico de cáncer y trópico de capricornio. Es decir, en los países en desarrollo de América Latina y Asia. Mientras que su consumo se da esencialmente en los países desarrollados, sobre todo, Estados Unidos y la Unión Europea (Olmos, 2020). Hasta el año 2000, el grano de café (café verde) fue el segundo producto más importante de exportación desde los países en desarrollo (siendo el petróleo el primero). Brasil es el mayor productor de café del mundo. Su producción superó los 54 millones de sacos de 60 kg en 2023; mientras que en año 2022 fue de casi 51 millones de sacos.

Productores y consumidores están unidos en torno al café, pero enfrentan retos y demandas diferentes. Los pequeños productores, sobre

quienes recaen el 80% de la producción del grano de café, enfrentan precios internacionales cada vez más bajos que no les permiten cubrir costos de producción. De acuerdo con Promecafé (2018), los precios internacionales del café verde no permiten a muchos productores cubrir sus costos. Por ejemplo, en el periodo 2016-2017, el costo de producción de un quintal de café en América Central superó los 200 dólares, mientras que el precio de exportación no superó los 150 dólares. Estas pérdidas el productor las subsana con el empleo de la mano de obra familiar que no entra en los costos de producción. En México, el total de la mano de obra permanente fue de 11 120 516 personas ocupadas y se conformó por: 3 333 708 productores(as) que trabajaron directamente en su unidad de producción; 5 987 903 familiares que no recibieron un sueldo o salario; 461 283 familiares con sueldo o salario, 486 244 trabajadores(as) que fueron contratados por seis meses o más y; 851 378 trabajadores (as) permanentes, pero con contratos de menos de seis meses. La mano de obra del personal eventual alcanzó 15 863 731 puestos de trabajo.

De lo anterior, resulta evidente que los mayores ingresos por la comercialización del café no recaen en el productor, sino en el que comercializa el café en verde. Para ejemplificar esta realidad, se toma como caso a Brasil, que es el país número uno en exportaciones. En el 2022, Brasil obtuvo ingresos por la exportación de café en verde, por 35, 220 millones de dólares; mientras que Estados Unidos, que es el principal importador, obtuvo ingresos por 85 000 millones de dólares.

A la par de esta fuerza de trabajo que no recibe remuneración, está la pérdida de posiciones que ha experimentado la cafecultura mexicana en el comercio internacional. A principios de los 90s, figuraba entre los 10 principales países exportadores, aportaba el 3% del volumen total

exportado. En el periodo 2015-2018 ya no apareció en este grupo. Pasó al grupo de países con envíos de tamaño intermedio, entre 500 mil y 3,5 millones de bolsas.

En términos de superficie dedicada al cultivo del café, ésta disminuyó en la pasada temporada 2022/2023, si se compara con la cosecha del periodo previo. Ya que en ese periodo, fue de 703 000 hectáreas. El cambio climático tendrá también un impacto en la disminución de la superficie idónea para su cultivo. De acuerdo con Ovalle-Rivera et al. (2015), se prevé una disminución del 29% de superficie apta para el cultivo debido a este fenómeno de origen antropocéntrico. A esta disminución en la superficie cultivable y por ende en el volumen de la producción, se le añade un aumento en el consumo anual por persona. En México, anualmente se consumen cerca de 35,000 millones de tazas de café en México (Sánchez, 2020). En donde, el consumo anual de café per cápita es de 1.7 kilogramos y se espera que para el año 2021, el consumo de café crezca a una tasa anual compuesta de 2.4%, pasando de 87,300 toneladas en 2016 a 89,400 toneladas (Krupps, 2019).

México es uno de los principales países donde se consume el café casi tan común como tomar agua (SADER, 2020). Con esto entendemos que el agua y el café tienen gran relación en la importancia que representan tanto en su consumo como bebida como en su producción poscosecha. El agua es uno de los recursos más importante dentro de este proceso pues está presente desde la nutrición a partir de la solución del suelo, como en la fase que contiene los nutrientes y minerales que hacen posible la absorción de los nutrientes a través del sistema radical del cafeto, hasta su participación como humedad relativa ambiental. Juega un papel preponderante en el largo ciclo de crecimiento y desarrollo de lo que al final de la cosecha se obtendrá como materia prima (Ortega et al., 2019). La materia prima o café cereza

requiere de procesos adicionales, como el despulpado y lavado que tradicionalmente se realizan con agua.

El proceso del beneficio de café por vía húmeda comprende las siguientes etapas: recolección del café en cereza, despulpado, remoción del mucílago, lavado y secado hasta obtener café pergamino seco (Puerta, 1999). La cantidad de agua requerida para el beneficiado húmedo normal del café es alrededor de 2000 a 3000 litros por quintal de pergamino si no se tiene ningún control sobre la cantidad de agua (Cruz, 2019). A pesar de que se requieren grandes volúmenes de agua para el proceso de beneficiado, éste no ha sido un asunto prioritario en la actividad (Ruelas, 2018). Muchos de los enfoques que tienen los productores no es hacia el uso del agua, sino a otros aspectos que pueden afectar sus fincas.

El cafeto tiene sus enemigos en los reinos vegetal y animal. Los vegetales, que son indudablemente los más dañosos, representados por los hongos, líquenes y las orquídeas, atacan al cafeto; haciéndose parasitarios en su tronco y ramas (Gómez, 2010), roya, broca, etc. Otro de los problemas en los que muchos productores se enfocan es hacia la sequía, la cual es un fenómeno recurrente en México. La tendencia de la última década muestra que han aumentado en duración y se han hecho más intensas a través del tiempo (CONAGUA, 2013). De ahí que se deban considerar estas múltiples preocupaciones, sobre todo en el uso del agua debido a la reducción en la disponibilidad del agua en México que se está experimentado de manera sostenida en las últimas décadas.

Dado el escenario de disminución en la disponibilidad de agua, tanto para el crecimiento de la planta del café, como para su procesamiento poscosecha, se requiere explorar tecnologías que sean eficientes en el uso del agua y que sean adoptables por los productores. Si bien la mayoría de los

productores de café son pequeños y se ubican en las zonas rurales, sí se requiere que se tome en cuenta el volumen de agua que utilizan y las descargas que generan a fin de que no pongan en riesgo su actividad y la de otros usuarios que requieren agua en cantidad y calidad suficiente (Ruelas, 2018).

De ahí que el objetivo de este capítulo sea analizar el potencial de adopción de tecnologías de beneficiado sustentable del café por cafeticultores de una zona rural ubicada en la cuenca del río Actopan a fin de fomentar un uso eficiente del agua en el proceso poscosecha del café. Para ello se desarrollarán los siguientes temas: la situación de disponibilidad del agua en México y en particular en la cuenca del río Actopan; innovaciones tecnológicas para el beneficiado del café, y; características de los productores que inciden en la adopción de tecnologías eficientes en el uso del agua. El capítulo se cerrará con conclusiones que resaltan los hallazgos más destacados de la investigación.

Desarrollo

Disponibilidad del agua en México y en la cuenca del río Actopan

La disponibilidad del agua para consumo humano es limitada, a pesar de que nuestro planeta está cubierto en su gran mayoría de agua. Esencialmente, la disponibilidad ha estado en función del crecimiento poblacional, los estilos de desarrollo, la fragmentación institucional o gobernanza, la contaminación del agua y más recientemente, por el cambio climático (Ruelas 2013). En términos del crecimiento poblacional en México, el volumen de agua per cápita ha disminuido significativamente. En un periodo de 67 años (1950-2017) se redujo en alrededor de 79%, pasando de 17,742 a 3,656 m³ por habitante al año. Para el año 2030 podría ser 10.1% menor respecto

al año 2017, pasando a 3 285 m³ (Conagua, 2013a). Las regiones que podrían verse más afectadas serían la XII Península de Yucatán (con una reducción del 18.2% respecto a su valor en 2017), I Península de Baja California (16.6%) y II Noroeste (13.1%). Por otro lado, las menos afectadas podrían ser V Pacífico Sur (5.1%), XIII Aguas del Valle de México (7.2%) y X Golfo Centro (7.6%).

Esta reducción en la disponibilidad se ha visto reflejada en la frecuencia con que se suministra el agua en los hogares. En una revisión de datos de INEGI, Ruelas y Chávez (2020) encontraron que en 2018, a nivel nacional solo el 65.30% de los hogares recibían agua todos los días, mientras que en Veracruz, el porcentaje fue de 54.50%. De ahí que ni las regiones hidrológicas administrativas, como la Golfo Centro, donde se ubica Veracruz, y que en teoría no tienen problema de disponibilidad, no cuentan con suministro diario de agua en los hogares. Si el proceso de despulpado y lavado lo realizan los cafecultores en el traspatio de sus hogares, y para ello utilizan agua de la red pública que está destinada para uso doméstico (Ruelas, 2018), se pone más en riesgo esta dotación a los hogares. La competencia por el uso del agua destinada a los hogares, es un asunto de interés, aún para regiones hidrológico-administrativas como la Golfo Centro X, que está considerada con disponibilidad, la segunda en el país, después de la RHA Frontera Sur.

Esto queda de manifiesto con la situación de veda en que se encuentra la cuenca del río Actopan, que se aloja en la RHA-X Golfo Centro, que desde el 30 de agosto de 1948 está en veda, a pesar de los intentos por suprimirla. El 6 de junio de 2018 se publicó un decreto en el Diario Oficial de la Federación (DOF) para establecer zonas de reserva de aguas superficiales para los usos doméstico, público urbano y ambiental o para conservación ecológica en dicha cuenca hidrológica. Ante dicho decreto se promovió juicio de garantías

el 18 de julio de 2018, señalando sustancialmente como acto reclamado, la expedición del Decreto. Como resultado de la movilización social, el 28 de mayo de 2020, se dictó sentencia a favor del amparo. Con estos antecedentes, el gobierno federal vía un decreto publicado el 17 de mayo del 2022 declara vedado, por tiempo indefinido, el otorgamiento de concesiones para aprovechar aguas del río Actopan y las de todos sus afluentes y subafluentes que constituyen su cuenca tributaria, tal y como lo establece el decreto publicado en el DOF, el 30 de agosto de 1948.

Cabe señalar que una veda implica que no se autorizan aprovechamientos de agua adicionales a los establecidos legalmente en áreas específicas de las regiones hidrológicas, cuencas hidrológicas o acuíferos en virtud del deterioro del agua en cantidad o calidad, por la afectación a la sustentabilidad hidrológica, o por el daño a cuerpos de agua superficiales o subterráneos.

Ante la limitada disponibilidad de agua en la cuenca, donde se ubica el municipio de Jilotepec, Ver., surge la necesidad indagar opciones tecnológicas para que el beneficiado de café sea más eficiente en el uso del agua. Toda vez que el cultivo del café es una de las principales actividades agrícolas y fuente de sustento familiar en este municipio.

Innovaciones tecnológicas para el beneficiado del café

El beneficiado de café es el proceso de transformación del café cereza en café pergamino seco (Federación de Cafeteros, 2020). En los sistemas tradicionales de beneficiado de cafés se utiliza agua en las distintas etapas, que son: despulpado, lavado y transporte del fruto hasta las tolvas de recibo del café despulpado y del café lavado hasta las unidades de secado, con un consumo cercano a los 40 litros para obtener 1 kg de cps (Federación de

Cafeteros, 2020). Para Lonescu (2015) el beneficiado tradicional, hace un uso intensivo del agua para transporte, para separar los cafés flotantes, despulpado, fermentación y lavado. Se estima un uso de 75 litros por kg de café.

El procesamiento húmedo convencional puede consumir de 20 a 100 m³ de agua por tonelada de café verde, utilizando menos esta cantidad de agua solo puede lograrse mediante el reciclaje (Brando, 2004, citado en Lonescu 2015). Rodríguez Valencia (2006:6) estima que solo incluyendo el proceso de despulpado se utiliza un aproximado de 40 litros por kilogramo de café pergamino seco. Cruz (2019) menciona que el beneficiado húmedo normal es de alrededor de 2000 a 3000 litros por quintal de pergamino si no se tiene ningún control. Aunque con un sistema eficiente e infraestructura se puede conseguir reducir hasta 200 litros por quintal pergamino en promedio.

Es por ello que el proceso de beneficiado afecta la seguridad hídrica de dos maneras: a través del agua que se extrae o se desvía de fuentes de agua locales y las aguas residuales, generalmente contaminadas, que se devuelven a estas fuentes (Lonescu, 2015). Si bien la cantidad de agua utilizada depende de qué prácticas de procesamiento utilizan los cafeticultores, la carga contaminante de las aguas residuales del café depende de la calidad del proceso de tratamiento.

Según Lonescu (2015), hay otros cuatro tipos de beneficiado que reducen el uso de agua. El beneficio mejorado, puede incluir uno o más de las siguientes medidas para reducir el agua uso: transporte seco por gravedad; reciclaje de agua; desmucilar de manera mecanizada. Se estima un uso de 10 litros por kg de café. En el beneficio ecológico, el café es transportado mecánicamente, se elimina el mucílago mecánicamente. Sí no hay fermentación o lavado después desmucilar el café, entonces el uso del agua

es menor. Se estima un uso de 6 litros por kg de café. En el beneficio de la pulpa natural/ miel, el despulpado se hace de manera mecánica; semilla secada con mucílago, el cual se remueve mecánicamente a través del descascarado. No hay fermentación o lavado. Se estima un uso de 1 litro por kg de café. Por último, en el beneficio del proceso natural, el café cereza se seca al sol. Se estima un uso de 1 litro por kg de café.

Existen estrategias para que la molienda húmeda del café requiera menos de 10 m³, aunque idealmente debe ser menor de 5 m³ de agua por tonelada café verde. Para lograr esta meta, se deben diseñar máquinas que funcionen con la menor cantidad de agua posible o sin agua; la recepción del café cereza, el transporte por gravedad o por medios mecánicos, el contacto de la pulpa y el pergamino con el agua debe minimizarse o evitarse (para que los contaminantes solubles no se transfieran al agua); y los materiales usados deben reciclarse tanto como sea posible (Brando, 2004, citado en Lonescu 2015).

Dado que la tecnología puede desempeñar un papel importante en mejorar la calidad del agua y reducir el desperdicio de ésta en el proceso de transformación del café. A continuación, se presentan algunas innovaciones tecnológicas que se han implementado en el sector cafetalero, sobre todo de Colombia.

Beneficio ecológico del café

Los beneficiaderos ecológicos se caracterizan por tener un consumo de agua menor a 10 litros por kg de cps y realizar un manejo parcial o total de los subproductos generados en el proceso de beneficio con la aplicación de buenas prácticas (Rodríguez et al., 2021). Entre los beneficiarios ecológicos están: el módulo Becolsub y la tecnología Ecomill.

El módulo Becolsub (beneficio ecológico del café y aprovechamiento de los subproductos), desarrollado en Cenicafé, integra el uso de despulpadoras convencionales para el despulpado del café sin agua, el uso del módulo DESLIM para el desprendimiento del mucílago, el lavado, limpieza y clasificación parcial o total del café pergamino, el uso del tornillo *sinfin* para la mezcla y transporte mecánico de los subproductos (pulpa, mucílago y productos extraños al café) desalojados del equipo DESLIM hasta lugares de depósito. El producto final es el café pergamino. Este sistema permite reducir en más de un 95% el consumo de agua y controlar la contaminación del agua en más de un 90% sin afectar la calidad interna del producto. Se estima que casi la mitad de la producción nacional de café en Colombia se procesa mediante este método y hay alrededor de 15.000 unidades en funcionamiento en el país. Este modelo permite procesar el café utilizando un mínimo de agua. El consumo específico de agua debe estar entre 0,7 y 1,0 l/kg de café pergamino seco. Es ideal para obtener cafés de diferentes orígenes preclasificando las cerezas de café y separando partículas en suspensión, piedras y sólidos que pueden dañar el molinillo (Sanz et al., 2011, citado en Rodríguez et al., 2021).

Al usar la tecnología Becolsub, en la que se usa el desmucilagador mecánico DESLIM (desmucilagador-lavador-limpiador), con un consumo específico de agua entre 0,7 y 1,0 L.kg⁻¹ de cps, y la mezcla de la pulpa y el mucílago en un transportador de tornillo *sinfin*, se logra controlar la contaminación de los recursos hídricos en cerca de un 20% adicional (Rodríguez et al., 2015).

Tecnología Ecomill

Para atender las necesidades de cafeticultores que en Colombia utilizan el proceso de fermentación natural, así como los requerimientos de compradores de café en el exterior que exigen café procesado con fermentación natural, y los cambios en la legislación ambiental en Colombia (Decreto 3930 de 2010), que limita drásticamente los vertimientos puntuales permisibles de los efluentes de los beneficiaderos. Cenicafé desarrolló la tecnología ECOMILL®, en la cual se lava mecánicamente el café, con mucílago degradado en el proceso con fermentación natural o con aplicación de enzimas, con reducción notoria en el volumen específico de agua (VEA) hasta valores de entre 0,3 y 0,5 l.kg⁻¹ de cps. Debido al bajo VEA, las ARL altamente concentradas se pueden mezclar con la pulpa del café, reteniendo más del 95% del volumen adicionado y controlando hasta el 100% de la contaminación generada en el proceso. Actualmente, se tienen tres modelos con capacidad para 500, 1.500 y 3.000 kg.h⁻¹ de café lavado.

Para los caficultores que emplean la fermentación natural, una opción complementaria al despulpado sin agua consiste en racionalizar el agua en el lavado del café, utilizando menos de 5 l.kg⁻¹ de cps, mediante el empleo del tanque tina y la práctica de los cuatro enjuagues, y remojar la pulpa en el proceso de transformación con las aguas provenientes de los dos primeros enjuagues del lavado del café (Rodríguez et al., 2015).

Esto representa un gran avance tecnológico para apoyar las labores de beneficio en la producción de café, empleando la fermentación natural, que cada vez exigen más los compradores en el exterior, con el menor volumen específico de agua empleado en la actualidad, menor requerimiento de potencia por tonelada de café procesado, menor daño mecánico causado a los granos y la posibilidad de controlar el 100% de la contaminación generada en el proceso, permitiendo la valoración de los coproductos del proceso

(mieles y pulpa) y la obtención de nuevos productos de importancia comercial.

La tecnología ECOMILL® permite disminuir notoriamente el volumen específico de agua y la potencia específica con relación a tecnologías empleadas en Colombia para lavar café, como se observa en la Tabla 1, para el caso del equipo ECOMILL® 3.000.

Tabla 1. *Tipos de tecnología de acuerdo al uso del agua y de energía en el lavado del café*

Tecnología	Volumen de agua		Potencia específica	
	l.kg1 de c.p.s	Reducción con Ecomill 3000(%)	W.h.kg1 café lavado	Reducción con Ecomill 3000 (%)
Lavado en tanque tina con agitación manual	4,17	88,0	-	-
Lavado en tanque con bomba sumergible 2HP	6,0	91,7	1,00	42,0
Becolsub 2500	1,0	50,0	6,22	90,7
Ecomill 1500	0,4	25,0	1,00	42,0
Ecomill 3000	0,5	-	0,58	-

Fuente: Rodríguez et al. (2015).

La adopción de tecnologías como las antes descritas, no ocurren de manera automática o inmediata. Depende de una serie de factores. Para Duque (2018), en el área agrícola, los aspectos de tamaño de la finca, el riesgo y la incertidumbre, el capital humano, la disponibilidad de mano de obra, crédito, tenencia de la tierra y restricciones en el suministro de insumos, intervienen en la disposición a adoptar tecnologías.

El tamaño de la finca puede tener diferentes efectos sobre la tasa de adopción, dependiendo de las características de la tecnología, así como de las bases institucionales. Con base en la amplia variedad de resultados empíricos, se sugiere que el tamaño de las fincas es un sustituto para un gran número de factores potencialmente importantes tales como acceso a crédito, capacidad para asumir riesgos, acceso a recursos escasos (agua, semillas, fertilizantes, insecticidas, etc.), riqueza, acceso a información, entre otros.

Riesgo e incertidumbre. Las innovaciones acarrea en muchos casos un riesgo subjetivo, pero en otros un riesgo objetivo. Riesgo subjetivo es, por ejemplo, cuando se considera que el rendimiento puede ser más incierto si se emplean técnicas desconocidas. Como riesgo objetivo se consideran las variaciones climáticas, la susceptibilidad a plagas y enfermedades, la disponibilidad oportuna de insumos, etc.

Capital humano. Cambios en el ambiente tecnológico suponen incrementos en la habilidad para percibir, interpretar y responder a nuevos eventos en el contexto de la agricultura.

Disponibilidad de mano de obra. Esta es otra variable frecuentemente mencionada que afecta las decisiones de adopción. Algunas nuevas tecnologías son relativamente ahorradoras de mano de obra mientras que otras son empleadoras de este recurso (como en algunas propuestas de manejo integrado de plagas).

Crédito. Algunos estudios mencionan que la necesidad de llevar a cabo inversiones fijas (activos) puede prevenir la adopción temprana de tecnologías, en el caso de pequeños productores. La razón es que capital en forma de ahorros o crédito, es frecuentemente requerido para financiar muchas tecnologías agrícolas. De esta manera, el acceso diferencial al

capital es comúnmente citado como un factor diferencial en las tasas de adopción.

Tenencia de la tierra. Si se hace una clara diferenciación entre aquellos productores que no poseen derechos de propiedad sobre la tierra (arrendatarios, aparceros, medianeros, poseedores, etc.) y aquellos que sí los tienen, se espera que en este segundo grupo haya más receptividad hacia la adopción de innovaciones. Una razón importante es que en el segundo caso hay mayor capacidad de acceso a crédito, lo cual podría ser una restricción para los agricultores pertenecientes al primer grupo.

Restricciones en el suministro de insumos y otros recursos. Un factor importante que explica los modelos de adopción es la disponibilidad de insumos complementarios, tales como, el acceso y disponibilidad de oferta de semillas mejoradas, fertilizante, fungicida, equipo, etc., sin los cuales la adopción no podría llevarse a cabo.

