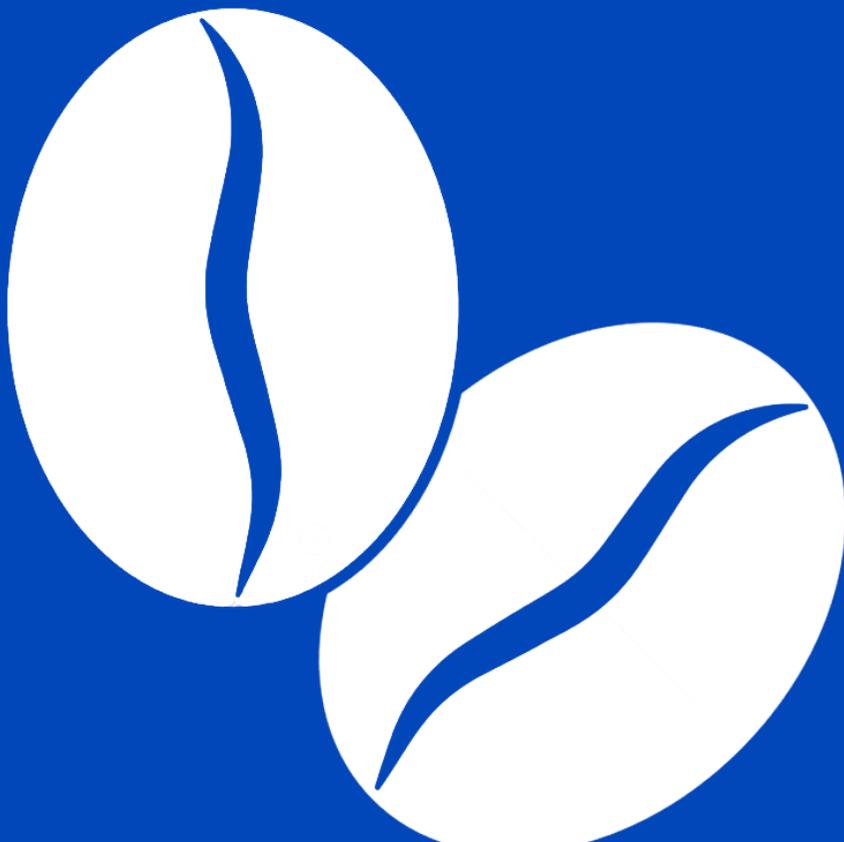


GESTIÓN de MICROCUENCAS para el DESARROLLO de la CAFETICULTURA en el CENTRO de VERACRUZ

Gustavo Celestino Ortiz Ceballos
(coordinador)

Corpus
UNIVERSITARIO



Universidad Veracruzana

Esta obra se encuentra disponible en Acceso Abierto para copiarse, distribuirse y transmitirse con propósitos no comerciales. Todas las formas de reproducción, adaptación y/o traducción por medios mecánicos o electrónicos deberán indicar como fuente de origen a la obra y su(s) autor(es). Se debe obtener autorización de la Universidad Veracruzana para cualquier uso comercial. La persona o institución que distorsione, mutile o modifique el contenido de la obra será responsable por las acciones legales que genere e indemnizará a la Universidad Veracruzana por cualquier obligación que surja conforme a la legislación aplicable.

GESTIÓN DE MICROCUENCAS PARA EL DESARROLLO
DE LA CAFETICULTURA EN EL CENTRO DE VERACRUZ



UNIVERSIDAD VERACRUZANA

MARTÍN GERARDO AGUILAR SÁNCHEZ

Rector

JUAN ORTIZ ESCAMILLA

Secretario Académico

LIZBETH MARGARITA VIVEROS CANCINO

Secretaria de Administración y Finanzas

JAQUELINE DEL CARMEN JONGITUD ZAMORA

Secretaria de Desarrollo Institucional

AGUSTÍN DEL MORAL TEJEDA

Director Editorial

GESTIÓN de MICROCUENCAS para el DESARROLLO de la CAFETICULTURA en el CENTRO de VERACRUZ

Gustavo Celestino Ortiz Ceballos
(coordinador)



Clasificación LC:	SB270.MX G47 2024
Clasif. Dewey:	633.730972
Título:	Gestión de microcuencas para el desarrollo de la cafecultura en el centro de Veracruz / Gustavo Celestino Ortiz Ceballos (coordinador).
Edición:	Primera edición.
Pie de imprenta:	Xalapa, Veracruz, México : Universidad Veracruzana, Dirección Editorial, 2024.
Descripción física:	136 páginas : ilustraciones en color, gráficas (algunas en color), mapas (principalmente en color) ; 21 cm.
Serie:	(Corpus Universitario)
Nota:	Incluye bibliografías.
ISBN:	9786078969494
Materias:	Industria del café--México--Veracruz-Llave (Estado). Café--Cultivo--México--Veracruz-Llave (Estado). Manejo de cuencas hidrográficas--México--Veracruz-Llave (Estado). Desarrollo de recursos hídricos--México--Veracruz-Llave (Estado).
Autor relacionado:	Ortiz Ceballos, Gustavo.
DGBUV 2024/33	

La Universidad Veracruzana, a través de la Dirección General de Investigaciones (DGI), y la Dirección Editorial (DE), en cumplimiento con el Programa de Trabajo 2021-2025, Eje 4. Investigación e Innovación, convocó a su personal académico a participar en la publicación de libros digitales resultado de investigaciones multi, inter y transdisciplinarias enfocadas a la solución de problemas regionales en materia de derechos humanos, sustentabilidad y desarrollo científico. Este es uno de los seis libros seleccionados.

Primera edición, 14 de mayo de 2024

D. R. © Universidad Veracruzana
Dirección Editorial
Nogueira núm. 7, Centro, CP 91000
Xalapa, Veracruz, México
Tels. 228 818 59 80; 228 818 13 88
direccioneditorial@uv.mx
<https://www.uv.mx/editorial>

ISBN: 978-607-8969-49-4
DOI: 10.25009/uv.3001.1810

Diseño de colección: Aída Pozos Villanueva

PRESENTACIÓN

La Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Veracruzana, junto con la Unión de Productores Beneficiadores y Exportadores de Café y el Beneficio Puerto Rico, de Coatepec, Veracruz, participan en esta edición a partir del análisis de la problemática que enfrenta la cafecultura nacional y regional. Asimismo, proponen una estrategia de planificación integral dirigida a los técnicos y autoridades del sector cafetalero, con el propósito de orientar el desarrollo territorial sustentable de la cafecultura veracruzana a la escala de nanocuenca.

En este documento se muestra un modelo de análisis social, tecnológico y ambiental de la nanocuenca Las Lomas, del municipio de Coatepec, como un estudio de caso que, con las adaptaciones pertinentes, puede ser referente para replicarse en otras microcuencas cafetaleras del estado y del país. Uno de los propósitos de esta propuesta es la delimitación de territorios que, económica, cultural y ambientalmente están vinculados a la producción de café, y al mismo tiempo que esos territorios ofrezcan la posibilidad de definir perfiles de calidad interna¹ y externa² (Renard, 1999).

El capítulo uno contextualiza al lector sobre la historia del café en la región de Veracruz. El capítulo dos presenta un diagnóstico de la cafecultura nacional, destacando las brechas entre los productores de pequeña escala, quienes se dedican a la producción primaria junto con tostadores, torrefactores y transnacionales. En el capítulo tres se explica el enfoque de cuencas y territorial, como estrategia para

¹ Se refiere a la calidad organoléptica definida por la Specialty Coffee Association (SCA).

² Alude a la calidad que integra una parte de los efectos externos relacionados con su producción o utilización, es decir, se desarrolla en torno a nuevos valores socialmente construidos y compartidos; en suma, la calidad externa indica la composición cultural o simbólica de la calidad del producto, ejemplos: beneficios a la salud, café orgánico, protección a la biodiversidad, mitigación al cambio climático, origen del productor, solidaridad, etcétera (Renard, 1999).

propiciar el desarrollo territorial sustentable de la nanocuenca, siempre en torno a la producción y transformación del café.

Por otra parte, el capítulo cuatro es un análisis físico-ambiental, socioeconómico y tecnológico de la nanocuenca Las Lomas, y se complementa con un estudio que confirma la importancia de los sistemas agroforestales cafetaleros en la conservación de la diversidad biológica; al final de este capítulo se añade una reflexión que aborda el papel estratégico de las organizaciones locales, para apuntalar el desarrollo sustentable de los territorios cafetaleros y la producción del café de alta calidad. En el capítulo cinco hay una descripción de la zona agroecológica y la propuesta de ordenamiento del territorio para la nanocuenca, para finalizar con algunas recomendaciones generales.

GUSTAVO CELESTINO ORTIZ CEBALLOS
Facultad de Ciencias Agrícolas de la UV

INTRODUCCIÓN

GUSTAVO CELESTINO ORTIZ CEBALLOS*

Desde hace más de 100 años, una gran parte de la región centro del estado de Veracruz ha estado cubierta por grandes extensiones de cafetales con sombra diversificada que dieron origen a un paisaje agrícola único, a una cultura construida en torno al café y a uno de los principales motores de la economía que representó prosperidad y riqueza regional (Hoofman, 1985), sin embargo, esta actividad se encuentra inmersa en una profunda crisis debido a múltiples problemas. Pese a la situación, los productores no han abandonado la actividad, al contrario, guardan la esperanza de que mejore la situación y algunos de ellos han redoblado esfuerzos mediante la implementación de acciones orientadas a la gestión de recursos y a la búsqueda de alternativas técnicas que les permitan resolver los problemas que enfrentan. Para hacer frente a los retos actuales de la cafecultura se deben articular esfuerzos desde diferentes áreas, ya que las necesidades de los productores son muchas y sus expectativas de mejora también.

Por otro lado, el compromiso de vinculación social que tiene la Universidad Veracruzana (UV), a pesar de su alto potencial, tiene un pequeño impacto. Es importante generar proyectos que involucren la activa participación de los alumnos y que dichos proyectos se conviertan en políticas públicas, de esta manera, la sociedad y la universidad trabajarán en conjunto para alcanzar un bienestar común.

La UV ha participado en iniciativas colectivas interinstitucionales relacionadas con la cafecultura veracruzana, ejemplos recientes son la participación en el Centro Nacional de Investigación, Innovación y Desarrollo Tecnológico del Café

* gusortiz@uv.mx

(CENACAFE), creado en 2015 por la Universidad Autónoma Chapingo; también se ha participado en el Centro Regional Universitario Oriente (CRUO), como una iniciativa oficial de atención al sector cafetalero. Por otra parte, la Facultad de Ciencias Agrícolas de la UV ha colaborado con la Unión de Productores, Beneficiadores y Exportadores de Café, Beneficio Puerto Rico, aplicando el proyecto Plataformas de Innovación Tecnológica, con la participación de más de 10 académicos y 22 estudiantes que pusieron en marcha 12 proyectos centrados en la transferencia de tecnología e investigación aplicada.

Además, destaca el seminario académico permanente, La cafecultura mexicana, actualidad y escenarios futuros, celebrado desde el año 2017, con siete mesas de trabajo, organizado de manera interinstitucional y que contó con la participación de 27 panelistas: empresarios, productores, funcionarios e investigadores; todos especialistas en su área.

Finalmente, es importante mencionar la creación de un observatorio del café, donde se exponen los resultados de todos los trabajos que realizan en la región cafetalera del estado de Veracruz las diferentes instancias vinculadas al sector, esperando, a mediano plazo, que trascienda a un observatorio interinstitucional. Si bien los datos aquí presentados están enfocados a la región central del estado de Veracruz, se pretende que el área geográfica de influencia crezca.

En ese sentido, el Observatorio de la Cafecultura Veracruzana tiene la misión de ser un espacio incluyente de análisis, investigación, reflexión y socialización del conocimiento empírico y científico, de manera intra e interinstitucional, desde el ámbito regional hasta el internacional, enfocado a la divulgación, capacitación e intercambio de experiencias y del saber en la producción y comercialización del café. De esta manera, la Universidad Veracruzana, a través de la Facultad de Ciencias Agrícolas responde a los retos que impactan la producción y directamente a las condiciones de vida de los productores cafetaleros y sus familias, en la región centro del estado de Veracruz.

ESTADO ACTUAL DE LA CAFETICULTURA Y SUS PARADOJAS

GUSTAVO CELESTINO ORTIZ CEBALLOS*

UNA APROXIMACIÓN A LA PROBLEMÁTICA QUE ENFRENTA LA CAFETICULTURA Y SUS ALTERNATIVAS

La cafeticultura mexicana presenta un escenario casi apocalíptico provocado por los bajos precios internacionales y por la ausencia de políticas públicas nacionales que impulsen al sector cafetalero. En las últimas décadas se ha configurado una trama sumamente intrincada, de tal forma que en la actualidad no ha sido posible encontrar el hilo conductor que permita deshilar esta compleja “madeja” llamada café. La cafeticultura se encuentra atrapada por una de las peores crisis que jamás haya enfrentado en toda su historia. Antes las familias cafetaleras vivían de los ingresos que generaba este cultivo, pero actualmente ya no es posible, sólo les permite sobrevivir.

Algunos de los impactos negativos tangibles de la crisis que enfrentan las regiones cafetaleras del país son la alta migración de los hijos y de los mismos productores hacia otras regiones del estado y del país, desarraigo familiar, desempleo, marginación, envejecimiento del productor cafetalero y ausencia de un relevo generacional, fincas viejas, escasa generación y adopción de nueva tecnología, mayor incidencia de plagas y enfermedades, impacto del cambio climático y pérdida de fertilidad de los suelos, lo que se traduce en abandono de parcelas, baja productividad, mayor pobreza, reconversión productiva y cambio de uso del suelo

* gusortiz@uv.mx.

(por fraccionamientos habitacionales), entre otros. Una de las principales causas que han originado esta situación son los bajos precios en el mercado internacional, lo que repercute en los bajos precios rurales, mercado no regulado, ausencia de políticas públicas y desorganización del sector cafetalero. Lo anterior ha generado un círculo vicioso que hasta la fecha no ha sido posible transformar en un círculo virtuoso. Estos impactos negativos han afectado con mayor fuerza a los productores de bajos ingresos, quienes poseen una superficie pequeña y que históricamente han vivido de la venta del café cereza.

A pesar de que la cafecultura nacional y la del estado de Veracruz se caracterizan por presentar alto potencial para la producción de café de calidad, lamentablemente esta ventaja no se ha aprovechado en beneficio de todos los productores, porque, entre otras razones, en torno a esta actividad hay un sector social que se distingue por su desorganización e incapacidad para enfrentar de manera creativa la crisis y, en cierta forma, esto también explica el evidente retroceso tecnológico que prevalece en la mayoría de las fincas cafetaleras. En suma, actualmente existe postración en la mayoría de los pequeños productores que se dedican a esta actividad.

Lo antes mencionado, describe la realidad que vive hoy la cafecultura nacional y estatal, lo que sin duda alguna ha provocado una actividad productiva no rentable, sin probabilidades de que mejore a corto plazo y poniendo en duda su viabilidad en el mediano plazo, a pesar de su importancia social, económica y ecológica para el país y para los estados productores de café.

Paradójicamente, algunos productores y empresas privadas han logrado un negocio rentable de la cafecultura y mantienen su optimismo. Se observa que en un grupo reducido de productores existe un esfuerzo de innovación tecnológica que se demuestra con la presencia de agroecosistemas cafetaleros (AES-C) especializados (poca sombra) y con un alto uso de agroquímicos (fertilizantes, insecticidas-fungicidas y otros) que permiten obtener altos rendimientos, lo que, aunado a su integración en la cadena de valor, les ha permitido garantizar su rentabilidad, pero con un alto impacto ambiental.

En diversos foros organizados por sectores sociales y académicos dedicados al análisis de la cafecultura nacional, se ha insistido en impulsar la innovación tecnológica como una vía para su rescate, aunque esta vía no es suficiente si no va acompañada con un modelo de investigación científica que la respalde y le brinde alternativas a la problemática de mayor importancia que enfrenta actualmente el

sector, tal como el control de plagas y enfermedades, y ausencia de estrategias de adaptación al cambio climático, entre otros. Por otro lado, resolver la encrucijada entre producir café con conservación ambiental (SAF-C con sombra diversificada) o producir café manejando SAF-C de alto rendimiento, mediante el establecimiento de variedades mejoradas con altas densidades y poca sombra, pero que propician la pérdida de fertilidad de suelos, pérdida de la biodiversidad y baja resiliencia al cambio climático, sigue siendo otro de los grandes pendientes a resolver en la cafecultura nacional y estatal.

A pesar de que en México existe una gran infraestructura, alto potencial productivo, cultura e historia del cultivo, este ha dejado de ser un país exportador para convertirse en un país importador de café. Este escenario de alguna forma también confirma que la cafecultura nacional de los últimos 30 años ha padecido, por un lado, la presencia de un Estado indiferente y sin políticas públicas que fortalezcan al sector, y por el otro, padece de productores que siguen añorando un paternalismo trasnochado que quedó sepultado desde 1989 con la desaparición del Instituto Nacional del Café (Inmecafé); sin duda, estos dos últimos factores también han contribuido, de manera significativa, a frenar el desarrollo de la cafecultura.

Después de la desaparición del Inmecafé, el sector cafetalero realizó esfuerzos de redefinición institucional; por ejemplo, la creación del Consejo Mexicano del Café, después del Inmecafe, la creación de los comités de solidaridad que reemplazaron a las Unidades Económicas de Producción de Café (UEPC), el Comité Sistema Producto Café que reemplaza al Consejo Mexicano y, finalmente, la creación de la Asociación Mexicana de la Cadena Productiva del Café, A. C. (Amecafé). Sin embargo, en estos cambios no se recuperó el aprendizaje institucional adquirido y se han implementado acciones de manera vertical, provocando que se generen vacíos institucionales, nula participación de los productores, duplicidades, disputas entre las partes y politización de las demandas del sector. La falta de un organismo rector de la cafecultura nacional abrió las puertas para que las transnacionales, como Nestlé, Starbucks Coffee Company, The Italian Coffee Company, etc., aprovecharan este vacío institucional y se posesionaran del mercado nacional obteniendo las mejores ganancias.

A pesar del escenario amargo no es momento de sucumbir ni de rendirse, tenemos que ser consecuentes: los representantes de los productores, las organizaciones de la industria, la academia, los productores, etc., todos juntos estamos obligados

a plantear acciones consensuadas que aseguren la reconstrucción y permanencia de una actividad que, sin duda, es vital para mantener la estabilidad ambiental, social, económica y cultural en más de 56 regiones cafetaleras que incluyen a 450 municipios de todo el país, y así derrumbar aquel aforismo reiterado por muchos: “La cafecultura nacional es riqueza para pocos y pobreza para muchos”.

La organización de los productores

Hasta 1989, el Inmecafé se encargaba de fijar un precio mínimo al aromático, cuidó que los productores, sobre todo los de pequeña escala, tuvieran mercado de exportación y mantuvo contacto estrecho con ellos en etapas de crisis, hasta que la corrupción de sus directivos, los fraudes millonarios y la implantación de la política neoliberal llevaron al gobierno a justificar su desmantelamiento.

A su cierre, el precio del grano quedó sujeto al libre mercado y el gobierno federal no creó instancias eficaces que en ausencia del Inmecafé respaldaran al sector. En Veracruz, la reestructuración que sufrió la cafecultura fue dramática, prácticamente los cafetaleros se quedaron abandonados, la agroindustria se desmanteló gradualmente, la infraestructura creada durante los años que existió el Inmecafé fue entregada a los productores para que ellos fueran los protagonistas de todo el proceso productivo del café.

Después de la desaparición del Inmecafé, en el año de 1990 se formó la Unión de Productores y Exportadores de Café del Beneficio Puerto Rico, Coatepec, Veracruz. Esta organización fue creada con el propósito de recibir y administrar el beneficio de café denominado Puerto Rico, en apoyo a los productores de café de la región Xalapa-Coatepec. Lamentablemente, con el tiempo se ha fracasado debido a la implementación de una “política de Estado” hacia el sector cafetalero, ejemplo es el abandono en el que se encuentra la cafecultura nacional y local.

El beneficio de café Puerto Rico, en los años ochenta procesaba al día seis mil toneladas de café de todo el sureste mexicano y fue considerado el más grande del país, actualmente luce en total abandono, con equipo obsoleto e inoperante. Dicho beneficio fue entregado a la Unión de Productores para que lo trabajara en apoyo a la cafecultura regional, sin embargo, se convirtió en un lastre para la Unión que prefirió rentarlo a empresas privadas que lo utilizaron para el beneficio húmedo y seco del café que compraban en la región, sin embargo, la renta

no incluía el compromiso del mantenimiento y reposición de piezas desgastadas, esta situación se mantuvo por un largo tiempo a grado tal que, en la actualidad ya no es viable seguirlo rentando. El que fuera el ícono regional de los pequeños productores se ha convertido en un beneficio chatarra que bien podría ser utilizado como un museo para mostrar a las nuevas generaciones la evidencia de lo que queda del boom cafetalero mexicano y ejemplo de 30 años de políticas públicas paternalistas que sólo han contribuido a agudizar el abandono gubernamental que sufre este sector.

A pesar de todo, la Unión de Productores y Exportadores de Café, propietarios del beneficio Puerto Rico, aún existe y está integrada por 350 productores localizados en los municipios de Cosautlán, Teocelo, Xico, Xalapa, Naolinco, Chiltoyac y Emiliano Zapata. En la actualidad, se reportan 351 socios activos de los cuales 80 pertenecen a la nanocuenca Las Lomas. En opinión de los actuales directivos, es muy probable que haya menos socios, ya que no existe un censo actualizado y no hay un proceso de depuración oficial. Han sugerido que se revise a detalle y de manera legal el padrón de productores de la organización, y se realice la depuración correspondiente considerando a los fallecidos, los que salieron de las localidades, etc., respetando a los sucesores que quedaron al frente de las fincas. Se propone como estrategia elaborar y aplicar una nueva reglamentación diseñada con auxilio de instituciones, la cual deberá someterse a consenso de los productores integrantes de la organización.

La actual directiva se enfrenta a una serie de problemas que han sido heredados de otras administraciones, más los que se han acumulado en los últimos años, no obstante, los directivos realizan acciones para su reconstrucción y fortalecimiento. Los problemas que enfrentan como organización y expresados por los mismos productores y directivos son: poca participación de los socios en las asambleas, diferencias entre grupos de las distintas delegaciones lo que genera división interna, diferencias políticas entre directivos anteriores y actuales, no hay coordinación entre autoridades de la localidad y las autoridades de la Unión. Otros problemas que se señalan son la falta de integración de todos los socios, escasa relación del comité con todos los delegados y productores-socios y falta de comunicación entre directivos y socios.

Algunas otras debilidades de la organización, que deben ser señaladas, son la existencia de productores en edad adulta (edades superiores a 60 años), están

descapitalizados, no desarrollan procesos completos de la cadena industrial del café, son generalmente productores y comercializadores de café cereza, son minifundistas, no cuentan con agua de calidad para el beneficiado y poseen maquinaria obsoleta, entre otras.

En opinión de los socios, las causas que originan estos problemas son el desinterés, la falta de reuniones y canales de comunicación, falta de conciencia de la necesidad de organizarse. Las alternativas que plantean para rescatar la organización es motivar a los socios, capacitar a todos y en particular a los integrantes del comité directivo, de acuerdo con sus funciones, asignación y distribución de tareas entre los delegados.

Expresan que, de reactivarse la Unión, esta figura asociativa ya no sería la indicada para operar la empresa, porque no es operativa la organización y tampoco asegura la representatividad regional, lo que explica la desarticulación entre las delegaciones y los socios de ésta. Una importante alternativa que han sugerido es relacionada con la creación de grupos de trabajo para la producción, lo que brindaría mejor operatividad; del mismo modo, se inclinan por una representación de tipo horizontal, donde sean los representantes de los grupos quienes integren la directiva y se roten en los diferentes cargos cuando sea necesario, de esta manera se garantiza mayor transparencia y participación de los socios.

Esta nueva forma de organizarse podría facilitar el acceso de los grupos de trabajo a los programas de apoyos implementados por cualquier organismo gubernamental o no gubernamental, es decir, cualquier acción en beneficio de los productores podría fácilmente replicarse para la mayoría de los socios. Las alianzas y acuerdos con las instituciones serían a nivel de organización, mientras que horizontalmente se trabajaría a nivel de grupos de trabajo con cierta autonomía, y se deberá establecer una red colaborativa interna (entre grupos de trabajo) y una red colaborativa externa, entre grupos de trabajo e instituciones y otros sectores regionales.

No obstante a la triste situación de desorganización, se identifican como fortalezas las siguientes: existe experiencia en el cultivo de café de más de 60 años, los productores son propietarios o usufructuarios directos de sus predios, poseen experiencia en el beneficiado del café ,porque muchos de ellos fueron trabajadores en el Beneficio Puerto Rico y tienen vinculación con otros del entorno, cuentan con sistemas de producción amigables con el ambiente (diversidad de especies de sombra) cuentan con el recurso agua, algunos poseen infraestructura y equipo para el cultivo de café (Tabla 1).

Tabla 1. Problemas, causas y posibles soluciones planteados por los socios de la Unión de Productores y Beneficiarios de Café Puerto Rico, Las Lomas, Coatepec, Ver.

Problemas	Causas	Posibles soluciones
Falta de integración de todos los socios	Desinterés y falta de comunicación	Impulsar capacitación, organización, motivación
Los directivos que integran el comité de la organización desconocen sus funciones	No hay capacitación sobre liderazgo y administración	Que den la capacitación a cada uno de los integrantes del cuadro directivo, de acuerdo con sus funciones
Falta de comunicación entre directivos y socios, y viceversa	Falta de acercamiento y conciencia del rol que juega cada cada uno	Capacitación y optimizar el trabajo entre los socios
Falta convencimiento para producir café de calidad	Desconocimiento de cómo darle calidad al producto	Aplicación de productos orgánicos para su fertilización
Desorganización para producir plantas de café de calidad en sus propios viveros; no controlan colectivamente las plagas y enfermedades	No existe interés para organizar viveros comunitarios ni para adquirir colectivamente productos para combatir plagas y enfermedades	Organizarse para establecer vivero para producción de planta y renovar los cafetales

Fuente: Elaboración propia, 2023.

ENFOQUE DE CUENCAS Y DESARROLLO TERRITORIAL SUSTENTABLE: CONCEPTOS

Desarrollo territorial

La teoría del desarrollo territorial rural se entiende como “... un proceso de transformación productiva e institucional, en un espacio rural determinado, cuyo fin es reducir la pobreza rural...” y se conforma de siete elementos: la necesidad de competitividad, la innovación tecnológica para aumentar la productividad, la competitividad como fenómeno sistémico, la demanda externa como motor de

las transformaciones, los vínculos urbano-rurales, el desarrollo institucional y la importancia de identificar al territorio como construcción social, con una identidad propia formada por múltiples actores que establecen nexos de unión y colaboración (Shej-tman y Berdegué, 2004). Se trata de: "... empoderar a las comunidades y sus organizaciones, abriéndoles el camino a la autogestión, a la autonomía y a la corresponsabilidad en el desarrollo de sus propias realidades..." (Echeverri, 2006).

Duch (1986) sugiere que el primer paso para el estudio de la conformación de las regiones agrícolas dentro de una cuenca es el conocimiento de los marcos geográficos y sociohistóricos de la producción agrícola regional. Conocer el marco geográfico permite entender la espacialidad del proceso productivo y explicar las relaciones que se establecen entre agentes de la producción y el espacio territorial durante el proceso productivo, ya que éste, como todo proceso social, solamente cobra existencia en un ámbito territorial, en un espacio geográfico concreto, lo que significa que la agricultura requiere un soporte físico; por lo tanto, el espacio territorial constituye la base material de la expresión regional de los agroecosistemas, por lo que es importante el estudio de su composición natural, es decir, de los objetos físicos y biológicos que lo integran, así como los fenómenos y las leyes naturales que gobiernan su dinámica.

En suma, la noción de territorio se asocia con una actitud de identidad con sus tierras, con sus ecosistemas, con lo que cultivan y con la gente que conviven. Todo lo anterior mantiene el tejido social del territorio. En el estudio de caso que presentamos, se percibe que los productores tienen esta noción de territorio en el cual el café es el eje con el que se identifican, porque propicia nexos de unión de las familias y, en buena parte, es lo que ayuda a explicar la permanencia de una actividad productiva a pesar de toda la problemática que enfrenta.

Cuenca hidrográfica

Las cuencas hidrográficas son territorios delimitados naturalmente por un partea-guas (partes más altas de montañas) y donde se concentran todos los escurrimientos (arroyos y/o ríos) que confluyen y desembocan en un punto común llamado punto de salida de la cuenca, que puede ser un lago (formando una cuenca denominada endorreica) o el mar (llamada cuenca exorreica).

En estos territorios todos los procesos socioecológicos están íntimamente ligados entre sí, porque existe una interrelación e interdependencia espacial y temporal entre el medio biofísico (suelo, clima, cultivos, agua, biodiversidad, estructura geomorfológica y geológica), los modos de apropiación de los recursos (tecnología y/o mercados) y las instituciones (organización social, cultura, reglas y/o leyes). La complejidad del manejo de una cuenca hidrográfica obliga a orientar acciones integrales y conceptualizar a la cuenca como un territorio que se comporta como un sistema complejo que a diversas escalas requiere del fomento de procesos colaborativos y de coordinación.

Las cuencas hidrográficas además de ser unidades funcionales, deben tener límites bien definidos y salidas puntuales, están estructuradas jerárquicamente, ya que pueden subdividirse en subcuencas, delimitadas también por un parteaguas y donde se concentran los escurrimientos que desembocan en el curso principal del río. Al interior de cada subcuenca se ubican las microcuencas y nanocuencas,² cuyos límites pueden incluir o no límites administrativos, como los de un ejido o un municipio. Esta delimitación múltiple expresa el carácter jerárquico y anidado de las cuencas. La elección de los niveles jerárquicos (cuencas, subcuencas, microcuencas y nanocuencas) dependerá de los objetivos, del problema o los problemas que se busquen resolver y de los alcances del manejo y gestión (Cotler *et al.*, 2010; Cottler *et al.*, 2013; Cotler y Caire, 2009; Echeverri P., 2002; Ley de Aguas Nacionales, 2020).

Parra *et al.* (1986), destacan que las grandes cuencas o regiones no son ya simples divisiones territoriales con un paisaje natural homogéneo o un contenido cultural análogo, sino que son unidades funcionales estructuradas, interrelacionadas entre sí y con unidades de orden superior. Si al estudiar una región se pone énfasis en comprender su función y relación con la totalidad de la estructura, encontramos que la región o cuenca se encuentra constituida de elementos diversos que se interrelacionan entre sí, tales como ciudad-campo-parcela productiva, etc. La definición de una región o cuenca así configurada es sumamente compleja, pues deberán tomarse en cuenta una gran diversidad de estructuras y funciones (Steward, 1955).

² La denominación de nanocuenca es por ser menor de mil hectáreas, de acuerdo con la clasificación de cuencas hidrológicas por su extensión, sugerida por Aguirre (2007).