Características de los cafecultores de Jilotepec, Ver., que inciden en la adopción de innovaciones tecnológicas

Para conocer las características socio-económicas de los cafecultores que influyen en su disposición a innovar, conviene hacer una contextualización de la actividad cafetalera. Jilotepec se ubica en la zona central y montañosa del estado, sobre la depresión que forma la barranca de Actopan, que se origina en la vertiente Oriental del Cofre de Perote y termina cerca de la costa, siendo su topografía bastante accidentada (SIEGVER, 2023). Tiene una superficie de 56.20 km², en la cual se asientan 16585 habitantes, de los cuales 8015 son hombres y 8570 son mujeres (SIEGVER, 2023). Hidrológicamente se encuentra alojado en la cuenca del río Actopan. Las principales actividades agrícolas son el cultivo de café cereza, caña de azúcar y maíz grano. La

superficie total sembrada es de 2339.3 ha, de la cual, el 76% (1 776.5 ha) se utiliza para el cultivo del café cereza con un valor de producción de 3552.9 toneladas con un valor de 42261 miles de pesos. El cultivo del café se realiza en superficies pequeñas (Figura 1).

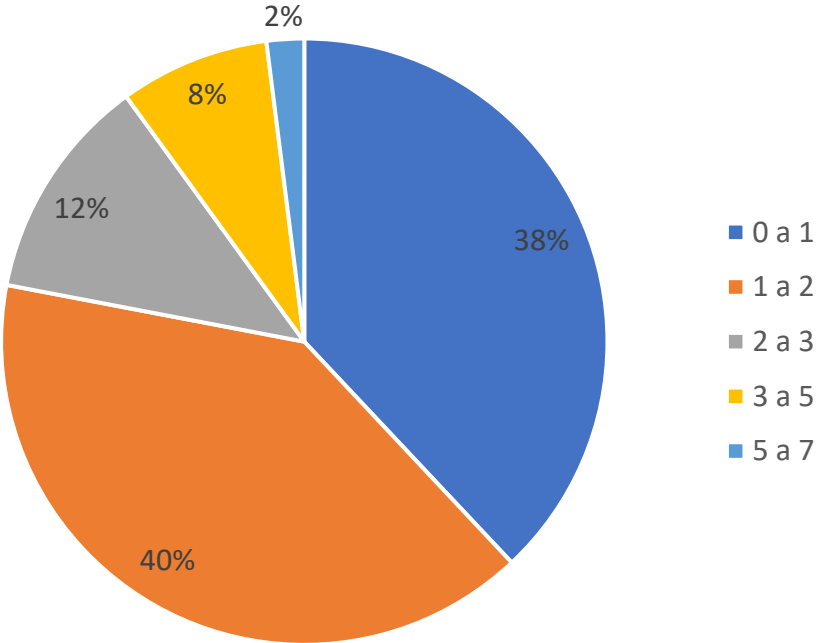


Figura 1. Tamaño de las fincas cafetaleras, Jilotepec, Ver.

Fuente: Elaboración propia (2023).

El 44% de los productores poseen una superficie que va de 0 a 1 hectárea, seguido de un 38% que posee entre una y dos hectáreas. Sólo el 22% cuentan con fincas que va de 3 a 7 ha. En cuanto a la edad, el sector etario que está más representado es el que tiene entre 55 y 66 (Figura 2). Incluso existen productores que tienen hasta 88 años. El grupo más joven se sitúa entre los 33 y 44 años. De ahí que la población se considere ya de edad avanzada.

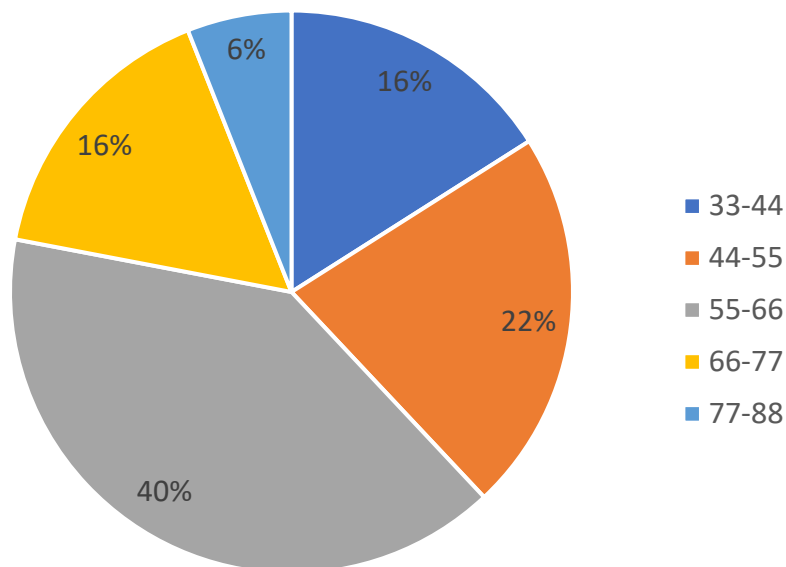


Figura 2. Grupos de edad de la población cafeticultora, Jilotepec, Ver.

Fuente: Elaboración propia (2023).

En cuanto a la variable de escolaridad, poco más de la mitad sólo cuenta con educación primaria (Figura 3). Dado que un 14% cuenta con estudios de licenciatura, podría aventurarse que el sector de la población joven ingresa a esta actividad después de haberse formado a este nivel de educación superior.

Con respecto a la antigüedad en la actividad cafetalera, se encontró que el 76% de los productores tiene más de 20 años de dedicarse a la actividad. Un 12% tiene entre 11 y 20 años de practicarla. Sólo un 4% tiene menos de 5 años de dedicarse a ésta. De acuerdo a los resultados, 84% de los productores tienen algún familiar que tienen su propio cafetal o se dedican a ayudar a su familiar principal con sus cultivos.

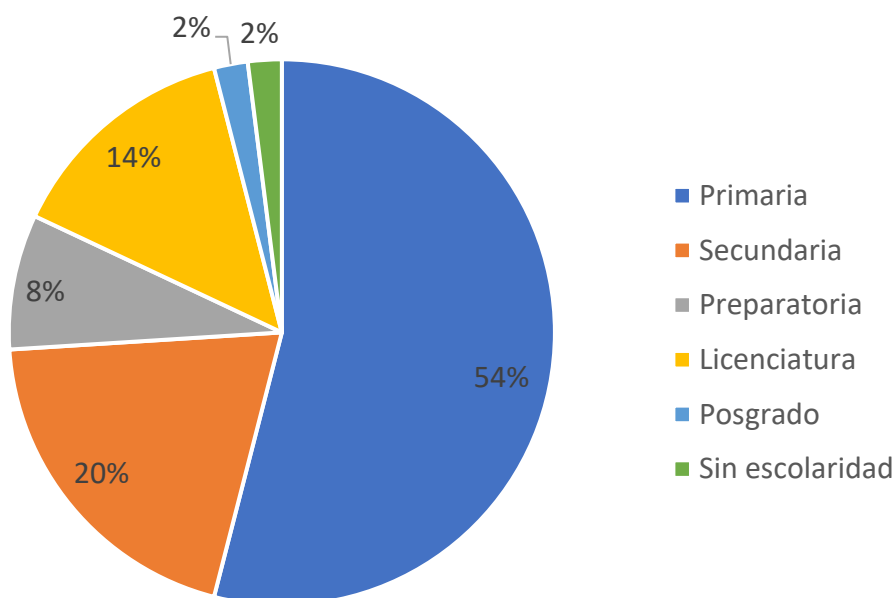


Figura 3. Nivel escolar de la población cafeticultora, Jilotepec, Ver.

Fuente: Elaboración propia (2023).

En cuanto al volumen de cosecha, el 32% de los productores ha tenido una cosecha de 2 toneladas por hectárea en los últimos 3 años, mientras que un 12% obtiene una tonelada y otro 12% obtiene menos de una ha. Sólo un 8% tiene más de 8 ton/ha.

En términos de si benefician o no su café, el 67% de los productores benefician la mayoría de su cosecha y muy pocos lo venden sin beneficiar. Con respecto al tipo de infraestructura que utilizan para beneficiar el café, el 71% lo hacen tecnología de fabricación propia, mientras que sólo el 29% la compran. Para el beneficiado del café, el 55% obtiene su agua de un manantial y casi un tercio de ellos tienen como fuente de agua la red pública (Figura 4).

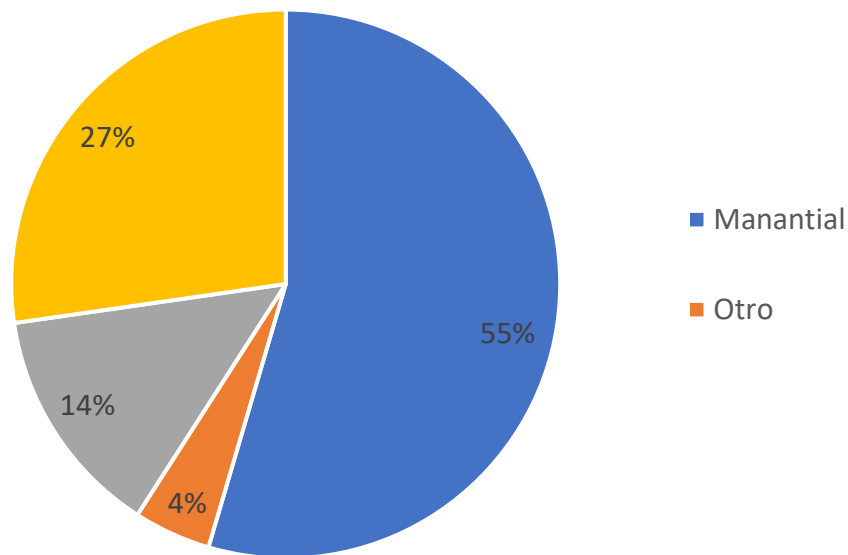


Figura 4. Fuentes de agua para el beneficiado del café, Jilotepec, Ver.

Fuente: Elaboración propia (2023).

Aunque los manantiales y los pozos son cuerpos de agua de jurisdicción federal, se indagó en la base de datos del Registro Público de Derechos del Agua de la CONAGUA (REPDa), sobre los permisos de uso del agua. Se encontró que, para el municipio de Jilotepec, hay 49 registros de concesiones. De acuerdo con este registro, el volumen total de agua extraído es de 1,129,042.32 m³. En la figura 5 se muestran el número de concesiones por tipo de usuario. De acuerdo con los datos, la mayoría de las concesiones son para uso público urbano con 31 permisos, mientras que el segundo usuario con más concesiones es el agrícola con 7 permisos.

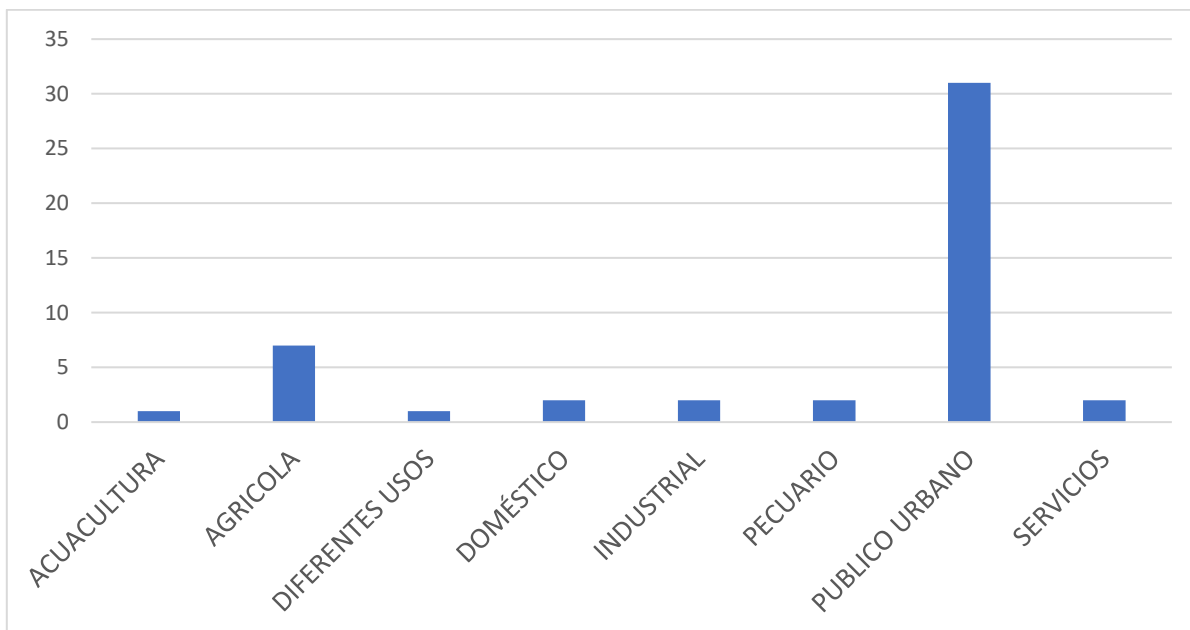


Figura 5. Concesiones para el uso del agua en Jilotepec, Veracruz.

Fuente: Creación propia a partir de datos del REPDA, CONAGUA (2023b).

A la pregunta sobre la cantidad de agua que utiliza para despulpar, llama la atención que el 46.6% de los productores no sabe qué cantidad de agua utilizan, mientras que un 18% dijo utilizar 2 litros por kg de café cereza (Figura 6). El desconocimiento sobre la cantidad de agua que utilizan puede estar relacionado con el hecho de que de los contestaron la encuesta, el 40% no se ha visto afectado por el desabasto de agua, mientras que una pequeña parte se ve afectada cada 3 meses o cada año. Sin embargo, esta respuesta contrasta con el nivel de preocupación que les representa el desabasto de agua. En un rango de 1 a 5, donde uno es poco y 5 es mucho, el 60% de los productores dijeron que el abasto les preocupa mucho. Es por ello que ante la pregunta de qué dependería de que adoptaran una innovación en su beneficio que utilice menos agua, el 58% de los productores implementarían una

innovación tecnológica si el costo fuera accesible, mientras que los restantes varían entre que sea fácil de operar y que no afecte la calidad del café.

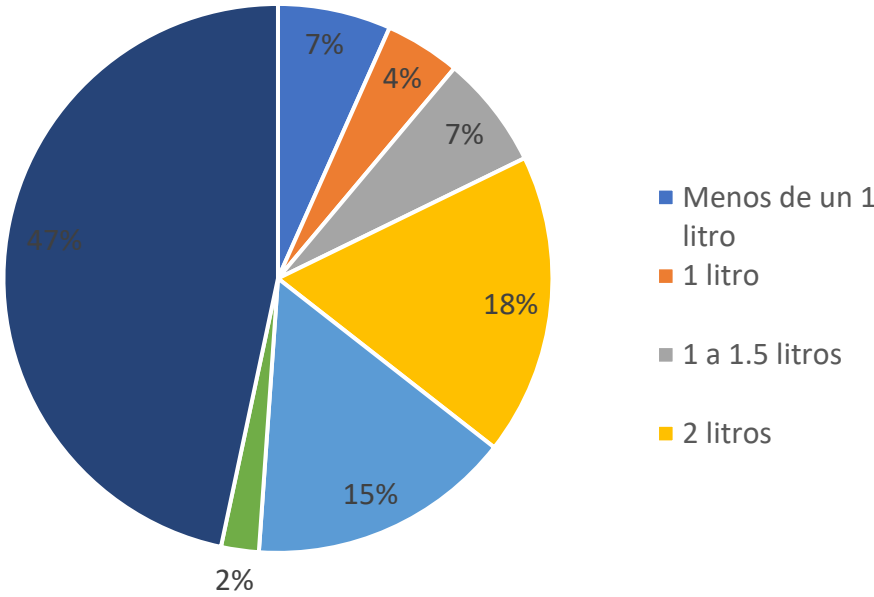


Figura 6. Cantidad de agua que se utiliza para beneficiar un kg de café cereza, Jilotepec, Ver.

Fuente: Elaboración propia (2023).

Para proponerles opciones tecnológicas que se fabricaran en el mercado regional, acordes a sus necesidades, se creó un catálogo de las despulpadoras, donde se comparan modo de operación (manual o con motor), capacidad de procesamiento del café cereza, consumo de agua, grado de madurez del fruto y costo. En las ocho empresas visitadas, se encontró que existen despulpadoras que funcionan de manera manual y con motor. Tienen una capacidad de procesamiento de 400, 800, 1200 y 2000 kg de café cereza por hora, utilizan menos de un litro de agua o algunas no la utilizan y sus precios van desde los 6900 hasta los \$38 000.00. Las despulpadoras que no necesitan agua para operar tienen como restricción

que el café cereza debe estar maduro y limpio, no incluir granos verdes, piedras, hojas, trozos de madera, etc.

Mediante un grupo de enfoque, se presentaron a los productores de café estas opciones tecnológicas. Como resultado de este taller, los productores seleccionaron la despulpadora, con motor eléctrico, disco de 14” de diámetro, largueros, clavijas de bronce, tolva de carga y canal de salida, transmisión de poleas y bandas, con capacidad de procesar de 200 a 300 kg/h de café cereza. Con un uso de agua menor a un litro por kg de café cereza. La opción de cero usos del agua no fue seleccionada, a pesar de ser la tecnología más cercana a los estándares de sustentabilidad, debido a que no realizan un beneficiado de café cereza maduro, sino que hacen mezclas de diferentes grados de madurez, como el verde y pinto.

Con los resultados de la caracterización socio económica productiva y ambiental de los productores de café y su relación con la disposición a adoptar innovaciones tecnológicas para un uso eficiente del agua, se coincide con lo que señala Duque (2018), en cuanto a que esta adopción no ocurre de manera automática o inmediata. El tamaño de la finca es un factor decisivo en la disposición a adoptar, ya que entre mayor sea el tamaño el productor está más propenso a innovar. Por tanto , en el caso de Jilotepec, este es un factor que limita, puesto que la mayoría de los productores tienen fincas que no pasan de las 2 ha, (situados en el rango de pequeños productores). En cuanto al factor riesgo e incertidumbre, a pesar de que están ubicados en una cuenca que no cuenta con disponibilidad para otorgar concesiones en el uso del agua, esta limitante no se asume, en parte por lo señalado en Casiano y De Boer (2015), en cuanto a que no existen instituciones que promuevan y faciliten la interacción entre los actores, así como el no favorecer la creación de capital social que dé cuenta del deterioro

ambiental reflejado en las cuencas y que además se tome conciencia de que somos parte de esta, y lo que ocurra en ella nos impacta en la vida diaria.

En cuanto al factor de capital humano, si bien predomina el grupo de productores con educación básica (primaria y secundaria) hay productores con grado de licenciatura e incluso posgrado, lo que puede ser un indicio de que los hijos de los productores que se están incorporando a la actividad se están formando a niveles superiores y por ende tienen disposición a explorar el uso de nuevas tecnologías. En Jilotepec se implementaría una innovación tecnológica si el costo fuera accesible. Pues de los 45 resultados, 26 de los productores les parece importante el costo, mientras que los restantes varían entre que sea fácil de operar y que no afecte la calidad del café. Jilotepec implementaría una innovación tecnológica si el costo es accesible.

Sin duda la disponibilidad de mano de obra y la tenencia de la tierra son aspectos destacados a favor de la disposición a innovar. Ya que, en el área de estudio, el cultivo y procesamiento del café es una actividad familiar, donde se involucra a la familia de primero y segundo grado. Esto concuerda con lo encontrado por Ruelas et al. (2014) y Ruelas (2018), en cuanto que la cafecultura es una actividad donde participa la familia y la mujer cada vez tiene un papel más activo y proactivo, predominan fincas de tamaño pequeño, máximo de dos hectáreas, a la mano de obra familiar generalmente no se le da un pago, lo que les permite subsanar otros costos. Esto obedece en gran parte a lo que señala Promecafé (2018), en cuanto a que los precios internacionales del café verde no permiten a muchos productores cubrir sus costos. Por lo que estas pérdidas el productor las subsana con el empleo de la mano de obra familiar que no entra en los costos de producción.

En el caso de México, del total de personas ocupadas en el sector, que fueron 11, 120.516, prácticamente la mitad (5 987 903) fueron familiares que

no recibieron un sueldo o salario. Si a la falta de pago a la mano de obra familiar se le añade que no hay pago por el uso del agua para beneficiar ni por las descargas de aguas residuales, se puede deducir que los precios de la materia prima no reflejan estas huellas ecológicas e hídricas y externalidades, que no sólo las internaliza la familia, sino también el medio ambiente. En investigación realizadas en Xico y Teocelo, Veracruz, Ruelas (2018), encontró que de los 40 entrevistados en el municipio de Teocelo, el 95% dijo poseer permiso de uso del agua. Sin embargo, cuando precisaron la fuente, se referían a que utilizaban el agua de la red pública y que por ende le pagaban al municipio. Esta situación también se presentó entre los 10 entrevistados en Xico, ya que el 60% también utilizaban el agua de la red pública municipal.

Chapagain y Hoekstra (2007) han señalado que la huella hídrica que requiere el cultivo del café que se exporta a los países, así como el requerimiento para su procesamiento ha sido estimada en 140 billones de m³ de agua al año, e incluye lo que la población mundial requiere para tomar café y té. En términos de la tenencia de la tierra, el régimen ejidal sigue prevaleciendo sobre la pequeña propiedad. Independientemente del régimen de tenencia, hay certidumbre legal, dado que hay propiedad de la tierra, un activo sin duda clave. En cuanto a crédito y restricciones en el suministro de insumos, debido a que sus altos costos no son asequibles para los productores, éstos no parecen influir en su actividad, ya que a pesar de que aún recurren al empleo de agroquímicos, no los emplean al 100%, en parte por las prácticas de manejo del suelo y de bioinsumos que ya están empezando a utilizar (Quiroz-Aparicio, 2023).

Las dificultades económicas que enfrentan los productores día a día, han hecho muy vulnerable la actividad cafetalera a otros usos del suelo que

en el corto plazo son más redituables económicamente, como el cultivo de caña, el cultivo de cítricos y más recientemente, el cultivo de aguacates, pero que ambientalmente contribuirán a agudizar el abasto de agua y mantener la biodiversidad que ha caracterizado al café bajo sombra.