Áreas homogéneas

Sin importar su tamaño, las zonas productoras de café del país y de Veracruz presentan heterogeneidad en su medio natural, el cual ha sido aprovechado y transformado por los diversos grupos sociales desde que se cultiva café. Frente a esta diversidad, se reconoce la necesidad de llevar a cabo investigaciones destinadas al análisis de la diversidad regional con enfoque de cuencas, es decir, conocer las características y explicar la conformación de cada una de las cuencas y sus distintas regiones y micro-regiones productoras de café. Los territorios se muestran ante nuestros ojos con una amplia gama de formas espaciales, en función de la diversidad de combinaciones particulares que presentan los componentes naturales (geología, clima, suelos, cobertura vegetal), en ese sentido, es posible distinguir diferencias de configuración territorial y reconocer áreas con una relativa homogeneidad interna explicable en función de la presencia de algún componente o rasgo dominante, o bien, áreas en las que la extrema variabilidad y complejidad de los elementos que la componen obligan a considerarla como una sola área o unidad territorial (Duch, 1986).

La comprensión de una región o cuenca de interés, para su uso racional y para su conservación, debe ser integral, haciendo hincapié en su dinámica, ya que la visión estática-descriptiva no es suficiente, ya que no considera el grado de sensibilidad del medio a la intervención humana, que con el progreso técnico se vuelve más compleja.

¿Cómo aplicar el enfoque territorial para el desarrollo sustentable de la cafecultura veracruzana?

Después de las tremendas crisis ocurridas en los años noventa debido a la caída de los precios del grano, las iniciativas desde la propia Organización Internacional del Café (ICO) se reorientaron hacia un mejoramiento en la calidad del café, lo que quedó expresado en la Resolución 407 del Acuerdo Internacional del Café de 2002, el cual representa un programa de mejoramiento de la calidad del grano mediante un registro del número de defectos presentes en muestras aleatorias del aromático de exportación (ICO, 2002).

Paralelamente, diversos organismos internacionales, tales como el Banco Interamericano del Desarrollo (BID) y el Banco Mundial (BM), propusieron a los pro-

ductores cafetaleros diversos mecanismos para salir de la crisis estructural que se presentó tras liberar el mercado, los cuales básicamente giraron alrededor de un aumento de la calidad, de la productividad, la eficiencia, aprovechar las ventajas comparativas, aumentar el valor agregado, mejorar las actividades de comercialización del producto, diversificación productiva agrícola y no agrícola (BID, 2002). Dentro de las opciones para aumentar el valor agregado se propuso la incorporación a los sistemas alternativos –denominación de origen, gourmet, orgánico, comercio justo, café ecológico y de sombra–, lo que llevaría a una diferenciación en el mercado (BID, 2002; Lewin *et al.*, 2004).

En congruencia con lo anterior, la gestión de microcuencas cafetaleras y el enfoque de desarrollo territorial de la cafecultura se complementan muy bien y se puede traducir de manera sencilla en las siguientes acciones: integración de grupos de acción a nivel local, generación de acuerdos territoriales, integración e incremento de la productividad parcelaria, definición de microrregiones y pequeñas empresas, y definición de perfiles de calidad del café (Delgadillo, 2006). Para que estos esfuerzos resulten eficientes es necesario que exista un conjunto de condiciones mínimas, a nivel estatal y nacional, por ejemplo, políticas adecuadas que impulsen el desarrollo territorial con enfoque de cuencas, dotación de apoyos y recursos que aseguren el aprovechamiento de las ventajas comparativas de cada territorio, infraestructura institucional y sostenibilidad de estas iniciativas en el largo plazo (Llambi y Duarte, 2006). Finalmente, en la definición de las estrategias para el desarrollo rural deben tomarse en cuenta las iniciativas individuales y colectivas, a las cuales debe impulsarse su eficiencia en los mercados competitivos, además de reconocerse que lo rural es más que lo agrícola, para lo cual deben establecerse políticas públicas específicas para este sector, orientadas al fortalecimiento de la infraestructura social, las cuales deben reconocer la heterogeneidad en la que los productores realizan sus actividades (De Janvry y Sadoulet, 2002).

REFERENCIAS

- BID. Banco Interamericano de Desarrollo. (2002), Managing the competitive transition of the coffee sector in Central America, documento preparado para el taller “The coffee crisis and its impacts in Central America: situation and lines of action”, celebrado del 3 al 5 de abril de 2002 en Antigua, Guatemala.

- Cotler A. H., Garrido A., Bunge V. y Cuevas M. L. 2010. Las cuencas hidrográficas de México: priorización y toma de decisiones. En: Cotler H. (Coord.). *Las cuencas hidrográficas de México. Diagnóstico y priorización*. México: Instituto Nacional de Ecología/Fundación Gonzalo Río Arronte I. A. P., 231 pp. Disponible en: www2.inecc.gob.mx/publicaciones/consultaPublicacion.html?id_pub=639.
- Cotler A. H., Galindo Alcántara, A., González Mora, I. D., Pineda López, R. F. y Ríos Patrón, E. 2013. *Cuencas hidrográficas. Fundamentos y perspectivas para su manejo y gestión*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México.
- Cotler A. H. y Caire, G. (2009). *Lecciones aprendidas del manejo de cuencas en México*. México: Instituto Nacional de Ecología, WWF, Fundación Gonzalo Río Arronte I. A. P., 380 pp. Disponible en: www2.inecc.gob.mx/publicaciones/consultaPublicacion.html?id_pub=613.
- Delgadillo Macías, J. 2006. El enfoque territorial para el desarrollo rural. En: Delgadillo Macías, J., *Enfoque territorial para el desarrollo rural en México*, CRIM-IIEC, El Colegio de Tlaxcala, Universidad Autónoma de Guerrero, México.
- De Janvry, A. y Sadoulet, E. (2002). World poverty and the role of agricultural technology: direct and indirect effects. *Journal of development studies*, 38(4): 1-26.
- Duch, G. 1986. El concepto de medio geográfico y el problema de la diferenciación regional en los estudios sobre producción agrícola. *Revista de Geografía Agrícola*, Chapingo, México, pp. 45-56.
- Echeverri Perico, R. (2006), Desarrollo rural sustentable, el camino político hacia la construcción territorial, *ALASRU*, nueva época, 3: 199-222.
- Echeverri Perico, R. y Ribero, M. P. 2002. Nueva ruralidad: visión del territorio en América Latina y el Caribe. IICA, CIDER, Panamá.
- Hoffman, O. 1985. Historia del poblamiento y de la tenencia de la tierra. En: *Análisis gráfico de un espacio regional Veracruz*, ORSTOM-INIREB, Xalapa, Ver. pp. 147-154.
- ICO. International Coffee Organization. 2002. *International Coffee Agreement 2002*, International Coffee Organization, Londres, Reino Unido.
- Lewin, B., Giovannucci, D. y Varangis, P. 2004. *Coffee markets. New paradigms in global supply and demand, agriculture and rural development*, Banco Mundial, Washington, EUA.
- Llambi, L. y Duarte, M. 2006. Procesos de crecimiento endógeno y desarrollo territorial rural en América Latina: enfoques teóricos y propuestas políticas, *ALASRU*, nueva época, 3: 223-250.

- Ley de Aguas Nacionales. Nueva Ley publicada en el Diario Oficial de la Federación el 1º de diciembre de 1992. Texto vigente. Última reforma publicada. DOF 06-01-2020
- Parra V., Perales R., Inzunza M., Solano S., Hernández X. y Santos O. 1986. La investigación socioeconómica. Una perspectiva agronómica. *Revista de Geografía Agrícola*, Chapingo, México, pp. 5-6.
- Schejtman, A. y Berdegué, J. 2004. Desarrollo territorial rural. *Debates y temas rurales*, 1: 7-46.
- Steward, J. H. 1955. *Teoría y práctica del estudio de áreas*. Washington, Unión Panamericana, 86 pp.

LA NANOCUENCA HIDROLÓGICA LAS LOMAS: UN TERRITORIO HISTÓRICAMENTE ENTRETEJIDO ALREDEDOR DEL CAFÉ

AGUSTÍN MUÑOZ CEBALLOS*

GUSTAVO ORTIZ CEBALLOS**

INTRODUCCIÓN

La Facultad de Ciencias Agrícolas (FCA), a partir del año 2016 puso en marcha un proyecto de investigación acción participativa basado en el enfoque de cuencas hidrológicas, con el propósito de impulsar el desarrollo del territorio delimitado por la nanocuenca Las Lomas.

Algunas de las razones que justificaron el interés para el estudio de la nanocuenca son: está compuesta por una población vinculada de manera estrecha con la producción de café, presenta sistemas agroforestales cafetaleros establecidos desde hace más de un siglo, son sistemas con alto potencial para la producción de café de alta calidad. Es importante destacar que estas características son similares a las que presentan otras microcuencas cafetaleras del estado de Veracruz, por lo que podría ser considerada como un caso de estudio con posibilidades de replicarse en otras microcuencas de la región centro del estado de Veracruz. En este proyecto participaron productores de bajos ingresos, más de 10 académicos y 12 estudiantes; de manera coordinada se implementaron diversas acciones enfocadas a fortalecer la vinculación de la Universidad Veracruzana con un sector de impor-

* amunoz@uv.mx.

** gusortiz@uv.mx.

tancia social, cultural y económica, y de esta forma dar pertinencia a las funciones sustantivas de docencia, investigación y extensión de los servicios de esta casa de estudios.

Se resolvió delimitar y estudiar este territorio cafetalero con un enfoque de cuencas, en ese sentido se tomó la escala de nanocuenca hidrográfica, ya que es considerada como la unidad funcional de un territorio para la gestión, planeación y ejecución de diversas iniciativas de desarrollo, permitiendo de este modo dirigir, de forma ordenada y transversal, el proceso de planeación en todo su contexto (Delfín-Alfonso y Hernández-Huerta, 2007).

Por ello, se considera que aplicar el enfoque de cuencas para la implementación de estrategias que faciliten el desarrollo territorial sustentable de las regiones y comunidades cafetaleras del estado, es una opción viable, asumiendo que el desarrollo sustentable solo se puede dar dentro de un territorio en el cual pocas o muchas comunidades, o caseríos y pueblos, comparten un espacio ambiental común y cuyos componentes estén articulados entre sí, como es el espacio de las microcuencas dentro de las cuencas, donde el agua y el tipo de uso y manejo de los recursos naturales emergen como factores integradores del territorio, favoreciendo los procesos de desarrollo sostenible para todos los actores (Moreno, 2007).



Figura 1. Localización de la zona de estudio. Fuente: Elaboración propia, basado en la información de Google Maps, 2023.

ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio es la zona cafetalera localizada en el ejido Las Lomas, Coatepec, Ver., que en el presente estudio es denominada nanocuenca hidrológica Las Lomas (Figura 1). Tiene un tipo de clima C (García, 1970), el cual se caracteriza por una precipitación promedio anual de 1500 mm, temperatura media anual de 19 °C y una humedad relativa que fluctúa entre 70% y 90%, lo que en conjunto crea un ambiente subtropical húmedo propicio para la presencia de bosque mesófilo de montaña (ahora sólo quedan relictos y vestigios del bosque de niebla o BMM) y de cafetales con sombra diversificada (INEGI, 2000).

CARACTERIZACIÓN FÍSICO-AMBIENTAL DE LA CAFETICULTURA EN LA NANOCUENCA HIDROLÓGICA LAS LOMAS: UN TERRITORIO HECHO PARA PRODUCIR EL MEJOR CAFÉ

Delimitación de la nanocuenca Las Lomas

La delimitación y caracterización física de la nanocuenca hidrológica Las Lomas se realizó de acuerdo con el procedimiento siguiente: primero se delimitaron las cuencas hidrológicas del río La Antigua y Actopan, utilizando la cartografía de aguas superficiales E14-3 INEGI escala 1:250 000; luego, se delimitó la subcuenca del río Pixquiac y después la microcuenca del río Sordo. Posteriormente, se realizó la delimitación de la nanocuenca Las Lomas; sin embargo, fue necesario realizar una segunda delimitación que nos proporcionó mayor precisión en cuanto a sus límites y tamaño, lo que explica la diferencia de superficies en la cartografía temática que se muestra en el presente documento.

Para obtener la cartografía temática se empleó la cartografía digital topográfica E14- B37 Coatepec, escala 1:50 000 (INEGI, 2000) a la cual se le hicieron correcciones geométricas mediante la ortorectificación, la cual consistió en la ubicación de los modelos de elevación de RADAR en el cuadrante A2 con una precisión horizontal a cada cinco metros y a un metro en el eje vertical. Más adelante, se transformaron los archivos de elevación de superficie y de terreno (x, y, z) a la extensión *.ter*. Para obtener la poligonal de la nanocuenca Las Lomas fue necesario hacer

la delimitación con base en las curvas de nivel, separadas cada cinco metros. La delimitación geoespacial se realizó a través de la carta INEGI Coatepec E14-B37 topográfica escala 1:50 000, con puntos de control tomados en campo con GPS mapa móvil Trimble Juno 3D; con precisión espacial de un metro se rectificó la cartografía y se generó el modelo de elevación digital con GRID horizontal de 25 metros a partir de las curvas de nivel a cada 20 metros.

Mediante el modelo de elevación digital de árboles (MDA) se generó el mapa que muestra los estratos de la cobertura arbórea en los cafetales de la nanocuenca, con base en los rangos de altura siguientes: muy alto (árboles mayores a 25 m), alto (árboles entre 20 y 25 m), medio (árboles entre 10 y 19 m) y bajo (entre cinco y nueve metros). El MDA se obtuvo con la diferencia de los modelos de elevación digital de terreno (MDT) y con el de superficie (MDS). En este mismo proceso y apoyados en el MDT se realizó la clasificación por pisos altitudinales de la nanocuenca, lo que permitió obtener un mapa de tintas hipsográficas.

Delimitación de áreas de captación de la nanocuenca Las Lomas

Utilizando las curvas de nivel generadas en el Modelo de Elevación Digital de Terreno (MDT) y utilizando tecnología LIDAR (Light Detection and Ranging o Laser Imaging Detection and Ranging) del cuadrante localizado en la carta INEGI E14B37A2 Coatepec, fueron delimitadas las diferentes áreas de captación de la nanocuenca, las corrientes de agua intermitentes se trazaron de manera semi-automatizada y se delimitaron las líneas de parteaguas de la nanocuenca. Para la digitalización se empleó MapMaker versión 3.5 (2014).

Asimismo, se generaron los mapas de pendiente con seis bandas y mapa de altitudes en tres bandas. Finalmente, utilizando el método de Strahler, las áreas de captación fueron clasificadas de acuerdo con el número de corrientes de agua. De manera complementaria se llevó a cabo una investigación exploratoria en campo, que consistió en trazar un transecto altitudinal de norte a sur para identificar cambios en los tipos de suelo, topografía, tipos de la vegetación y uso del suelo de la nanocuenca.

Para la caracterización de uso del suelo y vegetación natural se utilizaron imágenes de satélite pancromáticas de resolución espacial, de un metro por pixel, publicadas en Google Earth.

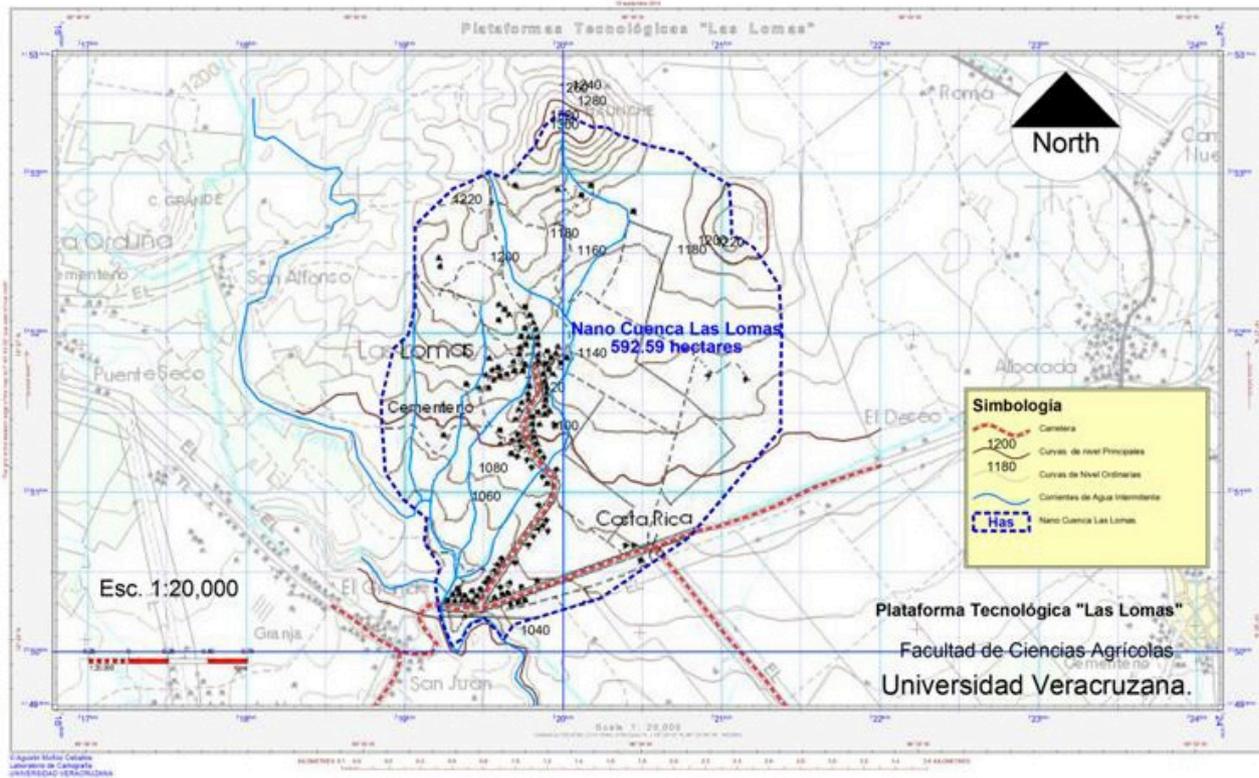


Figura 2. Delimitación de la nanocuenca Las Lomas. Fuente: Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Veracruzana, 2023.

Delimitación de la nanocuenca

La primera delimitación de la nanocuenca Las Lomas cubre una superficie de 592.59 hectáreas (ha) y geográficamente se ubica en Latitud Norte 96°54' y Longitud Oeste 19° 27' (Figura 2), mientras que la segunda delimitación abarca 968.54 ha de superficie.

Formas fisiográficas

Con el propósito de identificar un gradiente altitudinal que contribuya a explicar las diferentes formas fisiográficas presentes en la nanocuenca, fueron delimitados tres pisos altitudinales (Tabla 2), el primero de ellos se identifica como la nanocuenca baja (980-1050 msnm), con una superficie de 347.361 ha (37%); la nanocuenca media (1050-1200 msnm), con una superficie de 569.587 ha (54%) y la nanocuenca alta (1200-1300 msnm), con una superficie de 14.748 ha (9%). De manera complementaria se muestra el mapa de tintas hipsométricas que permite observar el patrón de los pisos altitudinales a lo largo de la nanocuenca (Figura 3).

Tabla 2. Nanocuenca Las Lomas por pisos altitudinales.

Nanocuenca	Piso altitudinal	Superficie (ha)	%
Baja	980-1050	347.361	37
Media	1050-1200	569.587	54
Alta	1200-1300	14.748	9
	Total	931.696	100

Fuente: Elaboración propia, 2023.

En lo general, la nanocuenca presenta formas fisiográficas que se caracterizan por la presencia de laderas con pendientes, que van de medias a fuertes (25-35%), el uso del suelo dominante es el agroecosistema cafetalero con sombra diversificada

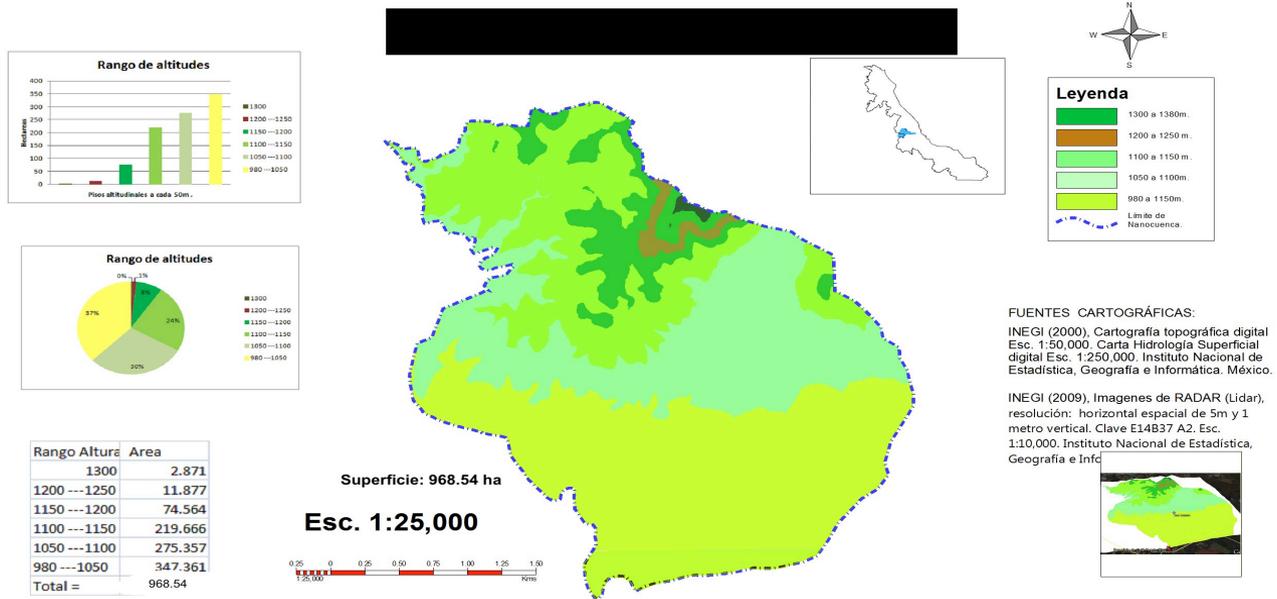


Figura 3. Mapa de tintas hipsográficas de acuerdo con rangos altitudinales de la nanocuenca Las Lomas, Coatepec, Ver.

Fuente: INEGI, 2023.

en tanto que el cultivo de la caña de azúcar se restringe a zonas planas y donde hay presencia de mesetas de balcón, su vegetación natural está restringida a las zonas de mayor pendiente, lo que contribuye a evitar procesos erosivos del suelo.

Una fracción importante de la nanocuenca se caracteriza por presentar una forma fisiográfica en forma de meseta ligeramente inclinada, cubierta por el agroecosistema café y caña de azúcar, principalmente (Figura 4).

Tipos de vegetación y uso del suelo

Los tipos de uso del suelo de la nanocuenca Las Lomas forman un mosaico que se caracteriza por la presencia de fincas de café con diferentes tipos de sombra diversificada (357.75 ha), relictos de bosque mesófilo de montaña distribuidos en las laderas de mayor pendiente (25.44 ha), un parcelario distribuido en las zonas de menor pendiente, formado por la caña de azúcar (183.75 ha) y la mancha urbana (25.65 ha), lo que en conjunto cubren una superficie de 592.50 hectáreas.

Sin embargo, es importante destacar que en opinión de los productores, y por las evidencias derivadas de las observaciones directas en campo, en los últimos 25 años se ha dado el abandono de fincas y un retroceso tecnológico que, aunado al poco interés de las nuevas generaciones para seguir con la producción de café, ha impactado de manera negativa la calidad de vida de las familias dedicadas al cultivo del café y propiciado la conversión de cafetales a usos habitacionales, favoreciendo el crecimiento de la mancha urbana (Ortiz-Ceballos *et al.*, 2020; Espinoza *et al.*, 2020).

La totalidad de los agroecosistemas cafetaleros presentes en la nanocuenca tienen cobertura arbórea con diferentes estratos. Una característica común en toda la región cafetalera de Veracruz es la presencia de sombra diversificada y la nanocuenca Las Lomas no es la excepción; la sombra arbórea es de vital importancia porque aumenta la resiliencia al cambio climático y brinda diversos servicios ecosistémicos, tales como la conservación de agua y del suelo, conservación de la diversidad biológica y comestible, y almacenamiento de carbono en sus diferentes reservorios, entre otros (figuras 5 y 6).

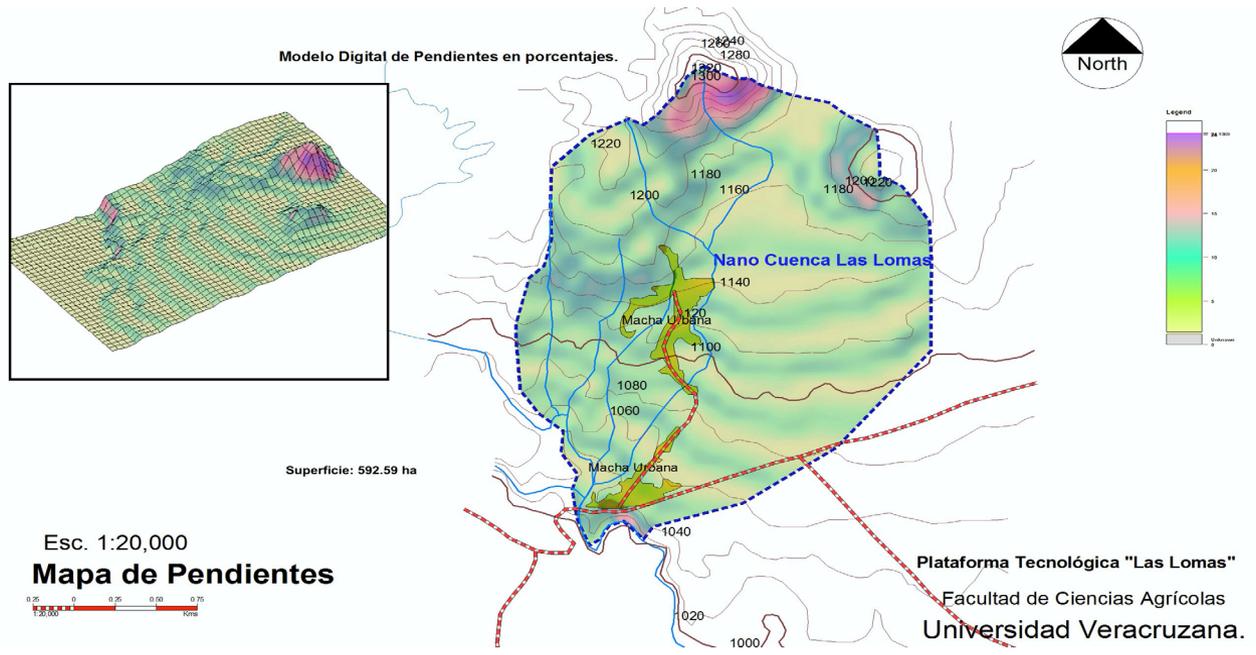


Figura 4. Modelo digital de pendientes (%) de la nanocuenca Las Lomas, Coatepec, Ver.

Fuente: Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Veracruzana, 2023.



Figura 5. Tipo de vegetación y uso del suelo. Fuente: Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Veracruzana, 2023.

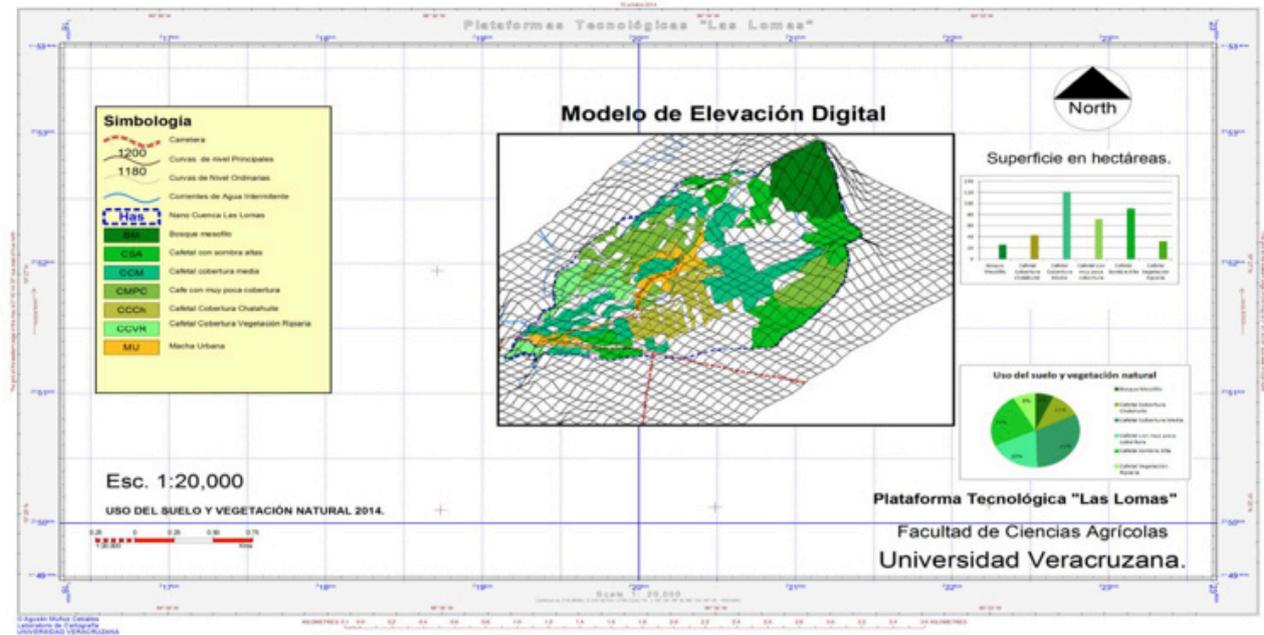


Figura 6. Distribución de los tipos de vegetación y uso del suelo respecto al modelo de elevación digital de la nanocuenca Las Lomas, Coatepec, Ver. Fuente: Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Veracruzana, 2023.

Áreas de captación en la nanocuenca Las Lomas

Se identificaron 13 áreas de captación o pétalos de captación de la nanocuenca, con superficies que van desde 23.57 ha hasta 377.14 ha (Figura 7). Las áreas de captación de agua permiten identificar microzonas con tipos de suelo, pendientes, fisiografía y capacidad para la retención de humedad similares; si a estas características similares le agregamos los tipos de vegetación, uso del suelo y el manejo tecnológico de los agroecosistemas presentes, es factible inferir la importancia de estas áreas de captación para el diseño de propuestas de ordenamiento territorial.

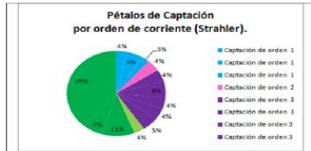
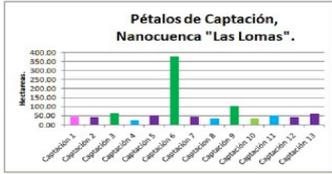
De las 13 áreas de captación delimitadas, las más importantes por la superficie que ocupan son la tres (63.29 ha), la seis (377.14 ha) y la captación nueve (102.53 ha) con orientación de los escurrimientos de S-E; juntas cubren 542.96 ha, lo que representa 56% de la nanocuenca. En estas áreas de captación encontramos la mayor superficie dedicada al cultivo de caña de azúcar.

En la nanocuenca alta (arriba de los 1 200 msnm) se identifican otros pétalos de captación que circundan la parte baja del cerro La Malinche, tal es el caso de los pétalos de captación 11 (51.45 ha), 12 (40.96 ha) y 13 (60.83 ha), cuyos escurrimientos van en sentido norte-sur.

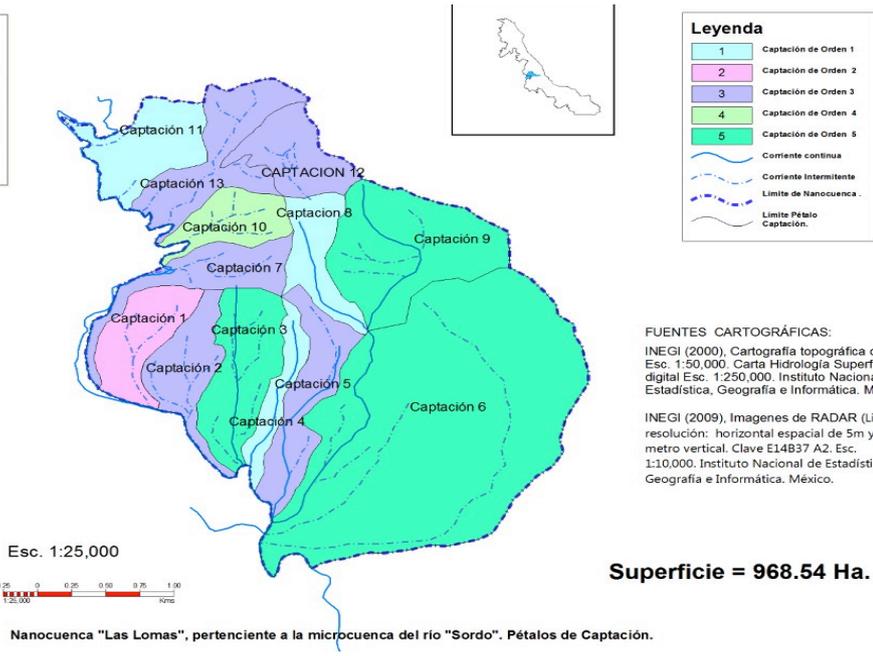
Estas tres áreas de captación cubren 153.24 ha y contribuyen con 15.9% de la captación y retención de la humedad de la nanocuenca, lo que sin duda también ayudan en la recarga de los mantos acuíferos de la misma. El resto de los pétalos de captación (272.34 ha) contribuyen con 28.11% de la captación y retención de humedad del suelo.

De lo anterior se deduce que estas áreas de captación deben ser tomadas en cuenta para la planeación del uso agropecuario del suelo y para el diseño de prácticas de conservación y retención de los escurrimientos superficiales y subterráneos. Los cafetales con sombra diversificada son ejemplo de una buena práctica de uso del suelo que asegura la conservación del recurso hídrico, pero no lo es el uso del suelo con monocultivos, que en este caso están representados por el cultivo de la caña de azúcar.

En suma, las áreas de captación o pétalos de captación hidrológica de la nanocuenca son una excelente herramienta para el diseño de un plan de ordenamiento del uso del suelo y para la conservación del recurso hídrico y edáfico.



Número de Captación	Superficie (Ha).
Captación 1	42.91
Captación 2	41.44
Captación 3	63.29
Captación 4	23.67
Captación 5	52.30
Captación 6	377.14
Captación 7	42.89
Captación 8	35.53
Captación 9	102.53
Captación 10	33.60
Captación 11	51.45
Captación 12	40.96
Captación 13	60.83
TOTAL =	968.54



FUENTES CARTOGRÁFICAS:
 INEGI (2000), Cartografía topográfica digital Esc. 1:50,000, Carta Hidrología Superficial digital Esc. 1:250,000, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México.
 INEGI (2009), Imágenes de RADAR (Lidar), resolución: horizontal espacial de 5m y 1 metro vertical. Clave E14B37 A2. Esc. 1:10,000, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México.

Figura 7. Pétalos de captación en la nanocuenca Las Lomas, Coatepec, Ver. Fuente: INEGI, 2023.

Altura de la cobertura arbórea en los sistemas agroforestales cafetaleros (SAF-C)

La cobertura arbórea que cubre la nanocuenca se debe principalmente a la presencia del agroecosistema cafetalero con sombra diversificada, mientras que las tierras con cobertura baja son representadas por el cultivo de la caña de azúcar. De acuerdo con el análisis cartográfico realizado en la segunda delimitación de la nanocuenca (968 547 ha), se demuestra que los SAF-C presentan cobertura arbórea con diferentes alturas: SAF-C con cobertura muy alta (25 a 30 m) cubre una superficie de 32 61 ha (61%), SAF-C con cobertura alta (20 a <25 m) cubre una superficie de 176 094 ha (18.18%), SAF-C con cobertura media (10 a <20 m) cubre una superficie de 397 84 ha (41.07%), SAF-C con altura baja (5 a < 10 m) cubre una superficie de 49 66 ha (5.13%) y caña de azúcar con una superficie de 312 34 ha (32.21%) (Tabla 3 y Figura 8).

Tabla 3. Rangos de altura de la cobertura arbórea en fincas cafetaleras de la nanocuenca Las Lomas, Coatepec, Ver.

Estrato arbóreo	Superficie (ha)	%
Muy alto (25-30 m)	32 610	3.37
Alto (20 menor 25 m)	176 094	18.18
Media (10 menor de 20 m)	397 840	41.07
Baja (5 menor de 10 m)	49 663	5.13
Subtotal AES-C	656 207	67.76
Caña de azúcar	312 340	32.25
Total	968 547 <i>chechar suma</i>	100

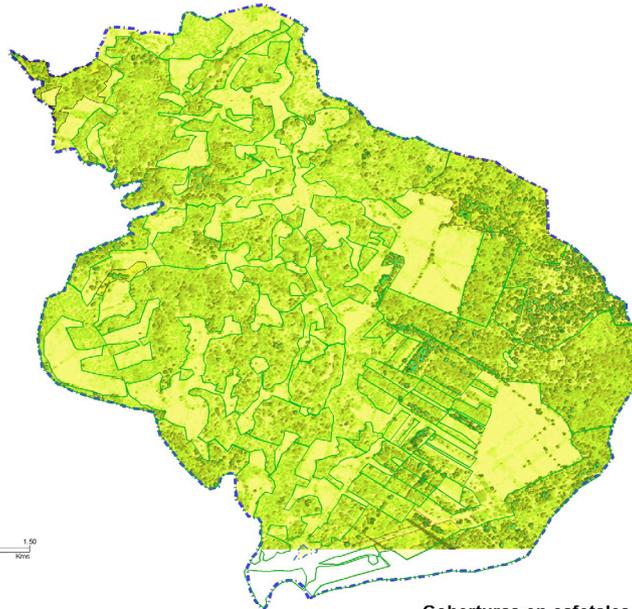
Fuente: Elaboración propia, 2023.

Transecto longitudinal de la nanocuenca

El transecto permite visualizar, de conjunto, la relación que existe entre la fisiografía, pendientes, tipo de vegetación, uso del suelo y la población (Figura 9).



Esc. 1:20,000



Superficie: 968.547 ha

FUENTES CARTOGRÁFICAS:

INEGI (2000). Cartografía topográfica digital Esc. 1:50,000. Carta Hidrología Superficial digital Esc. 1:250,000. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México.

INEGI (2009). Imágenes de RADAR (Lidar), resolución: horizontal espacial de 5m y 1 metro vertical. Clave E14B37 A2. Esc. 1:10,000. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México.

Coberturas en cafetales, NanoCuenca "Las Lomas".

Figura 8. Rangos de altura de la cobertura arbórea en fincas cafetaleras de la nanocuenca Las Lomas, Coatepec, Ver.

Fuente: INEGI, 2025.

El gradiente vertical del transecto realizado fue de 1 040 msnm hasta los 1 380 msnm, con una longitud de 3 105.9 m con orientación de SE a NE. En la figura 9 se representa el perfil vertical de la nanocuenca que permite confirmar lo que en párrafos anteriores se ha reportado, que se observa una fisiografía dominada por pequeños lomeríos y mesetas en forma de bancos, y en la pendiente dominante con orientación N-S, en cuanto a la cobertura vegetal, se capta la importancia del agroecosistema cafetalero con sombra diversificada, como uso dominante alterado con un parcelario de caña de azúcar. El análisis del transecto demuestra la importancia de las fincas de café para la conservación y la humedad del suelo, y reconocer que, de presentarse otro tipo de uso agrícola dominante en la nanocuenca, seguramente los procesos erosivos y la poca retención e infiltración de humedad en los diferentes pétalos de captación le darían inestabilidad al suelo y sería un tema ambiental más de preocupación para la población que vive en la nanocuenca.

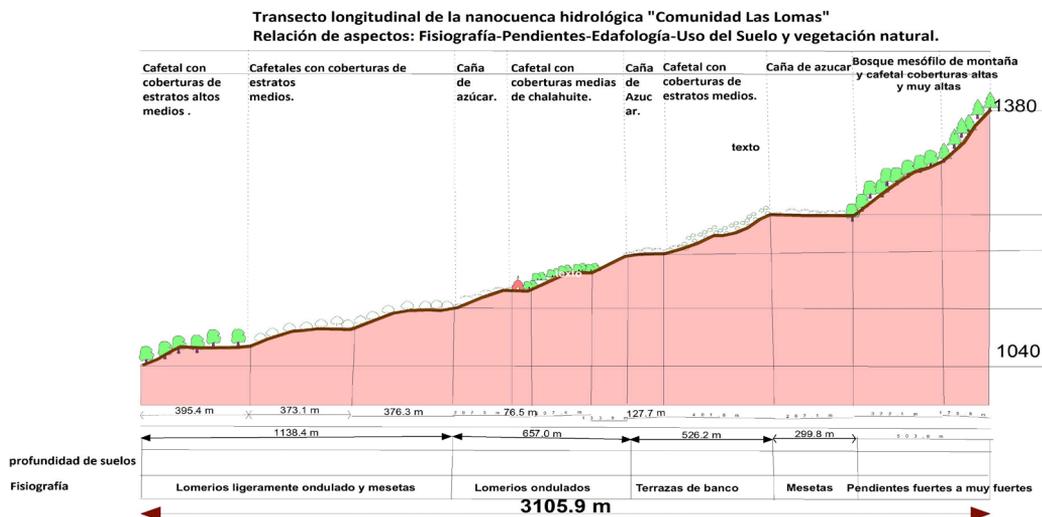


Figura 9. Transecto longitudinal de la nanocuenca Las Lomas, Coatepec Ver. Fuente: INEGI, 2023.

REFERENCIAS

- Google. (S.F.). [Zona Las Lomas, Coatepec, Veracruz]. Recuperado de: <https://goo.gl/maps/laslomascoatepec>.
- INEGI, 2000. Cartas digitales Esc. 1:250 000. Aguas superficiales y topográfica Esc. 1:50 000. Modelos de elevación LIDAR, superficie y terreno. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México.
- WRI y GEA. 1993. *El proceso de evaluación rural participativa. Una propuesta metodológica*. México, 101 pp.

ESCENARIO SOCIOAMBIENTAL Y TECNOLÓGICO DE LA CAFETICULTURA EN LA NANOCUENCA HIDROLÓGICA LAS LOMAS

GUSTAVO ORTIZ CEBALLOS*
JOSÉ LUIS MARTÍNEZ RODRÍGUEZ**

INTRODUCCIÓN

Para implementar acciones de desarrollo, a nivel de la nanocuenca, es de vital importancia entender la situación socioeconómica, ambiental y tecnológica que enfrentan los productores que se dedican a la producción de café. A continuación, se describe el contexto socioeconómico y tecnológico que viven actualmente los pequeños productores de café de la nanocuenca Las Lomas. A través de la aplicación de cuestionarios a productores, visitas directas en sus parcelas y con la ayuda de talleres participativos fue posible obtener información relevante que permitió caracterizar de manera integral la problemática que enfrentan las familias cafetaleras, así como las áreas de oportunidad para superar la crisis que enfrentan en la actualidad. Este capítulo presenta de manera sencilla la caracterización de la cafeticultura en la nanocuenca y, finalmente, se muestra la problemática de la nanocuenca, haciendo énfasis en la necesidad de avanzar en la creación de organizaciones locales capaces de promover la autogestión mediante redes de colaboración, eso como una estrategia para aprovechar los diversos nichos de mercado que demandan café de alta calidad.

* gusortiz@uv.mx.

** luimartinez@uv.mx.

METODOLOGÍA

Para elaborar la caracterización de las unidades de producción se realizó una investigación de campo en cinco parcelas representativas de la nanocuenca; se aplicaron cuestionarios y entrevistas semiestructuradas para obtener información sobre el manejo productivo y características socioeconómicas de los productores de la nanocuenca. Al complementar la información obtenida en campo sobre las características socioeconómicas de la nanocuenca hidrológica y de la comunidad Las Lomas, se consultó la información censal estadística de INEGI (2010), y para el estudio de las variables sociales, económicas y tecnología del cultivo se aplicó un cuestionario a los productores de café de la nanocuenca. La aplicación de dicho cuestionario se complementó con la organización de un taller de evaluación participativa, de acuerdo con la metodología que ha desarrollado el WRI y GEA A. C. (1993) y Martínez *et.al* (2007), lo que permitió registrar información sobre experiencias y opiniones de manera consensada con los productores. La forma de trabajo consistió en sesiones grupales de discusión y análisis de la problemática de la cafecultura, identificando, desde la perspectiva del productor, las causas del problema que enfrentan y sus posibles soluciones.

RESULTADOS

Descripción general del ejido Las Lomas

El ejido Las Lomas se encuentra dentro de la nanocuenca. Dicho ejido nace a partir de una dotación de tierras realizado en el año de 1935 (Hoffman, 1985) y desde entonces su estructura poblacional se ha ido transformando, y hoy está compuesta por ejidatarios, vecindados y colonos que no necesariamente se dedican a la agricultura. Cuenta con una población de 1 371 habitantes, de los cuales 788 son hombres y 753 mujeres, con un promedio de cuatro hijos.

Las Lomas es una comunidad rural, ya que la mayoría de la población se dedica a las actividades agropecuarias (63.78%), mientras que otra parte de los pobladores se dedican a la construcción y manufactura (21.7%), y el resto se ocupa en comercio, servicios y transporte (14.42%). A pesar de contar con buenas vías de

comunicación y cercanía con centros de población importantes, como Coatepec y Xalapa, presenta rasgos de una población rural marginada; por ejemplo: es visible la existencia de población analfabeta con una edad de 15 años (13.84%) mientras que 70.84% de la población que tiene 15 años y más no cuenta con estudios de primaria completa. En cuanto a la calidad de la vivienda encontramos datos sorprendentes que demuestran los niveles de pobreza en que se encuentran las familias, algunos de los más notables son la existencia de un número importante de viviendas con piso de tierra (21.64%), que 25.25% de las viviendas no cuentan con servicio sanitario exclusivo, que 2.62% de las viviendas no tienen servicio de energía eléctrica y 7.21% no recibe agua entubada; por otro lado, el promedio de ocupantes por cuarto es de 1.6 habitantes por vivienda.

Finalmente, en relación con la disponibilidad de mobiliario y equipo, 73.28% de la población no cuenta con refrigerador (INEGI, 2010); para tener acceso al agua no tienen ningún problema, ya que se obtiene de un manantial denominado Berral, donde se bombea y se dispone de 5 83 litros de gasto que abastecen a dos tanques de regulación de 30 m³ cada uno y el volumen actual es de 18.380 m³. El agua se clora al 100% y es para el consumo de la población, también existe una tubería de 1 580 metros con PVC de tres pulgadas para su distribución. Los servicios de salud no existen en la localidad, no obstante, se identificó que 533 habitantes cuentan con seguro médico y la población recibe atención médica en el centro del Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS) ubicado en la localidad de Mahuixtlán, municipio de Coatepec, principalmente para aquellos que siembran caña de azúcar.

Antecedentes de la producción de café en la nanocuenca

Desde antes de la creación del ejido, en el año 1935, las tierras que ocupan la nanocuenca Las Lomas ya se dedicaban a la producción de café, al respecto Ponce (1982) reporta que, a principios del siglo XX esta zona de Coatepec, junto con Xico y Teocelo, aparecen como los primeros productores de café del estado de Veracruz, sin embargo, en los últimos años se observan tendencias que sugieren que las nuevas generaciones han perdido interés por mantener la actividad productiva del café y prefieren dedicarse a otra actividad, por ejemplo, durante el año 2010 la localidad Las Lomas contaba con 486 productores de café y actualmente cuenta con 465, significa que en menos de 10 años el número de productores disminuyó 5%

y la pérdida de superficie mantiene la misma tendencia. Además, es importante destacar que la mayoría tiene predios menores de una hectárea, lo que pone en evidencia que la atomización de sus parcelas es otro de los fenómenos que impacta de manera negativa la productividad de sus tierras y la rentabilidad de la actividad cafetalera.

Género y edad de los productores

Para la toma de decisiones sobre el manejo de las parcelas de café, son los hombres los responsables. De los encuestados, 80% son varones y 20% mujeres, las cuales poseen fincas de café y se convierten en responsables de la elaboración, participando desde niñas en cada uno de los procesos de producción. No obstante, debido a las observaciones directas de campo podemos afirmar que la participación de la mujer es relevante, desde la colecta de productos que obtienen de la finca para el autoconsumo, durante el periodo de cosecha y hasta el corte del café, actividad en la que también interviene toda la familia.

Sin duda, la edad es otro factor importante que influye en la toma de decisiones y para tener acceso a otros servicios de apoyo. Al respecto, los hombres y las mujeres de la localidad dedicados a la producción de café presentan una edad promedio de 61 años, con una mínima de 30 y una máxima de 90 años. Un estudio similar realizado por Vásquez *et al.* (2010), reporta que la edad promedio de los productores de café de la región centro de Veracruz es de 57 años, con una mínima de 32 y una máxima de 79, por su parte Apodaca (2014), en otro estudio similar sobre los productores de café de la región de Coatepec, Veracruz y su interés para participar en iniciativas de turismo rural, reportó que poseen una edad promedio de 64 años.

En ese sentido, Vásquez *et al.* (2010) afirman que al trabajar con personas de este intervalo de edad se corre el riesgo de entorpecer la adopción de nuevas tecnologías y la gestión para el mejor aprovechamiento de los recursos disponibles, sin embargo, también es cierto que las personas en este intervalo de edad presentan mayor capacidad para tomar decisiones, muestran mayor arraigo y valor sentimental hacia sus fincas de café, lo que contribuye a la conservación y aprovechamiento de diversos productos agrícolas para el sustento de la familia.

Por otra parte, los datos obtenidos muestran que los productores de café propietarios de las fincas son adultos mayores y han demostrado su interés por promo-

ver la participación de los integrantes de la familia en los procesos de producción, lamentablemente, y debido a la crisis actual del café, algunos de ellos (jóvenes sobre todo) han tenido que emigrar de la localidad, provocando que el arraigo a las fincas de café no se “contagie” a las nuevas generaciones. Los datos obtenidos en el estudio confirman esta tendencia, ya que de los encuestados 45% mencionó que al menos dos integrantes de la familia han emigrado de la localidad, este fenómeno ha sido mayor en aquellas familias que tienen de seis a 10 hijos; en ese sentido es preocupante si consideramos que en la zona de estudio 35% de las mujeres que son jefes de familia dijo tener entre seis y 10 hijos, mientras que 65% manifestó tener de uno a cinco hijos.

Grado de escolaridad

A pesar de que la localidad de Las Lomas tiene cercanía con centros urbanos importantes, como Xalapa y Coatepec, y de contar con adecuadas vías de comunicación, los bajos niveles de escolaridad llaman la atención, ya que 80% de los encuestados indicaron saber leer y escribir y 20% no saben, mientras que 5% no tuvo acceso a estudios, 75% cursó estudios de primaria incompleta, 15% realizó estudios de secundaria y 5% de preparatoria. Lo anterior coincide con los indicadores reportados por Sagarpa, los cuales muestran que el sector rural presenta los más bajos niveles de escolaridad, siendo el promedio de 5.6 años de escolaridad (Vásquez *et al.*, 2010); resultados similares son reportados para los productores de la región de Coatepec (Apodaca *et al.*, 2014), los cuales señalan que la escolaridad de esos productores es de 5.5 años.

También menciona que, más de 90% de la población de los ejidos y comunidad tienen un promedio de escolaridad por debajo del nivel de secundaria; por su parte, Vásquez (2010) expresa que cada incremento en el nivel de escolaridad contribuye en el desarrollo de capacidades individuales, en comparación a los de grado más bajo, entendiéndose que a mayor grado de instrucción menor resistencia para adoptar innovaciones tecnológicas.

El alfabetismo es una de las variables que permite que los productores busquen otros contactos fuera de la localidad que ayuden a la mejora de sus fincas de café. Todas esas variables confirman la existencia de un capital humano y cultural que permite a los productores identificar los problemas actuales y emergentes en sus

dimensiones local, regional y nacional, así como sus posibles soluciones, como el caso de la crisis por la que atraviesa la cafeticultura mexicana. En ese sentido, los datos de escolaridad de los productores de la nanocuenca muestran que la resistencia a adoptar innovaciones tecnológicas puede ser un reto más a vencer.

Origen de los productores y estado civil

Todos son originarios de la localidad y de la región de Coatepec. Casi 70% son casados, 15% se encuentran en unión libre y más de 15% son solteros. El origen de los productores confirma su arraigo y estrecho vínculo con la actividad productiva del café.

Afiliación a organizaciones y beneficios que les aporta

El 50% mencionó pertenecer a una organización y la otra mitad indicó no pertenecer a ninguna; de los que se encuentran afiliados a una organización, 70% la clasificó como organización cafetalera de apoyo a la producción, y entre los beneficios que le deja el pertenecer a éstas se cuentan: obtener plantas de café, plaguicidas y capacitación. Un 30% manifestó pertenecer a otras organizaciones de carácter social no vinculadas al café, sin mencionar algún beneficio. Es evidente que los productores no se identifican con alguna organización, y mucho menos visualizan la necesidad de propiciar la creación de organizaciones locales que ayuden a buscar alternativas autogestivas para enfrentar los retos actuales.

Actividades extraparcclarias de los productores

La mitad de los productores encuestados mencionó que también se ocupa en actividades diferentes a la producción de café, tales como empleados (60%), comerciantes (30%) y a otros trabajos temporales (10%). Un alto porcentaje de productores no viven del café, necesitan complementar sus ingresos realizando otras actividades, lo que provoca el descuido y la menor atención de sus fincas. Díaz *et al.* (2000) reportan que los productores cafetaleros mantienen ocupaciones extraparcclarias como una estrategia para diversificar sus fuentes de ingreso. Estas actividades y el apoyo que reciben de los hijos que trabajan fuera de la localidad

subsidiar la producción de café, lo que permite explicar la permanencia y el arraigo en el cultivo a pesar de su baja rentabilidad.

Sin embargo, dedicar poco tiempo al trabajo que demandan las fincas, en comparación con las otras actividades mencionadas, es un factor negativo porque limita la implementación de estrategias productivas o de manejo de sus parcelas, lo que se traduce en retroceso tecnológico, ya que no se propicia la inversión de capital y tiempo para la capacitación y adopción de nuevas de tecnologías.

Integración de los eslabones de la cadena productiva

En la actualidad, 62% de los productores se ubica en el eslabón de la producción primaria; es decir, son productores de café cereza 24% ocupándose de la comercialización, y solo 14% incide beneficiando café cereza (beneficio en pequeño) y haciendo comercialización en pergamino. Históricamente han sido productores “cerceros” y no hay indicios que revelen su interés por agregar valor a su producto mediante el beneficiado húmedo y seco ,debido a que, entre otras razones, no tienen capital para invertir en el proceso de la transformación y porque tampoco reciben apoyos (créditos) para la cosecha y beneficiado.

Aunado a lo anterior, algunos señalan que aún vendiendo el café en pergamino los precios siguen siendo bajos, por lo que prefieren la venta diaria del café cereza, ya que de esta manera se garantiza liquidez para enfrentar los pagos al cortador y otros insumos necesarios en el periodo de cosecha. Por lo anterior, es evidente la necesidad de fundamentar que hoy en día no es suficiente con tener beneficios húmedos y secos, sino que se requiere avanzar a la fase de torrefacción (tostado y molido del café) ya que esta última etapa de industrialización es la que aporta el mayor ingreso en la cafecultura. Algunos ejemplos de empresarios regionales que han logrado con éxito la integración de los eslabones de la cadena productiva son Bola de Oro, Café Colón y Café Andrade, entre otros.

Ingresos que se obtienen de la finca

La actividad cafetalera para un gran número de productores sigue siendo la principal fuente de ingresos. 47% de los encuestados informó que de la finca obtiene el total de sus ingresos, 37% indicó que obtiene de 10% a 50% de sus ingresos y 16%

mencionó que los ingresos provenientes de la finca son de 51% al 90%. De acuerdo con los datos obtenidos de los productores se infiere que, a pesar de las circunstancias, los ingresos provenientes de la venta de café cereza siguen siendo de vital importancia, dicho escenario justifica la necesidad de implementar acciones encaminadas a rescatar al sector cafetalero, no obstante, es clara la tendencia de los productores a diversificar la fuente de sus ingresos, realizando trabajos extraparcenarios y vendiendo en el mercado regional otros subproductos que obtiene de la misma parcela, lo que en conjunto le permita atender sus necesidades básicas y llevar al mínimo la inversión en las fincas de café.

Lugar de residencia

Los productores tienen sus viviendas dentro y fuera del predio. Los que poseen mayores extensiones tienen su vivienda fuera de las fincas, mientras que aquellos que poseen predios muy pequeños tienen su vivienda en el mismo predio.

CARACTERIZACIÓN DE LOS PREDIOS

Tenencia de la tierra, tamaño de la parcela y uso actual

Todos los encuestados reportaron tener en posesión ejidal su predio, aunque en la mayoría de los casos está fragmentado. Así tenemos que 70% posee de dos a cinco predios con café, 20% posee un solo predio y 10% posee más de cinco predios; además, 70% posee menos de una hectárea, de una a tres hectáreas un 20% y apenas 10% posee de cuatro a seis hectáreas. La superficie que posee un productor de la nanocuenca coincide con los resultados reportados por López *et al.* (1999) a nivel estatal, donde es frecuente observar el predominio de superficies de una a cinco hectáreas y una tendencia cada vez mayor a la atomización de los predios, ya sea por efectos de migración, herencias, mercado de la tierra y tamaño de las familias.

En ese mismo sentido, Apodaca *et al.* (2014) identificaron que el municipio de Coatepec, Veracruz, se caracteriza por tener unidades de producción minifundista, es decir, la presencia de productores que poseen superficies de tierra

con un promedio de 2.3 hectáreas, resultado similar al promedio nacional, de 1.37 hectáreas (Vásquez, 2010). Por otro lado, Acosta *et al.* (2014), en un estudio similar pero a escala nacional, identificaron a nivel del eslabón de la producción que el cultivo de café ocupaba, en el año 2000, alrededor de 760 mil hectáreas, de las cuales 72% eran minifundios con superficies menores a cinco hectáreas y un promedio por productor de 1.5 hectáreas.

Sin duda, el tamaño de parcela por productor es otra de las grandes limitantes para alcanzar la rentabilidad del cultivo. No es posible seguir pensando que un productor de café minifundista viva solo de la venta del café, históricamente se ha visto obligado a complementar sus ingresos trabajando en otros lugares y con la venta de diversos productos que obtiene de la misma parcela, por ejemplo: fruta de plátano, cítricos, velillo (hoja de plátano) y leña, entre otros. Rogers y Svenning (1979) señalan que en el caso de predios con superficies mayores estarían relacionados con una agricultura más eficiente. Vásquez *et al.* (2010) reportan que cuando la finca tiene un tamaño “óptimo”, las actividades en la finca son más eficientes y se aprovecha mejor el trabajo de la tierra y el capital; sin embargo, los resultados de este estudio parecen indicar que no hay tal relación, porque la baja rentabilidad de la actividad aplica a todos los productores sin importar el tamaño de su parcela, además de que siempre queda la incertidumbre de conocer cuál es el tamaño “óptimo” que debe tener una finca de café para que sea rentable y garantice que sobreviva una familia cafetalera de al menos cuatro integrantes.

Especies útiles asociadas al cafetal

Un 85% de los productores de la nanocuenca tiene únicamente cafetales con sombra, asociado a diversas especies arbóreas y no arbóreas que proporcionan beneficios directos a las plantas de café y a la familia del productor, porque de la finca obtiene productos para el autoconsumo (frutos, leña, plantas medicinales y comestibles, entre otras) y para la venta local, otro 15% indicó sembrar, además del café, la caña de azúcar y recientemente el limón persa, entre otros cultivos, lo que les ha permitido diversificar los ingresos. Esta forma de diversificación siempre ha existido en la región, lo que confirma que el pequeño productor no ha dependido únicamente de la producción del café, sino que a través del tiempo ha diseñado una estrategia de diversificación no solo a nivel de las fincas que contienen plantas

de café, sino a nivel de sus parcelas; es decir, que los productores dedican algunas fracciones de sus parcelas a la caña de azúcar, otras al pastizal, aunque también se encuentra en crecimiento el agroecosistema cafetalero asociado con algún frutal (limón persa, plátano, macadamia y aguacate).

Es notorio que, a pesar de los problemas de solvencia que padece el productor, sigue contratando mano de obra (55% así lo expresó), lo que seguramente es subsidiado con recursos que obtiene de las otras actividades que realiza durante el año y/o con los recursos económicos que recibe de los hijos o algún otro miembro de la familia que emigró de la localidad. La producción de la caña de azúcar también podría estar subsidiando al café, ya que ambos cultivos desde siempre han formado un dueto virtuoso.

Estructura de la finca

Apoyados con cartulinas que contenían dibujos de los diferentes tipos de cafetales, se le preguntó al productor cuál de ellas se parece más a su finca, y se obtuvo que 45% indicó tener el tipo de cafetal tradicional, es decir, plantas de café con variedades tradicionales y diversos árboles de sombra dispersos; 35% indicó tener la estructura de policultivo diverso, conformando cafetales con hasta tres estratos: además de los árboles de sombra tienen diversas especies de frutales y otros productos comestibles; 20% indicó tener policultivo simple: café con frutales; y ningún productor de los entrevistados manifestó poseer café a pleno sol. Este taller participativo, con más de 15 pequeños productores que viven en la nanocuenca, dejó en claro que la producción de café con sombra diversificada se asocia con pequeños productores que apuestan a obtener diversos productos de su finca, en donde el café representa la principal fuente de ingresos que les permite tener liquidez durante los meses de octubre a febrero.