A manera de conclusiones

El café fue hasta año 2000, el segundo producto más importante de exportación desde los países en desarrollo, primordialmente de América Latina y Asia hacia los consumidores que están esencialmente en los países desarrollados, sobre todo, Estados Unidos y la Unión Europea. A pesar que la producción y consumo han aumentado en los últimos años, los costos de producción superan a los precios de exportación. Por ejemplo, en el periodo 2016-2017, el costo de producción de un quintal de café en América Central superó los 200 dólares, mientras que el precio de exportación no superó los 150 dólares. Estas pérdidas el productor las subsana con el empleo de la mano de obra familiar que no entra en los costos de producción.

A la par de estas pérdidas para los productores, los consumidores demandan que la transformación del café sea de manera sustentable, reduciendo huella hídrica. Para hacer frente a estas demandas, los productores requieren adoptar procesos de transformación que hagan un uso eficiente del agua. Sin embargo, enfrentan condicionamientos sociodemográficos y económicos que dificultan esta transición. Por ejemplo, el envejecimiento de los productores, su escasa escolaridad, los tamaños de las fincas, el escaso acceso a créditos, entre otros, condicionan esta transición.

A pesar de que el asunto de la disponibilidad de agua no ha sido un aspecto a tomar en cuenta, el escenario de limitada disponibilidad de agua,

demanda una transición hacia procesos más sustentables, toda vez que la cafecultura es de las escasas actividades agrícolas más amigables con la conservación de recursos como agua y suelo.

Referencias

- Casiano, C. y de Boer, C. (2015). Symbolic implementation: Governance assessment of the water treatment plant policy in the Puebla's Alto Atoyac sub-basin, Mexico. *International Journal of Water Governance*, 4, 1-24. <https://doi.org/10.7564/14-IJWG79>
- Chapagain, A, y Hoekstra, A. Y. (2007). The water footprint of coffee and tea consumption in the Netherlands. *Ecological economics*, 64(1), 109-118. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2007.02.022>
- Comisión Nacional del Agua [CONAGUA]. (2013a). Política Pública Nacional para la Sequía. Microsoft Word - documento marco PP 04172015 formato OMM - versión final. Disponible en: <https://bit.ly/3QSF3Yb>
- CONAGUA. (2013b). Base de datos del REPDA. Base de datos del REPDA. Comisión Nacional del Agua. Disponible en: <https://bit.ly/3QVRe6w>
- Cruz, D. (2019). *Beneficio Húmedo Ecológico*. Originicaffe. Disponible en: <https://www.originicaffe.it/doc/beneficiadoh%FAmedodlemarcruz.pdf>
- Diario Oficial de la Federación. (2022). Decreto por el que se deja insubsistente el diverso por el que se suprimen las vedas existentes en las cuencas hidrológicas Río Actopan y Río La Antigua, de la Subregión Hidrológica Papaloapan A, de la Región Hidrológica número 28 Papaloapan. DOF:17/05/2022.
- Duque, H. (2018). *La adopción de tecnologías agrícolas*. Cenicafé.

- Federación de Cafeteros. (2020). *Beneficio del café 1: despulpado, remoción del mucilago y lavado*. Caldas Federación de Cafetaleros. Disponible en: <https://bit.ly/3yqIJKa>
- Gómez, G. (2010). Cultivo y beneficio del café. *Revista de Geografía Agrícola*, 45, 103-193. <https://www.redalyc.org/pdf/757/75726134008.pdf>
- Krups (2019). *La cultura del café en México*. Disponible en: <https://www.krups.com.mx/la-cultura-del-cafe-en-mexico/>
- Lonescu, K. (2015). *Water security and coffee: Protecting a critical resource*. Specialty coffee association. Disponible en: <https://bit.ly/4bryvlk>
- Olmos Soto, X. (2020). *El comercio internacional como incentivo a la sostenibilidad: la experiencia de la Red Latinoamericana y del Caribe de la Huella Ambiental del Café*. Documentos de Proyectos (LC/TS.2019/121), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- Ortega, G., Herrera, E. y Cepero, T. (2019). El agua, elemento de enfoque para la cafeticultura especializada. En: En D. Fabre, I. Ortiz, y G. Busso (Eds.), *Agua. Territorialidades y dimensiones de análisis* (pp. 615-641). Serie Manovuelta. <https://bit.ly/4brgqKd>
- Orus, A. (2024). El mercado del café en el mundo - Datos estadísticos. Disponible en: <https://es.statista.com/temas/9035/el-cafe-en-el-mundo/#topicOverview>
- Ovalle-Rivera, O., Läderach, P., Bunn, C., Obersteiner, M. y Schroth, G. (2015) Projected shifts in *Coffea arabica* suitability among major global producing regions due to climate change. *PLoS ONE*, 10(4), e0124155. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0124155>

- Puerta, G. I. (1999). *Influencia del proceso de beneficio en la calidad del café*. Centro Nacional de Investigaciones del Café. <https://biblioteca.cenicafe.org/handle/10778/58>
- Rodríguez Valencia, N. (2009). Estudio de un biosistema integrado para el postratamiento de las aguas residuales del café utilizando macrófitas acuáticas [Tesis doctoral no publicada]. España: Universitat Politècnica de València. <https://doi.org/10.4995/Thesis/10251/4342>
- Rodríguez Valencia, N., Sanz, J. R., Oliveros, C. E. y Ramírez, C. A. (2015). *Beneficio del café en Colombia: Prácticas y estrategias para el ahorro uso eficiente del agua y el control de la contaminación hídrica en el proceso de beneficio húmedo del café*. CENICAFE. <https://biblioteca.cenicafe.org/handle/10778/659>
- Rodríguez-Valencia, N., Orrego, H. D., Jaramillo-Cardona, C. M. y Quintero-Yepes, L. (2022). Adopción del beneficio ecológico del café en Colombia. *Avances Técnicos Cenicafé*, 543, 1-12. <https://doi.org/10.38141/10779/0543>
- Ruelas, M., L.C, Nava, T., M.E., Cervantes, P., J. y Barradas, M., V.L. (2014) Importancia ambiental de los agroecosistemas cafetaleros bajo sombra en la zona central montañosa del estado de Veracruz, México. *Madera y Bosques*, 20(3), 27-40. <https://www.scielo.org.mx/pdf/mb/v20n3/v20n3a3.pdf>
- Ruelas Monjardín, L.C. (2018). Manejo de las aguas residuales del beneficiado del café: un asunto relegado en Veracruz, México. *Revista Internacionales*, 4(7), 44-79. <https://revistas.uas.edu.mx/index.php/R/article/view/376>
- Ruelas Monjardín, L.C., Arias Mota, R.M. y Rodríguez Ramos, L. (2020). Impacto de la cafecultura en la contaminación del agua. En: G. Ortega

- P., D.A. Fabre P. y Y.I. Cano P. (Coords). *Dialogando lo ambiental, compartiendo experiencias e intercambiando saberes* (pp. 291-307). Editorial Resistencia.
- Ruelas M., L. y Chávez R., C. (2021). Disponibilidad de agua para usos domésticos: alternativas para mitigar la escasez y la carga que representa para las mujeres. En: A.E. Navarro F. y R.J. Delgado Macuil. (eds.). *Tecnologías para la gestión sostenible del agua* (pp. 73-88). AM Editores, Clave Editorial.
- SADER (2020). *Café, la bebida que despierta a México*. Gobierno de México. Disponible en: <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/cafe-la-bebida-que-despierta-a-mexico>
- Sánchez, S. (2020). *La cuarentena 'despierta' el consumo de café soluble en México*. Forbes. Disponible en: <https://www.forbes.com.mx/negocios-la-cuarentena-despierta-la-frecuencia-de-consumo-de-cafe-soluble-en-mexico/>
- Santos Cooke, S. P. (2011). Evaluation of water volume and water quality over coffee quality using wet mill processing at two production areas of Guatemala (Tesis de maestría). Costa Rica: CATIE. <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/5116>
- Sistema de Información Estadística y Geográfica del. Estado de Veracruz [SIEGVER]. (2023). *Cuadernillos municipales. Jilotepec*. Disponible en: http://ceieg.veracruz.gob.mx/wp-content/uploads/sites/21/2023/08/Jilotepec.CM_.Ver_.2023.1.pdf
- SINA-CONAGUA. (S./f.). Agua renovable (regional). CONAGUA. Disponible en: <http://sina.conagua.gob.mx/sina/tema.php?tema=aguaRenovable&ver=reporte&o=0&n=regional>.





HydroCafé: Aplicación móvil para la medición del consumo de agua durante el proceso de beneficio del café en Jilotepec, Veracruz

Virginia Lagunes Barradas

Instituto Tecnológico Superior de Xalapa.  virginia.lb@xalapa.tecnm.mx

Diego Yosef Martínez Hernández

Instituto Tecnológico Superior de Xalapa

Brian Delfino Flores Méndez

Instituto Tecnológico Superior de Xalapa

Omar Trejo Landa

Instituto Tecnológico Superior de Xalapa

Mario Alberto Arroyo Utrera

Instituto Tecnológico Superior de Xalapa

Resumen

Este artículo detalla la implementación de una aplicación móvil diseñada para respaldar a los productores de café del municipio de Jilotepec, Veracruz, en el monitoreo y registro del consumo de agua durante algunas de las actividades que se ejecutan en el beneficiado de esta semilla. El proyecto se llevó a cabo utilizando diversas herramientas y buenas prácticas de la ingeniería de software, principalmente enfocadas en la gestión de requerimientos, las cuales facilitan tanto la programación como

la comunicación de los diferentes actores involucrados en el desarrollo del proyecto. El desarrollo de la aplicación, no sólo proporciona a los cafecultores de la zona una herramienta que almacena y da seguimiento al uso de agua en diferentes procesos e instalaciones, sino que, a futuro, favorece el logro de una eficiencia operativa, logrando un uso más eficiente del recurso y, por lo tanto, reduciendo los costos operativos. Asimismo, la aplicación contribuye a la gestión sostenible del agua al propiciar la implementación de prácticas que reduzcan el impacto ambiental y promuevan el uso responsable y la conservación del recurso, sin considerar que se pueda contar con datos que ayuden a cumplir con regulaciones y estándares ambientales relacionados con el uso del agua.

Palabras clave: Aplicación móvil, eficiencia operativa, ingeniería de requerimientos, optimización del uso del agua, sostenibilidad ambiental.

Abstract

This article details the implementation of a mobile application designed to support coffee producers in the municipality of Jilotepec, Veracruz, in monitoring and recording water consumption during some of the activities carried out in the processing of this bean. The project was carried out using various software engineering tools and best practices, mainly focused on requirements management, which facilitate both programming and communication of the different actors involved in the development of the project. The development of the application not only provides coffee growers in the area with a tool that stores and tracks water use in different processes and facilities, but also, in the future, favors the achievement of operational efficiency, achieving a more efficient use of the resource and therefore reducing operating costs. The application also contributes to

sustainable water management by encouraging the implementation of practices that reduce environmental impact and promote the responsible use and conservation of the resource, without considering that data can be made available to help comply with environmental regulations and standards related to water use.

Keywords: Mobile application, operational efficiency, requirements engineering, water use optimization, environmental sustainability.

Introducción

El café es una de las bebidas más consumidas y apreciadas en el mundo, tanto por su sabor como por sus efectos estimulantes. Como menciona el Instituto Nacional de la Economía Social (2019), en México, ésta es una de las bebidas más populares y su producción en el país es tan amplia que actualmente es el onceavo productor a nivel mundial. Introducido desde 1795, es un cultivo de una enorme trascendencia desde el punto de vista no sólo económico y social, sino cultural y ecológico. Sin embargo, el proceso de producción del café implica una serie de etapas que requieren de cuidado y precisión para garantizar la calidad y el aroma del grano.

Estas etapas van desde la selección de la semilla, plantación, cosecha, procesamiento, tueste, envase y comercialización. Específicamente, durante la fase de procesamiento se llevan a cabo actividades tales como el despulpe, la fermentación y el secado de acuerdo con (Gómez, 2023), que consisten en eliminar la pulpa y el mucílago que rodean al grano, y favorecer el desarrollo de los compuestos aromáticos y saborizantes del café. De dichas actividades, las tres primeras involucran el uso de agua, recurso escaso y vital para las comunidades cafetaleras y para el medio ambiente en general.

Dado lo anterior, la industria del café se enfrenta a importantes desafíos para gestionar el consumo de agua y garantizar prácticas sostenibles de uso del agua. Por tanto, este estudio propone el desarrollo de una aplicación móvil que registre el consumo de agua relacionado con las actividades de lavado, despulpe y fermentado de café, con el objetivo de hacer un análisis posterior de dichos datos. Esta aplicación tiene como objetivo facilitar la toma de decisiones de los cafeticultores con el fin de lograr la sostenibilidad económica de la actividad productiva en cuanto al uso eficiente y responsable del agua. Además, dichas decisiones podrían contribuir a la trazabilidad y la certificación de un café orgánico, como valor agregado para el mercado y los consumidores.

En este proyecto se presentan las tecnologías y buenas prácticas empleadas en el diseño y desarrollo de la aplicación móvil antes mencionada basadas en una ingeniería de requerimientos formal y consistente.

Metodología

El establecimiento de los requisitos de un sistema, implica la obtención, el análisis, la especificación y la validación de éstos (Figura 1).

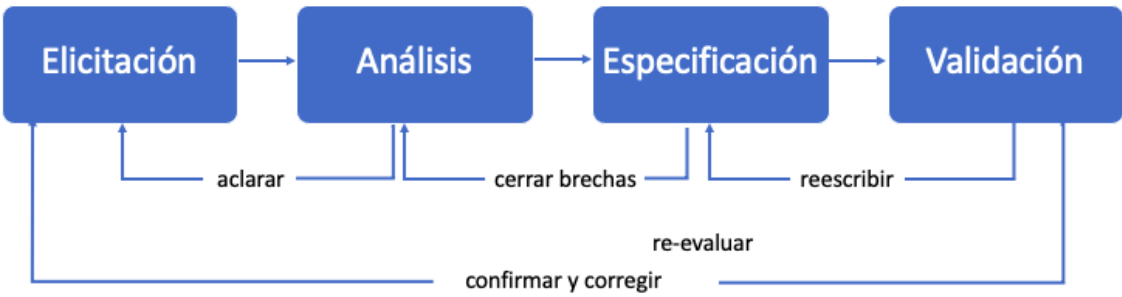


Figura 1. Proceso iterativo para el desarrollo de requerimientos

Fuente: Wiegers y Beatty (2015).

Sin embargo, estas actividades no se realizan secuencialmente, ya que, en la práctica, estas actividades se encuentran entrelazadas, son incrementales e iterativas. El establecimiento de los requisitos de un sistema, implica la obtención, el análisis, la especificación y la validación de los mismos. A continuación, se detallan las actividades realizadas en cada una de las fases:

Elicitación

Wieggers y Beatty (2015), describen la elicitación como el proceso de identificación de las necesidades y limitaciones de las distintas partes interesadas en un sistema informático. Es un proceso analítico y de colaboración que incluye actividades para recopilar, descubrir, extraer y definir requisitos. Se utiliza para descubrir requisitos empresariales, de usuario, funcionales y no funcionales, además de otros tipos de información.

Durante la preparación de la elicitación, se eligieron la entrevista y la observación en campo como instrumentos para la recopilación de información. Para la primera técnica, se diseñó una guía en la que destacaron preguntas tales como:

1. ¿Cuántas toneladas de café reciben en el beneficio?
2. ¿Cómo funciona su proceso de lavado del café?
3. ¿Qué tipo de maquinaria se utiliza para el lavado?
4. ¿Cuál es la capacidad que tiene esta maquinaria?
5. ¿Cuál es la fuente de agua? (pozo, manantial, servicio público, etc.)
6. ¿Dónde almacenan el agua sobrante?
7. ¿Qué hacen con el agua una vez finalizado el lavado?
8. ¿El personal está capacitado de forma profesional para el lavado del café?

Además, se para obtener respuesta a estas preguntas, se realizó un recorrido en algunos de los beneficios de San Isidro, municipio de Jilotepec, Veracruz, destacando el Beneficio de la Finca Quiroz, en donde se tomó nota sobre las condiciones geográficas, la maquinaria, la fuente de agua, la periodicidad de lavado y finalmente los procedimientos habituales para la realización de las actividades de corte y despulpe (Figura 2).



Figura 2. Observando la actividad de despulpe y la maquinaria utilizada en dos beneficios de café de Jilotepec. **Fuente:** Elaboración propia.

Como complemento a esta fase se enumeraron otras posibles fuentes para la delimitación de los requisitos, entre los cuales se pueden destacar los siguientes:

1. Reglas y leyes: Consulta las leyes locales y nacionales que puedan informar sobre los rangos de consumo de agua para las diversas actividades de procesamiento del café;
2. Consejos de la industria cafetalera: Orientación a partir de asociaciones de caficultores y organizaciones cafetaleras sobre la utilización sostenible y eficiente del agua;
3. Experiencia de otros caficultores: Registro de experiencias y hábitos

- de producción de otros productores de café que tengan experiencia en el negocio;
4. Investigación sobre el café: Búsqueda de estudios e investigaciones científicas sobre cómo lavar café de manera eficiente, con aprovechamiento del uso de agua;
 5. Expertos en café: Asesoría de personas que sean expertas en café y que puedan darte consejos prácticos sobre cómo usar el agua de manera eficiente;
 6. Registros manuales de la operación personal: Estadísticas de datos anteriores sobre el uso de agua en el lavado de café en los beneficios;
 7. Nuevas tecnologías y equipos: Análisis de las tecnologías y equipos que permiten medir y reducir el consumo de agua en diversos procesos industriales;
 8. Propuestas de sostenibilidad y cuidado del medio ambiente: Investigación de estrategias para reducir el impacto ambiental, incluyendo el uso del agua, en diversos procesos de producción agrícola.

Análisis

El objetivo del análisis de requerimientos se encarga de detectar y resolver conflictos entre requisitos, descubrir los límites del software y cómo debe interactuar con su entorno organizativo y operativo (Bourque y Fairley, 2014). Para realizar el análisis de este estudio se consideraron los siguientes tópicos enfocados a conocer los objetivos del negocio para determinar las posibles deficiencias del procesamiento del café con fines de la optimización del uso de agua:

1. Antecedentes: La industria del café enfrenta desafíos significativos en cuanto a la sostenibilidad del uso del agua en el proceso de lavado del café. Actualmente, aunque existe maquinaria moderna para contrarrestar este problema, sus altos costos hacen complejo el acceder a dichas tecnologías. Además, existen respaldos científicos que hablan de lo dañino para el medio ambiente que son las aguas residuales del procesamiento del café.
2. Oportunidad de Negocio: La oportunidad radica en la creciente demanda de café sostenible y la necesidad de reducir costos operativos relacionados con el consumo de agua. La implementación de un sistema preciso de medición del uso del agua en el lavado y demás actividades que la incluyen, puede ayudar a la industria a cumplir con las expectativas de sostenibilidad y a mejorar la eficiencia en el proceso de producción. Lo anterior, sugiere la implementación de un sistema que monitoree el uso del agua en favor de los gastos operativos y del cuidado del medio ambiente, y por supuesto, dé cumplimiento a una de las leyes más importantes en materia de medioambiente, La Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, en la cual se establecen los criterios para el aprovechamiento sustentable del agua y de los ecosistemas acuáticos, así como el aseguramiento de la disponibilidad del agua y abatir los niveles de desperdicio, promoviendo el ahorro y uso eficiente del agua, el tratamiento de aguas residuales y su reúso, tal y como lo menciona (DOF, 2023).
3. Objetivos de Negocio: Se enfocan más que nada en la optimización del uso de agua, y en la determinación futura a partir del análisis de los datos, de las posibles deficiencias del procesamiento del café

relacionado con el uso excesivo del agua.

4. Métricas de Éxito: Registro de las variables a considerar para un análisis comparativo entre el volumen total de agua utilizado para el despulpe, lavado y fermentado del café antes y después de la implementación del sistema, con recomendaciones sobre el porcentaje de reducción del consumo de agua en el proceso de despulpe, lavado y fermentado del café en comparación con el período anterior a la implementación del sistema. En una segunda fase, se considerará el porcentaje de productores de café que han adoptado el sistema de medición del uso del agua y el número total de instalaciones donde se ha implementado el sistema.
5. Declaración de Visión: Transformar hacia prácticas sostenibles en el lavado del café ayudando a los productores a ser más eficientes y respetuosos con el medio ambiente, al mismo tiempo que se reducen los gastos operativos, sin perjudicar el proceso y calidad del café.
6. Riesgos de Negocio: La competitividad tecnológica y comercial, sea local o extranjera, los posibles problemas como el miedo al cambio del proceso tradicional a uno más apto para necesidades más particulares, la falta de literacidad digital de algunos usuarios, y por otro lado, la falta de oportunidades para hacer pruebas del sistema por los períodos de cosecha que varían según temporada y comportamiento del estado del tiempo.

Resultados

Las siguientes dos etapas del proceso de ingeniería de requerimientos se detallan en el apartado de resultados, ya que muestran los requerimientos de la aplicación a implementar y las pruebas de la misma.

Especificación

De acuerdo con Santana (2022), una especificación puede ser vista como un contrato entre los usuarios y los desarrolladores de software que define el comportamiento funcional deseado del software y propiedades tales como el rendimiento y la fiabilidad entre otras, sin mostrar cómo se va a lograr dicha funcionalidad.

La especificación de los requerimientos de este proyecto, se encuentra agrupada en tres secciones: orientadas al usuario, orientadas al sistema y, en tercer lugar, orientadas al negocio (véanse Tablas 1, 2 y 3), las cuales sólo se enuncian sin implementarse dentro de algún formato estandarizado.