Especies arbóreas asociadas al cafetal

En opinión de los productores, las especies que se encuentran en el cafetal con mayor frecuencia son: jinicuil (*Inga jinicuil*), huizache (*Acacia pennatula*), higuera (*Ricinus* sp.), chalahuite (*Inga* sp.), encino (*Quercus* sp.), níspero (*Eriobotrya japonica*), guayabo (*Psidium guajava*), nacaxtle (*Enterolobium cyclocarpum*), gravilea

(*Grevillea robusta*), cedro (*Cedrela odorata*), jonote manso (*Heliocarpus appendiculatus*), roble (*Quercus* sp.), liquidámbar (*Liquidambar macrophylla*), macadamia (*Macadamia* spp.), plátano (*Musa* spp.), jobo (*Spondias mombin*), diferentes especies de limón (*Citrus* spp.), diferentes especies de naranja (*Citrus* spp.), habín (*Lonchocarpus guatemalensis*) e ixpepel (*Trema micrantha*). Resultados similares encontraron López (2013a) y Ortiz (2004), quienes señalan que ciertas especies forestales arbóreas del bosque primario se encuentran formando el estrato de sombreado de las fincas, de esta forma, los productores de café llegan a tener fincas con diferentes especies arbóreas de diferente edad, cuyo aprovechamiento gradual de la madera o leña genera productos forestales con valor económico, sin embargo, no les brindan un manejo planeado que les permita obtener un mayor beneficio del componente arbóreo, como sucede cuando asocian el café con el limón persa, en donde sí diseñan un marco de plantación y brindan un manejo dirigido a las dos especies.

Origen del material de siembra y variedades de café

No se detecta que exista un programa de renovación específico, la renovación para ellos consiste en ir plantando nuevas plantas de manera aleatoria en aquellos sitios donde encuentre una planta muerta o muy vieja, esto quiere decir que la renovación de sus fincas obedece más a una estrategia de mantener baja inversión sin esperar altos niveles de productividad a corto plazo. Este enfoque de renovación y reposición ayuda a explicar porqué un 85% de los productores compra la planta y apenas un 15% la produce en pequeños viveros para el autoabasto. Entre quienes la compran, 60% indicó hacerlo en la propia comunidad y 40% fuera de la comunidad.

En cuanto a las variedades que existen en sus fincas lo que se observa es una mezcla de variedades y edades, en ese sentido se encontró que 70% de los productores de la nanocuenca dijo tener la variedad típica como la más abundante, 50% mencionó tener además la variedad arábico y/o bourbon (acá observamos que el arábico es el mismo que la variedad típica), 60% posee también catimor, 40% costarricense, 5% oro azteca, 20% garnica, 35% caturra, 10% mundo novo, 10% sarchimor y 5% marsellesa; ningún productor expresó tener fincas con una sola variedad. La mezcla de variedades que tienen los productores en sus agroecosistemas cafetale-

ros sugiere que existe cierta resistencia a cambiar las variedades tradicionales por otras variedades de mayor rendimiento o tolerantes a la roya, eso a pesar de las recomendaciones técnicas que divulga el gobierno federal a través de sus programas de apoyo a cafetaleros.

La anterior práctica es generalizada en pequeños productores y se explica por la imposibilidad económica de realizar renovaciones significativas de sus cafetales, por lo que se ven obligados a implementar una estrategia de renovación dirigida a plantas muy viejas, improductivas y con daños severos por roya, lo que se traduce en una renovación no mayor a 10% de su cafetal. Un efecto positivo muy importante de esta estrategia de renovación es la conservación *in situ* de variedades tradicionales que actualmente son muy demandadas por el mercado nacional e internacional, porque de ellas se cosechan cerezas que brindan una bebida de mayor calidad en la taza. No obstante, la existencia predominante de fincas cafetaleras con mezcla de variedades y exceso de sombra las hace muy vulnerables a la incidencia de roya, por lo que requieren implementar un programa de control sanitario muy estricto, lo que evidentemente no hace el productor de pequeña escala.

Respecto a la edad de las plantas, 82% de los productores reportó tener plantas de café de uno a 30 años, 6% posee plantas de 31 a 60 años, 6% de 61 a 90 años y 6% plantas de café con 91 años y más de edad. Estos datos confirman la prevalencia de fincas de café viejas, alta presencia de variedades susceptibles a la roya y la poca existencia de variedades tolerantes a dicha enfermedad.

Labores que se realizan en las fincas

Debido a los bajos precios rurales del café cereza, el número de labores culturales en las fincas de café ha disminuido de manera considerable. Actualmente, podemos asegurar que son dos las que se siguen realizando. La primera de ellas es la fertilización, se realiza una vez al año (antes se hacían hasta tres aplicaciones por año, en los meses de enero y febrero y las demás en junio). Otra es la limpia o chapeo, destaca que una minoría reporta hacer esta actividad según se necesite o durante los meses de marzo, abril y mayo. Cuando hay necesidad de resiembras programan el hoyado en abril y mayo, tapado en mayo y junio y la plantada de junio a septiembre. Es importante destacar que con el apoyo que les brinda el gobierno federal una minoría realiza el control de plagas, como es la de la broca

en los meses de abril, mayo, junio y julio, mientras que para el control de la roya en los meses de julio a septiembre.

En relación con los eventos climáticos que ocurren año tras año, los productores reportan los “nortes” durante los meses de octubre a febrero, los cuales representan una fuente de humedad para las plantas de café muy importante; la temporada de lluvias fuertes ocurre desde la segunda quincena de mayo, continúa en junio y julio con un periodo interestival de menor precipitación (canícula) durante el mes de agosto, para finalmente llegar al periodo de mayor precipitación en el mes de septiembre.

Otros eventos climáticos de importancia son la presencia de los meses secos en abril y mayo, sin llegar a manifestarse como periodo de sequía; el riesgo de granizadas ocurre en marzo y abril, y el riesgo de heladas en los meses de diciembre y enero. Sin lugar a duda una práctica fundamental que deben realizar los productores de la nanocuenca para asegurar mejores rendimientos es el control de la roya, porque, como ya fue mencionado antes, aún tienen en sus fincas una densidad alta de variedades susceptibles a la enfermedad.

En cuanto a la percepción que tienen los productores sobre el impacto del cambio climático, reportan la presencia de periodos más largos de secas y de mayor temperatura, así como un mayor número de floraciones, lo que ocasiona que la cosecha se prolongue y obligue a realizar cortes de café de menor cantidad fuera de la “temporada” acostumbrada. Finalmente, la cosecha la realizan en los meses de octubre, noviembre, diciembre, enero, febrero y hasta marzo. Información similar obtenida del consenso de productores indica que los cortes de café más importantes los realizan en los meses de noviembre, diciembre, e incluso enero, y las pepenas (cortes pequeños) son al inicio de la cosecha en los meses de octubre y al final de la cosecha en los meses de febrero y marzo, aunque estas épocas de cosecha pueden variar, dependiendo de la altitud en la que se encuentre el cafetal.

Rendimiento

El rendimiento promedio del café cereza por hectárea, de acuerdo con la información reportada por los productores, es de 2.5 toneladas (t) ha⁻¹ (10 quintales (qq)/ha); 86% indicó obtener de 1 a 3 t ha⁻¹ (4 a 12 qq/ha); 9% de 4 a 6 t ha⁻¹ (16-24 qq/ha) y 5% de 6 a 9 t ha⁻¹ (24-36 qq/ha). Con el fin de comparar la tendencia de

los rendimientos en los últimos años, y en opinión de los productores, se reportan los datos siguientes: para el año 2010 los rendimientos eran de 16 quintales y para el 2015 se reducen a siete quintales por ha, siendo los ciclos 2013-2014 y 2014-2015 los más críticos debido al daño ocasionado por la roya, pues se llegaron a reportar hasta cuatro quintales por ha. Estos datos coinciden con los reportados en un estudio similar realizado por Apodaca *et al.* (2014), que menciona que el rendimiento promedio para la región de Coatepec fue de 2.23 t ha⁻¹, no obstante, fue mayor al promedio nacional (1.9 t ha⁻¹) y similar al rendimiento promedio estatal (2.3 t ha⁻¹) obtenidos en el ciclo 2011-2012. Los bajos rendimientos reflejan los diversos problemas que desde hace muchos años existían y se detonaron entre 2014 y 2015 con la alta incidencia de la roya del café.

Comercialización

Un 95% de los productores mencionó que comercializa el café en cereza y un 5% lo vende tostado. Los precios rurales en cereza son de seis mil pesos por t¹ y en tostado 55 mil pesos por t¹. Según la opinión consensuada de los productores, las tendencias de los precios rurales por kilogramo de café cereza en la región se han presentado de la siguiente manera: en 2010, el precio fue de \$6.10, en 2011 de \$7.40, en 2012 de \$12.20, en 2013 de \$7.80, en 2014 de \$9.70, en 2015 de \$8.50, y para la cosecha de 2020-2021 el promedio fue de \$8.00.

Es claro que los productores de la nanocuenca no fomentaron una cultura enfocada a la transformación del café cereza, porque siempre tuvieron la facilidad de venderlo inmediatamente después del corte en las tradicionales y socorridas “compras de café” que se colocaban en los caminos rurales, y porque era rentable aún vendiéndolo en cereza.

En los tiempos actuales ya no existe tal rentabilidad, para que el café sea negocio no es suficiente transformarlo para después venderlo en estado pergamino, el valor agregado más importante se obtiene mediante la venta de café molido y tostado; los grandes empresarios siempre lo han comercializado así y eso les ha permitido obtener grandes ganancias, ya que compran la materia prima barata (café cereza) y después la transforman para venderla cara a los consumidores. La mayor parte de esas ganancias ni siquiera se quedan para reactivar la economía

regional, porque las empresas transnacionales que tienen acaparado el mercado de la torrefacción se las llevan fuera de México.

Equipo y maquinaria

Los productores de café poseen en sus fincas implementos de bajo costo, como son: bombas aspersoras, despulpadora manual, azadones, machetes, palas, picos, desmalezadoras manuales; muy pocos tienen tostadores, tanque de fermentación y secadora rústica. Esta situación refleja la existencia de productores descapitalizados sin ninguna posibilidad de superar la crisis con sus propios medios, a menos que el Estado asuma un papel de mayor protagonismo, que se traduzca en políticas públicas orientadas a rescatar el sector cafetalero de la región y del país entero. Los pocos productores que despulpan su café lo secan en pequeñas azoteas, sobre cartones, petates, etcétera.

Inversión por hectárea de café

De acuerdo con los productores encuestados, el promedio de inversión por hectárea es de 13 875 pesos, sin embargo, los costos reportados muestran una gran variación, ya que 30% mencionó que invierten cinco mil y un 10% invierten hasta treinta mil (Figura 10). La alta variación en los costos de producción reportados muestra que los productores no tienen un control real de lo que se está invirtiendo por ha, incluso algunos (15%) ni siquiera pudieron declarar un estimado de sus costos de producción; sin embargo, los datos permiten identificar que la tendencia es invertir al mínimo, porque de antemano asumen que no vale la pena arriesgar capital por falta de rentabilidad del cultivo, esta tendencia también contribuye a explicar los bajos rendimientos.

Comparativamente con los resultados arrojados por consenso y donde participaron productores con otras características y de otros municipios y localidades de la región cafetalera de Coatepec, se obtuvo que el costo de producción promedio por ha es de \$18 500, desglosado de acuerdo con lo que se muestra en la tabla 4. López (2013b), por su parte, al estudiar los sistemas agroforestales cafetaleros identificó que el costo de producción del café por ha fue de \$11 280 para el caso de la región de Atzalan, y de \$10 710 para la región de Plan de las Hayas, Veracruz.

Acceso a créditos, asistencia técnica, capacitación e intervención institucional

Un porcentaje alto (60%) de productores manifestó que desde hace muchos años no recibe ningún tipo de crédito para la producción primaria y manejo postcosecha del café. El otro 40% mencionó que recibe apoyo financiero, pero es insuficiente para garantizar un buen manejo de la finca. Es importante destacar que todos mencionaron el apoyo en especie recibido del gobierno federal, como fertilizante, planta para renovar sus fincas, insumos para el control de la roya y dinero en efectivo para el mantenimiento de sus fincas.

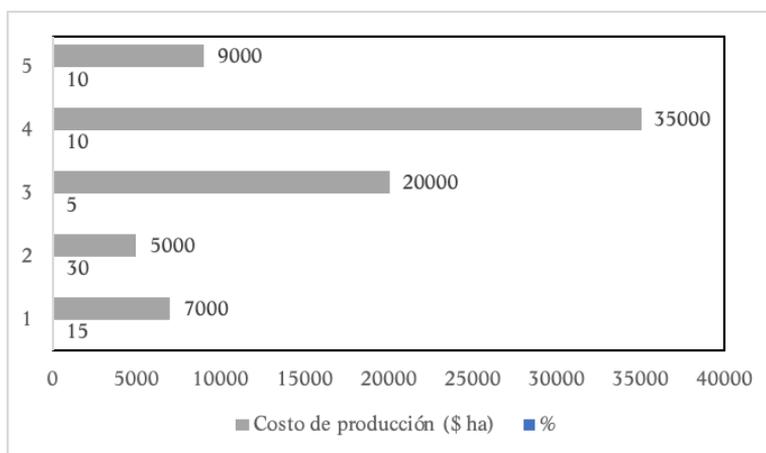


Figura 10. Diferentes costos de producción (en miles) reportados por los productores entrevistados de la nanocuenca Las Lomas, Coatepec, Veracruz. Fuente: Elaboración propia, 2023.

En cuanto a la asistencia técnica, 85% señaló no recibirla y sólo un 15% mencionó lo contrario. Un 70% no ha recibido cursos de capacitación, un 30% sí la ha recibido; en cuanto a la frecuencia de la capacitación 67% de los productores mencionó que la reciben una vez al año, un 17% señaló que cada semana y un 16% la ha recibido una vez al mes. Sobre la intervención de las instituciones gubernamentales en la producción de café, y como resultado de un mapeo institucional se infiere que la Sagarpa intervino una vez proporcionando planta de café, mientras que la promoción de otros servicios a la población han venido de

Tabla 4. Costos de producción promedio ha⁻¹ en la nanocuenca Las Lomas.

Actividad	Costo por unidad (\$)	Cantidad (unidades)	Total (\$)
Limpia (2)	130.00/jornal	14	1820.00
Fertilización (dos)	130.00/jornal	14	1820.00
Fertilizante (insumos)	610.0/saco	3	1830.00
Poda (1)	130.00/jornal	10	1300.00
Fungicidas	180.00	3	540.00
Insecticida	210.00	3	630.00
Jornales fumigaciones	130.00	12	1560.00
Cosecha	3/kg	3000 kg/ha	9000.00
Total			18500.00

Fuente: Elaboración propia, 2023.

instituciones como la Sedesol con el programa Prospera y 70 y Más, INEGI con el censo de población, Conafor con programas de reforestación, IMSS con programas de vacunación, SSA con vacunación antirrábica, Hacienda federal con la iniciativa de registro de negocios y talleres, y recientemente con apoyos directos y en efectivo por la cantidad de cinco mil pesos por productor a través de los programas federales Sembrando Vida y Producción para el Bienestar. Es evidente la ausencia de un sistema de extensionismo rural que consiga impactar en la mejora continua del sector cafetalero, en todo caso prevalece el enfoque paternalista que no atiende los problemas de raíz.

Acceso a la información

Los productores han manifestado que el origen de sus conocimientos es empírico, es decir, producto de la experiencia de muchos años en el manejo del cultivo y también resultado de la intervención del Instituto Mexicano del Café (Inmecafé), el cual fue liquidado por el gobierno federal en el año 1989, y que durante los años de su existencia promovió el mejoramiento de la cafecultura mexicana, pasando desde la producción primaria hasta los procesos de beneficiado y comercialización, de hecho, en esta localidad fue instalado el beneficio de café mas grande del

estado de Veracruz, denominado Beneficio de Café Puerto Rico, que actualmente se encuentra abandonado y del cual hablaremos con detalle más adelante.

Aunado a lo anterior, un número importante (70%) de productores encuestados manifestó consultar información acerca del cultivo de café, mientras que una minoría (30%) no lo hace, lo que demuestra el creciente interés por mejorar el cultivo. Entre los que se informan dicen ocupar distintos medios, como a continuación se detalla: 24% ve programas relacionados con el cultivo de café y agricultura en general, en televisión; otro 24% consulta revistas boletines y en general la información escrita en documentos; 20% utiliza la radio buscando programas relacionados con el campo; 16% acude a otros sitios y un 16% lo hace vía comunicación personal. Esta tendencia de acceso a la información demuestra que los medios de comunicación masiva constituyen un factor importante que rompe barreras de distancia y de aislamiento, facilitando la educación y el acceso a nuevos conocimientos, lo que a su vez aumenta el espíritu de innovación.

Opinión sobre el recurso suelo y percepción del cambio climático

Al respecto, 65% de los entrevistados opinó que los suelos de sus predios son de calidad regular, 30% que son buenos y 5% dice que son malos debido a que durante muchos años se han cultivado, llegando a ocurrir cambios en su uso y dando paso al cultivo de caña de azúcar; en general la percepción sobre la fertilidad de los suelos se inclina a reconocer que son de buena calidad, a pesar de que no aplican prácticas de conservación. El impacto del cambio climático en la producción de café es una realidad, la percepción de los productores sobre los cambios que el clima ha sufrido lo confirman, ya que la totalidad de los entrevistados manifestó que durante los últimos cinco años han observado que los periodos de sequía son más largos y existe un mayor número de floraciones en comparación con otros años. Sin duda, el productor está obligado a entender el efecto de estos impactos, así como a conocer y capacitarse en la implementación de estrategias para adaptarse al cambio climático.

Expectativas sobre la actividad cafetalera

De los que actualmente se dedican a la producción de café, 90% manifestó que están dispuestos a continuar con la producción de café ya sea por tradición,

herencia, gusto o porque no existe otra alternativa, solo un 10% indicó que, obligado por sus bajos precios, estaría dispuesto a abandonar la actividad cafetalera y sembrar otro cultivo. A saber, por las respuestas, es visible el gran apego que tienen a esta actividad y no pierden la esperanza de que en el futuro mejoren las condiciones críticas del café. Esta actitud de la mayoría de los productores debe verse como una fortaleza del sector y aprovecharse para establecer acciones encaminadas a mejorar la producción, brindar mayor apoyo al productor para invertir en sus fincas y propiciar políticas orientadas a reducir la incertidumbre de los precios, entre otras estrategias.

Organización social

Se identificó una organización que se denomina Unión de Productores Beneficiadores y Exportadores de Café de la región de Coatepec, S. de S. S. de R. L., integrada por 351 socios; entre los integrantes se encuentran afiliados procedentes de la localidad Las Lomas, con un número de ochenta socios. Los problemas que presenta esta organización, señalados por los propios socios son: falta de integración de sus socios, escasa comunicación de los directivos del comité con todos los delegados y productores socios, y entre las causas mencionaron: el desinterés de socios, falta de reuniones y canales de comunicación y la falta de conciencia de la necesidad de organizarse. Entre las alternativas de solución que sugieren se encuentran el emprendimiento de acciones para motivar la participación de los socios, capacitación y, en particular para los integrantes del comité, distribución de tareas entre los delegados. Sin duda alguna, la falta de organización de los productores de la nanocuenca es un obstáculo para avanzar en el mejoramiento de la cafeticultura y, en general, mejorar su calidad de vida. Una de las actividades prioritarias es implementar acciones que permitan fortalecer el capital social que representa la Unión de Productores, para impulsar la producción integral de café en sus socios.

De acuerdo con la opinión de los productores, se evidencia la necesidad sentida de tener una figura gubernamental nacional y estatal representativa, encargada de desarrollar políticas y prioridades enfocadas al fortalecimiento de un desarrollo tecnológico propio que asegure una menor dependencia tecnológica del exterior, así como la formación de recursos humanos habilitados para enfrentar los actuales y nuevos retos de la cafeticultura nacional, regional y local.

REFERENCIAS

- Apodaca González, C., Juárez-Sánchez, J. P., Ramírez-Valverde, B. y Figueroa Sterquel, R. 2014. Revitalización de fincas cafetaleras por medio del turismo rural: caso del municipio Coatepec, Veracruz. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* Pub. Esp. núm. 9, 28 de septiembre-11 de noviembre, pp. 1523-1535.
- Acosta Barradas, R. y Guerra Galindo, G. A. 2014. *Café con aroma de sustentabilidad. Análisis y prospectiva económica*. Xalapa, Veracruz.
- Delfín-Alfonso, C. A. y Hernández-Huerta, A. 2007. Gestión de microcuencas como estrategia de planificación del desarrollo de las comunidades rurales en las reservas de la biosfera: El caso de La Michilía, Durango, México. Hacia una cultura de conservación de la diversidad biológica. *Monografías Tercer Milenio*, (6): 79-87.
- Díaz, P. G., Martínez R., J. L., López M., R. y Salazar G., J. G. 2000. *Reconversión agro-productiva de la cuenca del Papaloapan. Región Los Naranjos, Veracruz. Caracterización del productor*. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Instituto Veracruzano para el Desarrollo Rural, Fundación Produce Veracruz, Consejo de Desarrollo del Papaloapan, Veracruz, México. 33 pp.
- Espinoza-Guzmán, M. A., Sánchez-Velásquez, L. R., Pineda López, M. R., Sahagún Sánchez, J., Aragonés, D. y Reyes García, Z. 2020. Dinámica de cambios en el agroecosistema de cafetal bajo sombra en la cuenca alta de La Antigua, Veracruz. *Madera y Bosques*, 26(2).
- García E. 1970. *Los climas del estado de Veracruz*, México. Instituto de Biología, UNAM, *Serv. Botánica* 41(1): 3-42.
- Hoffman O. 1985. Historia del poblamiento y de la tenencia de la tierra. En: *Análisis gráfico de un espacio regional*. ORSTOM-INIREB, México, 154 pp.
- INEGI. 2010. Censo de población y vivienda. Principales resultados por localidad.
- INEGI, 2000. Cartas digitales Esc. 1:250 000. Aguas superficiales y Topográfica Esc. 1:50 000. Modelos de elevación LIDAR, superficie y terreno. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, México.
- López M., R., Contreras L., A., Ruiz R., J., Castillo P., G., Contreras J., A. y Martínez R., J.L. 1999. *Diagnóstico de la cafecultura en la zona centro del estado de Veracruz: un enfoque regional*. México. Décima Segunda Reunión Científico-Tecnológica Forestal y Agropecuaria, Veracruz, México, pp. 6-13.

- López-Morgado, R., Díaz-Padilla, G., Salazar-García, G., García-Mayoral, L. E. y Guardo-Panes, R. 2013a. *Árboles nativos en el sombreado de cafetales: caso de la zona centro del estado de Veracruz*. México: INIFAP.
- López Morgado R., Díaz Padilla G., Zamarripa Colmenero, A. 2013b. *El sistema producto café en México: problemática y tecnología de producción*. INIFAP, Cirgoc, México, 461 pp.
- Martínez R., J., López M., L. y Díaz P., G. 2007. *Evaluación de estrategia de manejo participativo de las microcuencas de montaña*. Coatepec, Veracruz. XX Reunión Científica, INIFAP, UV, CP, UACH, ITVC, ITBR, UNAM.
- Moreno Díaz, A., Renner, I. 2007. *Gestión Integral de Cuencas. La experiencia del Proyecto Regional Cuencas Andinas*. CIP. Lima, Perú, 233 pp.
- Ortiz-Ceballos, G. 2004. El agroecosistema café: crisis de mercado y sustentabilidad. Tesis de doctorado en Ciencias, Programa en Agroecosistemas Tropicales, Colegio de Posgraduados, Campus Veracruz. México.
- Ortiz-Ceballos, G. C., Vargas-Mendoza, M., Ortiz-Ceballos, A.I., Mendoza Briseño, M. y Ortiz-Hernández, G. 2020. Aboveground carbon storage in coffee agroecosystems: the case of the central region of the state of Veracruz in Mexico. *Agronomy*, 10, 382.
- Ponce, P. 1982. *Gabriel: un rasgo de la realidad campesina en Veracruz*. Tesis profesional. Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz,
- Rogers, E. M. y Svenning, L. 1979. *La modernización entre los campesinos*. Fondo de Cultura Económica. México, 434 pp.
- Rossignol, J. P. 1987. La morfoedafología: un método de estudio del medio biofísico para su ordenación. En: Geissert, D. y Rossignol, J. P. (coords.). *La morfoedafología en la ordenación de los paisajes rurales. Conceptos y primeras aplicaciones en México*. ORSTOM-INIREB, Xalapa, Ver., pp. 5-52.
- Vásquez A., J., Paulino, M., Díaz P., G., Trujillo, C. A., López M., R., Sánchez, C. I., Martínez R., J. L. y Bustamante O., J. de D. 2010. *Estrategia, métodos y herramientas para la reconversión productiva*. Sagarpa, INIFAP, México, 253 pp.
- WRI y GEA. 1993. *El proceso de evaluación rural participativa. Una propuesta metodológica*. México, 101 pp.

LOS SISTEMAS AGROFORESTALES CAFETALEROS EN LA NANOCUENCA HIDROLÓGICA LAS LOMAS: LA RIQUEZA BIOLÓGICA QUE CUIDAN LOS PEQUEÑOS PRODUCTORES

GUSTAVO ORTIZ CEBALLOS*

INTRODUCCIÓN

Los sistemas agroforestales cafetaleros (SAF-C) son sistemas de uso de la tierra con alta conversión de energía solar en biomasa, albergan mayor biodiversidad, conservan el suelo, el agua y regulan el microclima, mientras que los sistemas convencionales (monocultivo) provocan que todos estos beneficios se pierdan de manera significativa, ya que se especializan en la obtención de un solo producto y dependen de insumos sintéticos (Raintres, 1990; Roncal-García *et al.*, 2008). Las ventajas de los SAF-C se explican porque el componente arbóreo suministra alimentos a la fauna silvestre, provee de hábitat y conectividad entre los fragmentos de vegetación de una región, propicia mayor infiltración y mejora la fertilidad del suelo, mientras que a los integrantes de la familia les brinda alimentos para el autoconsumo y otros subproductos para la venta que complementan los ingresos obtenidos por la venta del café cereza (Williams-Linera *et al.*, 2008). En suma, la cobertura arbórea de un SAF-C presenta un alto valor ecológico, económico y social, aunque ha sido documentado no se ha valorado en su totalidad por la sociedad y las instituciones del sector (Manson *et al.*, 2008; Espinoza *et al.*, 2012; García, 2015; Mokondoko, 2016; Ortiz *et al.*, 2020). En ese sentido, diversos autores

* gusortiz@uv.mx.

destacan que el SAF-C junto con el SAF cacao bajo sombra, son ejemplos de SAF en el mundo que presentan una compleja estructura y alta biodiversidad, y concluyen que son de vital importancia para la conservación de las especies en países megadiversos como México, Ecuador, Perú, Tanzania, Indonesia y Australia (Perfecto *et al.*, 1996; Moguel y Toledo, 2004; López *et al.*, 2008; Méndez, 2007).

La mayoría de las fincas cafetaleras que se distribuyen en el territorio mexicano se asocian a especies frutales y arbóreas que brindan sombra y otros beneficios, por lo que han sido mencionadas por su contribución a la conservación de la biodiversidad nacional y estatal (Bandeira *et al.*, 2005; Manson *et al.*, 2008; Moguel y Toledo, 1999; Soto *et al.*, 2001; Toledo y Moguel, 2012); en ese sentido, varios estudios reportan que la compleja estructura vegetal de estos SAF-C es muy parecida a la que presentan los bosques nativos, por ello albergan muchas especies y brindan servicios ecosistémicos a la sociedad (Ortiz *et al.*, 2020; Escamilla y Díaz, 2002; Moguel y Toledo, 1999; Perfecto *et al.*, 1996; Nolasco, 1985).

Veracruz es el segundo estado de México productor de café cereza y se distingue porque la distribución de sus fincas cafetaleras con sombra diversificada se sobreponen altitudinalmente con el bosque mesófilo de montaña (BMM) o bosque de niebla (Challenger, 1998). Diversos estudios realizados en la región cafetalera del estado de Veracruz han demostrado que, si bien es cierto que la introducción del cultivo de café ha modificado la distribución y frecuencia de las especies nativas del bosque mesófilo, su impacto no ha sido tan perturbador como el de otros nuevos usos del suelo, como el cultivo de la caña de azúcar y la ganadería extensiva (Williams-Linera *et al.*, 2002; Manson *et al.*, 2008; Ortiz, 2004). Lo anterior confirma la necesidad de seguir con estudios que ayuden a documentar la factibilidad de utilizar a los SAF-C como una estrategia regional de manejo sustentable que contribuya a conservar el suelo, la biodiversidad regional y la producción de café de mayor calidad en la taza (Peeter *et al.*, 2003; Soto *et al.*, 2007; Martínez *et al.*, 2007; PHilpott y Dietsch, 2003; O'Brien y Kinnaird, 2003; Mas y Dietsch, 2004).

El objetivo de este estudio fue caracterizar la estructura y diversidad arbórea en los SAF-C localizados en la nanocuenca Las Lomas, ejido de Las Lomas, municipio de Coatepec, a fin de contribuir al fortalecimiento de las propuestas productivas que tomen en cuenta el bienestar social y la conservación del SAF-C; es decir, se aporta información que sustenta la necesidad de seguir impulsando los esfuerzos orientados a proteger los cafetales diversificados de la nanocuenca Las Lomas, ya que contribu-

yen a la producción de café de mejor calidad, a la conservación de los servicios ecosistémicos, a resguardar la diversidad genética de las especies arbóreas y la de otros organismos que viven en este tipo de cafetales con sombra diversificada, entre otros. Estos beneficios ecológicos bajo la custodia de las familias cafetaleras han contribuido a configurar territorios susceptibles de ser desarrollados con la participación de todos los protagonistas, tomando como eje principal la actividad cafetalera.

METODOLOGÍA

A continuación, se describe con detalle la metodología realizada para la colecta, sistematización y análisis de los datos de campo.

Área de estudio

El trabajo se llevó a cabo durante los meses de septiembre-noviembre del 2016, en cinco parcelas de productores ubicadas en la nanocuenca Las Lomas del municipio de Coatepec, Veracruz. Se encuentra a 1 140 metros de altitud, su clima es del tipo C y se caracteriza por ser templado-húmedo con lluvias en verano; presenta una temperatura media anual de 19.2 °C (Figura 11).

Muestreo

Mediante un recorrido realizado con productores de la nanocuenca cafetalera, fueron delimitados cinco gradientes altitudinales y en cada uno de ellos fue seleccionado de manera aleatoria un SAF-C (Figura 12).

En cada una de las fincas cafetaleras seleccionadas se trazaron de manera aleatoria dos unidades de muestreo de 10 x 20 m (400 m²) (Figura 13).