Tabla 1. *Requerimientos de usuario*

ID y Nombre del requisito	Descripción
RFU-001 - Registro de beneficio	El usuario podrá registrar un nuevo beneficio rellenando los datos pedidos, el nombre, dirección, encargado y tipo de máquina.
RFU-002 - Registro de proceso	Permitir a los usuarios ingresar la cantidad de agua utilizada en un día específico , junto con información del proceso en el que se utilizó.
RFU-003 - Funcionalidad de consulta	Proporcionar una función de consulta eficaz para permitir a los usuarios encontrar rápidamente contenido específico dentro de la aplicación.
RFU-004 - Registro de usuarios	Permitir a los usuarios crear cuentas y registrar sus datos personales para acceder a funciones específicas de la aplicación
RFU-005 - Inicio de sesión	Proporcionar un sistema de inicio de sesión confiable para proteger la información personal de los usuarios

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2. Requerimientos de sistema

ID y Nombre del requisito	Descripción
RFS-001 - Autenticación y Autorización	El sistema registra automáticamente el correo de quien hace algún registro y lo mostrará en la consulta de los procesos registrados.
RFS-002 - Compatibilidad para todos los dispositivos Android	Establece compatibilidad con dispositivos que tengan de sistema operativo Android y sus derivados (ColorOS, OxygenOS, One UI, MIUI, entre otros).
RFS-003 - Almacenamiento de datos	Diseñar una base de datos para almacenar de manera segura la información de los usuarios y los registros de consumo de agua.
RFS-004 - Soporte para múltiples usuarios	Ofrecer la posibilidad de que varios usuarios gestionen sus propios registros de consumo de agua en diferentes dispositivos.
RFS-005 - Generación de reportes	Implementar un sistema automatizado que genere reportes mensuales, calculando el total del agua descargable en formato PDF.

Fuente: Elaboración propia.

Los requerimientos de usuario se centran en comprender el dominio del problema y son el principal medio de comunicación entre los clientes y los desarrolladores, por lo tanto, éstos deben estar bien estructurados en un lenguaje formal, pero al mismo tiempo, en un lenguaje natural para su comprensión (De la Cruz y Castro, 2015). Los requerimientos del sistema describen el comportamiento externo del sistema y sus restricciones. Además, complementan los requerimientos de usuario para dar solución al dominio del problema. Sus principales características es el alto nivel de detalle impuesto en cada una de las especificaciones y modelos.

Gil (2002) muestra que los requerimientos del negocio son especificaciones de alto nivel, establecidas por la organización, las cuales determinan las capacidades y limitaciones que el producto debe tener. Por lo tanto, estos incluyen los objetivos del negocio, la visión del producto y el alcance del proyecto.

Tabla 3. Requerimientos de negocio

Nombre del requisito	Descripción
RFN-001 - Optimización de recursos	Implementar una herramienta de monitoreo de consumo de agua para permitir a los dueños de los beneficios de café identificar áreas específicas que posibiliten la optimización de dicho consumo, contribuyendo así a una gestión más eficiente de los recursos.
RFN-002 - Generación de Informes Estratégicos	Generar informes detallados sobre el consumo de agua, cantidad de café procesado, y otros parámetros relevantes, para facilitar el análisis y la toma de decisiones.
RFN-003 - Análisis de tendencias a largo plazo	Incorporar a largo plazo, herramientas analíticas de tendencias que permitan a los usuarios identificar patrones y cambios significativos en el consumo de agua a lo largo de varias temporadas, facilitando la planificación a largo plazo.

Fuente: Elaboración propia.

Validación

La validación de requisitos confirma que se dispone del conjunto correcto de información sobre requisitos que permitirá a los desarrolladores construir una solución que satisfaga los objetivos empresariales. Esta fase permite revisar los requisitos documentados para corregir cualquier problema antes de canalizarlos al área de desarrollo y al mismo tiempo, para desarrollar pruebas y criterios de aceptación que confirme que el documento de

requisitos integre las necesidades del cliente y alcance los objetivos empresariales (Wiegers y Beatty, 2015).

Una de las formas para validar los requisitos de software e incluso obtener nuevos es la creación de prototipos. Por tal motivo se adquirió un dispositivo capaz de medir el flujo de agua (Figura 3).



Figura 3. CGOLDENWALL Medidor de agua de 1 pulgada. **Fuente:** Amazon

Además, se implementó una aplicación móvil con las funcionalidades que cubrían los requerimientos funcionales descritos en el apartado anterior (Figura 4).

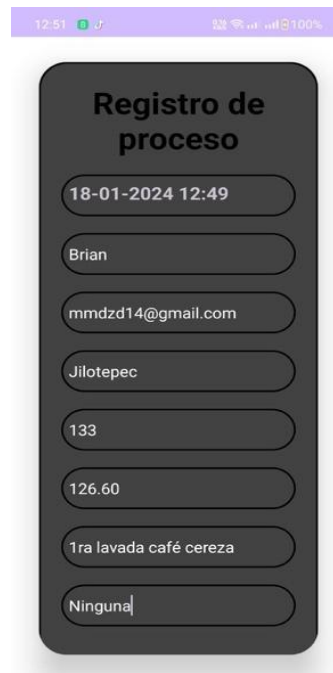


Figura 4. Interfaz de la App HydroCafé. **Fuente:** Elaboración propia.

Adicionalmente, se diseñaron casos de prueba, que validan la aceptación de funcionalidades específicas por parte de los usuarios finales; sin embargo, identificar y diseñar pruebas puede ser difícil para los requisitos no funcionales. Como ejemplo se muestra la estructura de uno de los casos de prueba implementados para el desarrollo de la aplicación móvil (Tabla 4).

Tabla 4. *Casos de prueba aplicados a la app HydroCafé*

ID caso de prueba:	CP-RFU-002
Requisito:	RFU-002 Registro de proceso
Descripción:	Verificar que el sistema permita a los usuarios el registro de todos los procesos, esto sin importar la cantidad que se necesite registrar en un día.
Precondiciones:	La aplicación debe tener conexión a internet y el usuario tiene que tener registrada una cuenta.
Procedimiento:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ingresar con un correo y contraseña válidos. 2. En el menú principal seleccionar la opción de “Registrar proceso”. 3. Ingresar los datos solicitados excepto en el campo de la “máquina utilizada” ya que en los procesos realizados puede haber la opción de no requerir usar máquina para completar la tarea, al dejar algún otro campo en blanco se mostrará un mensaje donde se indica que se deben completar los campos. <p>Hay algunos campos como la fecha y correo de la persona que registra algún proceso que son llenados automáticamente por el sistema</p> <ol style="list-style-type: none"> 4. Al tener completos los campos necesarios completados y presionar el botón de “Guardar” se mandará a la pantalla principal, esto indica que se completó el registro correctamente.
Resultado esperado:	El usuario podrá registrar los procesos que sean necesarios a lo largo de su jornada laboral sin límite alguno.
Resultado real:	El usuario puede registrar los procesos que realiza a lo largo de su jornada laboral sin límite alguno.
Observaciones:	Todo funciona según lo esperado, no hay errores.

Fuente: Elaboración propia.

Conclusiones

Las diferentes actividades que se llevan a cabo durante el procesamiento del café por la vía húmeda en un beneficio requieren de grandes cantidades de agua, las cuales son generalmente variables y no controladas.

Tal es el caso de los beneficios ubicados en el municipio de Jilotepec, Veracruz, en donde además se comienza a presentar casos de insuficiencia de abastecimiento de agua, entre otras muchas zonas, lo que requiere de la implementación de estrategias que ayuden no sólo a la medición del agua consumida, sino al análisis de datos mediante el aprovechamiento de recursos tecnológicos que apoyen en la toma de decisiones para la optimización de este valioso recurso.

En este capítulo se describen todas las etapas involucradas en el proceso de ingeniería de requerimientos utilizadas para la implementación de una aplicación móvil denominada HydroCafé, la cual fue creada como apoyo en el control del uso de agua en el procesamiento del café a través de reportes que permiten analizar datos sobre las cantidades de café a procesar y el consumo de agua que conlleva dicho procesamiento.

La ejecución de los casos de prueba de la aplicación desarrollada, no sólo permitieron validar la satisfacción del usuario en cuanto al uso de la aplicación, sino que permitió generar las primeras mediciones sobre el uso del agua en procesos relacionados con el beneficiado del café, para conformar a futuro una base de datos que permita determinar cuáles son los factores que influyen en el menor o mayor uso del agua en cada una de las etapas.

En los dos registros iniciales, correspondientes al Beneficio de la Finca Quiroz, se gastaron 126.60 y 109.38 litros de agua, en el primer y segundo lavado respectivamente (Figura 5), para un total de 133 kg de café cereza.

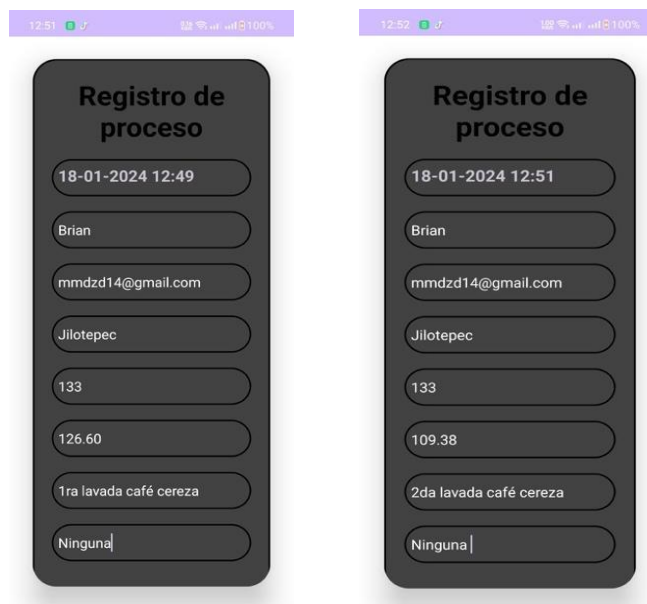


Figura 5. Medición de agua para el primer lavado y segundo lavado.

Fuente: Elaboración propia.

Además, hubo una tercera medición, en la etapa de despulpado de la misma cantidad de café, en la que se registraron 52.304 litros de agua, utilizando una despulpadora de disco del mismo beneficio. En general, tanto los requerimientos especificados como los casos de prueba que los validan, demuestran que la aplicación cumple con las funcionalidades establecidas.

En primera instancia, los requerimientos de usuario fueron satisfechos a través de la validación de las funcionalidades que ofreció el prototipo de la aplicación móvil implementada, es decir, los casos de prueba referidos a este tipo de requerimientos, confirman que el registro de beneficios y los procesos que pueden seleccionarse, así como la funcionalidad de consulta, operan sin problemas y cumplen con las expectativas planteadas. La ventaja de validar requerimientos a través de prototipos es que éstos facilitan la interpretación de la especificación de los mismos y, en caso necesario, proporcionan información útil sobre errores en la implementación de las funcionalidades.

En cuanto a los requerimientos del sistema, la aplicación muestra compatibilidad con diferentes dispositivos *Android*, donde además es capaz de manejar múltiples usuarios simultáneamente. Sin embargo, se identificó un problema en la generación de reportes, donde la aplicación solo logra generar y guardar correctamente en un dispositivo específico debido a diferencias en las rutas de archivos que manejan los dispositivos. Es importante abordar este problema para garantizar una experiencia consistente en todos los dispositivos.

Finalmente, las pruebas aplicadas a los requerimientos de negocio, indican que los informes generados por la aplicación son aprovechables para el análisis y la toma de decisiones, aunque se sugiere mejorar el formato en el que se presentan. Se puede concluir que, aunque la aplicación funciona según lo esperado en la mayoría de los aspectos, se necesita realizar ajustes para mejorar la generación de informes abordando las posibles rutas de archivos dispositivos para garantizar la funcionalidad uniforme en diversos dispositivos Android.

Este proyecto demuestra que la adopción de buenas prácticas en la ingeniería de requerimientos aunadas al seguimiento de prácticas de gestión responsable del agua, satisface necesidades actuales, sin poner en riesgo las necesidades del futuro. En otras palabras, garantiza la sostenibilidad al fomentar el equilibrio entre el crecimiento económico y el cuidado del medio ambiente.

En resumen, una aplicación para registrar el consumo de agua en la industria puede tener un impacto significativo en la eficiencia operativa, la sostenibilidad ambiental y la responsabilidad corporativa, al tiempo que ayuda a cumplir con regulaciones y contribuye a la conservación de un recurso esencial.

Agradecimientos

Una mención especial para todo el equipo de desarrollo del prototipo y la documentación de la aplicación, estudiantes de la materia de Ingeniería de Requerimientos de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales del Instituto Tecnológico Superior de Xalapa: Mario Alberto Arroyo Utrera, Brian Delfino Flores Méndez, Brenda García Hurtado, Diego Yosef Martínez Hernández, Omar Trejo Landa y Oscar Ulises Trujillo Guevara. Asimismo, se agradece el financiamiento otorgado por COVEICyDET.

Referencias

- Bourque, P. y Fairley, R. E. (2014). *Guide to the software engineering body of knowledge*. IEEE Computer Society.
- De la Cruz Londoño, C. A. y Castro Guevara, G. A. (2015). Metodología para la Adquisición y Gestión de requerimientos en el Desarrollo de Software Para Pequeñas y Medianas Empresas (Pymes) del Departamento de Risaralda (Tesis de maestría). Colombia: Universidad Tecnológica de Pereira. <https://hdl.handle.net/11059/5589>
- DOF. (2024). Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGEEPA.pdf>
- Gil, G. D. (2002). Herramienta para implementar LEL y escenarios (TILS) (Tesis de maestría). Argentina: Universidad Nacional de La Plata. <https://doi.org/10.35537/10915/4057>
- Gómez, E. J. L. (2023). Función de producción: estudio de caso de la producción de café (COFFEA ARABICA L.), en el municipio de La Concordia, Chiapas (Tesis de Maestría). México: Colegio de Postgraduados. <http://hdl.handle.net/10521/5113>

Instituto Nacional de la Economía Social. (2019). *Historia del café y su cultura*. Gobierno de México. Disponible en: <https://www.gob.mx/inaes/es/articulos/historia-del-cafe-y-su-cultivo?idiom=es>

Santana, S. R. (12 de septiembre de 2022). *Un análisis de enfoques de validación de requerimientos*. SEDICI. Disponible en: <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/141871>


Wieggers, K. E. y Beatty, J. (2015). *Software requirements*. Microsoft Press.





Diseño de una aplicación móvil para la evaluación de las características del suelo

María Salomé Alejandre Apolinar

Instituto Tecnológico Superior de Xalapa.  salome.aa@xalapa.tecnm.mx

Hugo Amores Pérez

Instituto Tecnológico Superior de Xalapa

Irma Angélica García González

Instituto Tecnológico Superior de Xalapa

Rosa María Arias Mota

Instituto de Ecología, A. C.

Yadeneyro de la Cruz Elizondo

Facultad de Biología, Universidad Veracruzana

Resumen

Hay varias razones por las que las aplicaciones móviles son cruciales hoy en día, una de ellas es para mejorar la experiencia del consumidor. Las aplicaciones móviles bien diseñadas y funcionales pueden mejorar significativamente la experiencia del usuario, haciéndola más fácil, rápida e intuitiva que la de una página web. La aplicación móvil para cafecultores ofrece diversas funciones clave que buscan mejorar la gestión y control de la información relacionada con el proceso de recolección de datos en las evaluaciones de suelo para cultivo de café en las fincas de la localidad de

Jilotepec, Veracruz. El desarrollo de la aplicación móvil "Coffee Soil Analytics", está dirigida a los cafeticultores de Jilotepec, Veracruz. La aplicación ofrece una plataforma interactiva para el análisis del suelo y la gestión de cultivos de café. Con dos módulos principales, proporciona información detallada sobre las propiedades del suelo y facilita un sistema automatizado de evaluación con resultados y recomendaciones específicas. Se realizaron pruebas de campo para verificar su funcionalidad. Además, se incluyen recursos adicionales como una presentación y un manual de usuario para una mejor comprensión y utilización de la aplicación. En resumen, "Coffee Soil Analytics" representa una herramienta práctica y accesible que mejorará la gestión agrícola y promoverá la sostenibilidad en la región cafetalera de Jilotepec, Veracruz.

Palabras clave: Análisis de suelos de café, propiedades del suelo, tecnología.

Abstract

There are several reasons that explain why mobile apps are crucial today, one of them is because of they improve the consumer experience. Well-designed and functional mobile applications can significantly improve the user experience, making it easier, faster and more intuitive than that of a web page. The mobile application for coffee growers offers several key functions that seek to improve the management and control of information related to the data collection process in soil evaluations for coffee cultivation on farms in the town of Jilotepec, Veracruz. The development of the mobile application "Coffee Soil Analytics" is addressed to coffee growers of Jilotepec, Veracruz. The application offers an interactive platform for soil analysis and coffee crop management. With two main modules, it provides detailed information on soil properties and facilitates an automated evaluation system with specific

results and recommendations. Field tests were carried out to verify its functionality. In addition, resources such as a presentation and a user manual are included for a better understanding and use of the application. In summary, "Coffee Soil Analytics" represents a practical and accessible tool that will improve agricultural management and promote sustainability in the coffee-growing region of Jilotepec, Veracruz.

Keywords: Analysis of coffee soils, soil properties, technology.

Introducción

La cafecultura se define como el proceso orgánico y sostenible de la producción de café. También se refiere al uso de la tecnología como una herramienta de este proceso, esto con el fin de obtener aún mejores resultados y proporcionando una nueva manera de hacer las cosas al promover la innovación (Hernández y Nava, 2016). En donde se tiene una propuesta de desarrollar una aplicación móvil dirigida a los cafecultores de la región de Jilotepec, Veracruz, con la temática de promover el flujo de la información del uso correcto del suelo, así como también se busca realizar el diseño de una base de datos en donde se recolecta el registro de diversas evaluaciones para la toma de decisiones.

La principal cualidad distintiva de la aplicación móvil consiste en su accesibilidad desde una amplia gama de dispositivos móviles que cuenten con sistema operativo Android, con el objetivo de brindar a todos los usuarios las herramientas e información relevante que sea de su interés. Esta aplicación se destaca por presentar los contenidos de manera atractiva y adaptada a través de diseños sencillos pero llamativos, en donde también se muestran infografías, imágenes y gráficas. La aplicación móvil no solo ofrece una amplia variedad de contenido, sino que también se organiza en dos

categorías, con el objetivo de organizar la información de mejor manera y permitir a los usuarios escoger a cuál le dan más importancia, de acuerdo con sus necesidades.

La primera categoría está diseñada específicamente para brindar información y recursos útiles en relación con los conceptos básicos del suelo, en donde se podrán encontrar definiciones, composiciones, tipos y calidades. Por otro lado, la segunda categoría se centra en las propiedades del suelo, proporcionando contenido especializado y comprobado científicamente, de tal manera que es fácil de comprender lo que busca analizarse en cada propiedad, dividiendo éstas en tres categorías: las físicas, las biológicas y las químicas. Lo anterior, con el objetivo de introducir de manera eficiente lo que se realizará en las evaluaciones. De esta manera, la aplicación móvil busca ser una herramienta integral y accesible para todos los usuarios interesados en el tema de la cafecultura (Hernández, 2019).

Cafecultura

El suelo es un recurso natural que alberga vida, cumple funciones y brinda importantes funciones ambientales que sostienen la vida en el planeta; por lo tanto, es esencial conocer sus características para preservar las características que promueven su fertilidad y así evitar su deterioro. El suelo puede ser utilizado para fines urbanos, forestales o agrícolas. En este último caso, es necesario garantizar ciertas operaciones para mantener sus funciones y mantener la productividad a largo plazo (de la Cruz-Elizondo et al., 2022).

Esta aplicación móvil se creó a partir del manual: “Conociendo las propiedades de mi suelo cafetalero” (de la Cruz-Elizondo et al., 2022), diseñado para brindar orientación sobre el estado de las principales

características del suelo destinado a la actividad cafetalera. El desarrollo presentado surge a partir de este manual que fue generado ex profeso para el apoyo en el campo de los cafeticultores. Con el avance tecnológico se ha creado la versión en la aplicación que se describe, en la cual se tiene la información de dicho manual y la versatilidad de la evaluación de manera dinámica e interactiva con el usuario, además cuenta con una significativa avance la propuesta, debido a que se establece dentro de la programación la geolocalización y el guardado y envío de registro al especialista, con lo que se genera una base de datos para el usuario y al mismo tiempo se cuenta con la retroalimentación por este medio del especialista. Esta propuesta innovadora permite que el agricultor en el campo genere de manera práctica estas evaluaciones de manera metódica y tenga un seguimiento, esto porque la misma aplicación permite que el encargado del cafetal tenga un apoyo y/o guía rápida de cómo verificar el estado de la tierra en el cafetal.

Tecnología Agrícola

Numerosos beneficios de la tecnología agrícola han transformado la agricultura en las últimas décadas, la tecnología aumenta la productividad de los cultivos. Con la ayuda de recursos como automóviles, robótica, computadoras, satélites, drones y software, los agricultores pueden aplicar con precisión los insumos necesarios, como agua, fertilizantes y pesticidas. Esto reduce los costos de producción y reduce el desperdicio y el impacto ambiental. Además, la tecnología agrícola ayuda a los agricultores a automatizar tareas y proporcionar información detallada sobre el estado de los cultivos (Figura 1). Monitorizar el campo en tiempo real a través de sensores, imágenes de satélite y programas informáticos permite detectar

problemas como enfermedades o falta de nutrientes y tomar medidas correctivas (Chen, 2022).



Figura 1. Tecnología Agropecuaria. Fuente: Harf (2023).

Aplicaciones móviles

Los conjuntos de instrucciones lógicas, procedimientos, reglas, documentación, datos e información relacionados que funcionan específicamente en dispositivos móviles, como teléfonos inteligentes, televisores inteligentes, tabletas y relojes, se conocen como aplicaciones móviles. Actualmente, las aplicaciones móviles se crean utilizando una variedad de lenguajes de programación y funcionan específicamente en sistemas operativos móviles. Los lenguajes de programación más utilizados para crear aplicaciones móviles son Java, flutter, swift ios, android ios entre otros (Ramos,2023). Los usuarios de Android pueden descargar las aplicaciones oficiales desde su gestor *Google Play*, donde pueden descargar, utilizar y probar cualquier aplicación que les llame la atención o les guste. Estas aplicaciones pueden ser de diferentes tipos, como aplicaciones para el trabajo (Chacon-Torres, 2016).