En cada una de las unidades de muestreo se registró e identificó el nombre científico de los individuos presentes en el componente arbóreo y fueron medidas las variables siguientes: diámetro a la altura del pecho (DAB) en árboles cuyo diámetro a esa altura fue mayor a 10 cm (DAB: 1:30 m sobre el nivel del suelo) y diámetro basal, ambos medidos con una cinta diamétrica; altura de árboles estimada con un clinómetro Suntu. Finalmente, se estimó la cobertura arbórea observando

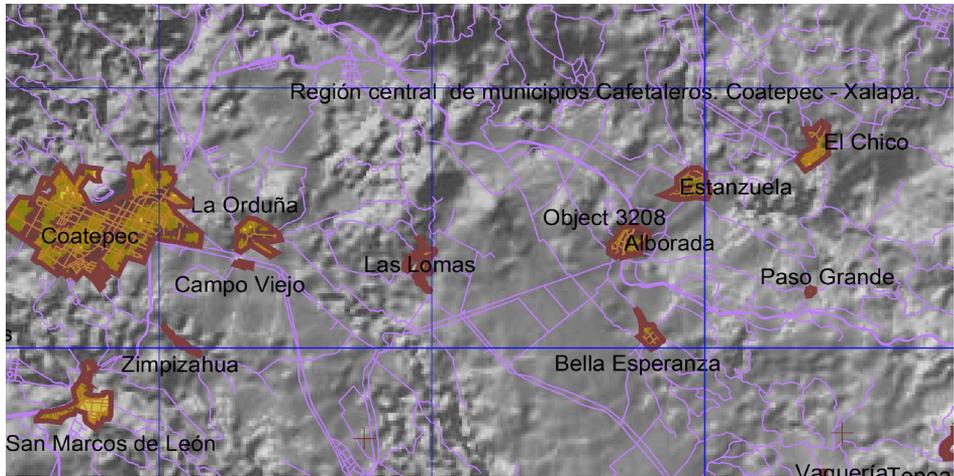


Figura 11. Región cafetalera de la cuenca Xalapa-Coatepec, donde se delimita la nanocuenca Las Lomas. Fuente: Elaboración propia, basado en la información de Google Maps, 2023.

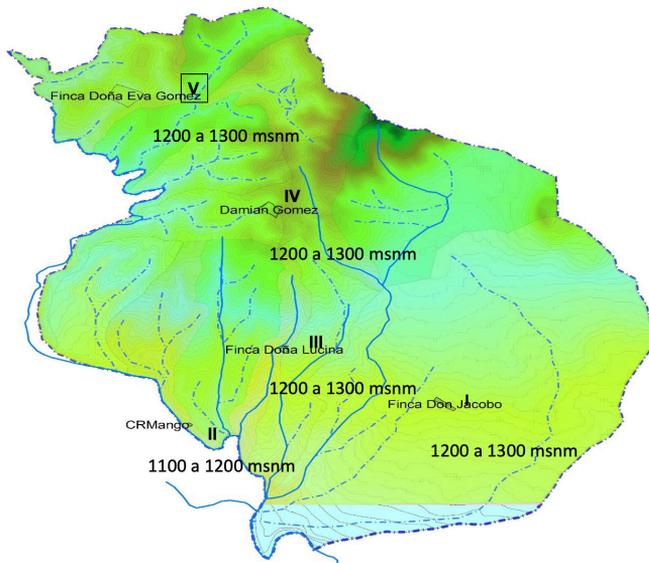


Figura 12. Localización de los sitios de estudio en la nanocuenca Las Lomas. Fuente: Elaboración propia, basado en la información de Google Maps, 2023.

la proyección vertical sobre el suelo de las copas de los individuos muestreados y la cuantificación se expresó en porcentaje del área de muestreo cubierta por los individuos, por unidad de superficie (Beer, 1997; Villarreal *et al.*, 2004).

Para comparar la diversidad entre SAF-C y las unidades de muestreo, se calculó el índice de Shannon-Weaver ($H' = -\sum(\pi \ln \pi)$); asimismo, se evaluó la equidad de las especies ($E = H' / \ln S$) y la similitud florística con el índice de Sorensen ($C [S_i = 2C / (A + B)]$), el cual relaciona el número de especies en común (C) con la media aritmética de las especies en ambos sitios comparados (A y B). La densidad, dominancia, frecuencia y valor de importancia por especie, los cuales se determinaron por medio de las fórmulas sugeridas por Mueller-Dombois y Ellenberg (2002), Sørensen (1948), Magurran (1988 y 2004) y Zarco *et al.* (2010), (Tabla 5). La estructura y composición de la vegetación arbórea de cada SAF-C se analizó tomando en consideración el comportamiento de la estratificación vertical, del mismo modo se realizó el análisis de la densidad, dominancia y frecuencia de las especies.

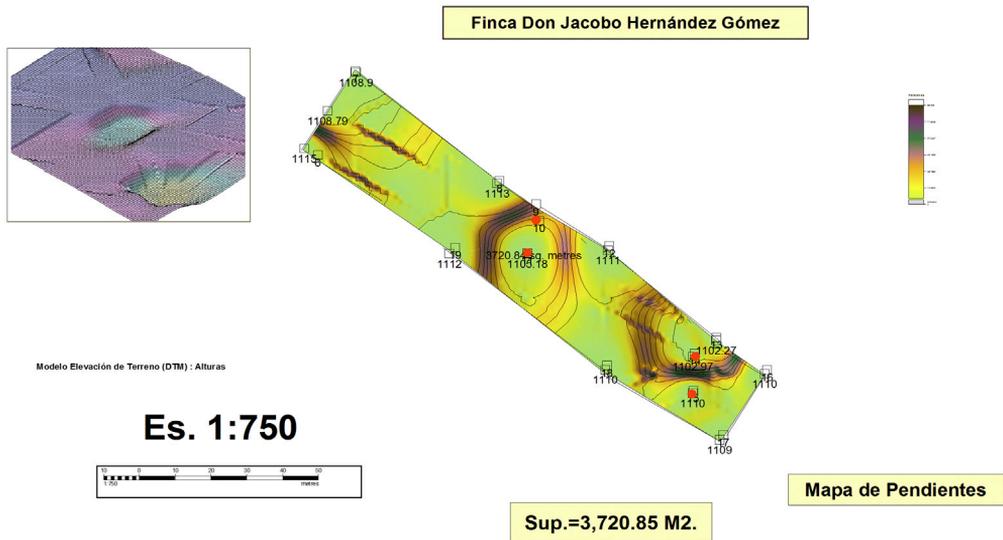


Figura 13. Unidad de muestreo por sistema agroforestal cafetalero. Fuente: Elaboración propia, basado en la información de Google Maps, 2023.

Tabla 5. Variables de estudio de cinco SAF-C de la nanocuenca Las Lomas, Coatepec, Ver.

Variable	Medición
Altura	Medición directa en campo con clinómetro
Diámetro normal	Medición directa en campo con cinta diamétrica
Cobertura	Medición directa en campo con cinta métrica
Especie	Nombre científico
La diversidad de especies arbóreas en el ecosistema: Índice de diversidad Shannon-Wieber (Magurran, 1989)	Se utilizó el índice de Shannon-Weaver (Magurran 1989) $H' = -\sum(\pi \ln \pi)$ Donde: H= índice de diversidad de especies, π = proporción de individuos hallados en la i-ésima especie.
Densidad absoluta	
Densidad relativa	Densidad relativa (den. rel.) = Densidad de una especie/Suma de la densidad de todas las especies $\times 100$.
Frecuencia absoluta	Frecuencia absoluta= Unidades muestreo en la que está presente una especie/Número total de unidades de muestreo
Frecuencia relativa	Frecuencia relativa (fre. rel.) = Frecuencia de una especie/Suma de las frecuencias de todas las especies $\times 100$.
dominancia	Dominancia = Total del área basal de una especie/Área muestreada
Dominancia relativa	Dominancia relativa (dom. rel.) = Dominancia de una especie/Dominancia de todas las especies $\times 100$
Valor de importancia	Valor de Importancia Relativa (VI) = den. rel. + frec. rel. + dom. rel./3
Índice de Sorensen	$(C [S_i = 2C / (A + B)])$

Fuente: Elaboración propia, 2023.

RESULTADOS

La diversidad arbórea de los sistemas agroforestales cafetaleros

En la tabla 5 observamos la estructura y composición florística arbórea de las parcelas muestreadas (número de individuos y especies arbóreas que las componen). La densidad relativa es expresada en porcentaje de la abundancia proporcional por especie existente en el área de muestreo, mientras que la densidad absoluta nos dice el número de individuos existentes por unidad de superficie. La mayor densidad absoluta por hectárea fue encontrada en la parcela III (625 individuos), de las cuales la especie con mayor abundancia fue el plátano (*Musa spp.*) con 72%, le sigue la parcela V con una densidad de 550 individuos y de igual forma la especie más abundante se correspondió con plátano (72%) mientras que la parcela II presentó la menor densidad al reportar apenas 200 individuos y la especie de mayor abundancia (50%) fue palo gusano (*Lippia myriocephala*).

En suma, se registraron un total de 81 individuos arbóreos, los cuales están representados por 16 especies diferentes. El índice de Shannon-Weaver global estimado en este estudio ($H' = 1.20$) es muy inferior a los reportados por otros autores en estudios similares ($H' = 3.17$) (Villavicencio y Valdez, 2003) y ligeramente inferior con el valor reportado por Mayoral *et al.* (2015) ($H' = 1.88$) para los SAF-C clasificados como policultivos simples (tablas 6, 7 y 8), esta clasificación (policultivo simple) se corresponde con las características que presentan los SAF-C estudiados en la nanocuenca. Es importante destacar la presencia de especies arbóreas nativas del bosque mesófilo de montaña cuyo propósito es brindar sombra, leña y frutos para autoconsumo (Tabla 6), confirmando la importancia de estos SAF-C en la conservación de la diversidad arbórea nativa del bosque mesófilo de montaña (Sosa *et al.*, 2017).

Tabla 6. Composición florística global encontrada en SAF-C de la nanocuenca Las Lomas, Coatepec, Ver.

Nombre científico	Nombre común	ni (núm. de ind./sp.)	Descripción	Uso
<i>Musa spp.</i>	Plátano	40	Especie regional	Fruto comestible autoconsumo y venta parcial

Nombre científico	Nombre común	ni (núm. de ind./sp.)	Descripción	Uso
<i>Eriobotrya japonica</i>	Níspero	4	Introducida por Inmecafé	Fruto comestible para autoconsumo
<i>Erythrina americana</i>	Equimite, gasparito, colorín	1	Especie cultivada de amplia distribución	Cerco vivo y leña, flor comestible
<i>Lonchocarpus guatemalensis</i>	Abín	8	Introducida	Sombra y leña
<i>Inga</i> spp.	Chalahuite	10	Especie primaria/secundaria, cultivada de amplia distribución	Sombra, leña y fruto comestible autoconsumo
<i>Trema micrantha</i>	Ixpepel	1	Nativa de bosque mesófilo	Sombra, leña, madera para muebles
<i>Macadamia</i> spp.	Macadamia	3	Introducida por Inmecafé	Sombra, fruto comestible para autoconsumo
<i>Persea schiedeana</i>	Chinini	1	Especie regional	Sombra, fruto comestible para autoconsumo y venta parcial, leña
<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	Nacastle	1	De amplia distribución en zonas bajas	Sombra, leña, madera para muebles
<i>Grevillea robusta</i>	Grevilea	2	Introducida por Inmecafé	Sombra, leña y madera para muebles
Sp 1	Sombrerete	1	Introducida	Sombra
<i>Heliocarpus appendiculatus</i>	Jonote	2	Especie secundaria de bosque mesófilo	Sombra y leña
<i>Lippia myriocephala</i> Schltld. & Cham	Palo gusano	4	Especie secundaria de bosque mesófilo	Sombra y leña
Sp 2	Sin identificar	1	Sin datos	
<i>Cupania dentata</i>	Quebracho	1	Nativa de bosque mesófilo	Leña y madera
<i>Vismia baccifera</i>	Cafesillo	1	Especie secundaria de bosque mesófilo	Sombra y leña

Nombre científico	Nombre común	ni (núm. de ind./sp.)	Descripción	Uso
	Número total de individuos (N)	81		
	Número total de especies (S)	16		
	Índice de diversidad global	1.20		

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Tabla 7. Valores de abundancia proporcional, densidad relativa y absoluta de las especies encontradas en SAF-C de la nanocuenca Las Lomas, Coatepec, Ver.

Número de individuos (ni), abundancia proporcional de la especie (pi) [pi=ni/N], densidad relativa (DR); densidad absoluta (DA).

SAF-C	Nombre común	Nombre científico	ni	pi	DR	DA
I	Chalahuite	<i>Inga</i> spp.	5	0.45	45.5	125
	Ixpepel	<i>Trema micrantha</i>	1	0.09	9.1	25
	Habín	<i>Lonchocarpus guatemalensis</i>	5	0.45	45.5	125
	Número total de individuos (N)		11			275
	Número total de especies (S)		3			
	Índice de Shannon-Weaver		0.93			
II	Palo gusano	<i>Lippia myriocephala</i> Schltld. & Cham	4	0.50	50	100
	Plátano	<i>Musa</i> spp.	2	0.25	25	50
	Quebracho	<i>Cupania dentata</i>	1	0.12	12.5	25
	Cafecillo	<i>Vismia baccifera</i>	1	0.12	12.5	25
	Número total de ind. (N)		8			200
	Número total de especies (S)		4			
	Índice de Shannon-Weaver		1.21			

SAF-C	Nombre común	Nombre científico	ni	pi	DR	DA
III	<i>Macadamia</i>	<i>Macadamia</i> spp.	5	0.12	12	75
	Sp 2	Sin identificar	1	0.04	4	25
	Plátano	<i>Musa</i> spp.	18	0.72	72	450
	Chinini	<i>Persea schiedeana</i>	1	0.04	4	25
	Nacastle	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	1	0.04	4	25
	Chalahuite	<i>Inga</i> spp.	1	0.04	4	25
	Número total de ind. (N)		25			625
	Número total de especies (S)		6			
	Índice de Shannon-Weaver		1.00			
IV	Plátano	<i>Musa</i> spp.	4	0.26	26.7	100
	Chalahuite	<i>Inga</i> spp.	5	0.20	20	75
	Grevilea	<i>Grevillea robusta</i>	2	0.13	13.13	50
	Níspero	<i>Eryobrotrya japonica</i>	5	0.20	20	75
	Sombrete	Sp 1 (Sin identificar)		0.06	6.7	25
	Jonote	<i>Heliocarpus appendiculatus</i>	1	0.06	6.7	25
	Habín	<i>Lonchocarpus guatemalensis</i>		0.06	6.7	25
	Número total de individuos (N)		15			375
	Número total de especies (S)		7			
Índice de Shannon-Weaver		1.81				
V	Plátano	<i>Musa</i> spp.	16	0.73	72.7	400
	Níspero	<i>Eryobrotrya japonica</i>	1	0.05	4.5	25
	Jonote	<i>Heliocarpus appendiculatus</i>	1	0.05	4.5	25
	Equimite, gasparito, colorín	<i>Erithrhyta mexicana</i>	1	0.05	4.5	25
	Habín	<i>Lonchocarpus guatemalensis</i>	2	0.09	9.1	50
	Chalahuite	<i>Inga</i> spp.	1	0.05	4.5	25
	Número total de individuos (N)		22		100	550
	Número total de especies (S)		6			
	Índice de Shannon-Weaver		1.01			
	Índice de Shannon-Weaver global	1.20				

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Tabla 8. Índice de Sahnnon (H'), Riqueza específica y valores de equidad (E) en cinco SAF-C de la nanocuencia Las Lomas, Coatepec, Ver.

Sistema agroforestal	Shannon H'	Riqueza específica Índice de Margalef = $(S-1)/\ln N$	Equidad (E)
I (Jacobo)	0.93	0.834	0.846
II (Marcos)	1.213	1.442	0.874
III (Lucinda)	1.0	1.553	0.310
IV (Damián)	1.81	2.215	0.930
V (Eva)	1.01	1.617	0.563
Global	1.20	1.532	0.704

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Tabla 9. Semejanza florística en cinco sistemas agroforestales de café en la nanocuencia Las Lomas, Coatepec, Ver.

Sistemas comparados		Especies			Sorensen
A	B	En A	En B	Compartidas	(S_j)
I	II	6	3	2	0.444
I	III	6	6	2	0.333
I	IV	6	7	5	0.769
I	V	6	4	1	0.200
II	III	3	6	1	0.222
II	IV	3	7	2	0.400
II	V	3	4	0	0.000
III	IV	6	7	2	0.307
III	V	6	4	1	0.200
IV	V	7	4	1	0.181

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Los resultados muestran que en la parcela III se registró el mayor número de individuos (25) representados por seis especies, aunque 18 individuos pertenecen a la especie *Musa* spp., fue en la parcela IV donde se reporta el mayor número de especies (7); es decir, es la más diversa pero no necesariamente contiene el mayor número de individuos (15), mientras que la parcela II apenas registró ocho individuos con cuatro especies diferentes (figura 4.13).

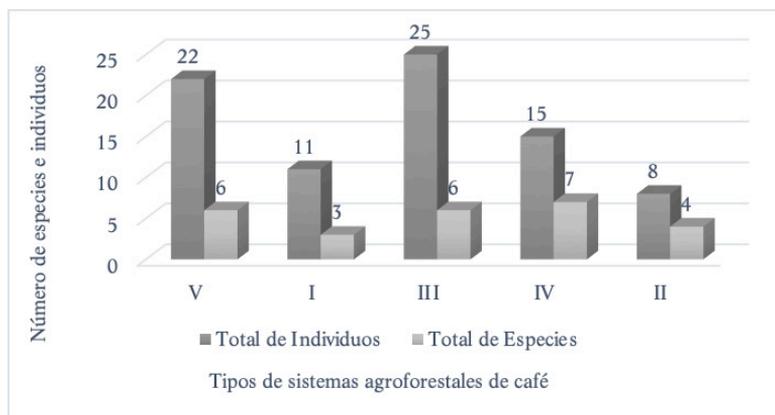


Figura 14. Número de especies e individuos por sistema agroforestal cafetalero.

Fuente: Elaboración propia, 2023.

LA ESTRUCTURA ARBÓREA DE LOS SISTEMAS AGROFORESTALES CAFETALEROS

Estratos altitudinales de los sistemas agroforestales cafetaleros

Los SAF-C presentan diversos estratos altitudinales, un primer estrato es el arbustivo (<5 m) y está formado por 35 individuos y se compone exclusivamente de especies arbóreas de bajo crecimiento, como equimite (*Erythrina americana*) y chalahuites (*Inga* spp.) pero los de mayor frecuencia son los frutales, tales como el plátano (*Musa* spp.) y níspero (*Eryobotrya japonica*); se identifica un segundo estrato (>5 y <10 m) formado por 28 individuos, en el cual las especies frutales son las de mayor frecuencia, destacando nuevamente el plátano (*Musa*

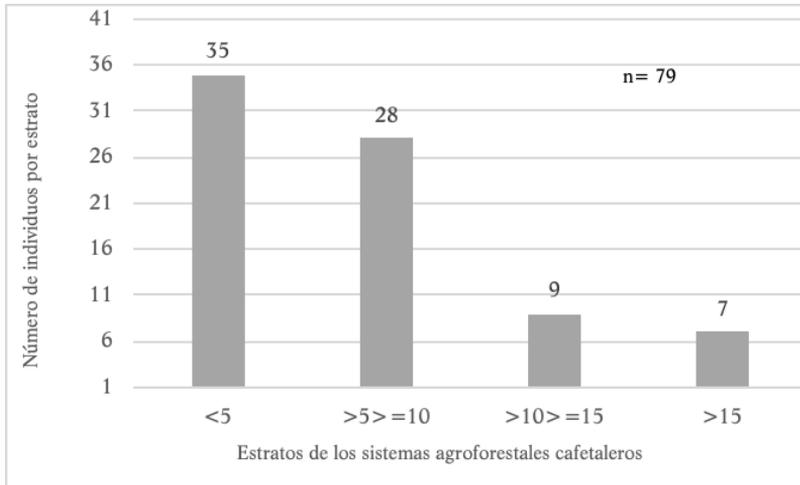


Figura 15. Distribución de individuos por estrato altitudinal en sistemas agroforestales de café en la nanocuenca Las Lomas, Coatepec, Ver. Estratos: arbustivo (café: ≤ 5 m), estrato medio (frutales $5 < h \leq 10$), estrato alto (chalahuite: $10 < h \leq 15$ m) y estrato emergente superior (habín, nacaxtle: > 15 m). Fuente: Elaboración propia, 2023.

spp.) representado con 40 individuos, el tercer estrato intermedio con alturas de 10 a 15 m, está compuesto principalmente por chalahuites (*Inga* spp.), jonote (*Heliocarpus appendiculatus*), grevilea (*Grevillea robusta*) y habín (*Lonchocarpus guatemalensis*); un cuarto estrato emergente superior a los 15 metros está integrado por las especies habín (*Lonchocarpus guatemalensis*) con cinco individuos, nacaxtle (*Enterolobium cyclocarpum*) e ixpepel (*Trema micrantha*) con un individuo.

El mayor porcentaje acumulado de individuos se encuentra en el estrato que se corresponde con árboles que presentan alturas dentro del intervalo 5-10 metros (35.5%), mientras que el estrato con árboles que presentan alturas mayores a los 10 metros acumula 20% de los individuos (Figura 15). El componente arbóreo destaca por presentar una densidad absoluta alta, lo que sin duda incrementa el porcentaje de sombra con respecto a la proporcionada por el estrato intermedio, este estrato está representado principalmente por árboles de la especie *Inga* spp.

La densidad alta de árboles que brindan sombra a las plantas de café armoniza con las variedades de café presentes en la nanocuenca y se caracterizan por ser variedades que se adaptan a condiciones de mayor porcentaje de sombra (típica y bourbon), pero de bajos rendimientos, al respecto, diversos autores afirman que este tipo de SAF-C impactan de manera negativa los rendimientos por hectárea, provocando su baja rentabilidad. La discusión entre los productores y especialistas radica precisamente en encontrar un sistema agroforestal resiliente que no ponga en riesgo la cobertura, la diversidad arbórea y los servicios ambientales que brindan a la sociedad, y que al mismo tiempo sea de alto rendimiento y rentable para el productor.

Clases diamétricas de los sistemas agroforestales cafetaleros

En la figura 16 se observa que en la clase diamétrica 10-20 cm se encuentra el mayor número de individuos, mientras que en las clases menores a 10 cm encontramos pocos árboles. Si dejamos de lado a los frutales, como el plátano, podemos observar que la gran mayoría de las especies arbóreas son árboles que han alcanzado la madurez con edades mayores a los 25 años, lo que sugiere la presencia de fincas cafetaleras viejas y de baja productividad. Sin embargo, estos SAF-C en la nanocuenca cumplen otras funciones, tales como conservar especies arbóreas, las cuales también permiten la sobrevivencia de otros organismos, además protegen el suelo, conservan agua y regulan el microclima, entre otros servicios ecosistémicos, lo que incorpora un valor ecológico a este tipo de cafetales que ha sido documentado y reconocido por la academia, pero lamentablemente estos beneficios aún no se reflejan en la mejoría de los precios del café, que de ser el caso, podrían compensar sus bajos rendimientos y mejorar los ingresos de los productores de café en México y Veracruz.

La cobertura arbórea en sistemas agroforestales cafetaleros

La cobertura que proyectan las diferentes especies arbóreas asociadas al café muestra que la sombra de las fincas estudiadas va del 45 a 120%, con un promedio de 82%, esta sombra es muy alta en comparación con el 45-50% de sombra que recomiendan diversos especialistas (Soto *et al.*, 2000; Pulgarín, 2007; Farfán,

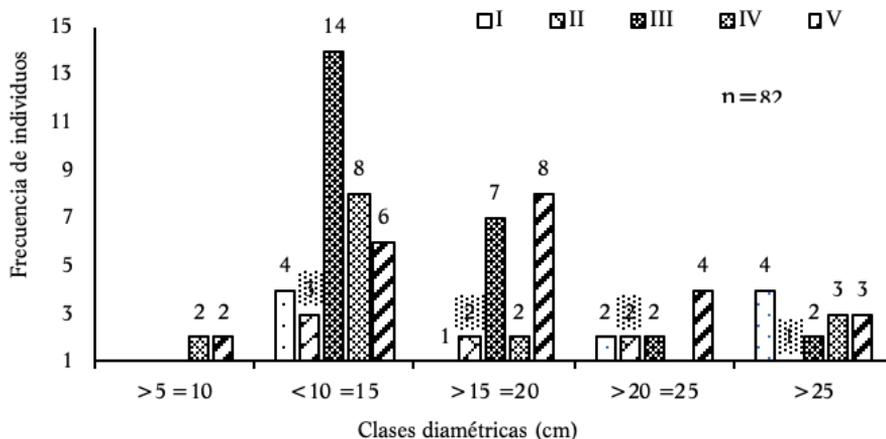


Figura 16. Distribución diamétrica de árboles en cinco sistemas agroforestales de café en la nanocuenca Las Lomas, Coatepec, Ver. Fuente: Elaboración propia, 2023.

2015) para que no influya en los bajos rendimientos. Esta falta de manejo de la sombra en las fincas de la nanocuenca confirma lo que los mismos productores de la región de estudio han reportado (Figura 17).

Los datos también sugieren que la ausencia de una estrategia en el manejo de la sombra que permita obtener mejores rendimientos se aplica de manera deliberada, es decir, en realidad su estrategia es no controlar la sombra, porque de esa forma la planta de café prolonga su ciclo biológico, reduce la demanda de fertilización de las plantas, se sufre de menor estrés y reduce la alternancia en la producción (DaMatta, 2004; DaMatta *et al.*, 2007; Rapidel *et al.* 2015), esta estrategia de no regular la sombra también se explica porque, aparte de que es una de las labores agrícolas más caras y con riesgos por accidentes, los productores no están dispuestos a invertir y prefieren sacrificar rendimientos en una época donde los precios no hacen rentable la producción de café.

Este escenario se repite en las parcelas de la mayoría de los pequeños productores del estado que no tienen posibilidades ni motivaciones para invertir en la mejora de sus fincas de café.

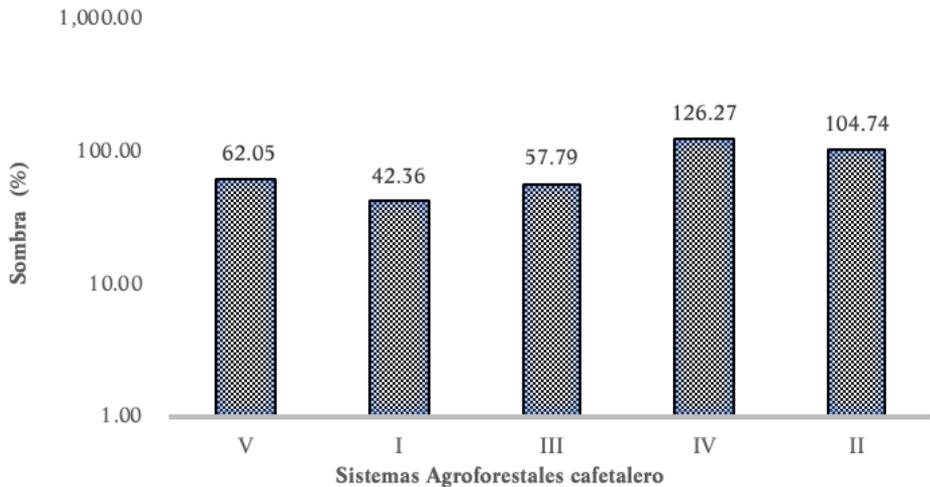


Figura 17. Porcentaje de sombra en cinco sistemas agroforestales de café en la nanocuenca Las Lomas, Coatepec, Ver. Fuente: Elaboración propia, 2023.

Existen especies que por su tamaño y estructura proyectan una mayor sombra si no se les practica una poda, es el caso del habín (*Lonchocarpus guatemalensis*) que es uno de los árboles que a los productores de la zona les gusta, ya que su cobertura es buena, con crecimiento rápido y lo utilizan como una especie maderable, sin embargo, la especie de mayor preferencia sigue siendo el chalahuite (*Inga* spp.).

Otras especies, tales como el cafecillo, quebracho y nacaxtle presentan una alta cobertura, pero el número de individuos por unidad de superficie es muy bajo (un individuo ha^{-1}). El plátano (*Mussa* spp.) es una especie abundante en los cafetales y la cosecha de la fruta representa un ingreso complementario muy importante para el productor, no obstante, también brinda sombra a las plantas de café generando un microclima al interior del cafetal que protege a las plantas de cambios bruscos de temperatura; no se reconoce como una especie para sombra (Figura 18). Por otro lado, es importante destacar que la alternancia histórica de café-caña de azúcar en parcelarios diferentes ha funcionado muy bien en la nanocuenca y en la región, lo cual ha sido favorecido por la presencia del ingenio azucarero de Mahuixtlán; esta táctica de diversificación debe ser-

vir de ejemplo en la región para que se fomente y evalúe el establecimiento de policultivos compuestos por café-plátano, café-cítricos, café-macadamia, entre otros, como una estrategia para compensar los bajos precios del café sin perder los beneficios ecológicos del AES-C.

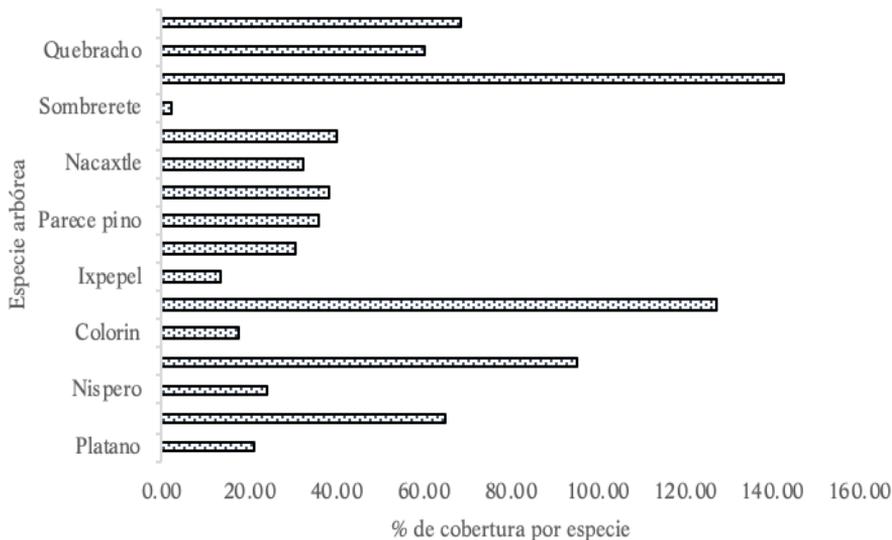


Figura 18. Cobertura por especie en los sistemas agroforestales de café en la nanocuenca Las Lomas, Coatepec, Ver. Fuente: Elaboración propia, 2025.

CONCLUSIONES

La especie más importante en la estructura de los SAF-C fue chalahuite (*Inga spp.*) y habín (*Lonchocarpus guatemalensis*), ambos con características bien valoradas por los productores, porque de ellas obtienen leña de buena calidad y una adecuada sombra para sus cafetales. Otras especies no fueron tan frecuentes, pero son de importancia por su potencial económico forestal, es el caso de nacaxtle (*Enterolobium cyclocarpum*), ixpepel (*Trema micrantha*) y grevilea (*Grevillea robusta*).