Interfaz de usuario

La parte accesible de un sistema computacional, tanto en hardware como en software, es la interfaz de usuario, que permite al usuario interactuar con el sistema. El diseño de una buena interfaz se ha convertido en una parte importante y relevante de las aplicaciones interactivas. Si un sistema de software tiene una interfaz deficiente, incluso si es confiable y eficiente, puede no ser aceptado. En muchas aplicaciones, el desarrollo de una interfaz representa una parte significativa del costo total del desarrollo de la aplicación (Acosta, 2006).

Diseño de interfaces

Un punto importante en el proceso de desarrollo de una aplicación móvil es el diseño que esta tendrá, pues será la representación viva de su objetivo o función, por lo que se busca crear interfaces intuitivas, sencillas en cuanto a uso, pero llamativas a la vez para cautivar al usuario, esto con el fin de dejar una huella que la distinga contra otras aplicaciones (Avila, 2018). En el diseño se realizan múltiples tareas desde la selección de colores, elementos representativos, tamaños y distribución, ya sea desde la creación de un logotipo, botones, imágenes, interfaces, entre otras.

Logotipo

Lo primero a realizar en el proceso del desarrollo de la aplicación móvil es el diseño de las interfaces que contendrá la aplicación, pero una de las características principales de una aplicación es que esta cuenta con un logo el cual la diferencia de manera visual de otras aplicaciones. En este punto, la herramienta de *Adobe Illustrator* es de gran apoyo y con esta se desarrolló el diseño del logotipo (Figura 2), el cual se concluye tras realizar varios bocetos


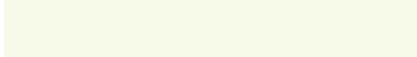







en la propuesta. La selección y los cambios realizados fueron supervisados por los asesores del proyecto, proponiendo desde los colores, hasta los elementos que conforman el logotipo.



Figura 2. Logotipo de Adobe Illustrator **Fuente:** Adobe (2023).

Los colores propuestos para el logotipo fueron los siguientes como se observa en la Tabla 1, los cuales varía la tonalidad conforme la colorimetría, dependiendo de la herramienta con la que se presenten.

Tabla 1. Colores de logotipo

Color	Código Hex
	#0C0C0B
	#F7F9E9
	#139048
	#E82129
	#FBF293
	#5F3E2B
	#5DC2C9
	#F8A483
	#827C44

Fuente: Elaboración propia. **Nota:** Código de colores en hexadecimal.

El diseño final del logotipo (Figura 3), conserva la mayoría de los elementos designados por el experto, haciendo cambios ligeros en cuestión a tonalidades, sombras y elementos como las manos y agregar el elemento representativo del agua.













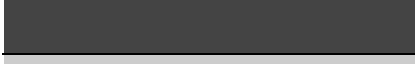



Figura 3. Logotipo final de la aplicación.

Fuente: Elaboración propia.

Interfaces de la aplicación

Las interfaces de la aplicación también cuentan con una variedad de tonalidades en color verde y café (Tabla 2), esto con la finalidad de asociarlos a estos elementos de manera intuitiva en relación con el suelo y las plantas.

Tabla 2. Colores interfaces de aplicación

Color	Código Hex
	#000000
	#FFFFFF
	#E6C69F
	#8C5931
	#5C3E23
	#A3D9A5
	#6DBF8F
	#40916C
	#FF0000
	#000080
	#444444
	#CCCCCC
	#E9E9E9
	#C3C3C3

Fuente: Elaboración propia.

También se diseñaron dos fondos (Figura 4) dentro de los diversos elementos, estos para resaltar las tonalidades anteriores e identificar que son elementos diversos en la aplicación (García et al., 2016)

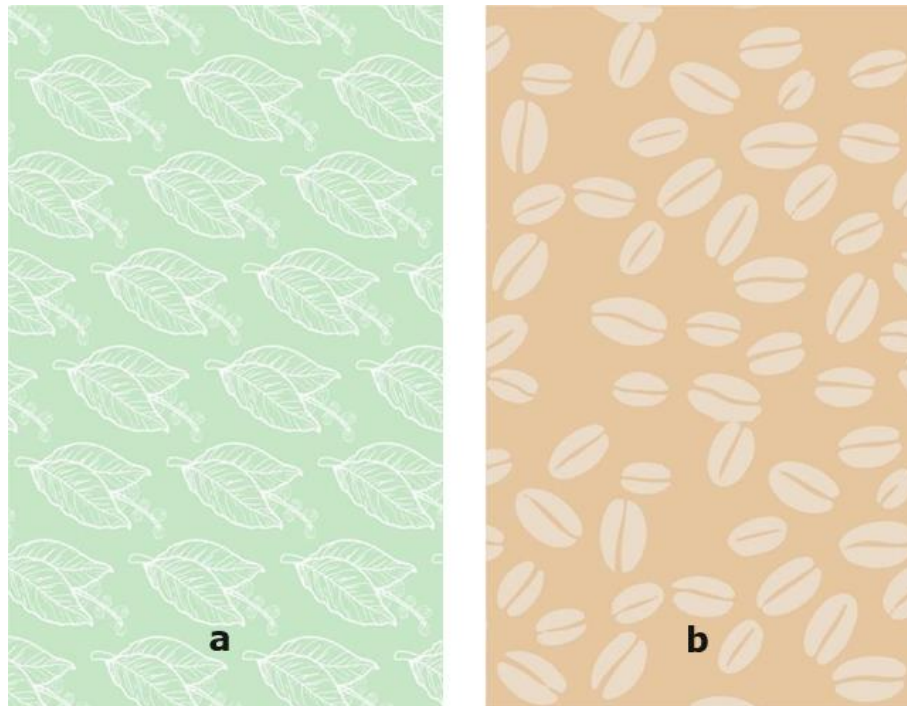


Figura 4. Muestra de los fondos a y b.

Fuente: Elaboración propia.

Desarrollo de la aplicación

Se parte de la selección del software de *Android Studio* con el lenguaje de programación Java, con la finalidad de ejecutar la aplicación en dispositivos con un sistema operativo 8.0 *Oreo*, el cual es el indicado para el desarrollo (Montero, 2022). Por lo anterior, es necesario iniciar con la creación de los *layout* o interfaces de la aplicación los cuáles serán visibles para los usuarios al ingresar a la aplicación. Como se puede observar en la Figura 5.



Figura 5. Desarrollo de la programación de los layout: A, B, C y D.

Fuente: Elaboración propia.

Para lograr el uso óptimo de la aplicación móvil antes de ser instalada, se recomienda que se empleen en dispositivos móviles actualizados, ya que debe contar con los siguientes requerimientos y/o características:

- Sistema operativo: Android 10 SDK 30
- RAM: 4 GB de RAM
- Almacenamiento: 6GB de almacenamiento libres
- Resolución de pantalla 1080 x 1920 píxeles
- Conectividad: Wifi o datos móviles.
- GPS con ubicación precisa.

Es recomendable no usar el mismo celular asignado a usuarios distintos, esto debido a la ubicación y la fecha de aplicación son los únicos parámetros que diferencia una evaluación con otra (Robledo, 2014). Si esto no se efectúa

de esta manera la trazabilidad de los datos no puede ser identificada y además no es posible modificarse después de generarse. Esto causaría la pérdida de dicha información por no ser confiable el registro.

Interfaces de la aplicación móvil

Entre las distintas interfaces que se cuenta en la aplicación está la portada, dando una bienvenida amigable, solicitando por primera ocasión los permisos de ubicación precisa y un pequeño registro de usuario, después este llenado se ingresa al menú principal y ya no se vuelve a generar esta solicitud, porque ha quedado grabado con relación al usuario, razón por la cual se indica en el paso anterior esta situación (Figura 6).

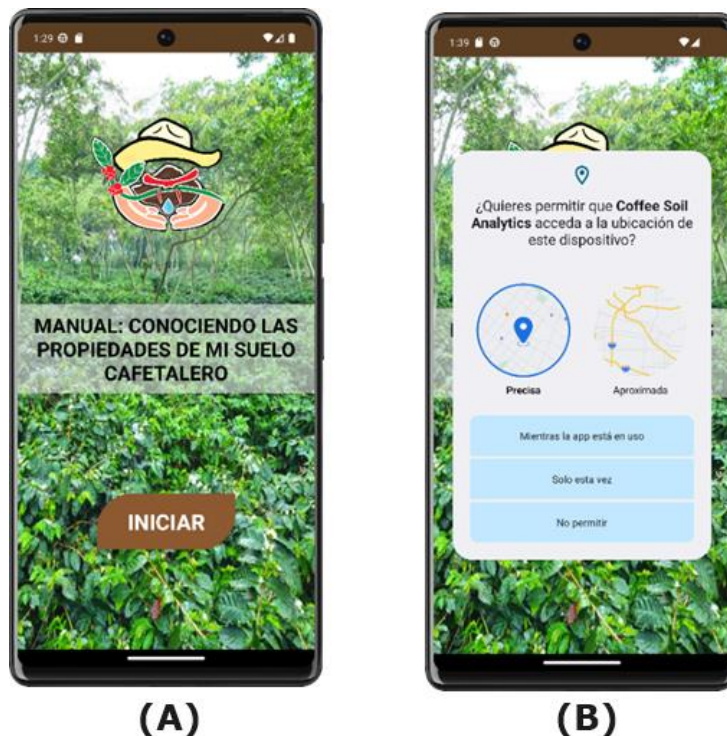


Figura 6. (A) Inicio y (B) solicitud de permisos en la aplicación.

Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a la interfaz de registro de usuario (Figura 7), se solicitará solo durante la primera interacción de la aplicación y los campos requeridos son: nombres y apellidos del usuario, posteriormente permitirá continuar a menú principal (Berzal, 2021).



Figura 7. Registro de usuario.

Fuente: Elaboración propia.

Una vez inicializada la aplicación se encontrarán dos menús, el principal abarca la mayor parte de la pantalla y ayudará a navegar dentro del manual, el segundo es una barra de menú permanente, la cual se encontrará en toda la aplicación sin importar en que otras interfaces se encuentre el usuario, a excepción de la portada. También se cuenta con un botón que permitirá ver el archivo PDF con información detallada del manejo y evaluación de suelos en caso de ser requerido (Figura 8).



Figura 8. Menú principal – Aplicación.

Fuente: Elaboración propia.

Dentro de la interfaz para visualizar el archivo PDF, en este se encuentra toda la información relevante en relación del suelo y se podrá navegar en ella de manera fácil con dos botones que permiten avanzar o retroceder, y un menú desplegable para moverse entre los distintos temas (Figura 9).

La última interfaz es la de evaluaciones en la que se presenta una breve introducción de lo que consiste la evaluación, una vez inicializada se solicitan los datos principales del área de evaluación y continua con las evaluaciones de cada una de las 10 propiedades del suelo y por último se encuentra el resultado obtenido tras realizar la evaluación, en donde se muestra una tabla con las puntuaciones obtenidas y un análisis de resultado (Figura 10).



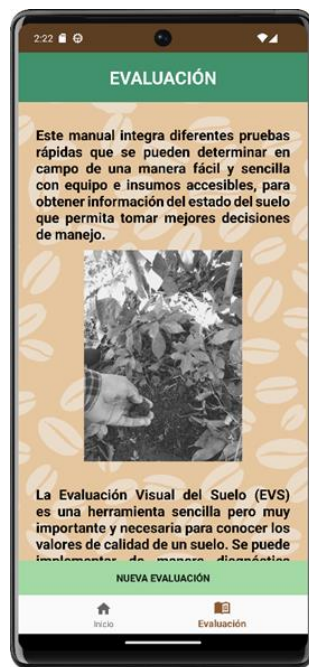
(A)



(B)

Figura 9. (A) Manual de aplicación y (B) Menú desplegable.

Fuente: Elaboración propia.



(A)



(B)



Figura 10. (A) presentación de la evaluación, (B) inicio de evaluación, (C) propiedades, (D) tabla de resultados y (E) análisis de resultados.

Fuente: Elaboración propia.

Metodología

La investigación se enfoca en la creación de una aplicación móvil con dos apartados, el principal es el área informativa en relación con el suelo y el segundo es un gestor de evaluaciones. Para poder realizar esta tarea, se ha implementado una metodología de investigación con información tanto cualitativa como cuantitativa, adquirida mediante la implementación de evaluaciones dentro de la aplicación desarrollada y artículos de investigación relacionados con la cafecultura. Por medio de esta información obtenida, se logró comprender de mejor manera la problemática planteada y a su vez se

obtuvieron distintas soluciones para el desarrollo de la aplicación, relacionadas con los apartados que debe contener.

La aplicación móvil desarrollada permitió la obtención de datos reales en el terreno, ya que los usuarios la utilizaron para realizar mediciones y análisis del suelo en situaciones reales. Esto proporcionó una fuente de datos práctica y actualizada que sirvió como base con el fin de respaldar la toma de decisiones y la mejora continua de la aplicación. Además, se llevó a cabo una documentación del trabajo realizado, incluyendo el diseño y desarrollo de la aplicación, los procesos de recolección y análisis de datos, y los resultados obtenidos. Esta documentación garantiza la trazabilidad del trabajo. Finalmente, se realizaron pruebas en el campo donde se utilizará la aplicación, lo que permitió validar su funcionamiento en condiciones reales y recopilar retroalimentación (Figura 11).



Figura 11. Metodología. Fuente: Elaboración propia.

Para complemento del trabajo se apoyó en la metodología ICONIX que se caracteriza por ser incremental e iterativa, lo que significa que el proceso de desarrollo se divide en múltiples iteraciones, cada una de las cuales refina el modelo de dominio y la identificación de casos de uso. Además, ICONIX hace hincapié en la trazabilidad, con cada paso referenciado por un requisito. ICONIX es un enfoque simplificado en comparación con métodos tradicionales, integra técnicas de orientación a objetos para gestionar el ciclo de vida de un proyecto, el cual abarca diversas etapas, desde el análisis de requisitos hasta la implementación y las pruebas (Jumbo et al., 2017).

En la metodología ICONIX, el diagrama de clases se construye a partir del análisis de todos los requisitos que formarán parte del sistema. Este diagrama representa las agrupaciones funcionales que estructuran el sistema en desarrollo. Para ello, se deben seguir los siguientes pasos:

1. Análisis de requisitos, en donde se identifican y analizan todos los requisitos del sistema.
2. Construcción del diagrama de clases, el cual utiliza la información de los requisitos y se procede a construir el diagrama de clases que representará las clases y sus relaciones en el sistema.
3. Detalles del diseño, se añaden estos al diseño en el diagrama de clases para verificar si satisface todos los requisitos del sistema (Figura 12).
4. Verificación, esta se verifica que el diseño del sistema representado en el diagrama de clases cumpliendo con los requisitos establecidos

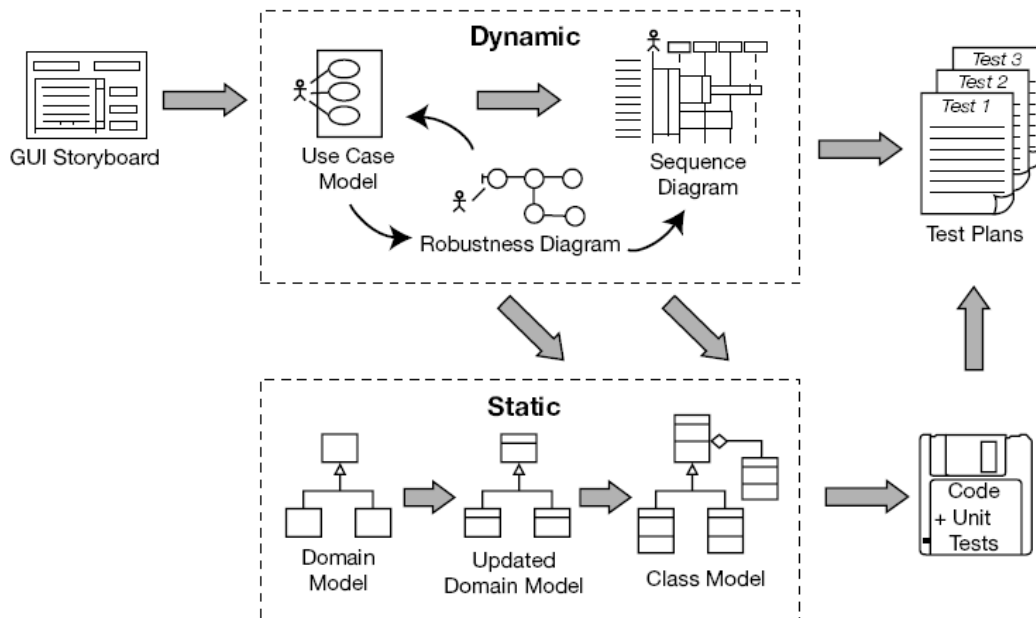


Figura 12. Diagrama de metodología ICONIX. Fuente: Elaboración propia.

Casos de uso

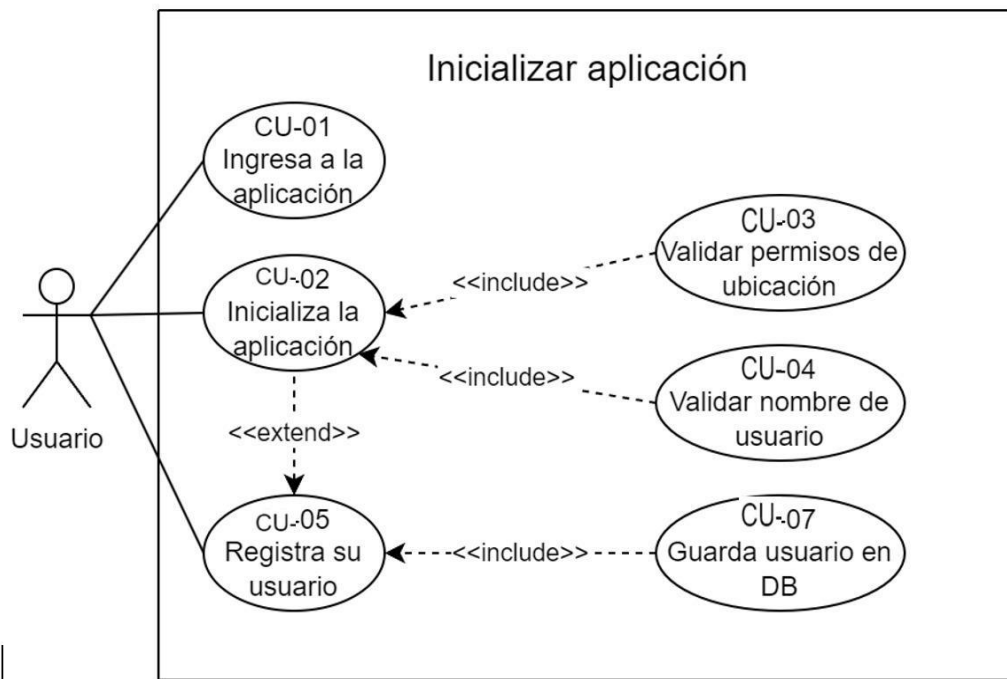


Figura 13. Caso de uso iniciar aplicación. Fuente: Elaboración propia.

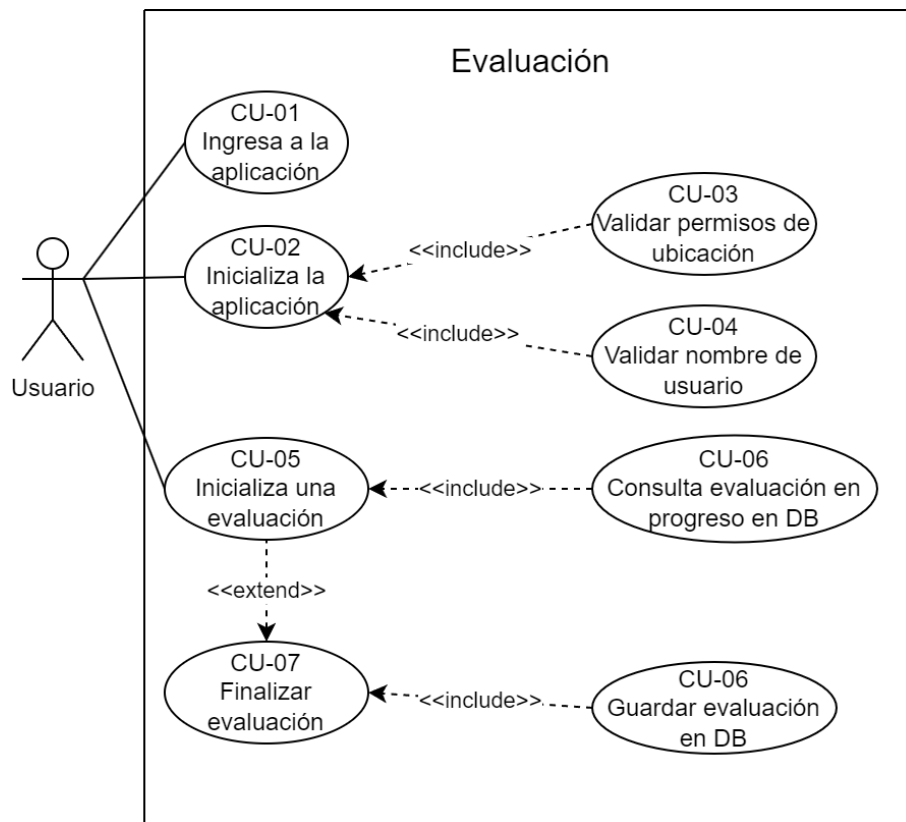


Figura 14. Caso de uso evaluación. **Fuente:** Elaboración propia.

Escenarios de casos de uso

En este punto se desarrollan los escenarios requeridos con base en lo establecido en la metodología y conforme a los requerimientos, como se observa en la Tabla 3.