Valores semejantes en riqueza, diversidad y similitud de especies entre los SAF-C estudiados confirman su valor ecológico regional, dichos valores son similares a

los reportados por otros estudios realizados en SAF-C de la región centro del estado de Veracruz (López-Gómez *et al.*, 2028; García-Mayoral *et al.*, 2015).

A pesar de la diversidad de especies de uso forestal encontrados en este estudio, es evidente que el productor de la nanocuenca no las valora como especies potenciales que puedan brindar beneficios económicos directos y que bien podrían complementar los ingresos obtenidos por la venta del café.

Por lo anterior, es necesario desarrollar una mayor cultura forestal en los productores, enfocada a la intensificación del manejo agroforestal de sus fincas, de tal forma que sea factible obtener ingresos importantes por la venta de los productos forestales.

Es recomendable brindar manejo forestal y protección a las especies que ya existen e introducir, preferentemente, especies nativas de interés económico como cedro nogal (*Juglans piryformis*), nacaxtle (*Enterolobium cyclocarpum*), quebracho (*Cupania dentata*), ixpepel (*Trema micrantha*), cacao (*Tapirira mexicana*); también se podrían considerar otras especies que han sido introducidas con anterioridad y que se han adaptado muy bien, tal es el caso de grevilea (*Grevillea robusta*), piocho (*Melia azedarach*) y laurel (*Cordia alliodora*), etcétera.

La misma tendencia se observa con los frutales. El plátano es el más abundante, sin embargo, los productores de esta nanocuenca no lo ven con potencial para generar ingresos de importancia que justifiquen dedicar tiempo en su manejo y comercialización, esta visión equivocada debería cambiar. También valdría la pena explorar otros frutales con potencial regional y nacional, tales como los cítricos, macadamia (*Macadamia spp.*), jobo (*Spondias mombin*), aguacate (*Persea americana*), chinine (*Persea schiedeana*), jinicuil (*Inga jinicuil*), etc. En ese sentido, se recomienda una mayor organización en la selección de especies arbóreas donde se tome en cuenta, aparte de la calidad de sombra que brinden al cafetal y de su crecimiento rápido, otros beneficios directos que puedan brindar a las familias cafetaleras de la nanocuenca.

No obstante, es evidente el interés de los productores por seguir manejando sus cafetales con sombra diversificada, lo que demuestra el gran apego sociocultural al cultivo y con sus fincas de café, que siempre se han distinguido por ser un verdadero sistema agroforestal diversificado que les ha permitido obtener diversos productos, tales como leña, madera y otros subproductos alimenticios para el autoconsumo de las familias y mercado local, sin dejar de resaltar otros servicios

ecosistémicos indirectos, como la sombra que evita los cambios bruscos de temperatura, proporcionando mayor resiliencia al cambio climático, secuestro y almacenes de carbono, conservación de la diversidad y recarga de mantos acuíferos, entre otras. La valoración de la sociedad y la valoración económica de los servicios ecosistémicos que brindan los SAF-C es una necesidad, porque ayudaría a sensibilizar a la sociedad y a los productores para su conservación, propiciando el desarrollo regional y manejo sostenible de estos SAF, contra lo que no se obtendría si estos son transformados o mal manejados.

REFERENCIAS

- Arcila Pulgarín, J. 2007. Densidad de siembra y productividad de los cafetales. En: Arcila pulgarín, J., Farfán, F., Moreno, A.B., Salazar, L.F., Hincapié, E. *Sistemas de producción de café en Colombia*. Chinchiná, Colombia. CENICAFE, pp. 145-159.
- Bandeira, F. P., Martorell, C., Meave, J. A. y Caballero, J. 2005. The role of rustic coffee plantations in the conservation of wild tree diversity in the Chinantec region of Mexico. *Biodiversity and Conservation* 14(5): 1225-1240.
- Beer, J., Muschler, R., Kass, D. y Somarriba, E. (1997). Shade management in coffee and cacao plantations. *Agroforestry systems*, 38(1-3): 139-164.
- Challenger, A. 1998. *Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México: pasado presente y futuro*. México, Conabio.
- DaMatta, F. M. 2004. Ecophysiological constraints on the production of shaded and unshaded coffee: are view. *Field Crops Research* 86: 99-114.
- DaMatta, F. M., Ronch, C.P., Maestri, M. y Barros, R. S. 2007. Ecophysiology of coffee growth and production. *Braz. J. Plant Physiol.* 19: 485-510
- Espinoza-Domínguez, W., Krishnamurthy, L., Vázquez-Alarcón, A., Torres-Rivera, A. 2012. Almacén de carbono en sistemas agroforestales con café. *Rev. Chapingo Ser. Cienc. For. del Ambiente*, 18. 57-70.
- Escamilla, E., Licona, A., Díaz, S., Sosa, R. y Rodríguez, L. 2002. *Los sistemas de producción de café en el centro de Veracruz, México. Un análisis tecnológico*. Chapingo, México, pp. 46-50.
- Farfan V., F. F. 2015. Instrumentos para estimar el porcentaje de sombra en el cafetal. *Cenicafe, Boletín Técnico* núm. 39, 27 pp..

- García, C. 2015. *Identificación de cafetales de sombra. Jugando un papel sobresaliente en la conservación de la biodiversidad en el centro del estado de Veracruz*. Escuela de Biología, BUAP, Puebla, Mexico.
- García M, L. E., Hernández, J. I. V., Cavazos, M. L. y Morgado, R. L. 2015. Estructura y diversidad arbórea en sistemas agroforestales de café en la Sierra de Atoyac, Veracruz. *Madera y Bosques*, 21(3).
- Google. (s.f.). [Zona Las Lomas, Coatepec, Veracruz]. Recuperado de: <https://goo.gl/maps/laslomascoatepec>.
- Greig-Smith, P. (1983). *Quantitative plant ecology*. Univ of California Press.
- López-Gómez, A.M., Williams-Linera, G. y Manson, R. H. 2008. Tree species diversity and vegetation structure in shade coffee farms in Veracruz, Mexico. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 124(3): 160-172.
- Magurran, A. E. 2004. *Measuring biological diversity*. Oxford, Blackwell Science, 256 pp.
- Magurran, A. E. 1988. *Ecological diversity and its measurement*. Cambridge University Press, 179 pp.
- Manson, R. H., Contreras, A. y López-Barrera, F. 2008. Estudios de la biodiversidad en cafetales. En: R.H. Manson, V. Hernández-Ortiz, S. Gallina y K. Mehlreter (eds.). *Agroecosistemas cafetaleros de Veracruz: biodiversidad, manejo y conservación*. Inecol, INE, Semarnat, México, pp. 1-14.
- Manson, R.H. 2008. *Agroecosistemas cafetaleros de Veracruz: biodiversidad, manejo y conservación*, Instituto Nacional de Ecología, México, pp. 223-234.
- Martínez, M. A., Evangelista, V., Basurto, F., Mendoza, M. y Cruz-Rivas, A. 2007. Flora útil de los cafetales en la Sierra Norte de Puebla, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 78(1): 15-40.
- Mas, A. H. y Dietsch, T. V. (2004). Linking shade coffee certification to biodiversity conservation: butterflies and birds in Chiapas, Mexico. *Ecological Applications*, 14(3): 642-654.
- Méndez, V. E., Gliessman, S. R. y Gilbert, G. S. 2007. Tree biodiversity in farmer cooperatives of a shade coffee landscape western El Salvador. *Agriculture Ecosystems Environment*, 119(1): 145-159.
- Mokondoko, P., Manson, R. H., Pérez-Maqueo, O. 2016. Assessing the service of water quality regulation by quantifying the effects of land use on water quality and public health in central Veracruz, Mexico. *Ecosyst. Serv.*, 22: 161–173.

- Moguel, P. y Toledo, V. M. 1999. Biodiversity conservation in traditional coffee systems of Mexico. *Conservation Biology*, 13(1): 11-21.
- Moguel, P. y Toledo, V. M. 2004. Conservar produciendo: biodiversidad, café orgánico y jardines productivos. *Biodiversitas* 55: 2-7.
- Mueller-Dombois, D. y Ellenberg, H. (2002). *Aims and methods of vegetation ecology*. Caldwell.
- Nolasco, M. 1985. *Café y sociedad en México*. México; Centro de Ecodesarrollo.
- Ortiz C., G. 2004. *El agroecosistema café: crisis de mercado y sustentabilidad*. Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz.
- Ortiz-Ceballos, G. C., Vargas-Mendoza, M., Ortiz-Ceballos, A. I., Mendoza Briseño, M. y Ortiz-Hernández, G. 2020. Aboveground carbon storage in coffee agroecosystems: the case of the central region of the state of Veracruz in Mexico. *Agronomy*, 10: 382.
- Philpott, S. M. y Dietsch, T. (2003). Coffee and conservation: a global context and the value of farmer involvement. *Conservation Biology*, 17(6): 1844-1846.
- Peters, L., Y. K., Soto-Pinto, L., Perales, H., Montoya, G. e Ishiki, M. 2003. Coffee production, timber, and firewood in traditional and Inga-shaded plantations in Southern Mexico. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 95(2): 481-493.
- Perfecto, I., Rice, R. A., Greenberg, R. y Van der Voort, M.E. 1996. Shade coffee: a disappear ring refuge for biodiversity. *BioScience*, 46(8): 598-608.
- Raintree, J. B. 1990. Theory and practice of agroforestry diagnosis and design. En: MacDicken, K. G. y Vergara, N. T. (eds.). *Agroforestry: classification and management*. John Wiley y Sons, Nueva York, pp. 58-97.
- Rapidel, B., Allinne, C., Cerdán, C., Meylan L., Virginio Filho E.D.M. y Avelino J. 2015. En: Montagnini, F., Somarriba, E., Murgueitio, E., Fassola, H. y Eibl, B. (eds.). *Sistemas agroforestales: funciones productivas, socioeconómicas y ambientales*. Colombia: CATIE, pp. 5-20.
- Roncal-García, S., Soto-Pinto, L. Castellanos-Albores, J., Ramírez-Marcial, N. y de Jong, B. 2008. Sistemas agroforestales y almacenamiento de carbono en comunidades indígenas de Chiapas, México, *Interciencia* 33(3): 200-206.
- Sørensen, T. A. 1948. A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species content and its application to analyses of vegetation in Danish commons. *Biologiske Skrifter* 5: 1-40.

- Soto-Pinto, L., Romero-Alvarado, Y., Caballero-Nieto, J. y Segura Warnholtz, G. 2001. Woody plant diversity and structure of shade-grown-coffee plantations in Northern Chiapas, Mexico, *Revista de Biología Tropical*, 49: 977-987.
- Soto-Pinto, L., Villalvazo-López, V., Jiménez-Ferrer, G., Ramírez-Marcial, N., Montoya, G. y Sinclair, F. L. 2007. The role of local knowledge in determining shade composition of multistrata coffee systems in Chiapas, Mexico, *Biodiversity and Conservation*, 16(2): 419-436.
- Soto-Pinto, L., Perfecto, I., Castillo-Hernández, J. y Caballero Nieto, J. 2000. Shade effect on coffee production at the northern Tzeltal zone of the state of Chiapas, Mexico, *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 80: 61-69.
- Sosa-Fernández, V., López-Morgado, R., Toledo-Aceves, T. y Bárcenas-Pazos, G. 2017. Oportunidades de conservación del bosque de niebla a través del manejo alternativo: los agroecosistemas cafetaleros. *Agroproductividad*, 10(1).
- Timothy G. O'Brien y Margaret F. Kinnaird. 2003. Caffeine and Conservation Science 300 (5619), 587. [DOI: 10.1126/science.1082328].
- Toledo, V. M. y Moguel, P. 2012. Coffee and sustainability: the multiple values of traditional shaded coffee. *Journal of Sustainable Agriculture* 36(3): 353-377.
- Villavicencio-Enríquez, L. y Valdez-Hernández, J. 2003. *Análisis de la estructura arbórea del sistema agroforestal rusticano de café en San Miguel, Veracruz*, México.
- Villarreal, H., Álvarez, M., Córdoba, S., Escobar, F., Fagua, G., Gast, F., Mendoza, H., Ospina, M. y Umaña, A. M. 2004. *Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad*. Programa de Inventarios de Biodiversidad. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, 236 pp.
- Williams-Linera, G. y López Gómez, A. 2008. Estructura y diversidad de la vegetación leñosa. En: R. H. Manson, V. Hernández-Ortiz, S. Gallina y K. Mehlreter (eds.). *Agroecosistemas cafetaleros de Veracruz: biodiversidad, manejo y conservación*, Inecol, INE, Semarnat, México, pp. 55-63.
- Williams-Linera, G., Manson, R. H. y Vera, E. I. 2002. La fragmentación del bosque mesófilo de montaña y patrones de uso del suelo en la región oeste de Xalapa, Veracruz, México, *Madera y bosques*, 8(1): 73-89.
- Zarco-Espinosa, V. M., Valdez-Hernández, J. L., Ángeles-Pérez, G. y Castillo-Acosta, O. 2010. Estructura y diversidad de la vegetación arbórea del Parque Estatal Agua Blanca, Macuspana, Tabasco, *Universidad y ciencia*, 26(1): 1-17.

ANEXOS

Tabla 11. Valores de abundancia proporcional, densidad relativa y absoluta de las especies encontradas en parcelas de café, Las Lomas, Coatepec, Ver. Densidad Relativa (DR); Densidad Absoluta (DA); número de individuos (ni); abundancia proporcional de la especie (pi) [$pi=ni/N$].

I)

SAFC-I	ni	pi	DR	DA
Plátano (<i>Musa</i> spp.)	16	0.73	72.7	400
Nispero (<i>Eriobotrya japonica</i>)	1	0.05	4.5	25
Jonote (<i>Heliocarpus appendiculatus</i>)	1	0.05	4.5	25
Colorin (<i>Erythrina americana</i>)	1	0.05	4.5	25
Habín (<i>Lonchocarpus guatemalensis</i>)	2	0.09	9.1	50
Chalahuite (<i>Inga</i> spp.)	1	0.05	4.5	25
Número total de individuos (N)	22		100	550
Número total de especies	6			
Índice de Shannon-Wiener		1.01		

Fuente: Elaboración propia, 2023.

II)

SAFC-II	ni	pi	DR	DA
Chalahuite (<i>Inga</i> spp.)	5	0.45	45.5	125
Ixpepel (<i>Trema micrantha</i>)	1	0.09	9.1	25
Habín (<i>Lonchocarpus guatemalensis</i>)	5	0.45	45.5	125
Número total de individuos (N)	11			275
Número total de especies	3			
Índice de Shannon-Wiener		0.03		

Fuente: Elaboración propia, 2023.

III)

SAFC-III	ni	pi	DR	DA
Macadamia (<i>Macadamia</i> spp.)	3	0.12	12	75
Especies sin identificar	1	0.04	4	25
Plátano (<i>Musa</i> spp.)	18	0.72	72	450
Nacaxtle (<i>Enterolobium cyclocarpum</i>)	1	0.04	4	25
Chalahuite (<i>Inga</i> spp.)	1	0.04	4	25
Número total de individuos (N)	25			625
Número total de especies	6			
Índice de Shannon-Wiener		1.00		

Fuente: Elaboración propia, 2023.

IV)

SAFC-IV	ni	pi	DR	DA
Plátano (<i>Musa</i> spp.)	4	0.26	26.7	100
Chalahuite (<i>Inga</i> spp.)	3	0.20	20	75
Grevilea (<i>Grevillea robusta</i>)	2	0.13	13.3	50
Níspero (<i>Eriobotrya japonica</i>)	3	0.20	20	75
Sp (sombrerete)	1	0.06	6.7	25
Jonote (<i>Heliocarpus appendiculatus</i>)	1	0.06	6.7	25
Habín (<i>Lonchocarpus guatemalensis</i>)	1	0.06	6.7	25
Número total de individuos (N)	15			375
Número total de especies	7			
Índice de Shannon-Wiener		1.76		

Fuente: Elaboración propia, 2023.

V)

SAFC-V	ni	pi	DR	DA
Palo gusano (<i>Lippia myriocephala</i> Schltld. y Cham)	4	0.50	50	100
Plátano (<i>Musa</i> spp.)	2	0.25	25	50
Quebracho (<i>Cupania dentata</i>)	1	0.12	12.5	25
Cafesillo (<i>Vismia baccifera</i>)	1	0.12	12.5	25
Número total de individuos (N)	8			200
Número total de especies	4			
Índice de Shannon-Wiener		1.20		
Índice de Shannon-Wiener Global		1.74		

Fuente: Elaboración propia, 2023.

POTENCIAL DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL APLICADA AL MEJORAMIENTO SUSTENTABLE DE LOS AGROECOSISTEMAS CAFETALEROS

GUSTAVO ORTIZ HERNÁNDEZ*
WULFRANO ARTURO LUNA RAMÍREZ**
LUZ AMELIA SÁNCHEZ LANDERO***

INTRODUCCIÓN

La inteligencia artificial (IA) se define como un campo interdisciplinario de la informática que busca desarrollar sistemas y tecnologías capaces de emular y realizar tareas que normalmente requieren la intervención humana, tales como el aprendizaje, el razonamiento, la toma de decisiones y la resolución de problemas. Estos sistemas pueden procesar grandes volúmenes de datos y utilizar algoritmos para mejorar su rendimiento a medida que adquieren experiencia, permitiendo así la ejecución de tareas complejas de manera autónoma o semiautónoma. La IA ha emergido como una herramienta disruptiva y transformadora de paradigmas en múltiples sectores económicos, educativos, científicos, productivos, y el área de la agronomía no es la excepción. En el contexto de la agricultura, la IA se manifiesta en diversas aplicaciones que transforman la producción y el manejo de los cultivos. Algunos ejemplos concretos de la aplicación de IA en la agricultura se presentan a continuación.

* gusortiz@uv.mx.

** wulfranoarturo@gmail.com.

*** luzsanchez02@uv.mx.

1. *Diagnóstico de enfermedades y plagas:* mediante el análisis de imágenes de cultivos tomadas por drones o cámaras, los sistemas de IA pueden identificar signos tempranos de enfermedades y plagas, permitiendo una intervención rápida y precisa. Por ejemplo, una aplicación de IA puede analizar imágenes de hojas de plantas para detectar patrones que indiquen la presencia de una enfermedad específica.
2. *Agricultura de precisión:* la IA puede analizar datos detallados sobre el clima, suelo y otros factores para optimizar la cantidad y ubicación de la aplicación de fertilizantes y pesticidas. Esto reduce el desperdicio de insumos y mejora la salud del suelo. Un ejemplo es el uso de sensores para monitorear la humedad del suelo y programar sistemas de riego de manera más eficiente.
3. *Predicción de rendimiento de cultivos:* utilizando datos históricos y en tiempo real, los modelos de IA pueden predecir el rendimiento de los cultivos y proporcionar información valiosa para la planificación de la cosecha y la gestión de inventarios. Por ejemplo, un modelo puede combinar datos de condiciones climáticas, variedades de cultivos y prácticas de cultivo para prever la producción de una temporada en específico.
4. *Robótica agrícola:* los robots equipados con IA pueden llevar a cabo tareas como la siembra, el riego y la recolección de cultivos de manera autónoma. Estos robots pueden utilizar algoritmos de visión por computadora para identificar y manipular objetos de manera precisa. Existen robots agrícolas comerciales que pueden recolectar frutas maduras de manera selectiva, minimizando el desperdicio y reduciendo la necesidad de mano de obra manual.
5. *Optimización de la cadena de suministro:* mediante algoritmos propios del área de la IA y/o simulación basada en sistemas multiagentes, es posible analizar la demanda del mercado, la oferta de productos y los factores de transporte para optimizar la distribución y el abastecimiento de alimentos desde la granja hasta los consumidores finales, reduciendo costos y tiempos de entrega.

En términos generales, la aplicación de la IA en la agronomía ha abierto nuevas posibilidades para optimizar y mejorar la producción agrícola, aumentar la eficiencia de los recursos y abordar desafíos complejos en la industria alimentaria y ambiental.

Sin embargo, su implementación en el contexto particular de la agroecología presenta retos significativos que deben ser considerados y abordados cuidadosamente. Mientras que la implementación de tecnologías vinculadas a la IA en el ámbito agrícola ha demostrado un futuro prometedor en lo que respecta a sistemas de producción de cultivos, de monocultivo y extensivos, su aplicación en sistemas de producción tradicionales y a menor escala ha sido objeto de menor claridad y estudio.

Este escenario plantea un panorama en el cual adoptar tecnología asociada con la IA en sistemas agrícolas de cultivos, de alto impacto económico y social, pero manejados de una manera tradicional, distribuidos entre un grupo numeroso de parcelas de menor extensión y bajo los principios de sustentabilidad, presenta una serie de desafíos, destacándose el desbalance en la relación costos-beneficio como un factor preponderante. Es decir, en múltiples ocasiones, la inversión requerida para la incorporación de tecnología en estos contextos conlleva un desembolso financiero que supera ampliamente los beneficios obtenidos, especialmente en sistemas de producción agrícola tradicionales que son gestionados por pequeños productores.

En otras palabras, la integración exitosa de tecnologías propias de la IA con sistemas de monocultivo y extensivos puede atribuirse a diversos factores. En primer lugar, estos sistemas tienden a operar en una escala mayor, lo que puede facilitar la justificación de los costos asociados con la adquisición e implementación de tecnologías avanzadas. Además, la estandarización de procesos en sistemas extensivos puede simplificar la integración de soluciones tecnológicas, permitiendo una mayor automatización y eficiencia en la producción. Por otro lado, al considerar sistemas agrícolas más tradicionales y de menor escala, emergen una serie de retos que limitan la adopción de tecnologías. Específicamente, el desbalance en la relación costo-beneficio se presenta como un obstáculo fundamental. Esta discrepancia económica radica en la naturaleza misma de los sistemas de producción agrícola tradicionales. Estos sistemas suelen caracterizarse por su diversidad de cultivos, prácticas agrícolas arraigadas en el conocimiento local y enfoques más holísticos y sustentables de gestión del suelo y de los recursos naturales. Estas particularidades, aunadas a otras, como la falta de capacitación y resistencia al cambio en los esquemas tradicionales de producción, pueden dificultar la adaptación de tecnologías de IA que a menudo se diseñan con una orientación más hacia la estandarización y la homogeneidad de los procesos.

Un área de la IA relevante por su amplio potencial de aplicación en la agronomía y la agroecología es el aprendizaje automático, en conjunción a los sistemas de percepción remota y monitoreo que permiten realizar diagnósticos en distintas etapas y a diferentes niveles de organización (macro, micro y mesosistema). De esta forma, las aplicaciones de la IA pueden dar ventajas tanto para productores como técnicos de campo e investigadores agrónomos, al permitirles además del monitoreo y descripción de los cultivos, y sus distintos procesos relacionados, realizar simulaciones computacionales de los mismos, las cuales son una herramienta que permite incluir diversas variables, como las climatológicas, las económicas y sociales que confluyen en los fenómenos estudiados, además de permitir un tránsito temporal que puede definir las fases del mismo, y con ello optimizar no sólo el análisis, sino ahorrar tiempo, recursos humanos y materiales.

La agroforestería, por su parte, al estudiar aspectos de usos del suelo, como la combinación temporal y espacial de árboles, pastos, ganado y cultivos, permite identificar interacciones ecológicas que a la postre desembocan en la creación de sistemas sostenibles que incluyan beneficios económicos para los productores. Uno de los sistemas agroforestales de mayor importancia en México y en el mundo, por su representatividad económica es el cultivo del café (*Coffea arabica* L.). Nuestro país es el onceavo productor de café mundial, que para 2018 exportaba 28 mil toneladas, es decir, 0.66% del PIB, y aporta 3.24% a la producción global de café (SEGOB, 2018). El estado de Veracruz, donde se inició su producción alrededor del año de 1976 en la región de Córdoba, representa 24% de la producción, superado sólo por el estado de Chiapas con más del 40% (CEDRSSA, 2018).

En la zona central de Veracruz existen alrededor de 85 mil cafetaleros que cultivan aproximadamente 140 mil hectáreas. Sin embargo, pese a su relevancia, el sector cafetalero tiende a la baja producción, lo que provoca un desinterés o incluso el abandono de las fincas y pone en peligro la permanencia del cultivo. Aunado al cambio climático, hay varios problemas que incrementan la incertidumbre durante la producción del grano, como la falta de preparación de los involucrados, bajos niveles de organización, el abandono institucional, el escaso apoyo a la investigación, el bajo uso de tecnologías y la combinación con otras dinámicas sociales, políticas y económicas, provoca que las nuevas generaciones se vayan alejando del cultivo, lo que desarrolla una crisis en la producción de café. Es por ello que el uso

racional de tecnologías como las provistas por la IA aplicadas a la agroforestería y a la agroecología son importantes para mejorar las condiciones de la producción del café.

En este capítulo se presenta un panorama del potencial del uso de técnicas de IA aplicada a los agroecosistemas cafetaleros, en particular se destaca su viabilidad para la detección y monitoreo automático de plagas y enfermedades, gracias al costo relativamente bajo en su implementación y puesta en marcha. Se presenta una revisión del estado del arte y se destaca el área de oportunidad y los retos que se presentan para enfocar esfuerzos en aplicar modelos de tecnología de IA a los agroecosistemas de café de sombra, modalidad de cultivo propio de Veracruz, y con un alto impacto económico y social para el estado.

Detección y monitoreo automático de plagas y enfermedades

Los sistemas agroforestales de café desempeñan un papel crucial en la producción mundial de café. Sin embargo, enfrentan desafíos significativos debido a la proliferación de enfermedades y plagas que amenazan la calidad y cantidad de la cosecha, lo anterior es una de las principales causas en la actualidad de la pérdida de cultivos. La detección temprana y el monitoreo constante de estas amenazas son esenciales para garantizar la salud y productividad de los cafetales. En esta sección, exploramos los avances en detección y monitoreo automático de enfermedades y plagas en sistemas agroforestales de café, haciendo hincapié en enfoques basados en tecnología computacional y análisis de imágenes.

Los avances en tecnología computacional y análisis de imágenes han permitido desarrollar enfoques efectivos para la identificación temprana de problemas fitosanitarios. Los modelos computacionales basados en visión por computadora son especialmente adecuados para este desafío, ya que ofrecen mayor precisión a un costo reducido y pueden ser implementados con viabilidad y compatibilidad en enfoques de producción agroforestal.

En el caso del cultivo de café, la detección y monitoreo automáticos de enfermedades y plagas como la roya, son cruciales para garantizar la productividad y sostenibilidad de la industria cafetera (Chemura *et al.*, 2016). La implementación de sistemas de alerta temprana y la integración de imágenes de alta resolución o multispectrales, provenientes de cámaras en pedestales, drones y satélites, son

ejemplos de cómo la tecnología está revolucionando la forma en que se abordan estos desafíos (Luaces *et al.*, 2011; Devadas *et al.*, 2009).

En Cruz-Estrada *et al.* (2020) se presenta un sistema de monitoreo automático que, mediante imágenes obtenidas de cámaras instaladas en pedestal, en los cafetales, y mediante algoritmos de aprendizaje automático (redes neuronales), se logra la detección de anomalías en la pigmentación de las hojas sobre el cultivo de café, mismas que son asociadas con la presencia de roya. Este sistema alerta a los agricultores cuando se detectan cambios inusuales en la salud de las plantas, lo que permite una intervención temprana. Además, es posible implementar una solución similar empleando un enfoque basado en imágenes capturadas por drones equipados con cámaras de alta resolución o multispectrales. A pesar del vasto y prometedor potencial que los sistemas automatizados basados en visión por computadora tienen para revolucionar el monitoreo y la prevención de plagas y enfermedades en diversos cultivos de gran relevancia económica, es importante reconocer que, hasta la fecha, hay una brecha significativa en la literatura científica que se dedica de manera específica a abordar esta problemática dentro del contexto de los sistemas agroforestales de café.

Los sistemas agroforestales de café presentan un conjunto único de desafíos y condiciones ambientales que hacen que la detección y prevención de plagas y enfermedades sea un asunto particularmente complejo. La interacción de los cafetos con otros elementos del ecosistema, como árboles de sombra y otros cultivos, crea una dinámica única que puede influir en la propagación de enfermedades y la presencia de plagas. Las condiciones climáticas, la variabilidad en el dosel forestal y las prácticas agronómicas específicas a esta modalidad de cultivo añaden capas adicionales de complejidad a la detección y monitoreo.

Además, los retos sociales vinculados a la resistencia al cambio y las limitaciones culturales en el manejo y apropiación de tecnología por parte de los productores de las fincas tradicionales de café, dificultan la implementación, puesta en marcha y adopción exitosa de este tipo de tecnología. Promover la investigación en este sentido no solo impulsaría la ciencia, sino que también tendría un impacto directo en la vida de los agricultores y en la producción global de uno de los productos más importantes en la economía mundial.

A continuación, en la tabla 1 se enlistan una serie de trabajos que abordan la problemática de analizar imágenes mediante algoritmos del área de aprendizaje

automático (una rama de la IA), con el principal propósito de detectar la presencia de enfermedades de manera automática. Se presenta una breve descripción del algoritmo o algoritmos, así como de la metodología general que emplean para resolverlo. Se menciona la precisión global en la clasificación, es decir, qué tan acertado resulta el modelo propuesto; se menciona en la descripción la principal contribución en comparativa con otros modelos; finalmente, se indica sobre el cultivo en qué parte de la planta se enfoca el estudio.

Tabla 12. Comparación de diferentes técnicas para la detección automática de enfermedades en cultivos mediante algoritmos de aprendizaje automático, adaptado de Albattah W. (2021)

Referencia	Metodología	Descripción	Cultivo
W. Ahmad <i>et al.</i> (2020)	Basado en el enfoque DLQP con un clasificador SVM para clasificar múltiples enfermedades. Logra una precisión del 98.63% en la clasificación.	Mejora la precisión de la clasificación de plantas con texturas morfológicas similares.	Enfermedades en distintas especies de plantas. Hojas.
Le VNT (2020)	Emplea un marco denominado kFL PCM junto con SVM para la clasificación de enfermedades de cultivos. Logra un 98.63% de precisión.	Mejora la precisión de la clasificación de plantas con texturas morfológicas similares. La precisión de detección se degrada con muestras distorsionadas.	Maleza. Imagen de la hoja.
Sun Y (2019)	Se usa el método de Harris aunado con GLCM para el cálculo de componentes y características; el clasificador SVM se empleó para la clasificación de enfermedades de la planta del té, con un 98.5% de precisión.	El enfoque es capaz de detectar la porción de hojas afectadas del fondo complejo. Presenta un costo computacional alto.	Té. Análisis de la hoja.

Referencia	Metodología	Descripción	Cultivo
Xe Pantazi <i>et al.</i> (2019)	Se empleó LBP junto con el clasificador SVM para la clasificación de enfermedades de las plantas. Precisión 95%.	El modelo tiene mejor poder de generalización de los trabajos revisados. El rendimiento de la clasificación se degrada con muestras ruidosas	Diversas especies de plantas. Hojas.
Ramesh S. <i>et al.</i> (2018)	Se empleó el enfoque HOG con el clasificador RF para categorizar las muestras de plantas enfermas para varias clases. Logra una precisión de 70.14%	El trabajo es computacionalmente eficiente. El rendimiento necesita mejoras adicionales.	Distintas especies de plantas. Categoriza hojas sanas y enfermas.
G. Kuricheti <i>et al.</i> (2019)	Emplea agrupamiento de K-means, los algoritmos GLCM junto con el clasificador SVM se utilizaron para clasificar las enfermedades de la hoja de la cúrcuma. Precisión 91%	El trabajo puede localizar las hojas enfermas de las plantas de las muestras borrosas. El rendimiento de clasificación se degrada para las muestras que tienen grandes variaciones de brillo.	Hoja de cúrcuma.
M. Agarwal <i>et al.</i> (2020)	Presenta una arquitectura basada en CNN para localizar y categorizar la enfermedad del cultivo del tomate. Precisión 91.2%.	La técnica es computacionalmente eficiente. El modelo reporta un sobreajuste excesivo en un pequeño número de clases.	Enfermedad en el cultivo del tomate. Análisis de la hoja.

Referencia	Metodología	Descripción	Cultivo
B. Richey B <i>et al.</i> (2020)	Utiliza una técnica basada en una aplicación móvil que emplea un modelo basado en DL, a saber, ResNet50, para clasificar las diversas enfermedades de los cultivos de maíz.	El modelo tiene mejor poder de generalización de los trabajos revisados en este documento. Exige una gama alta de dispositivos móviles para su buen funcionamiento, en cuanto a los requerimientos de consumo de batería, cámara y potencia de procesamiento.	Cultivo de maíz. Hoja.
M. Turkoglu <i>et al.</i> (2021)	AlexNet, GoogleNet, DenseNet201, ResNet50 y ResNet101 junto con el clasificador SVM se utilizaron para clasificar las enfermedades de las hojas de las plantas. Logra una precisión del 97.56%	El trabajo es robusto en cuanto a la clasificación de enfermedades de las plantas bajo la presencia de variaciones de luz. Presenta un alto costo computacional.	Múltiples especies de plantas. Hojas.

La revisión sintetizada en la tabla 12 revela que la creación de técnicas y modelos para la detección automática de enfermedades, mediante el análisis de imágenes, es un campo en constante evolución y desarrollo. A medida que la disponibilidad de datos y el poder de cómputo aumentan, se ha observado una creciente adopción de enfoques de aprendizaje profundo, como redes neuronales convolucionales y redes generativas adversarias, técnicas de patrón binario local, e incluso k-vecinos más cercanos, entre otros. Lo anterior, debido a su capacidad para capturar características complejas y patrones sutiles en imágenes de uso agrícola. Sin embargo, las técnicas clásicas de aprendizaje automático, como máquinas de soporte vectorial y

árboles de decisión, aún demuestran su importancia en ciertos escenarios donde la interpretación y la comprensión son fundamentales.

A pesar de los avances, persisten desafíos significativos, como la disponibilidad limitada de conjuntos de datos etiquetados (para su insumo por algoritmos basados en aprendizaje supervisado) y la transferencia de modelos entre diferentes tipos de cultivos y condiciones ambientales. También, la selección y pre-procesamiento adecuado de datos siguen siendo un factor crítico en el rendimiento de los algoritmos. Además, la implementación práctica de estas técnicas en entornos agrícolas reales requiere consideraciones logísticas y de recursos.

El estado actual de la investigación sugiere que la detección automática de enfermedades y plagas en cultivos, mediante algoritmos de aprendizaje automático, tiene un potencial prometedor para revolucionar la agricultura al permitir una detección temprana y precisa, lo que a su vez podría aumentar la productividad, reducir el uso de agroquímicos y mejorar la seguridad alimentaria a nivel global. Sin embargo, se necesita una colaboración continua entre investigadores, agricultores y expertos en tecnología para superar los obstáculos restantes y llevar estas innovaciones, desde el laboratorio hasta el campo, de manera efectiva y sustentable.

CONCLUSIÓN

Es evidente la falta de estudios en el área enfocados en sistemas de producción agroforestales, particularmente en cultivos de café de sombra. Dicha brecha puede atribuirse a varias razones fundamentales, como 1) la complejidad de la detección y validación en cultivos de café de sombra implica un entorno natural altamente complejo, donde múltiples variables pueden afectar la apariencia de las plantas, lo cual dificulta enormemente la creación de conjuntos de datos de alta calidad y la validación precisa de los algoritmos de IA, es decir, las variaciones en la iluminación, la sombra y el entorno pueden dificultar la captura de imágenes consistentes y etiquetadas correctamente; 2) falta de conjuntos de datos etiquetados, ya que para entrenar modelos de aprendizaje supervisado de manera precisa se requieren grandes conjuntos de datos (etiquetados) que representen las variaciones reales en la presencia de plagas y enfermedades, esta recopilación de imágenes de cultivos de café de sombra puede ser costosas y laboriosa, especialmente en comparación con otros cultivos; 3) recur-

tos financieros limitados, el acceso a tecnologías avanzadas de captura de imágenes y algoritmos de IA puede ser costoso en cultivos de café tradicionales de menor escala y gestionados por pequeños productores; 4) enfoque en cultivos monocultivos y extensivos, muchos estudios y desarrollos de IA en agricultura tienden a centrarse en cultivos convencionales de alto valor económico, lo que puede dejar a un lado a cultivos de nicho o tradicionales, como el café de sombra, esto puede llevar a una falta de interés y financiamiento para investigaciones específicas en este contexto; y 5) escasez de conocimiento interdisciplinario, La investigación en la intersección de la inteligencia artificial y la agricultura requiere una colaboración interdisciplinaria entre expertos en ciencias de la computación y la agronomía, es decir, la falta de expertos con conocimientos tanto en IA como en cultivos de café de sombra puede limitar la investigación en este campo.

En conjunto, estos factores pueden contribuir a la falta de estudios científicos específicos para aplicar tecnologías vinculadas con la IA aplicadas a cultivos, como el café de sombra y otros sistemas agroforestales. Sin embargo, a medida que la conciencia sobre la importancia de la agricultura sustentable y la seguridad alimentaria aumenta, es posible que se fomente una mayor investigación y desarrollo en esta área, superando gradualmente estas barreras.

REFLEXIÓN GENERAL

La localidad Las Lomas se localiza dentro de la nanocuenca que llamamos por el mismo nombre y se ha dedicado principalmente a la producción de café y caña de azúcar. La nanocuenca tiene potencial para la producción de café de alta calidad debido a que reúne todos los requerimientos ecológicos y porque el cultivo se realiza bajo sombra con variedades que se distinguen por producir café de calidad física en grano y en la taza.

A pesar de que diversas instancias han reconocido este potencial, lo cierto es que los productores nunca han sido capaces de aprovechar esta ventaja para su beneficio, porque acarrean una historia de ser sólo productores “cerceros”, esta particularidad (ser cerceros) nunca les permitió identificar su fortaleza y se podría afirmar que fue una de las perversas herencias que les dejó el Instituto Mexicano del Café (Inmecafé), aunque es importante destacar que esta práctica también fue

reforzada por los terratenientes y grandes exportadores cafetaleros, quienes han sido los principales compradores de café cereza y poseionarios de los beneficios húmedos y secos de la región.

Desde antes de la creación del ejido Las Lomas, la nanocuenca ha estado habitada por pequeños productores que por más de tres generaciones han cultivado y sobrevivido de la venta del café, a pesar de las perpetuas fluctuaciones cíclicas de los precios del aromático. Aunado a lo anterior, factores como la alta incidencia de enfermedades y plagas, así como la baja inversión y desorganización de los pequeños productores, explican el abandono y/o semiabandono de las parcelas, lo que se traduce en baja productividad, reconversión productiva y cambio de uso del suelo, entre otras.

No obstante, la producción de café en la nanocuenca Las Lomas se mantiene desde hace más de un siglo, y a decir de los productores seguirán produciendo café a pesar de la situación problemática que enfrentan. Podríamos afirmar que las familias que habitan la nanocuenca han construido, en torno a la producción de café un vínculo no sólo económico, sino también social, cultural y hasta sentimental.

Es precisamente esta conexión con el entorno social, económico, cultural y productivo, lo que apuntala la identidad del productor con su territorio. Es decir, el pequeño productor manifiesta su disponibilidad a seguir produciendo café y a cuidar y defender su entorno conservando sus fincas con sombra diversa, a pesar de que para ellos desde hace varios decenios dejó de ser rentable y nos les brinda suficientes ingresos para sobrevivir de la venta del café.

El sentido de pertenencia que los pequeños productores han construido con su territorio y sobre el cultivo del café, sugiere que la implementación de acciones de gestión que propicien el desarrollo a nivel de la nanocuenca cafetalera podrían tener buena aceptación, siempre y cuando sean implantadas de manera horizontal y colaborativa. Es de vital importancia el impulso de la investigación y formación de recursos humanos que ayuden a enfrentar los principales retos y propiciar los cambios tecnológicos que impulsen el incremento de la productividad por hectárea. Se debe intensificar el uso de estaciones climatológicas inteligentes y de monitoreo en fincas de café de sombra y zonas estratégicas que puedan servir de insumo para investigaciones orientadas a la detección y alerta temprana de riesgos meteorológicos, plagas y enfermedades, con la finalidad de impulsar la sustenta-

bilidad y la resiliencia de los agroecosistemas cafetaleros frente al cambio climático, también es de vital importancia la organización social para la transformación (beneficio húmedo y seco), torrefacción (tostado y molido) y venta al consumidor, que nos ponga a la altura de los últimos avances en la cafecultura del mundo. Las universidades y centros de investigación del gobierno federal son una alternativa que no se ha aprovechado de manera eficiente para apuntalar el desarrollo sostenible de los territorios cafetaleros del país.

GLOSARIO

CNN. Convolutional Neural Networks. Tipo especializado de arquitectura de redes neuronales profundas diseñadas para el procesamiento y análisis de imágenes. La característica distintiva de las CNN es su capacidad para aprender automáticamente características jerárquicas y relevantes directamente de los datos de entrada, lo que hace que sean ideales para el análisis de imágenes.

DenseNet XX. Es una arquitectura de red neuronal convolucional profunda (CNN) que pertenece a la familia de arquitecturas DenseNet (Redes Neuronales Densas). Las redes DenseNet se caracterizan por su estructura densamente conectada, lo que significa que cada capa está conectada directamente a todas las capas subsiguientes. El número XX indica el número de capas de la red.

DLQP. Deep Learning Quantized Phase. La cuantización para el aprendizaje profundo es el proceso de aproximar una red neuronal que utiliza números de punto flotante mediante una red neuronal de números de baja anchura de bits. Esto reduce drásticamente tanto el requisito de memoria como el costo computacional de utilizar redes neuronales.

GLCM. Gray Level Co-Occurrence Model. Técnica utilizada en el procesamiento de imágenes y el análisis de texturas para describir las relaciones espaciales entre los píxeles en una imagen. Es ampliamente utilizado en el campo de la visión por computadora y el análisis de imágenes para extraer información sobre la textura y la estructura de una imagen.

HOG. Histogram of Oriented Gradient. Técnica basada en histogramas que capturan la distribución de las orientaciones de los gradientes en una región específica de la imagen. Luego, estos histogramas se normalizan y se concatenan para formar el

- descriptor HOG, que codifica información sobre las orientaciones de los gradientes en toda la imagen.
- KFL. Kernel Fuzzy Learning. El aprendizaje difuso se refiere a un enfoque en el que se maneja la incertidumbre y la imprecisión en los datos. En lugar de asignar categorías o etiquetas discretas a los datos, se asignan grados de pertenencia a diferentes clases, lo que permite un tratamiento más flexible de la ambigüedad en los datos.
- LBP. Local Binary Pattern. Técnica ampliamente utilizada en el procesamiento de imágenes y el análisis de texturas. Fue propuesta originalmente para la detección de texturas en imágenes, pero desde entonces ha encontrado aplicaciones en varias áreas, incluida la detección de objetos y reconocimiento de patrones.
- ResNet *xx*. Es una arquitectura de red neuronal convolucional profunda (CNN) desarrollada por Microsoft Research. Es un miembro de la familia de arquitecturas ResNet, que se caracterizan por su capacidad para entrenar y optimizar redes neuronales extremadamente profundas, evitando el problema de la degradación del rendimiento que se encuentra en arquitecturas más tradicionales a medida que se agregan capas. El número *xx* indica el número de capas de la red.
- SVM. Support Vector Machine. Algoritmo de aprendizaje automático supervisado utilizado principalmente para tareas de clasificación y regresión. La idea fundamental detrás de SVM es encontrar el hiperplano óptimo que mejor separa dos clases en un espacio de características multidimensionales.

REFERENCIAS

- Ahmad, W., Shah, S. e Irtaza, A. 2020. Plants disease phenotyping using quinary patterns as texture descriptor. *KSII Trans Internet Inf Syst* 14(8): 3312-3327.
- Albattah, W., Nawaz, M., Javed, A., Masood, M. y Albahli, S. 2021. *A novel deep learning method for detection and classification of plant diseases*. Complex Intell. Syst.
- Agarwa, I M. *et al.* 2020. ToLeD: Tomato leaf disease detection using convolutional neural network. *Procedia Comput Sci* 167: 293-301.
- Argüeso, D. *et al.* 2020. Few-Shot Learning approach for plant disease classification using images taken in the field. *Comput Electron Agric* 175: 105-542.

- CEDRSSA 2018. Recuperado en: <http://www.cedrssa.gob.mx/files/10/30EI%20caf%C3%A9%20en%20M%C3%A9xico:%20diagn%C3%B3stico%20y%20perspectiva.pdf>
- Chemura, A., Mutanga, O. y Dube, T. 2016. Separability of coffee leaf rust infection levels with machine learning methods at sentinel-2 msi spectral resolutions. *Precision Agriculture*, p. 23.
- Devadas, R., Lamb, D. W., Backhouse, D. y Simpfendorfer, S. 2009. Evaluating ten spectral vegetation indices for identifying rust infection in individual wheat leaves. *Precision Agriculture*, 10: 459-470.
- Kuricheti, G. y Supriya, P. 2019. *Computer Vision Based Turmeric Leaf Disease Detection and Classification: a Step to Smart Agriculture*. 3rd International Conference on Trends in Electronics and Informatics (ICOEI). IEEE.
- Luaces, O., Antunes, L. H., Meira, C. y Bahamonde, A. 2011. Using non-deterministic learners to alert on coffee rust disease. *Expert Systems with Applications* 38: 14276-14283.
- Pantazi, X. E., Moshou, D. y Tamouridou, A. A. 2019. Automated leaf disease detection in different crop species through image features analysis and One Class Classifiers. *Comput Electron Agric.*, 156: 96-104.
- Ramesh S. *et al.* 2018. *Plant disease detection using machine learning*. International conference on design innovations for 3Cs compute communicate control (ICDI3C). IEEE.
- Richey, B. *et al.* 2020. *Real-time detection of maize crop disease via a deep learning-based smartphone app. in Real-Time Image Processing and Deep Learning*. International Society for Optics and Photonics.
- Sun, Y. 2019. SLIC_SVM based leaf diseases saliency map extraction of tea plant. *Comput Electron Agric.*, 157: 102-109.
- Secretaría de Gobierno. 2018. Recuperado de: <https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/mexico-onceavo-productor-mundial-de-cafe>
- Turkoglu, M., Yaniko-glu, B. y Hanbay, D. 2021. PlantDiseaseNet: convolutional neural network ensemble for plant disease and pest detection. *Signal, Image Video Processing*, 1-9.

DESARROLLO SUSTENTABLE DEL TERRITORIO CAFETALERO: TRABAJAR A ESCALA DE LA NANOCUENCA

GUSTAVO ORTIZ CEBALLOS
AGUSTÍN MUÑOZ CEBALLOS
JOSÉ LUIS MARTÍNEZ RODRÍGUEZ

DELIMITACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LAS ÁREAS HOMOGÉNEAS DE LA NANOCUENCA HIDROLÓGICA LAS LOMAS

Con base en las características de los mapas temáticos de altitud, pendiente, fisiografía, pétalos o áreas de captación de agua, tipos de vegetación y uso del suelo a escala 1:75 000 (ORSTOM, 1997) fueron delimitadas cinco áreas homogéneas con superficies que van desde 11.37 hasta 394.39 ha (Tabla 13). De manera complementaria al análisis cartográfico se organizaron talleres participativos con productores de la nanocuena, lo que permitió obtener información sobre el manejo de los diferentes sistemas de cultivos, principalmente de sus fincas cafetaleras.

Área homogénea de lomeríos 13-V

Cubre una superficie de 176.5 ha con lomeríos y pendientes medias a fuertes, con corrientes de agua que descargan en el río Sordo y con cinco pétalos de captación, destacando el pétalo de captación denominado El Chinini, donde se localiza el SAF-C de Doña Eva (parcela V) (Figura 19). En los sitios de mayor pendiente el principal uso del suelo es café con sombra diversificada, mientras que en los de

Tabla 13. Superficie de las áreas homogéneas delimitadas en la nanocuenca
Las Lomas, Coatepec, Ver.

Área homogénea	Características	Superficie (ha)
13-V	Área homogénea de lomeríos	176.5
34-V	Área de lomeríos con laderas muy inclinadas	324.28
4-V	Cerro Malinche	62.0
0-4	Área de planicie	394.39
4-R	Ladera con pendientes fuertes	11.37
Total		968.54

Fuente: Elaboración propia, 2023.

menor pendiente o ligeramente inclinadas se cultiva la caña de azúcar. En la parte norte de esta área homogénea se localiza un pétalo de captación que origina la formación de una laguna, la cual se alimenta de las corrientes de agua que provienen del cerro Malinche, localizado en el costado oeste (Figura 20).

El área homogénea 34v (área de lomeríos con laderas muy inclinadas)

Cubre una superficie de 324.28 ha y colinda al oeste con el río Sordo, los SAF-C de Don Damián (parcela IV), de Don Marcos (parcela II) y de Doña Lucinda (parcela III) son representativas de esta área homogénea, su altitud va de 1300 a 1380 msnm, cuenta con pendientes que van de fuertes a medias y con pequeños graderíos o terrazas de balcón, contiene seis pétalos de captación de agua (Figura 19), todas ellos alargados con corrientes y velocidades de descarga rápidas que desembocan en el río Sordo, en algunas partes de estos sitios de captación se encuentran pendientes muy fuertes y con laderas muy inclinadas, no obstante, en todas ellas hay presencia de fincas de café con cobertura arbórea promedio de 10 a 15 m de altura, mientras que en las zonas de pendientes medias-suaves el sistema de cultivo es caña de azúcar.

Las fincas de café en esta área cuentan con canales para el desvío de las aguas de lluvia que se transportan por los cañaverales en la parte superior. Todas las fincas cuentan con buen sistema de drenaje, sin embargo, en algunos casos se hace patente la erosión hídrica del tipo laminar; cuando el plátano es la especie de sombra que domina en las fincas lo que se observa es la construcción colectiva de canales de drenaje con el propósito de disminuir la velocidad de las corrientes de agua superficial. En esta área es frecuente la presencia de árboles de mango con variedades criollas y, al igual que la fruta de plátano, lo venden para alimentación animal a ganaderos de zonas aledañas a la nanocuenca (Figura 20).

El área homogénea 4-v (cerro Malinche)

Cubre una superficie de 62 ha, la altitud de esta área o cerro Malinche va de 1300 a 1380 msnm, con pendientes fuertes a muy fuertes, su fisiografía se caracteriza por la presencia de un cono volcánico con suelos de textura gruesa. El derrame de lava volcánica explica la presencia de rocas extrusivas ígneas. Los suelos son delgados con profundidad de 10-20 cm, el tipo vegetación natural es secundaria, aunque en menor grado presenta elementos de bosque mesófilo de montaña; el tipo de uso de suelo que cubre casi la totalidad de esta área son fincas de café con sombra diversificada. Es importante destacar que la cobertura arbórea del cafetal mantiene especies con alturas promedio superior a los 25 m, lo que sin duda evita que los procesos erosivos por el escurrimiento hídrico se reduzcan en un área donde los riesgos de erosión son muy altos debido a sus características fisiográficas.

En su parte baja las corrientes de agua son múltiples, lo que provoca la formación de manantiales. Las fincas de café de esta área homogénea son muy viejas (mayores a 50 años) y están conformadas por variedades de café susceptibles a la roya, tales como: típica, bourbon y caturra; debido a las condiciones fisiográficas donde se encuentran demandan un mayor costo y esfuerzo laboral para su mantenimiento, sin embargo, se observa que les dan un manejo mínimo, es decir, no hay renovación de plantas de café, permiten mucha sombra en el cafetal, hacen un bajo uso de insumos y, eventualmente contratan jornales ya que usan principalmente mano de obra familiar, todo esto se traduce en la presencia de fincas con muy baja productividad (figuras 19 y 20).

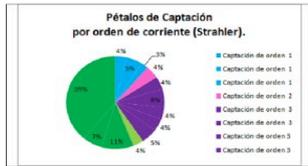
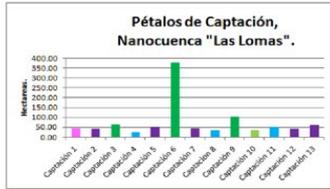
Área homogénea O-4 (área de planicie)

Cubre una superficie de 394.39 ha, en esta área homogénea ubicamos el SAF-C de referencia de Don Jacobo (parcela I), los rangos de altura de esta área homogénea van desde 980 a 1300 msnm, sus pendientes son muy suaves hasta alcanzar sitios muy planos en la parte baja y se extienden hacia el este, donde ya se encuentran propiedades privadas que están fuera del ejido Las Lomas, es un área de planicies con laderas muy suaves alargadas y con mesetas amplias, y cuenta con sólo un pétalo de captación (Figura 19), mismo que inicia en el área homogénea del cerro Malinche y de una pequeña loma denominada área homogénea 4-R; se identifica una corriente de agua superficial de tipo continua y otra de carácter intermitente.

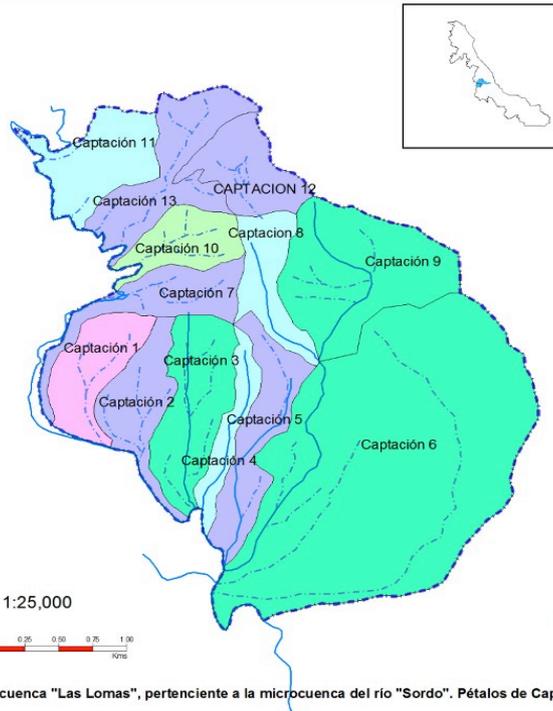
Los suelos son profundos, de 40 a 80 cm y sus coberturas arbóreas son de altura alta (20 a 25 m), al este de esta área se encuentran las especies arbóreas más altas, superiores a 20 m. El cultivo de café sigue siendo un tipo de uso importante, aunque la caña de azúcar ocupa más de 60% de la superficie de esta área y con posibilidades de seguir desplazando las fincas de café diversificadas. Aquí se han instalado varios viveros de plantas de ornato y representa la zona más susceptible a industrializarse y a cambiar el uso del suelo por casas residenciales o casas de campo. Cuenta con accesos pavimentados y de terracería, mismos que facilitan la movilidad poblacional y el flujo de carga y descarga de los productos del campo. También en la parte sureste, a un lado de la carretera Coatepec-Las Trancas, se encuentra el beneficio de café Puerto Rico, donde se realizan varias prácticas de investigación-acción por parte de alumnos de la Universidad Veracruzana con los socios productores de café que comparten sus experiencias en el cultivo, beneficiado y exportación de café.

Área homogénea 4-R (pendientes fuertes)

Área homogénea que cubre una pequeña superficie de 11.37 ha, con una altitud de 1190 msnm, con pendientes fuertes, su fisiografía se caracteriza por la presencia de un cerro con suelos del tipo luvisol húmico, poca pedregosidad, con un tipo de uso del suelo donde domina el SAF-C (Figura 20).



Número de Captación	Superficie (Ha.)
Captación 1	42.91
Captación 2	41.44
Captación 3	63.29
Captación 4	23.67
Captación 5	52.30
Captación 6	377.14
Captación 7	42.89
Captación 8	35.53
Captación 9	102.53
Captación 10	33.60
Captación 11	51.45
Captación 12	40.96
Captación 13	60.83
TOTAL =	968.54



FUENTES CARTOGRÁFICAS:
 INEGI (2000), Cartografía topográfica digital Esc. 1:50,000. Carta Hidrología Superficial digital Esc. 1:250,000. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México.

INEGI (2009), Imágenes de RADAR (Lidar), resolución: horizontal espacial de 5m y 1 metro vertical. Clave E14B37 A2. Esc. 1:10,000. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México.

Superficie = 968.54 Ha.

Esc. 1:25,000



Nanocuenca "Las Lomas", perteneciente a la microcuenca del río "Sordo". Pétalos de Captación.

Figura 19. Mapa de pétalos o áreas de captación de agua, en nanocuenca Las Lomas, Coatepec, Ver. Fuente: INEGI, 2023.

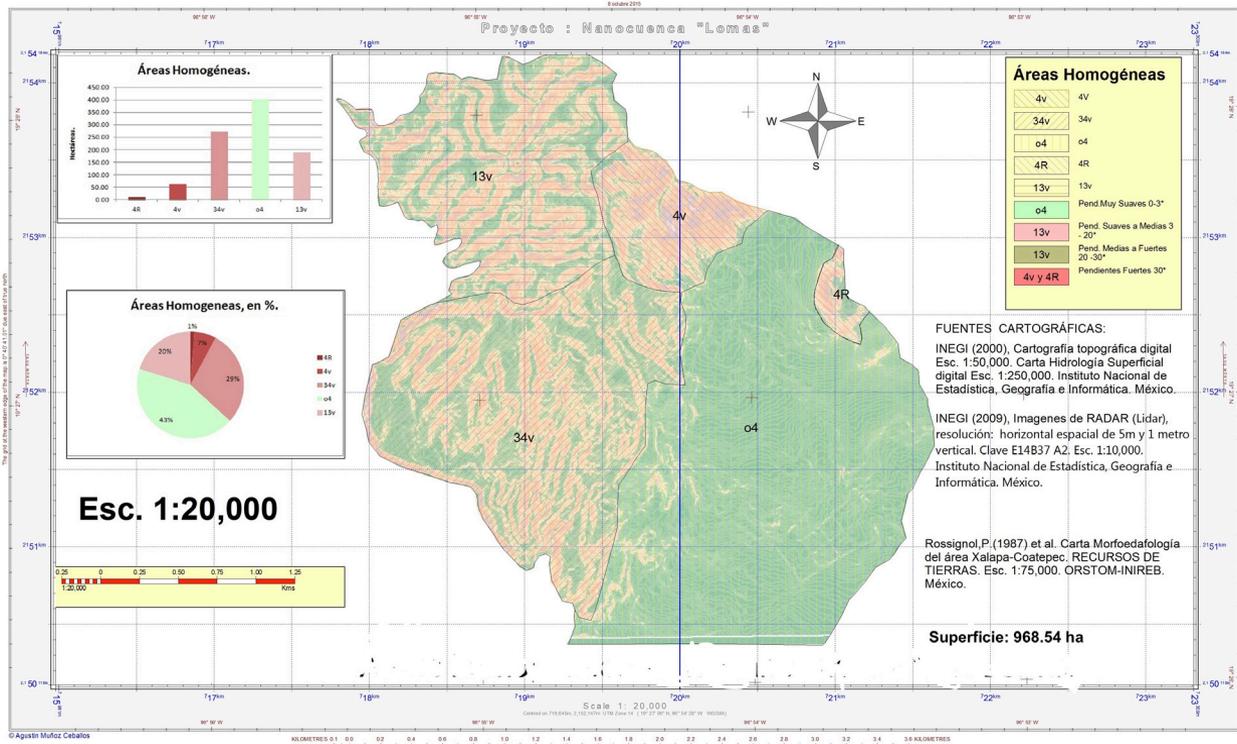


Figura 20. Áreas homogéneas delimitadas en la nanocuenca Las Lomas, Coatepec, Ver. Fuente: INEGI, 2023.

PROPUESTA DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL PARA FORTALECER LA PRODUCCION SUSTENTABLE CAFETALERA DE LA NANOCUENCA LAS LOMAS

Delimitación de las unidades territoriales

Con la información cartográfica previamente analizada y con la información proporcionada por productores asistentes a un taller participativo, que aportaron sus conocimientos sobre las características ambientales de la nanocuenca, fue factible trazar seis territorios ambientales que cubren toda la nanocuenca, más el área urbana (Tabla 14). Derivado del análisis de estas unidades territoriales y de las cinco áreas homogéneas previamente descritas, se diseñó la siguiente propuesta de ordenamiento territorial (figuras 21 y 22).

Tabla 14. Ordenamiento territorial de la nanocuenca Las Lomas, Coatepec, Ver.

Unidad territorial	Descripción	Superficie (ha)	%
El Chinini	Lomeríos redondeados	176.5	18.81
El Cementerio	Lomeríos con laderas muy inclinadas	272.28	29.02
Tierras Planas	Planicies ligeramente inclinadas	380.02	37.76
Cerro Malinche	Laderas muy inclinadas y lomeríos ondulados	62.0	6.67
Río Sordo	Laderas muy inclinadas sobre la rivera del río	52.20	5.19
Urbana	Planicie alargada	25.65	2.55
	Total	968.54	100

Fuente: Elaboración propia, 2023.

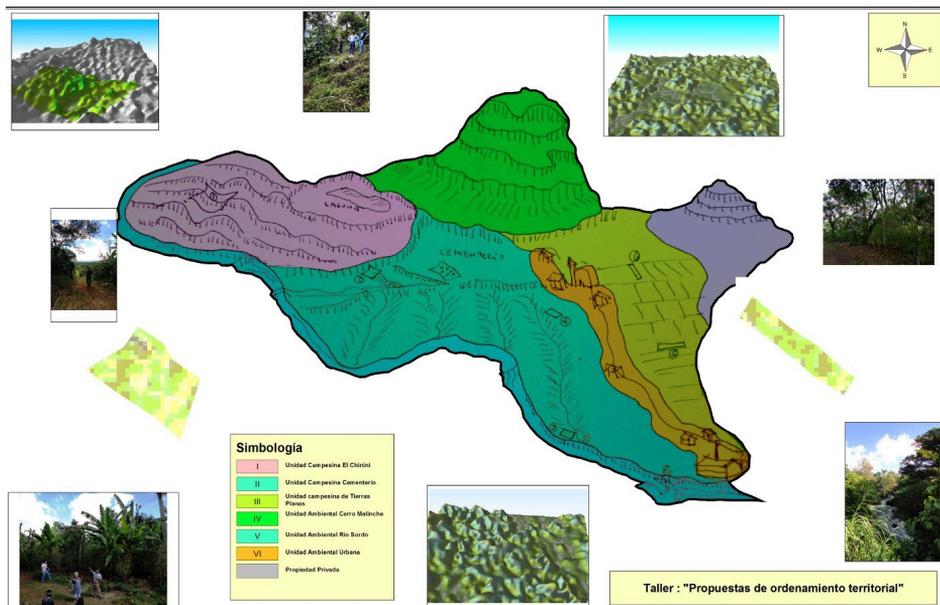


Figura 21. Distribución de las seis unidades de ordenamiento territorial propuestas por los productores de la nanocuenca Las Lomas, Coatepec, Ver.