Tabla 3. Escenario ingresar a la aplicación

Aplicación móvil	Coffee Soil Analytic
Nombre caso de uso	Ingresar a la aplicación
Objetivo	Permite a todos los usuarios el acceder a la aplicación.
Descripción	Permitir que cualquier usuario pueda acceder a la aplicación para su visualización y uso.
Actores	Cafeticultor, investigador, administrador.

	<i>Cafeticultor, investigador, administrador</i>	<i>Sistema</i>
Flujo principal (FP)	1.-Ingresar a la aplicación dando clic al icono de la aplicación.	2.-Inicializa la aplicación en segundo plano y la muestra en primer plano.
	3.-Selecciona el botón "Iniciar"	4.-La aplicación valida permisos de ubicación (Ver FA 4.1).
		5.-La aplicación busca el nombre de usuario (Ver FA 5.1).
Flujo alternativo (FA)	4.1 Seleccionar el botón "Iniciar".	6.-La aplicación proporciona la interfaz menú principal.
	1.- Si no se concedieron permisos de ubicación precisa.	
	2.- Se solicitan permisos de ubicación precisa	
Excepciones	3.- Repetir FP 4	
	5.1 Seleccionar el botón "Iniciar".	
	1.- Si no encuentra el nombre de usuario	
	2.- Ir al escenario "Registro de usuario".	
	3.- Fin del CU.	
Excepciones	Ninguna	

Fuente: Elaboración propia.

Conclusiones

El desarrollo de la aplicación móvil "Coffee Soil Analytics" se llevó a cabo siguiendo la metodología seleccionada, proporcionando una herramienta completa y funcional que satisface los requisitos establecidos. Esta aplicación no solo sirve como una plataforma para la transmisión de información relacionada con el suelo y sus propiedades, sino que también facilita el proceso de análisis del suelo para los cafeticultores de Jilotepec, Veracruz. Además, complementa y mejora el acceso al análisis del suelo.

Uno de los aspectos más destacados de esta aplicación es su diseño modular, que permite una distribución eficiente de la información y un acceso rápido a las funcionalidades necesarias. Con dos módulos principales, la

aplicación ofrece una experiencia intuitiva y fácil de usar para los usuarios, respaldada por una conexión a una base de datos local que garantiza la privacidad y la individualidad de cada usuario.

Agradecimientos especiales

A Aldrich Irisson y Luis Villa por el apoyo técnico.

Referencias

- Acosta, A. y Zambrano, N. (2006). Importancia, problemas y soluciones en el diseño de la Interfaz de Usuario. *SABER. Revista Multidisciplinaria del Consejo de Investigación de la Universidad de Oriente*, 18(2), 174-182. <https://www.redalyc.org/pdf/4277/427739430010.pdf>
- Avila Herrera, J. F. (2018). Mnemosina. Una herramienta para Programación Android. En: *V Jornadas Iberoamericanas de Innovación Educativa en el ámbito de las TIC y las TAC: InnoEducaTIC 2018, Las Palmas de Gran Canaria, 15 y 16 de noviembre de 2018 (pp. 151-156)*. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. <http://hdl.handle.net/10553/52684>
- Berzal Gómez, J. M. (2021). Procesado de imagen mediante software para dispositivos Android (Tesis de licenciatura). España: Universidad de Alcalá. <http://hdl.handle.net/10017/49630>
- Chacon-Torres, J. A. (2016). Aplicación móvil basada en técnicas de la agricultura de precisión para determinar que producto agrícola es más adecuado para la siembra (Tesis de licenciatura). Colombia: Universidad Distrital Francisco José de Caldas. <http://hdl.handle.net/11349/7286>
- Chen, X. (2022). Aplicaciones móviles multiplataformas de agricultura de precisión (Tesis de maestría). España: Universidad Politécnica de Madrid. <https://oa.upm.es/71842/>

- de la Cruz-Elizondo, Y., Arias-Mota, R. M. y Moreno-Seceña, J. C. (2022). *Manual Conociendo las propiedades de mi suelo cafetalero*. Instituto Tecnológico Superior de Xalapa.
- Enríquez, J. G. y Casas, S. I. (2014). Usabilidad en aplicaciones móviles. *Informes Científicos Técnicos - UNPA*, 5(2), 25-47.
- García, F., Téllez, L., Chévez, E. y Tijerino, A. (2016). Nativos e inmigrantes digitales en la adaptación del diseño gráfico en las aplicaciones móviles (Tesis de licenciatura). Nicaragua: Universidad Politécnica de Nicaragua. <https://core.ac.uk/download/pdf/230866215.pdf>
- Hernández, J. A. (2019). El proceso histórico de la cafeticultura mexicana: una contribución para la toma de decisiones y definición de política pública. En: Bello Baltazar, E., Soto Pinto, L., Huerta Palacios, G. y Gómez Ruiz, J. (Eds.). *Caminar el cafetal. Perspectivas socioambientales del café y su gente* (pp. 427-437). El Colegio de la Frontera Sur.
- Hernández, S. M. y Nava, T. M. (2016). *Cafeticultura y uso sustentable de los recursos naturales*. Juan Pablos.
- Jumbo, L. A., Quezada, P. A., Bustamante, S. J. y López, E. J. (2018). Desarrollo de aplicación web para la gestión de producción de camarón. *Revista Espacios*, 39(04), 28.
- Montero, R. (2022). *Android: desarrollo de aplicaciones*. Ediciones de la U.
- Robledo, D. (2016). *Desarrollo de aplicaciones para Android I*. Ministerio de Educación, Cultura y Deporte.
- Ramos Alarcón, R. A. (2023). Análisis comparativo de las tecnologías SWIFT “IOS” y FLUTTER “ANDROID y IOS” para el desarrollo de aplicaciones móviles (Tesis de licenciatura). Ecuador: Universidad Técnica de Babahoyo. <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/14001>





Propuestas de obras de conservación del suelo y agua para una cafecultura sustentable en Jilotepec, Veracruz

Yadeneiro de la Cruz Elizondo

Facultad de Biología, Universidad Veracruzana.  ydelacruz@uv.mx

Rosa María Arias Mota

Instituto de Ecología, A. C.

Lizbeth Pérez Pérez

Facultad de Biología, Universidad Veracruzana

Resumen

La producción de café en México se realiza principalmente en zonas montañosas de climas templados-lluviosos y representa el sostén de miles de familias rurales además de tener un fuerte arraigo cultural. Por las condiciones topográficas, climáticas, edáficas y culturales es imprescindible fomentar el cuidado del recurso suelo para preservar sus funciones ecosistémicas como hábitat de diversidad y reservorio de agua, principalmente. En este capítulo se presenta una propuesta de las principales obras de conservación de suelo y agua que desarrollan un grupo de productores cafetaleros en el municipio de Jilotepec, Ver. Para lograrlo, se realizó la caracterización de 17 fincas cafetaleras, información obtenida a través de un cuestionario. Mediante una indagación bibliográfica se seleccionaron prácticas de manejo, las cuales se adecuaron a las

condiciones de este municipio. Para identificar las áreas prioritarias donde se requieren dichas obras se realizaron mapas de pendientes, tipo de suelo, precipitación, uso de suelo y vegetación con datos del Instituto Nacional de Geografía y Estadística (INEGI) y de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Se presentan una serie de técnicas mecánicas y agronómicas acompañadas de su explicación, ventajas y fotos de las obras terminadas con el fin de orientar el trabajo de más productores que deseen implementarlas.

Palabras clave: Cafetales bajo sombra, prácticas de manejo, servicios ecosistémicos.

Abstract

Coffee production in Mexico is carried out mainly in mountainous areas with temperate-rainy climates and represents the support of thousands of rural families in addition to having strong cultural roots. Due to the topographic, climatic, edaphic and cultural conditions, it is essential to promote the care of the soil resource to preserve its ecosystem functions as a habitat for diversity and a water reservoir, mainly. This chapter presents a proposal for the main soil and water conservation practices carried out by a group of coffee producers in the municipality of Jilotepec, Ver. To achieve this, the characterization of 17 coffee farms was made, information obtained through a questionnaire. Through a bibliographical investigation, management practices were selected, which were adapted to the conditions of this municipality. To identify the priority areas where such practices are required, maps of slopes, soil type, precipitation, land use and vegetation were made with data from National Institute of Statistics and Geography (INEGI) and Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). A series of mechanical and agronomic techniques are presented, accompanied by their

explanation, advantages and photos of the finished works in order to guide the work of more producers who wish to implement them.

Keywords: Shade coffee plantation, management practices, ecosystem services.

Introducción

En México la producción anual de café cereza para el año 2022 fue de 1, 025 035 toneladas, el cultivo se produce en 14 estados sobresaliendo Chiapas con 37.6%, Veracruz con 23.7% y Puebla con 20.3%. Por otro lado, el estado de Veracruz en ese mismo año presentó una superficie sembrada de 143,848.21 hectáreas, con 126,981.71 hectáreas cosechadas, una producción convencional de 241, 707.05 toneladas anuales y un rendimiento 1.90 toneladas ha⁻¹ (SIAP, 2022).

Según el SIAP (2022) en esta entidad prevalece el sistema de producción de café bajo sombra, siendo *Inga* sp. la especie predominante en el estrato de sombreado, aunque también se utilizan otras especies nativas y algunas introducidas como grevilea (*Grevillea robusta*), piocho (*Mellia azedarach*), bracatinga (*Mimosa scabrella*) y cedro rosado (*Acrocarpus fraxinifolius*) (López-Morgado et al., 2020). Los cafetales bajo sombra son muy importantes ya que este sistema de manejo tradicional brinda servicios ambientales importantes relacionados con el agua y sus procesos, mejor conocidos como servicios hidrológicos, por ejemplo, pueden regular la cantidad y calidad del agua, minimizar los ciclos de inundación y sequía, generar, proteger y mantener los suelos y sus nutrientes, además de estabilizar el suelo evitando deslaves y azolve de los ríos (Manson et al., 2018).

De acuerdo con Loreto et al. (2017) y Paz-Pellat et al. (2022) los árboles de sombra están asociados a las plantaciones de café y juegan un papel

importante en el secuestro de carbono, estos sistemas cafetaleros actúan como reservorios de biodiversidad; además la presencia de vegetación favorece la fertilidad del suelo al reducir la erosión, proporcionar materia orgánica y la fijación del nitrógeno atmosférico (Figura 1).



Figura 1. Vista panorámica de cafetales bajo sombra en Jilotepec, Ver.

Fuente: Elaboración propia.

Los cultivos de café de sombra son uno de los sistemas agroforestales de mayor importancia tanto en México como en el estado de Veracruz ya que representa una importante fuente de ingresos para 481,000 productores los

cuales tienen cultivadas alrededor de 665,000 hectáreas, dando empleo a por lo menos un millón de trabajadores anualmente (Cabrera-García, 2015). Actualmente 40% de la producción se realiza en áreas con selvas altas y medianas, 23% en bosques de pino-encino, 21% en selvas bajas caducifolias y 15% en bosques mesófilos de montaña, sin embargo, estas áreas se han reducido debido a la crisis cafetalera, cambio de uso de suelo, lo que ha alterado el ciclo del agua, repercutiendo en un aumento de contaminantes, así como la degradación del suelo y disminución de la biodiversidad (Moreno-Seceña et al., 2015).

A pesar de que el suelo es el componente ambiental que sustenta la actividad cafetalera, una de las prácticas que se han visto reducidas son las de manejo y conservación del suelo. Es decir, aquellas labores parcelarias que ayudan a prevenir, reducir o remediar su degradación debido a que la mayoría de las plantaciones de café se ubican en laderas, están especialmente expuestas a la erosión. Por lo que es necesario conocer aquellas actividades a escala local que mantienen o aumentan la capacidad productiva del suelo en áreas susceptibles, por medio de la prevención o disminución de la erosión, la conservación de la humedad del suelo y el mantenimiento o mejoramiento de la fertilidad del suelo (Velázquez-Cigarroa y Sánchez-Carrasco, 2021). En algunos países como El Salvador, Costa Rica y México la conservación de suelos y agua se ha logrado a través de la implementación de diferentes prácticas individuales o combinadas según las condiciones agro-climáticas y topográficas (Candelario, 2022; Chacón, 2022; Castillo et al., 2022).

En el estado de Veracruz la mayoría de las fincas cafetaleras se ubican en terrenos con pendientes fuertes (15° - 35°) con riesgo de erosión hídrica y degradación de las tierras (Geissert et al., 2017). En estas zonas hay procesos

naturales que conducen a la erosión como las fuertes lluvias, material parental susceptible y las altas pendientes, donde la erosión hídrica puede convertir el terreno en áreas degradadas (Cisneros et al., 2012; Castro-Quintero et al., 2017).

En un terreno con pendiente fuerte y sin ninguna práctica de conservación que lo proteja de la erosión se puede llegar a perder una capa de hasta un centímetro de espesor en un lapso no mayor de 10 años. Por tanto, la conservación de los suelos es muy importante debido a que mantiene y aumenta la productividad agrícola (Castro-Martínez et al., 2023). Debido a lo anterior, las prácticas mecánicas y agronómicas como el uso de la cobertura vegetal, cobran gran relevancia. Sin embargo, deben aplicarse de acuerdo con las necesidades específicas de cada terreno (Castillo et al., 2022; Geissert et al., 2020)

Por lo tanto, es importante para los cafecultores de este municipio conocer las prácticas de conservación de agua y suelo en cafetales bajo sombra para mantener su actividad productiva, de la cual dependen económicamente con la intención de que el recurso suelo se conserve para seguir prestando los servicios ambientales y se pueda seguir manteniendo la actividad cafetalera que sustenta a muchas familias del municipio de Jilotepec, Veracruz.

El municipio de Jilotepec cuenta con 172 ejidatarios cafetaleros activos, 100 se ubican en el ejido Vista Hermosa, 45 en el ejido La Concepción, 7 en el ejido Jilotepec y 20 en el ejido San Juan (Quiroz-Aparicio, 2023). De acuerdo con el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, el municipio de Jilotepec registró una superficie sembrada y cosechada de 1,776.45 hectáreas, con una producción convencional de 3,552.90 toneladas anuales y un rendimiento de 2 toneladas ha¹ (SIAP, 2022).

Este municipio presenta una topografía bastante accidentada y alturas notables como los cerros de Jilotepec, Esquilón, Cuajilote y otros (SECTUR, 2023). Debido a que la mayoría de las plantaciones de café se ubican en zonas de laderas están expuestas a la erosión, es necesario que se implementen prácticas de conservación de suelos, con la finalidad de que la caficultura sea más sostenible (Salvador-Castillo, 2022).

Por tanto, en plantaciones de café las prácticas agroecológicas son necesarias para el aumento y mantenimiento de la fertilidad del suelo, así como para tener un manejo sostenible, estas estrategias ayudan a reducir su vulnerabilidad ya que su implementación fomenta la conservación de recursos como el suelo y el agua permitiendo tener un agroecosistema más resiliente (Contreras-Cruz et al., 2019).

De acuerdo con la clasificación del manejo de los cafetales se consideran cinco tipos (Moguel y Toledo, 1999).

- (a) Rústico o de montaña, se asemeja a un bosque, pero este ha sido cambiado en su estrato inferior (sotobosque), siendo sustituido por plantas de café y manteniendo los árboles de sombra.
- (b) Policultivo tradicional, en este tipo de sistema el estrato inferior ha sido sustituido por cafetos y la sombra está compuesta por árboles de diferentes usos como especies maderables o frutales.
- (c) Policultivo comercial aquí la sombra es removida totalmente, esto con el fin de generar sombra con dos o tres especies de árboles de tipo comercial o para la subsistencia local.
- (d) Monocultivo bajo sombra o especializado, después de remover la sombra, se plantan árboles de una sola especie (*Inga* sp.).
- (e) Monocultivo sin sombra o a pleno sol, no tiene sombra y está expuesto totalmente al sol.

En todos estos tipos de manejo se hace necesario fomentar las prácticas de conservación de suelo y agua con la intención de mantener la funcionalidad ecosistémica de los cafetales, principalmente en aquellos con manejo más intensivo. En tanto que en los cafetales bajo sombra es necesario para favorecer y preservar las bondades ambientales de este tipo de manejo.

Metodología

Zona de estudio

El municipio de Jilotepec pertenece al estado de Veracruz, (Figura 2) de acuerdo con la división municipal se ubica entre los paralelos 19° 35' y 19° 39' de latitud norte; los meridianos 96° 50' y 96° 59' de longitud oeste; altitud entre 860 y 1,900 msnm. Colinda al norte con los municipios de Tlacolulan, Coacoatzintla y Naolinco; al este con los municipios de Naolinco y Xalapa; al sur con los municipios de Xalapa y Banderilla; al oeste con los municipios de Banderilla, Rafael Lucio y Tlacolulan, la cabecera municipal se ubica a 11 km de la capital del estado (SEFIPLAN, 2020). Posee una superficie continental de 56.2 km² y una superficie agrícola de 27.2 km², (SEFIPLAN, 2020).

El municipio se encuentra ubicado en la zona central y montañosa del estado, prácticamente sobre la depresión que forma la barranca de Actopan, que se origina en la vertiente Oriental del Cofre de Perote y termina cerca de la costa, siendo su topografía bastante accidentada, recorrido por la barranca de Jilotepec, y con alturas notables están los cerros de Jilotepec, Esquilón, Cuajilote y otros (INVEDEM, 2019; SECTUR, 2023). Jilotepec pertenece a la región hidrológica de Papaloapan, se encuentra alojado en la cuenca del río Actopan. Colinda al sur con la de la Antigua; al norte con las cuencas del río Misantla, río Colipa y llanuras de Actopan. Cuenta con

corrientes de agua intermitentes y no dispone de cuerpo de agua como lagos o lagunas (INEGI, 2020).

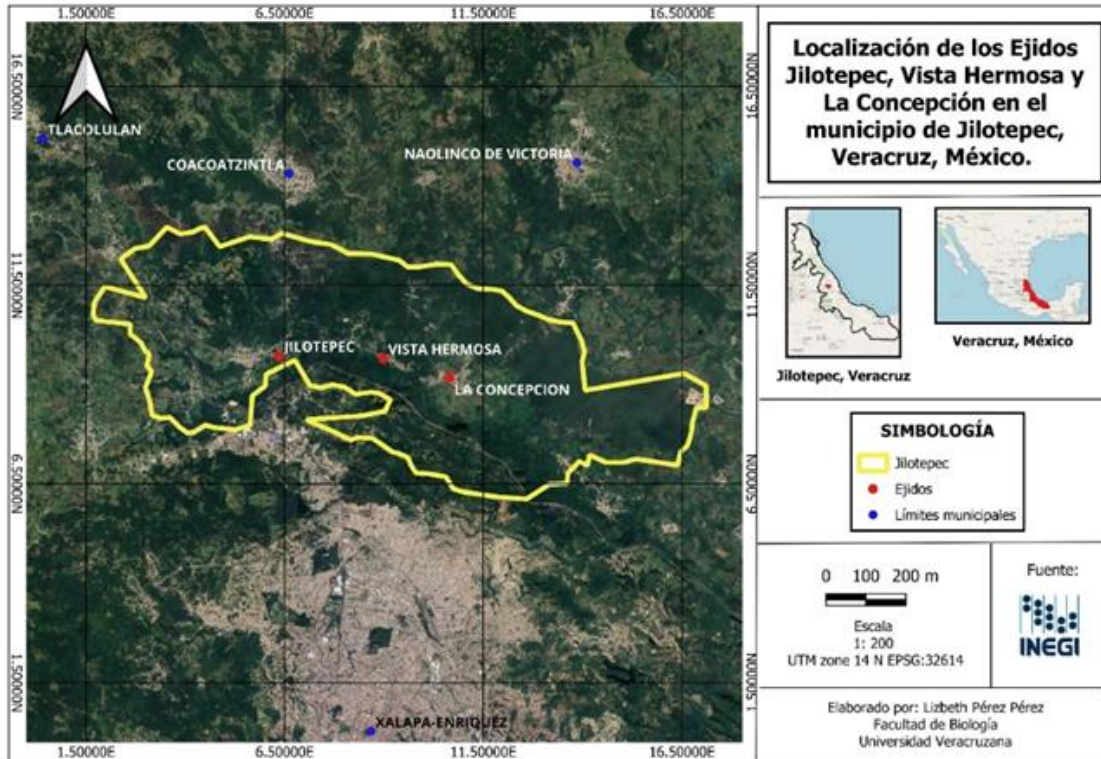


Figura 2. Localización geográfica del municipio de Jilotepec, Veracruz y los ejidos. **Fuente:** Elaboración propia.

Como se puede notar en la Figura 3, el municipio tiene en la mayor parte de su territorio una topografía bastante accidentada. Tomando en cuenta datos del INEGI (2020) y la clasificación del gradiente de la pendiente de la FAO (2009) en Jilotepec, se presentan dos tipos: plano y muy escarpado, para los ejidos Jilotepec y Vista Hermosa la pendiente es muy escarpada. Sin embargo, en el ejido La Concepción tiene los dos tipos de pendientes.

Edafología y climatología

Los suelos existentes en el municipio de Jilotepec son Phaeozem (32%), Leptosol (30%), Andosol (29%), Regosol (3%) y Luvisol (1%) (INEGI, 2009). Por sus características orográficas posee tres tipos de clima: semicálido húmedo con lluvias todo el año (73%), templado húmedo con lluvias todo el año (21%) y semicálido húmedo con abundantes lluvias todo en verano (6%). En la Figura 4 se puede apreciar que su rango de temperatura media anual está entre los 16 a 22 °C y la precipitación acumulada anual de los 1400 a 1600mm (INEGI, 2021).

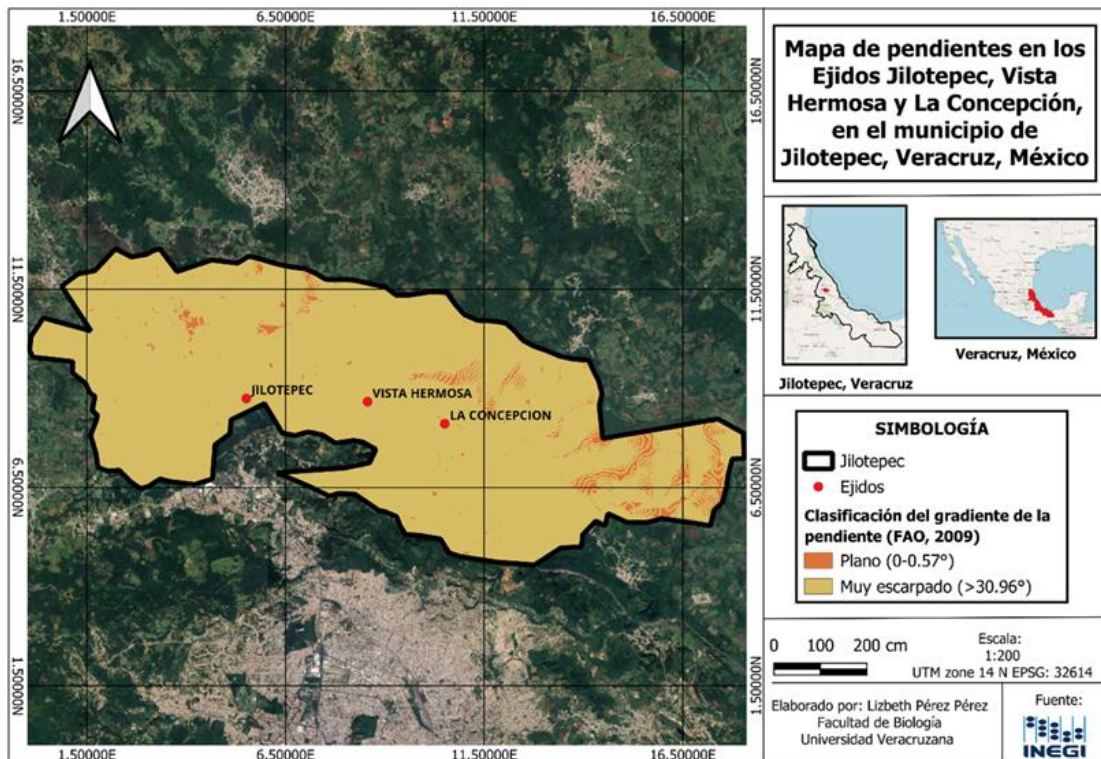


Figura 3. Mapa de pendientes en los ejidos del municipio de Jilotepec, Ver.

Fuente: Elaboración propia.

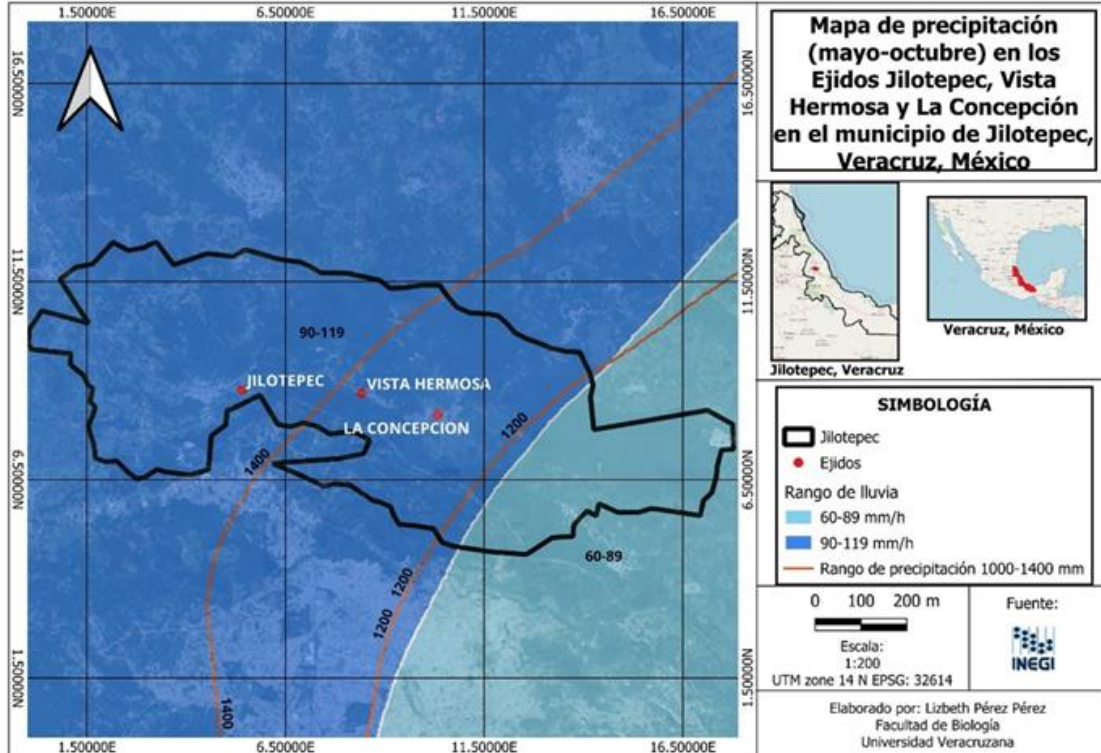


Figura 4. Mapa de precipitación en los ejidos de Jilotepec, Ver.

Fuente: Elaboración propia.

Principales ecosistemas

Los ecosistemas predominantes en el municipio de Jilotepec son el bosque mesófilo de montaña, el bosque de encino y el bosque tropical caducifolio (Márquez y Márquez, 2009). Entre las principales especies de flora destacan chinine (*Persea schiedeana*), encino (*Quercus xalapensis*), fresno (*Fraxinus uhdei*), álamo (*Populus mexicana*), sauce (*Salix humboldtiana*), jinicuil (*Inga vera*), además de helechos, orquídeas y bromelias. Mientras que en las principales especies de fauna tlacuache (*Didelphis marsupialis*), armadillo (*Dasyus novemcinctus*), conejo (*Sylvilagus floridanus*), zorro (*Urocyon cinereoargenteus*), viztlacuache (*Sphiggurus mexicanus*), tejón (*Nasua*

narica), mapache (*Procyon lotor*), cucarachero (*Campylorhynchus zonatus*), tlaconete (*Bolitoglossa platyductyla*) y hormigas (*Camponotus* sp.) (SECTUR, 2023). En la Figura 5 se puede apreciar, además, que los principales usos del suelo son para la agricultura de riego, de temporal y pastizal cultivado.

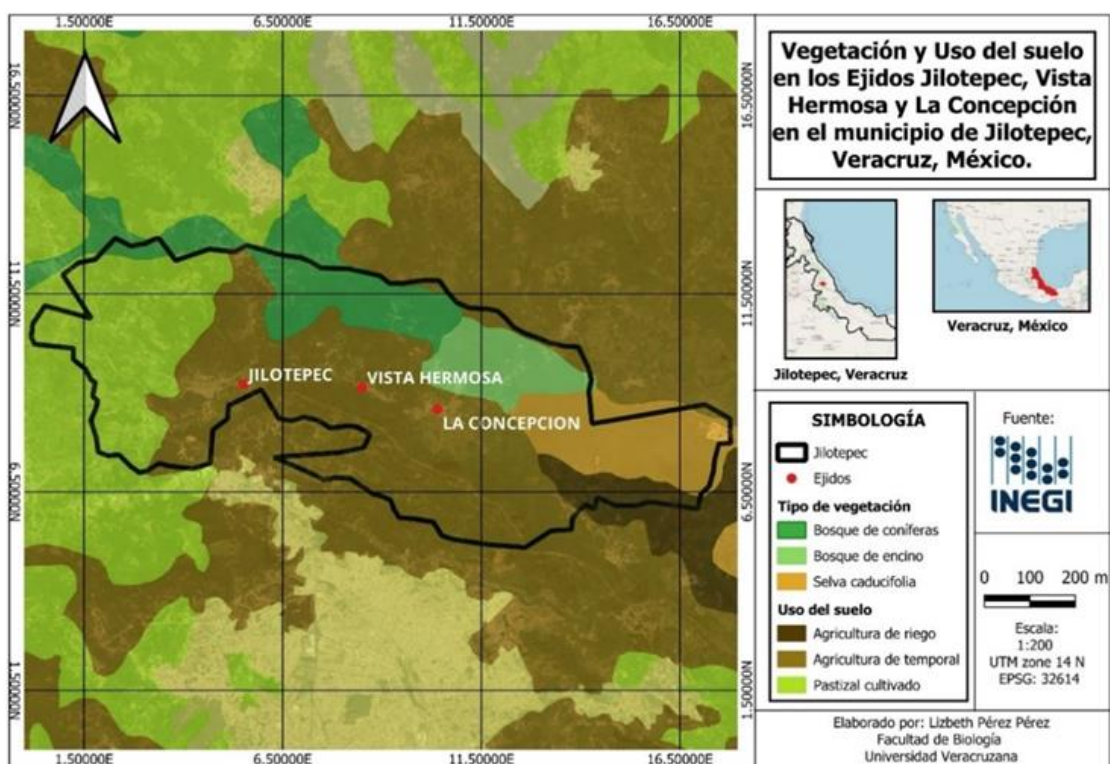


Figura 5. Vegetación y uso del suelo en los ejidos de Jilotepec, Ver.

Fuente: Elaboración propia.

Obtención de información

Se integró un cuestionario que se aplicó a los productores, con el fin de obtener información sobre las variables consideradas de interés, en este caso de la condición actual de las fincas de café en los ejidos representativos de la actividad cafetalera (Jilotepec, La Concepción y Vista Hermosa) con el fin de elegir las prácticas de conservación de suelo que mejor se adecuen al lugar.

En la segunda parte se realizó una revisión bibliográfica en diferentes bases de datos especializados para compilar la mayor cantidad de información posible referente a las prácticas de conservación de agua y suelo en cafetales bajo sombra implementadas en diversas partes del mundo, con el fin de identificar su efectividad y generar un manual de prácticas de conservación de suelo y agua para los caficultores del municipio de Jilotepec. Se seleccionó información de libros y publicaciones de autores con amplia experiencia en el tema; se llevó a cabo una investigación documental en revistas, publicaciones, páginas de internet, libros electrónicos, revistas electrónicas, artículos de divulgación, entre otras fuentes de información.

Para la recolección de información se visitaron la Unidad de Servicios Bibliotecarios de la Universidad Veracruzana en Xalapa, la biblioteca de la Facultad de Biología-UV y la biblioteca del INECOL para consultar libros, revistas y trabajos recepcionales relacionados con las prácticas de conservación de suelo y agua en cafetales bajo sombra.

En otra parte de la investigación se recopiló información de internet, para ello, se utilizaron las siguientes bases de datos o buscadores especializados Scholar.google.es (Google Académico), ya que reúne otras bases de datos como PubMed, ResearchGate, Scopus, SciELO, Web of Science, ScienceDirect, Academia.edu, ProQuest. Los mapas fueron realizados con el programa Qgis, versión 3.32 Lima, con información del INEGI (2020) y FAO (2009).

Para el análisis de datos se tomaron en cuenta los dos tipos de prácticas para la conservación del suelo que mencionan Cortés-Prieto y Vargas-Rojas (2017). El primer tipo son las prácticas agronómicas, las cuales son conocidas como labranza y se refieren a los diferentes tipos de manipulaciones mecánicas de los suelos, las prácticas agronómicas para evitar y controlar la

erosión, son las actividades tales como el cincelado, labranza de conservación, incorporación de materia orgánica y aplicación de mejoradores de suelo, los cuales ayudan a reducir la densidad aparente, aumentar la capacidad de infiltración y conservar la humedad, también se puede apreciar la asociación de cultivos, cultivos diversificados, rotación de cultivos, surcos en contorno, cultivo en fajas, cobertura muerta, barreras vivas, labranza cero, labranza mínima, agroforestería y cultivos de cobertura, El segundo tipo de práctica es la mecánica, es decir aquellas que se realizan bajo el uso de implementos agrícolas, aditamentos especiales o con mano de obra y que consiste en realizar cortes y movimientos de tierra, con el fin de disminuir los escurrimientos superficiales y bajar los niveles de erosión en terrenos con presencia de pendientes, en donde la elección del tipo de práctica a considerar depende de la clase y uso del suelo, del valor de los terrenos a proteger y la disponibilidad de recursos económicos, además de considerarse aspectos operativos y de eficiencia.

Resultados

Para el municipio de Jilotepec se registraron 172 ejidatarios cafetaleros activos (Quiroz-Aparicio, 2023), por lo que se aplicó un cuestionario a 17 cafeticultores (10%) del municipio de Jilotepec, diez de ellos, tienen su terreno en el ejido La Concepción, cuatro en el ejido Jilotepec y uno en el ejido Paso de San Juan, San Martín y Vista Hermosa.

El principal sistema de cultivo reportado por los ejidatarios es bajo sombra. De los 17 cafeticultores que respondieron el cuestionario, 15 tienen sus terrenos bajo un sistema de sombra y solo dos personas tienen su cultivo a pleno sol. De acuerdo con Farfán-Valencia (2021) se recomienda establecer café con sombra cuando los cultivos son afectados por las altas

temperaturas, si en las regiones se presenta una reducción en las lluvias por largos períodos de tiempo, si se presenta falta de agua en el suelo, o si hay incremento en la radiación solar; alguno de estos factores o todos en su conjunto afectan marcadamente el desarrollo de la plantación, el desarrollo y formación del grano. La producción del cafeto se puede reducir cerca del 20%, cuando el número de horas del brillo solar anual superan 1, 800 horas requeridas para un desarrollo vegetativo y productivo del café.

Por otro lado, 12 de los cafecultores respondieron que en sus terrenos la disposición de los surcos de café está dada siguiendo la pendiente, solo cinco los han realizado contra la pendiente. De acuerdo con SAGARPA (2013) en las zonas cafetaleras los terrenos presentan pendientes pronunciadas y al no tener un obstáculo que retenga el agua de escorrentía está más propenso a la erosión hídrica.

De acuerdo con la topografía de Jilotepec, cinco de los cafecultores entrevistados mencionaron que sus terrenos están en áreas planas y doce presentan algún tipo de pendiente con ciertos grados de inclinación y también áreas planas en la misma finca (Figura 6). Es importante destacar que la pendiente (grado de inclinación del terreno) es necesaria para definir la forma adecuada de siembra de los cultivos. Por ejemplo, en terrenos con laderas las siembras deben hacerse en contorno o surcos a través de la pendiente; esto con el fin de ayudar a conservar el suelo y disminuir los procesos de erosión causados por la circulación de los operarios al efectuar las labores de manejo del cultivo y el efecto del clima (Rendón y Bermúdez, 2017).

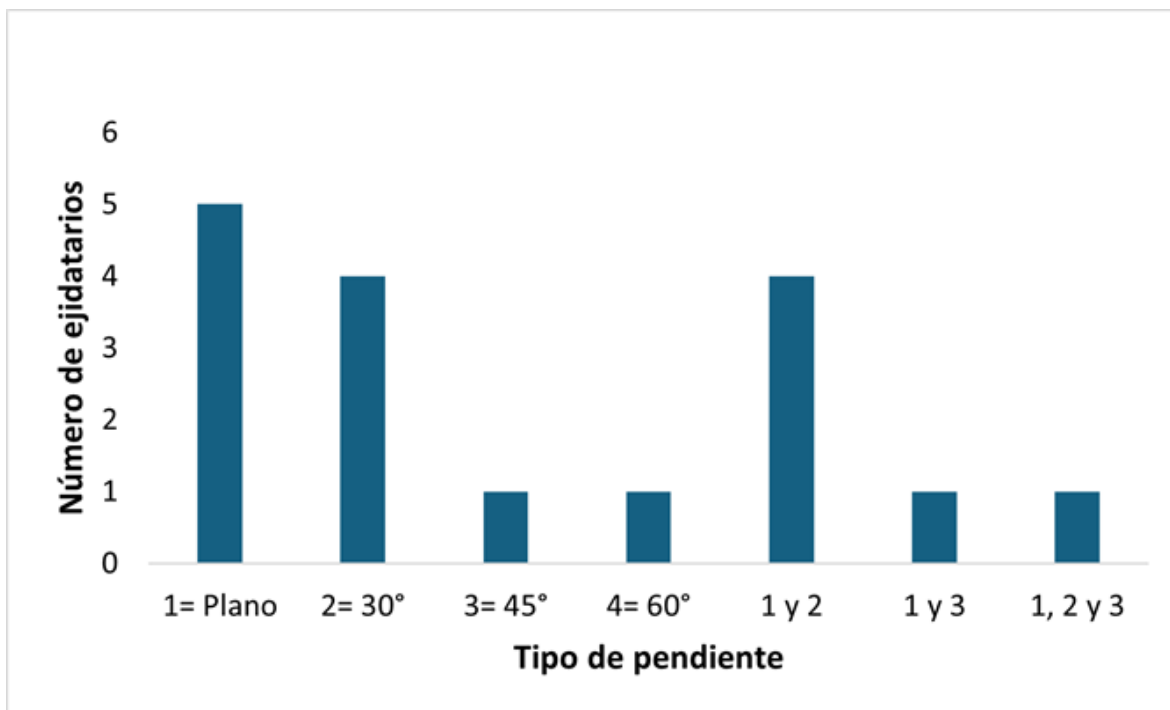


Figura 6. Tipo de pendientes en cafetales en Jilotepec, Ver.

Fuente: Elaboración propia.

El sistema de siembra que manejan siete de los cafeticultores en sus fincas es el tresbolillo, seguido del cuadrado (seis cafeticultores); tres productores manejan en sus terrenos ambos sistemas de siembra, el que menos manejan es el sistema rectangular (Figura 7). De acuerdo con Rendón y Bermúdez (2017) el sistema de siembra en cuadro considera longitudes equidistantes que pueden corresponder a la distancia entre plantas o entre surcos, siendo iguales las distancias de siembra entre surcos y entre plantas. Por ejemplo, 1,2 m x 1,2 m. Por otro lado, el sistema de siembra a tresbolillo (triángulo) incrementa la densidad de plantas cerca del 15% comparada al sistema cuadrado, pero las distancias del triángulo deben ser iguales, sin embargo, si el triángulo se forma determinando una distancia mayor entre

surcos con relación a la distancia entre plantas, la densidad de plantas se incrementa en menor proporción.

Es necesario tener en cuenta que la manera en que estén distribuidas las plantas en el terreno, la densidad y sus distancias de siembra influyen en la duración de los ciclos de producción del cultivo y en las labores de manejo. Además, si la pendiente es mayor al 50% el café debe sembrarse a tresbolillo, pero si la pendiente es menor al 50%, el cafetal puede establecerse a cuadro (Rendón y Bermúdez, 2017).

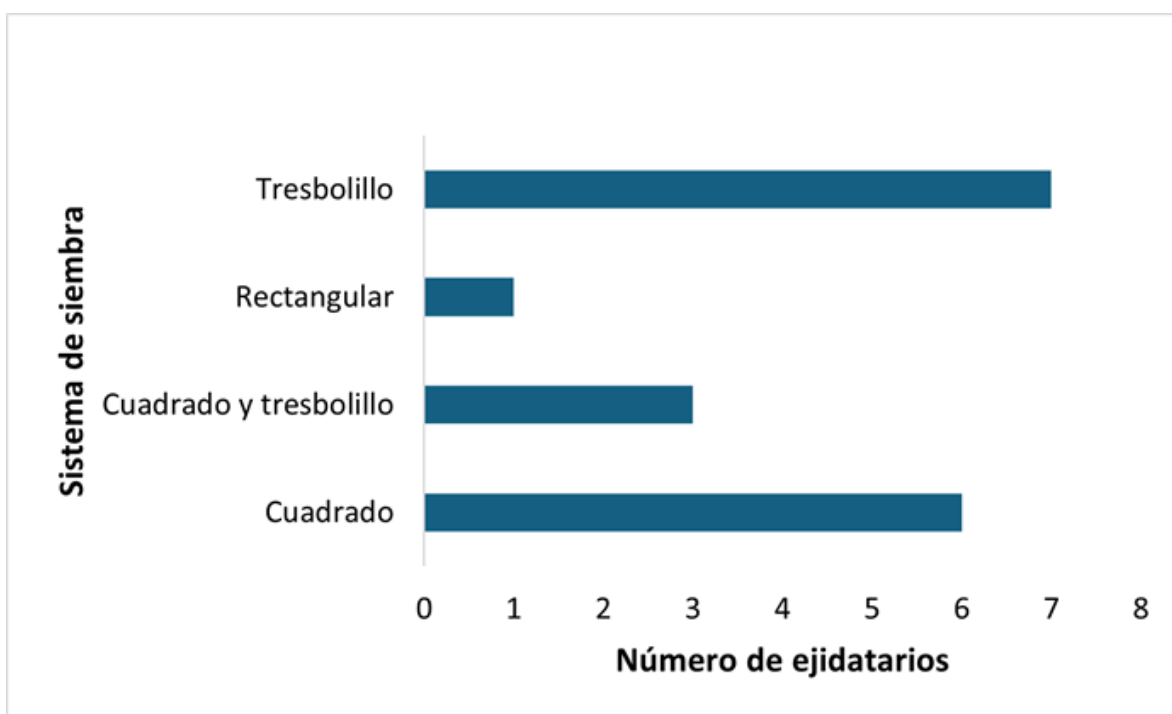


Figura 7. Sistema de siembra que manejan cafeticultores de los ejidos de Jilotepec, Ver. **Fuente:** Elaboración propia.

Prácticas de conservación de suelo y agua aplicables a Jilotepec, Ver.

A partir de la indagación bibliográfica se detectó que son pocos los trabajos publicados en relación con prácticas implementadas para la conservación de suelo y agua en cafetales de alguna región del mundo. A partir de 70 documentos entre tesis, artículos de divulgación y libros, se detectaron y seleccionaron cuatro manuales y tres tesis de licenciatura que abordan el uso de prácticas de conservación de suelo y agua en cafetales bajo sombra; fueron elegidos las más apropiadas tomando en cuenta las respuestas de los cafeticultores en el cuestionario aplicado y la caracterización de la zona de estudio. También se consideraron las características topográficas y climáticas del municipio o de los ejidos. En este contexto, se proponen las siguientes prácticas de conservación de suelo y agua:

Práctica Mecánica: Tinas ciegas (cajueleado)

Son zanjas rectangulares, construidas siguiendo las curvas de nivel que captan la escorrentía y conservan la humedad para los árboles o cultivos (SAGARPA, 2009). Las tinas ciegas ayudan en los cultivos perennes a mejorar la infiltración del agua de lluvia, además de conservar el recurso hídrico ya que sirve como un acumulador de agua que posteriormente, se infiltra en la zanja. Para su implementación, se debe realizar entre los surcos de café, en donde se excavan las zanjas rectangulares (Longitud de 0.5-0.8 m, ancho de 0.3-0.5 m, profundidad de 0.3-0.4 m y distanciamiento entre cajuelas de 2-3 m).

Esta práctica es aplicable en la zona de estudio, debido a que se puede realizar en pendientes de 30% con el fin de mejorar la infiltración de agua de lluvia por eso se implementa en lugares que presentan precipitaciones irregulares o en su caso zonas secas. Las zanjas se deben limpiar de una a tres

veces por año, todo depende de la cantidad de suelo que se almacena con el agua, esta práctica se adapta a los terrenos llevadas a cabo en fincas pequeñas o medianas (Figura 8).



Figura 8. Prácticas de conservación de suelo de tinajas ciegas (cajueleado).

Fuente: Elaboración propia.

Práctica Agronómica: Cobertura de suelo con leguminosas

Este cultivo de cobertura contribuye a la protección del suelo y al control de la erosión por 2-3 años. El *mulch* de alguna leguminosa como *Canavalia* sp., *Clitoria* sp, cacahuatillo (*Arachis pintoi*), entre otras, contribuye a mantener la humedad en el suelo por más tiempo. Por otro lado, la colocación de los residuos de la poda a los surcos de café mejora el crecimiento de la planta ya que sirve como abono. La *Canavalia* (frijol espada) es una herbácea, que

puede llegar a un metro de alto, se puede sembrar intercalada en los surcos de café, es de ciclo anual o bianual que crece en lugares semihúmedos. Para su implementación primero se debe realizar un chapeo del terreno, posteriormente se deberán sembrar entre los surcos de café, dos surcos de Canavalia a una distancia de 50 cm entre surcos y 40 cm entre plantas con dos semillas por siembra (Figura 9).

Esta práctica se adapta en zonas de 0-1800 msnm y crece en zonas húmedas o secas de 600-2500 mm, pero para su desarrollo óptimo es de 900-1200 mm. Para mantener la obra, en la época lluviosa se hacen podas mensuales, por el contrario, en época seca no se realizan podas. Las podas se deben hacer cada vez más alto que la anterior (casi a la mitad de la planta), en lugares con sombra se mantiene mejor (Paz-Pellat et al., 2022). Las podas se dejan encima del suelo para favorecer la cobertura y su descomposición e incorporación al suelo como abono.



Figura 9. Práctica de conservación de suelo mediante cobertura de suelo con leguminosas. **Fuente:** Elaboración propia.

Práctica mecánica: Diques de madera

Son barreras que cruzan un curso de agua o un conducto, para controlar el nivel y velocidad del agua, con el fin de resistir el desgaste del fondo de las cárcavas o quebradas por efecto del arrastre ejercido por el agua (Valdebenito et al., 2020). Para realizar esta práctica primero debe limpiarse el terreno, posteriormente realizar el trazado y estaquillado de la curva a nivel, así como iniciar la apertura de una zanja de 0.75 m de profundidad y sembrar postes (1.50 m x 12 a 15 cm de diámetro) a una profundidad de 75 cm. Es fundamental considerar que después de uno o varios inviernos el dique se va a rellenar con toda la tierra que las corrientes traen con ellas. Además, se debe reducir la inclinación de los taludes y sembrar vegetación protectora como algún pasto o árbol de porte medio (Figura 10).



Figura 10. Práctica de conservación de suelo (mecánica) por medio de diques de madera. **Fuente:** Elaboración propia.

Práctica Mecánica: acequias de ladera

Son un sistema de zanjas a mediana altura que permiten el flujo continuo del agua, se construyen siguiendo las curvas a nivel en la parte inferior de la pendiente (FAO, 2021). Estas son muy importantes ya que retiene el agua y lo infiltra en las partes inferiores del terreno, retiene y disminuye la pérdida de la capa fértil del suelo que se arrastra en el proceso de escorrentía y retiene materia orgánica la cual se puede utilizar para abonar (Figura 11).



Figura 11. Práctica de conservación de suelo (Mecánica): acequias de ladera. **Fuente:** Elaboración propia.

Además de las acequias de ladera, se construyen canales de guardia como obra complementaria para captar el agua que no se infiltra en las acequias y la que proviene de caminos. Se deben posicionar de forma

transversal a la pendiente, donde su talud superior será de mayor longitud que el inferior. Esto provoca que la altura medida desde la base en el talud inferior, sea menor que la que existe desde la base en el talud superior. El distanciamiento entre acequias depende de la pendiente ya que, entre más pronunciada, más cerca se construyen las obras entre sí y viceversa. Para el mantenimiento de la obra, deben limpiarse al menos dos veces al año e idealmente una vez al mes, ya que parte de los sedimentos que arrastra el agua de escorrentía y que estas obras interceptan con el tiempo se acumulan en su base, por lo que se deben remover y reubicar en otros puntos del terreno donde se puedan aprovechar.

Práctica mecánica: Gavetas de infiltración

Esta práctica se refiere a huecos generalmente rectangulares de poca profundidad, que tienen como finalidad recoger el agua llovida para que se infiltre a través del suelo (INTA, 2019). La función principal es retener sedimentos del suelo arrastrados por la escorrentía, mejorar la infiltración del agua y aumentar el contenido de humedad en el suelo.

Para su implementación; primero se crea una línea de contorno donde se construirán las gavetas de infiltración, después se debe excavar las gavetas y se distribuyen en forma de "pata de gallo", a fin de generar discontinuidad entre hileras, con una matriz de gavetas separadas cada 2 metros en las fincas. Las gavetas tendrán una geometría rectangular y las dimensiones son las siguientes: Ancho (m): 0,50, Longitud (m): 2,0, Profundad (m): 0,10. También se pueden construir gavetas de un metro cúbico (1 m³) distribuidas en puntos específicos en el terreno, al ser de mayor capacidad pueden recolectar más agua y sedimentos. Además, se pueden construir

gavetas dentro de las acequias de ladera para aumentar la retención de suelo y potenciar la infiltración del agua (Figura 12).



Figura 12. Práctica de conservación de suelo (mecánica): Gavetas de infiltración. **Fuente:** Elaboración propia.

Práctica mecánica: acomodo de material vegetativo muerto

Esta consiste en formar cordones a nivel de material vegetal muerto proporcionando protección del suelo (CONAFOR, 2010). Entre las funciones de esta práctica es que evita la erosión hídrica, disminuye el escurrimiento superficial, incrementa el contenido de humedad en el suelo y favorece la regeneración natural. Para la implementación de esta práctica los productores deben acomodar todo el material vegetativo muerto (ramas o troncos) esto depende de la superficie del predio y la abundancia de material en el mismo, producto de la regulación de la sombra. Primero se deben trazar curvas a nivel utilizando el aparato “A”. Una vez marcado con estacas se

distribuye el material vegetativo muerto en forma de barrera en sentido transversal a la pendiente (Figura 13).



Figura 13. Práctica de conservación de suelo (mecánica): acomodo de material vegetativo muerto. **Fuente:** Elaboración propia.

Práctica mecánica: terrazas individuales de media luna

Las terrazas individuales son pequeños cortes en forma de media luna para plantas individuales, como árboles maderables, frutales, café o cacao (FAO, 2003). Esta obra se construye en la base de cada planta de café para captar agua de escurrimiento, incrementar la infiltración, conservar la humedad y ayudar en la recarga del manto acuífero.

Para implementar esta práctica, se realizan cortes en forma de media luna, en la parte de arriba, respecto a la base de la planta de café; se forman taludes y con el suelo removido se forma un bordo en la parte de abajo, apelmazando el material a fin de formar una depresión en el terreno (Figura 14).



Figura 14. Práctica de conservación de suelo (mecánica): terrazas individuales de media luna. **Fuente:** Elaboración propia.

Práctica mecánica: represa filtrante vegetativa- RFV

Las presas filtrantes vegetativas se basan en el empleo de ramas o tallos que al sembrarse tienen prendimiento, es decir que permiten que al anclar las ramas retengan parte del sedimento (Olivera y Grajales, 2013). Mediante la implementación de esta práctica se controla la erosión en cárcavas y detiene su crecimiento, funcionan como filtro de sedimentos y hojarasca y favorecen la infiltración del agua de lluvia. Esta represa se construye con material vegetativo nativo de la región (izote, gallito, palo de agua) en forma de barreras, que se coloca en sentido transversal a la pendiente.

Práctica agronómica: manejo de arvenses y materia orgánica

Es la actividad basada en la selección de coberturas nobles, que permiten la conservación del recurso suelo (Blanco y Leyva, 2007). Además, se incrementan los contenidos de materia orgánica, se mejora la infiltración del agua y conserva la humedad. El control de arvenses se lleva a cabo por medio de chapeo simple, no se debe realizar a ras de suelo, sino a cierta altura (unos diez centímetros), y el material cortado se debe distribuir en todo el terreno. Con esta práctica se evita dejar áreas con suelo desnudo y no se provocan disturbios en el suelo por el arranque de plantas.

Las condiciones orográficas, edáficas y de precipitación que tiene el municipio de Jilotepec hacen que las prácticas de conservación de suelo y agua sean una necesidad acentuada ya que en temporada de lluvias pueden reducir la escorrentía, evitar la erosión hídrica a la vez de favorecer la infiltración (Rodríguez-Morales et al., 2018). Por otro lado, en la época de sequías estas prácticas favorecen que el agua infiltrada siga fluyendo por los manantiales y se mantenga por más tiempo el agua en el suelo favoreciendo los procesos edáficos como descomposición de los residuos orgánicos, actividad microbiana y mineralización, todos estos considerados servicios ambientales del suelo.

Mediante este compendio de prácticas, tanto mecánicas como agronómicas, seleccionadas exclusivamente para las características topográficas, climáticas, edáficas y culturales de los ejidos de Jilotepec, Ver, los productores podrán elegir según las condiciones específicas de su finca. Este aspecto es relevante ya que la información generada en otras latitudes y bajo otras condiciones es pertinente para esas regiones.

Referencias

- Argueta Recinos, O. L. (2000). Valoración de la acequia de ladera como alternativa tecnológica para el uso sostenible de los suelos en El Salvador (Tesis de Maestría). Costa Rica: CATIE Turrialba.
- Blanco, Y. y Leyva, A. (2007). Las arvenses en el agroecosistema y sus beneficios agroecológicos como hospederas de enemigos naturales. *Cultivos tropicales*, 28(2), 21-28. <https://www.redalyc.org/pdf/1932/193217731003.pdf>
- Cabrera-García C. (2015). Identificación de zonas cafetaleras clave para la conservación de la biodiversidad en el centro del estado de Veracruz (Tesis de Licenciatura). México: Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. <https://hdl.handle.net/20.500.12371/12512>
- Candelario, P. J. A. (2022). Guía para el diseño e implementación de prácticas de conservación de suelo y agua en cultivo de café (*Coffea arabica* L.) en Finca Leticia, Colón, La Libertad (Tesis de licenciatura). El Salvador: Universidad de El Salvador. <https://oldri.ues.edu.sv/id/eprint/27525/>
- Castillo J. M. S., González M. A. B. y Herrera, A. V. (2022). *Labores culturales del café acompañadas de prácticas de conservación de suelos*. Colegio de Postgraduados. https://pmcarbono.org/pmc/descargas/proyectos/rescms/Boletin_Conservacion_de_suelos_cafetaleros.pdf
- Castro-Martínez. O. R., Velázquez-Cigarroa. E. y Fontalvo-Buelvas, J. C., (Coord.) (2023). *Agricultura, huertos educativos y transformaciones socioecológicas: Experiencias significativas en México*. Azul de Samarcanda Ediciones. www.siea.org.mx/publicaciones/
- Castro-Quintero A. F., Lince Salazar L. A. y Riaño Melo O. (2017). Determinación del riesgo a la erosión potencial hídrica en la zona

- cafetalera del Quindío, Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 8(1), 17-26. <https://doi.org/10.22490/21456453.1828>
- Chacón, G. D. A. (2022). Análisis de la intervención en obras de conservación de suelo y agua y su relación con la calidad del suelo en dos fincas productoras de café en la cuenca alta del río Jesús María (Tesis de Licenciatura). Costa Rica: Universidad de Costa Rica. <https://repo.sibdi.ucr.ac.cr/bitstream/123456789/19699/1/47188.pdf>
- Cisneros J., Cholaky C., Cantero Gutiérrez A., González J., Reynero M., Diez A. y Bergesio L. (2012). *Erosión hídrica: principios y técnicas de manejo*. Universidad Nacional de Río Cuarto. <http://ceiba.agro.uba.ar/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=21971>
- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). (2007). *Protección, restauración y conservación de suelos forestales* (5a edición). México.
- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). (2010). *Guía de mejores prácticas de manejo (GMPM) 2010, correspondiente a las áreas de pago diferenciado 3, 4, 5 y 6*. Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). Disponible en: <https://bit.ly/3K9YA2x>
- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). (2023). *Manual de obras y prácticas de protección, restauración y conservación de suelos forestales* (6a edición). México.
- Contreras-Cruz A., Sánchez Morales P., Romero Arenas O., Rivera Tapia J. A., Ocampo Fletes I. y Parraguirre Lezama J. F. C. (2019). Prácticas agroecológicas y su influencia en la fertilidad del suelo en la región cafetalera Xolotla, Puebla. *Acta Universitaria*, 29, e1864. <http://doi.org/10.15174.au.2019.1864>
- Cortés-Prieto, E. y Vargas-Rojas V. (2017). Evaluación de cuatro prácticas agroecológicas de conservación de suelos de ladera en Guasca,

- Cundinamarca (Tesis de licenciatura). Colombia: Corporación Universitaria Minuto de Dios. <https://repository.uniminuto.edu/handle/10656/5473>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2009). *Guía para la descripción de suelos*. 4ª Edición. Roma, Italia.
- Farfán-Valencia, F. (2021). Caficultura bajo sombrío. En: Centro Nacional de Investigaciones de Café (Eds.). *Guía más agronomía, más productividad, más calidad*. Cenicafé. https://doi.org/10.38141/10791/0014_8
- Geissert, D., Barois, I., Monge, L., Carrera, L., Martínez, N., López, J., Maas, K. y Santos, M. (2020). Los suelos cafetaleros del Centro del Estado de Veracruz: propiedades físicas, químicas y biológicas. En: López-Morgado, R. y Díaz-Padilla, G. (Comp.). *Diagnóstico, productividad y ambiente en cafetales: Estudios regionales y de caso (pp. 252-275)*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. https://vun.inifap.gob.mx/BibliotecaWeb/_Content?/=12294
- Geissert, D., Mólgora-Tapia, A., Negrete-Yankelevich, S. y Hunter-Manson, R. (2017). Efecto del manejo de la cobertura vegetal sobre la erosión hídrica en cafetales de sombra. *Agrociencia*, 51(2), 119-133. <https://www.scielo.org.mx/pdf/agro/v51n2/1405-3195-agro-51-02-00119-en.pdf>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2020). Información topográfica E14-3 Veracruz. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=889463835714>.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2022). Aspectos geográficos Veracruz. Disponible en: https://www.inegi.org.mx/contenidos/app/areasgeograficas/resumen/resumen_30.pdf

- Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA). (2019). *Medidas de adaptación al cambio climático: Manejo y conservación de suelos*. Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica. <https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/P36-11098.pdf>
- Instituto Veracruzano de Desarrollo Municipal (INVEDEM). (2019). *Prontuario municipalista de Veracruz. Información Básica Municipal*. Xalapa, Veracruz, México. Recuperado el 22 de noviembre de 2023. http://www.invedem.gob.mx/wp-content/uploads/sites/26/2020/02/prontuario_regionesNUEVO.pdf
- López-Morgado R., Guajardo-Panes R. A. y García-Mayoral L. E. (2020). Diagnóstico participativo de la cafecultura en la Zona Centro del Estado de Veracruz: sistematización estadística de variables. En: López-Morgado, R. y Díaz-Padilla, G. (Comp.). *Diagnóstico, productividad y ambiente en cafetales: Estudios regionales y de caso* (pp. 47-80). Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. https://vun.inifap.gob.mx/BibliotecaWeb/_Content?/=12294
- Loreto, D., Esperón-Rodríguez, M. y Barradas, V. L. (2017). La importancia climático-ambiental, el estatus y la perspectiva socioeconómica de los agroecosistemas de cafetales cultivados en la región montañosa central de Veracruz, México. *Investigaciones Geográficas*, (92), 00. <https://doi.org/10.14350/ig.51876>
- Manson, R. H., López-Barrera, F., Sosa-Fernández V. y Ortega-Pieck A. (2018). *Biodiversidad y otros servicios ambientales en cafetales: manual de mejores prácticas*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). http://www.conabio.gob.mx/institucion/proyectos/resultados/Fi_chapubLD010.pdf

- Márquez, R. W. y Márquez, R. J. (2009). Municipios con mayor biodiversidad en Veracruz. *Foresta Veracruzana*, 11(2), 43-50. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49712336007>
- Moguel, P. y Toledo, V. M. (1999). Biodiversity conservation in traditional coffee systems of Mexico. *Conservation biology*, 13(1), 11-21. <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.1999.97153.x>
- Moreno-Seceña J. C., Nava-Tablada M. E. y Hernández-Sánchez M. I. (2015). Actitud de cafeticultores sobre el manejo y conservación de suelos del Sitio Ramsar, Cascadas de Texolo. *Agricultura, sociedad y desarrollo* 12(4), 553-566. <https://www.scielo.org.mx/pdf/asd/v12n4/1870-5472-asd-12-04-00553-en.pdf>
- Olivera, S.A. y Grajales, S. M. (2013). *Presas filtrantes vegetativas: práctica eficiente para la rehabilitación de suelos de laderas*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.
- Paz-Pellat, F., Salas-Aguilar, V. M., Sánchez-Sánchez, C. D., Libert-Amico, A. y Bolaños-González, M. A. (2022). Diversidad vegetal en cafetales bajo sombra y vegetación natural en la Sierra Madre de Chiapas, México. *Elementos para Políticas Públicas*, 6(2), 123-138. <https://www.elementospolipub.org/ojs/index.php/epp/article/view/47>
- Quiroz-Aparicio, C. (2023). Estrategias de gestión para la producción sustentable de café diferenciado por calidad en Jilotepec, Veracruz. (Tesis de maestría). México: Universidad Veracruzana.
- Rendón, J. R. y Bermúdez, L. N. (2017). Criterios para el establecimiento de cultivos de café en Colombia. *Avances Técnicos Cenicafé*, 475, 1-8. <https://doi.org/10.38141/10779/0475>
- Rodríguez-Morales J. A., Pimienta-de la Torre, D. A., Marroquín-Agreda, F. J. y Fuentes-Pérez M. A. (2018). Estrategias de conservación-restauración

de suelos y captación de agua en cafetales del Soconusco, Chiapas. En: Ávila-Akerberg, V. y González-Martínez, T. (Coords.). *Biodiversidad, servicios ecosistémicos y los objetivos del desarrollo sostenible en México* (pp. 333-353). Universidad Autónoma del Estado de México.

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). (2013). *Paquete tecnológico para el cultivo de café Sierra Huasteca Potosina*. SAGARPA. <http://www.inifapcirne.gob.mx/Biblioteca/Paquetes2012/81.pdf>

Salvador-Castillo J. M., Bolaños-González M. A. y Herrera-Villa A. (2022). *Labores culturales del café acompañadas de prácticas de conservación de suelos*. Colegio de Postgraduados. https://pmcarbono.org/pmc/descargas/proyectos/rescms/Boletin_Conseervacion_de_suelos_cafetaleros.pdf

Secretaría de Turismo (SECTUR). (2023). *Jilotepec*. Secretaría de Turismo y Cultura (SECTUR). <https://veracruz.mx/destino.php?Municipio=93>

Secretaría de Finanzas y Planeación (SEFIPLAN). (2020). Cuadernillos municipales. Disponible en: http://ceieg.veracruz.gob.mx/wp-content/uploads/sites/21/2020/12/Jilotepec_2020.pdf

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2022). Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. Servicios de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). Disponible en: <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>

Valdebenito, G., Hormazábal, M. y Álvarez A. (2020). *Obras de recuperación y conservación de suelo*. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. <https://bibliotecadigital.fia.cl/items/a9204c91-2d21-4b60-b499-eb584ede7b5b>

Velázquez-Cigarroa., E. y Sánchez-Carrasco. M. J., (Coord). (2021). *Sociedad, permacultura y agricultura sustentable. Hacia una educación y cultura ambiental*. Universidad Autónoma Chapingo: México.
www.siea.org.mx/publicaciones/

Adopción de innovaciones tecnológicas para la sustentabilidad de la cafecultura, coordinado por Laura C. Ruelas Monjardín y editado por la Red Mexicana de Formadores Ambientales para el Desarrollo Sostenible, fue publicado por el Instituto Tecnológico Superior de Xalapa, en Xalapa (Veracruz) en junio de 2024.

La presente obra, ofrece un breve recuento de cómo ha sido el desarrollo de la cafecultura en México y en Veracruz, a fin de entender la situación de Jilotepec, municipio ubicado en el centro de Veracruz. Se muestran los múltiples retos y omisiones que enfrenta, tanto en términos de disponibilidad de agua para procesos de beneficiado húmedo, así como la falta de jóvenes que se involucren en la actividad y releven a los productores de edad avanzada. Las condiciones de la población, la cuenca y la calidad del agua de la misma, hacen más crítica la seguridad hídrica de la región. Por lo que el conocimiento de las características del suelo, el volumen de agua que utilizan mediante aplicaciones digitales, contribuyen a un mayor conocimiento de las fincas y las prácticas de conservación del agua y suelo que pueden adoptar, vía las innovaciones tecnológicas.