Fuente: Elaborado por Agustín Muñoz Ceballos, 2017.

Unidad territorial El Chinini (lomeríos redondeados)

Con una superficie de 176.5 ha (18.81%), es una unidad territorial que se caracteriza por la presencia de lomeríos redondeados con ondulación intermedia y pequeñas laderas con pendientes que van de suaves a fuertes (5-30%), suelos arcillosos, andosoles empardecidos de origen volcánico, fuerte acidez, ligeramente erosionados y muy susceptibles a la erosión en ausencia de cobertura vegetal, presenta escurrimientos superficiales intermitentes, la ocurrencia de heladas no es de todos los años, cero meses secos y con precipitación promedio anual de 1600 msnm, 90% del uso del suelo está dominado por el SAF-C, siendo éste el mejor uso que se recomienda (Figura 23); sin embargo, son fincas viejas con mezcla de variedades, dominando el típica y bourbon, y de manera dispersa dentro de la finca se encuentran variedades tolerantes a roya (oro azteca y costa rica-95).

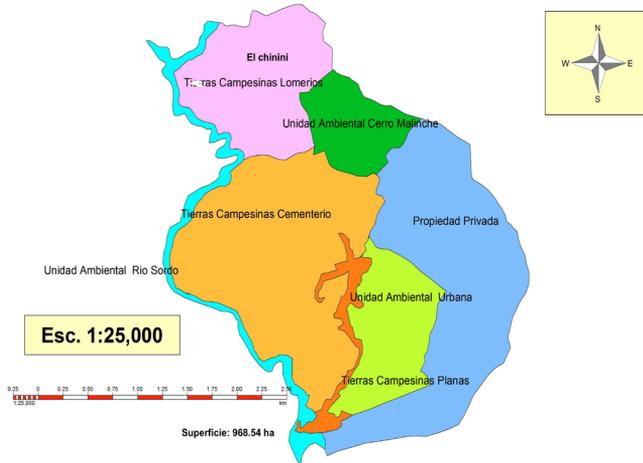


Figura 22. Distribución de las seis unidades de ordenamiento territorial generadas a partir del estudio técnico de la nanocuenca Las Lomas, Coatepec, Ver.

Fuente: Elaborado por Agustín Muñoz Ceballos, 2017.

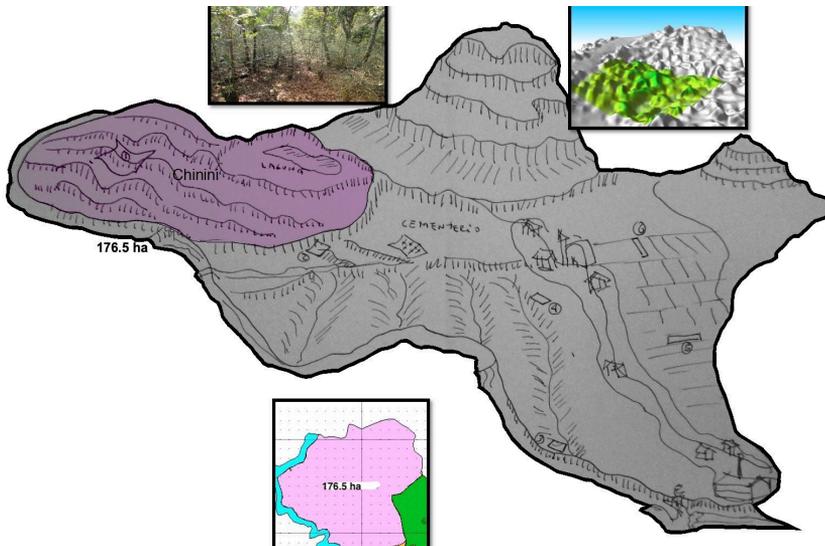


Figura 23. Unidad territorial El Chinini de la nanocuenca Las Lomas, Coatepec, Ver.

Fuente: Elaborado por Agustín Muñoz Ceballos, 2017.

Las propuestas de manejo para esta unidad ambiental se muestran en la tabla 15. Estas propuestas hacen énfasis en la necesidad de incorporar algunas prácticas de manejo y seguir trabajando con fincas de café con sombra diversificada para mejorar fertilidad del suelo, conservar biodiversidad y diversificar la producción, lo que sin duda permitirá aprovechar el potencial de producción de café de calidad que tiene la nanocuenca.

Tabla 15. Propuestas de manejo de la unidad territorial El Chinini (lomeríos redondeados) de la nanocuenca Las Lomas, Coatepec, Ver.

Propuesta de manejo
<p>Diseñar sistema de control de erosión mediante construcción de terrazas y drenes de infiltración en curvas de nivel.</p> <p>Evaluar el establecimiento de coberteras y/o barreras vivas de rápido crecimiento (zacate limón) para protección del suelo en laderas.</p> <p>Corregir pH mediante encalamiento controlado, priorizar el uso de biofertilizantes y de mejoradores del suelo para restituir su fertilidad.</p> <p>Diseñar programas de fertilización para optimizar el uso de fertilizantes.</p> <p>Enriquecimiento de la estructura productiva de la parcela introduciendo especies arbóreas preferentemente nativas como cedro-nogal (<i>Juglans pyriformis</i>), inga (<i>Inga</i> spp.), jinicuil (<i>Inga jinicuil</i>), jovo (<i>Spondia mombin</i>), ixpepe (<i>Trema micrantha</i>), que aporten materia orgánica y madera.</p> <p>Plantar frutales como cítricos y plátano, entre otros, en curvas de nivel y con un plan de manejo integrado, producción para el mercado local y autoconsumo.</p> <p>Implementar cercos vivos con especies locales, tales como iquimite (<i>Erythrina americana</i>), izotes (<i>Yucca elephantipes</i>) y cocoite (<i>Gliricidia sepium</i>).</p> <p>Reducir la sombra en café para incrementar rendimientos.</p> <p>Elaborar programas de renovación, de corto y mediano plazo, en fincas de café, adoptando la estrategia de plantar variedades por lotes (evitar mezclas) para mejorar la calidad del grano.</p> <p>Mantener las variedades tradicionales o reemplazarlas por las tolerantes a roya, es una decisión que deberá tomar el productor de manera informada.</p>

Fuente: Elaboración propia, 2025.

Unidad territorial El Cementerio (lomeríos con laderas muy inclinadas)

Con una superficie de 272.28 ha (29.02%) esta unidad ambiental se caracteriza por la presencia de una ladera con lomeríos redondeados, con ondulación intermedia, con pendientes que van de medias a fuertes (10% a 30%) en dirección suroeste, con escurrimientos superficiales intermitentes subsidiarios del río Sordo; suelos andosoles empardecidos y ferralíticos de origen volcánico, acidez fuerte, ligeramente erosionados y muy susceptibles a la erosión en ausencia de cobertura vegetal; la ocurrencia de heladas no es de todos los años; cero meses secos con precipitación promedio anual de 1600 msnm; 40% del uso del suelo es el cultivo de café con sombra diversificada, un 50% con parcelario disperso de caña de azúcar y el otro 10% es para otros usos de menor importancia, como pastizal y vegetación natural (Figura 24).

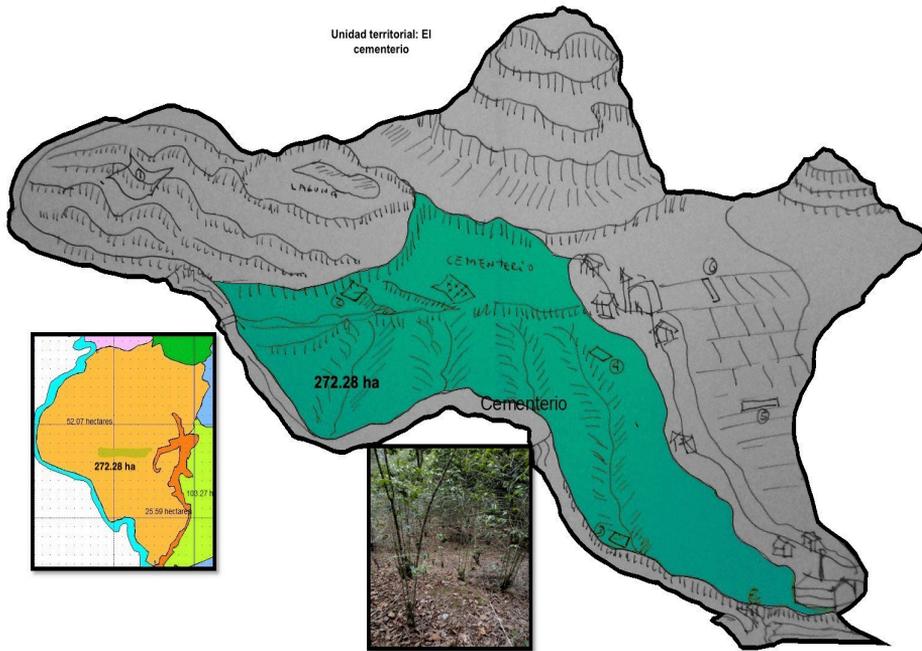


Figura 24. Unidad territorial El Cementerio de la nanocuenca Las Lomas, Coatepec, Ver.

Fuente: Elaborado por Agustín Muñoz Ceballos, 2017.

Las propuestas de manejo para esta unidad territorial se muestran en la tabla 16. De igual manera que en la anterior, estas propuestas destacan la necesidad de incorporar prácticas de manejo para la conservación del suelo y mejoras en la estructura productiva de las fincas de café, que permitan no sólo conservar biodiversidad sino también mejorar la productividad, mediante la diversificación con especies para el autoconsumo y mercado local regional que complementen los ingresos generados por la venta del café, lo que sin duda permitirá aprovechar el potencial productivo de las fincas presentes en la nanocuenca.

Tabla 16. Propuestas de manejo de la unidad territorial El Cementerio (lomeríos con laderas muy inclinadas) de la nanocuenca Las Lomas, Coatepec, Ver.

Propuesta de manejo
<p>Diseñar sistema de control de erosión mediante la construcción de terrazas, establecer drenes de infiltración en curvas de nivel.</p> <p>Evaluar el establecimiento de coberteras y/o barreras vivas de rápido crecimiento (zacate limón) y otras especies para protección del suelo en laderas</p> <p>Corregir pH mediante encalamiento controlado, priorizar el uso de biofertilizantes y de mejoradores del suelo para restituir su fertilidad.</p> <p style="padding-left: 40px;">Diseñar programas de fertilización para optimizar el uso de fertilizantes.</p> <p style="padding-left: 40px;">Enriquecimiento de la estructura productiva de la parcela introduciendo especies arbóreas preferentemente nativas como cedro-nogal (<i>Juglans pyriformis</i>), inga (<i>Inga spp.</i>), jinicuil (<i>Inga jinicuil</i>), jovo (<i>Spondia mombin</i>), ixpepe (<i>Trema micrantha</i>), que aporten materia orgánica y madera.</p> <p>Plantar frutales como cítricos y plátano, entre otros, en curvas de nivel con un plan de manejo integrado y producción para el mercado local y autoconsumo.</p> <p>Implementar los cercos vivos con especies locales, tales como iquimite (<i>Erythrina americana</i>), izotes (<i>Yucca elephantipes</i>) y cocoite (<i>Gliricidia sepium</i>).</p> <p style="padding-left: 40px;">Mejorar el control de la sombra en café para incrementar productividad.</p> <p>Elaborar programas de renovación de corto y mediano plazo en fincas de café, adoptando la estrategia de plantar variedades por lotes (evitar mezclas) para mejorar la calidad del grano.</p> <p>Mantener las variedades tradicionales o reemplazarlas por las tolerantes a roya, es una decisión que se deberá tomar de manera informada.</p>

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Unidad territorial Tierras Planas (planicies ligeramente inclinadas)

Esta unidad ambiental es una planicie que cubre una superficie de 380.02 ha (37.76%) de las cuales 103.60 ha pertenecen al ejido Las Lomas y 276.42 ha tienen un tipo de tenencia privado; es una unidad territorial cuya fisiografía se asemeja a una meseta poco ondulada con pendiente muy suave y con presencia de pedregosidad; suelos ferralíticos con pH ácidos de color oscuro y ligados a una roca subyacente llamada andesita, con un pévalo de captación que evidencia la presencia de escurrimientos superficiales de carácter intermitente; la ocurrencia de heladas no es de todos los años, su precipitación promedio anual de 1200 mm y ligera presencia de estación seca; el uso del suelo es dominado por fincas de café con sombra diversificada y mezcla de variedades, dominando el típica y bourbon, y de manera dispersa dentro de la finca se encuentran variedades tolerantes a roya (oro azteca, costa rica-95); es notorio el parcelario con el cultivo de caña de azúcar y en menor medida potreros (Figura 25).

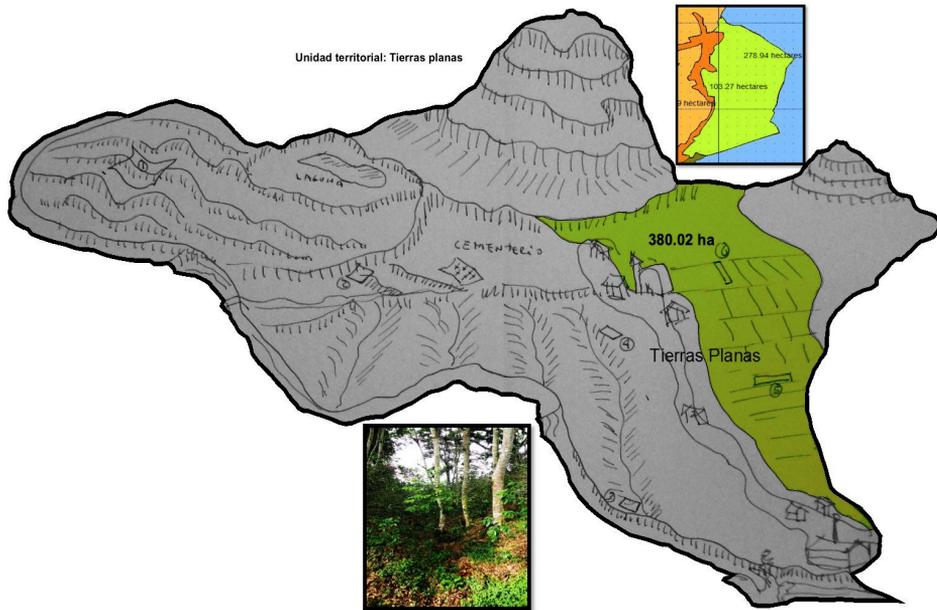


Figura 25. Unidad territorial Tierras Planas de la nanocuenca Las Lomas, Coatepec, Ver.

Fuente: Elaborado por Agustín Muñoz Ceballos, 2017.

Las propuestas de manejo para esta unidad territorial se muestran en la tabla 16. Se destaca la necesidad de incorporar prácticas para mejorar la estructura productiva de las fincas de café que permitan no sólo conservar la cobertura arbórea, sino también la biodiversidad, que incremente la productividad mediante la introducción de especies que brinden productos agrícolas para el autoconsumo, para el mercado local y regional y que complementen los ingresos generados por la venta del café. La diversificación productiva sin duda permitirá aprovechar el potencial productivo de las fincas de esta unidad ambiental. Es la unidad con mayor riesgo de conversión de uso del suelo agrícola a otro uso no agrícola, como es el establecimiento de casas campestres, lo que podría detonar el crecimiento de la mancha urbana.

Tabla 16. Propuestas de manejo de la unidad territorial Tierra Planas ejido de la nanocuenca Las Lomas, Coatepec, Ver.

Propuesta de manejo
<p>Evaluar el establecimiento de coberteras y/o barreras vivas de rápido crecimiento (zacate limón) y otras especies locales para protección del suelo en laderas.</p> <p>Corregir pH mediante encalamiento controlado, priorizar el uso de biofertilizantes y de mejoradores del suelo para restituir su fertilidad.</p> <p>Diseñar programas de fertilización para optimizar el uso de fertilizantes, preferentemente con materiales orgánicos.</p> <p>Enriquecimiento de la estructura productiva de la parcela introduciendo especies arbóreas preferentemente nativas como cedro-nogal (<i>Juglans pyriformis</i>), inga (<i>Inga spp.</i>), jinicuil (<i>Inga jinicuil</i>), jovo (<i>Spondia mombin</i>), ixpepe (<i>Trema micrantha</i>), que aporten materia orgánica y madera.</p> <p>Plantar frutales como cítricos y plátano, entre otros, en curvas de nivel para el mercado local y autoconsumo.</p> <p>Implementar los cercos vivos con especies locales tales como iquimite (<i>Erythrina americana</i>), izotes (<i>Yucca elephantipes</i>) y cocoite (<i>Gliricidia sepium</i>).</p> <p>Mejorar el control de la sombra en café para incrementar rendimientos.</p> <p>Elaborar programas de corto y mediano plazo la renovación de fincas de café, adoptando la estrategia de plantar variedades por lotes (evitar mezclas) para mejorar la calidad del grano.</p> <p>Evaluar la factibilidad de seguir cultivando variedades tolerantes a la roya en la perspectiva de producir calidad.</p> <p>Establecer normatividad que regule el crecimiento de la mancha urbana.</p>

Fuente: Elaboración propia, 2025.

Unidad territorial Cerro Malinche
(laderas muy inclinadas y lomeríos ondulados)

Con una superficie de 62 ha (6.67%), es una unidad territorial que se caracteriza por la presencia de laderas con crestas alargadas y lomeríos redondeados, pendientes que van de fuertes a muy fuertes (25%-50%), suelos delgados, arcillosos, andoles de origen volcánico, acidez fuerte, de mediana fertilidad, erosionados y muy susceptibles a la erosión en ausencia de cobertura vegetal; presenta escurrimientos superficiales intermitentes, permanentes y nacimientos de agua; la ocurrencia de heladas no es de todos los años, cero meses secos y con precipitación promedio anual de 1600 msnm; 90% del uso del suelo esta dominado por el cultivo de café con sombra diversificada, siendo éste el mejor uso que se recomienda (Figura 26), sin embargo son fincas viejas con mezcla de variedades dominando el típica y bourbon, y de manera dispersa se encuentran variedades tolerantes a roya (oro azteca, costa rica-95); destaca la presencia de fauna silvestre natural.

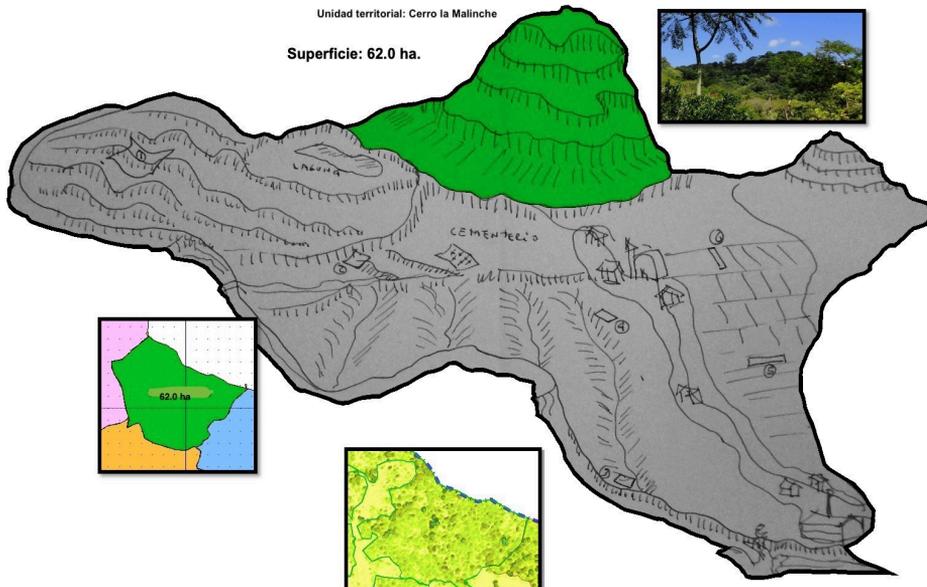


Figura 26. Unidad territorial Cerro Malinche de la nanocuenca Las Lomas, Coatepec, Ver. Fuente: Elaborado por Agustín Muñoz Ceballos, 2017.

Las propuestas de manejo para esta unidad ambiental se muestran en la tabla 17. De igual manera que en anteriores unidades, estas propuestas describen la necesidad de incorporar prácticas de manejo que reduzcan los riesgos de erosión y contribuyan a la conservación del suelo, también se recomiendan mejoras en la estructura productiva de las fincas de café que permitan conservar biodiversidad y mejorar la productividad mediante la diversificación de las SAF-C, introduciendo especies que brinden productos agrícolas para el autoconsumo, mercado local y regional que podrían complementar los ingresos generados por la venta del café.

Tabla 17. Características ambientales y propuestas de manejo de la unidad territorial Cerro Malinche de la nanocuenca Las Lomas, Coatepec, Ver.

Propuestas de manejo
<p>Diseñar sistema de control de erosión mediante terrazas, drenes de infiltración en curvas de nivel para el control de corrientes de agua.</p> <p>Evaluar el establecimiento de coberteras y/o barreras vivas de rápido crecimiento tales como el zacate limón y algunas otras especies locales para protección del suelo en laderas.</p> <p>Corregir pH mediante encalamiento controlado, priorizar el uso de biofertilizantes y de mejoradores del suelo para restituir su fertilidad.</p> <p>Diseñar programas de fertilización para optimizar el uso de fertilizantes y también promover la elaboración y aplicación de bioinsumos (composta, lombricomposta, caldos minerales, etc.)</p> <p>Enriquecimiento de la estructura productiva de la parcela introduciendo especies arbóreas preferentemente nativas como cedro-nogal (<i>Juglans pyriformis</i>), inga (<i>Inga spp.</i>), jinicuil (<i>Inga jinicuil</i>), jovo (<i>Spondia mombin</i>), ixpepe (<i>Trema micrantha</i>), que aporten materia orgánica y madera.</p> <p>Plantar frutales como cítricos y plátano, entre otros, en curvas de nivel para el mercado local y autoconsumo.</p> <p>Implementar los cercos vivos con especies locales tales como iquimite (<i>Erythrina americana</i>), izotes (<i>Yucca elephantipes</i>) y cocoite (<i>Gliricidia sepium</i>).</p> <p>Mejorar el control de la sombra en café para incrementar rendimientos.</p> <p>Elaborar programas de corto y mediano plazo para la renovación de fincas de café, adoptando la estrategia de plantar variedades por lotes (evitar mezclas) para mejorar la calidad del grano.</p> <p>Creación de una UMA para la conservación de fauna silvestre.</p> <p>Diseño de sistemas agroforestales con manejo intensivo.</p>

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Unidad territorial Río Sordo

La unidad territorial de Río Sordo, con 52.20 ha (5.19%), está representada por la rívera del río. Es un río muy contaminado por la descarga de aguas negras que principalmente se originan en la parte alta del río, estas descargas no tienen ningún control y no existe acción gubernamental o de la sociedad para evitarlas, por esta razón el agua del río no puede ser utilizada para el consumo humano ni para despulpar el café cereza, sin embargo, aguas abajo de la cuenca se emplea para el riego del cultivo de la caña de azúcar. En la rívera del río se distribuyen algunos elementos de vegetación riparia, tal como árboles de hayas (*Platanus lindeniana*) y donde la pendiente lo permite existen fincas de café muy viejas, con bajo nivel tecnológico y de bajos rendimientos. Las laderas con pendientes mayores a 60% localizadas en la rívera del río, incrementan la dificultad para realizar las labores agrícolas, por lo que se agrava el abandono en el que se encuentran la mayoría de las fincas presentes en la cuenca (Figura 27).

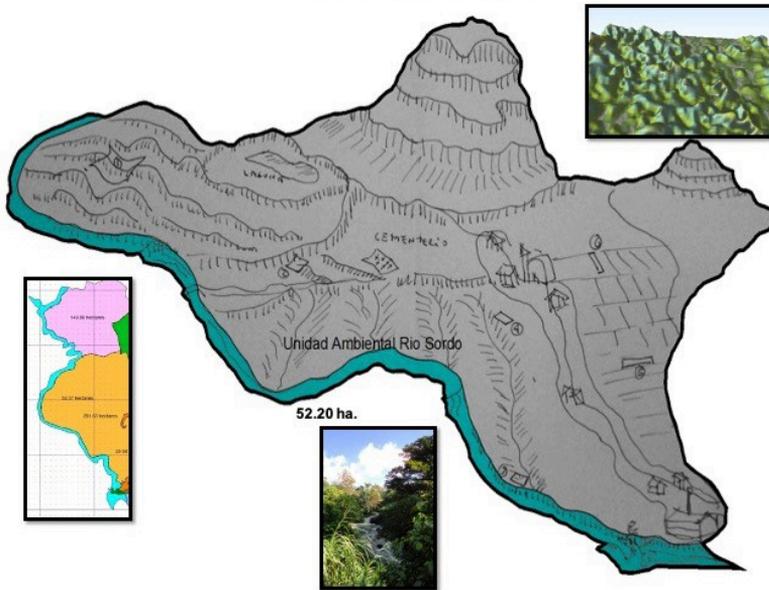


Figura 27. Unidad territorial Río Sordo de la nanocuenca Las Lomas, Coatepec, Ver.

Fuente: Elaborado por Agustín Muñoz Ceballos, 2017.

Las propuestas de manejo para esta unidad ambiental se muestran en la tabla 18, estas propuestas destacan la necesidad de incorporar acciones orientadas a recuperar el río Sordo, evitando la contaminación y mejorando la rivera del río mediante acciones de reforestación.

Tabla 18. Propuestas de manejo de la unidad territorial Río Sordo de la nanocuenca Las Lomas, Coatepec, Ver.

Propuesta de manejo
<p>Establecimiento de un comité ambiental de campesinos para restaurar y proteger el río Sordo.</p> <p>Integrarse al comité de la microcuenca del río Pixquiac.</p> <p>Programa de restauración para evitar que siga la contaminación.</p> <p>Conservar y mejorar la vegetación riparia del río.</p> <p>Incorporar un sistema retención de sólidos y tratamiento de mieles de café para uso agrícola.</p>

Fuente: Elaboración propia, 2025.

Unidad territorial urbana

La zona urbana de la nanocuenca se encuentra en la localidad de Las Lomas y cubre una superficie de 25.65 ha (2.55%). Es de forma alargada con orientación de norte a sur, siguiendo los límites de la carretera principal. No existe un ordenamiento urbano, los asentamiento humanos iniciales estaban integrados por ejidatarios, pero a través del tiempo han llegado familias de otras regiones del estado que han adquirido parcelas para establecerse, de tal forma que en la actualidad la zona urbana está compuesta por familias originarias de la nanocuenca y por familias que han llegado de otras localidades del estado de Veracruz a establecerse en la zona, provocando un crecimiento desordenado de la mancha urbana en dirección este, coincidiendo con la unidad ambiental de Tierras Planas (Figura 28).

Las propuestas de manejo para esta unidad ambiental se muestran en la tabla 19 y, como puede observarse, hacen hincapié en la implementación de una estrategia que asegure un ordenamiento en el crecimiento de la mancha urbana que

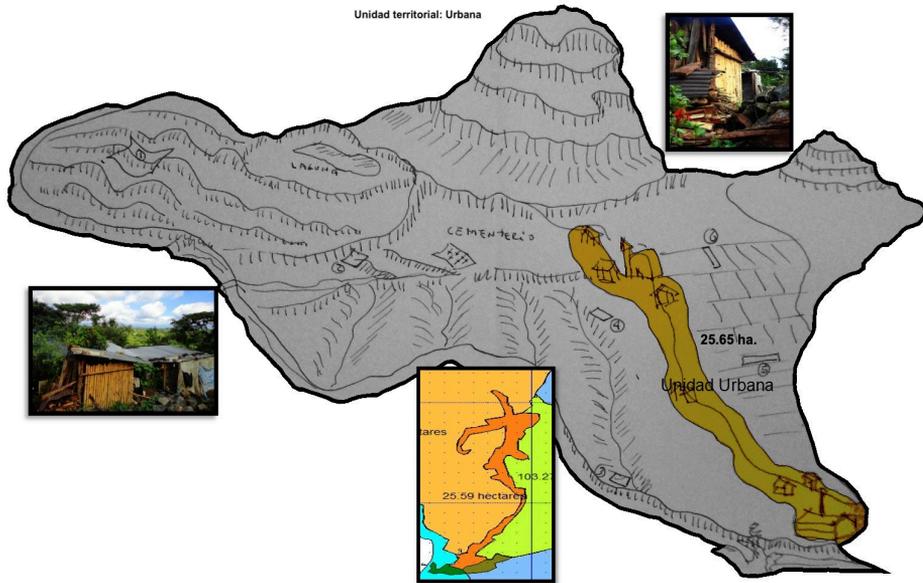


Figura 28. Unidad territorial urbana de la nanocuenca Las Lomas, Coatepec, Ver.

Fuente: Elaborado por Agustín Muñoz Ceballos, 2017.

no ponga en riesgo la conservación de las fincas de café con sombra diversificada y su capacidad para ofertar servicios ambientales que actualmente brinda la nanocuenca Las Lomas.

Tabla 19. Propuestas de manejo de la unidad territorial urbana de la nanocuenca Las Lomas, Coatepec, Ver.

Propuesta de manejo
<p>Plan de ordenamiento de la mancha urbana. Estrategia de conservación y protección de SAF-C que garantizan sus servicios ecosistémicos a la región.</p>

Fuente: Elaboración propia, 2023.

ORGANIZACIONES LOCALES: CLAVE PARA EL DESARROLLO DE LOS TERRITORIOS CAFETALEROS

La desaparición del Inmecafé marca un parteaguas en la historia de la cafecultura nacional, porque sella en el rostro del sector cafetalero un antes y un después. Un rasgo que caracteriza el “después” del sector cafetalero es la desorganización, ya que ha sido una característica persistente en la cafecultura nacional y estatal, con honrosas excepciones que existen a lo largo del territorio nacional, pero que al ser casos aislados nunca han sido considerados como modelos que se podrían replicar en diferentes contextos, por lo que han permanecido en el anonimato y alejados de la posibilidad de que se conviertan en un factor de cambio para detonar la integración de nuevas organizaciones que apuntalen la cafecultura nacional y regional.

Entre algunos ejemplos de estos casos destacan las experiencias locales exitosas de la Coordinadora Estatal de Productores de Café de Oaxaca, A. C. (CEPCO); Unión de Comunidades de la Región del Istmo (UCIRI), Oaxaca; Indígenas de la Sierra Madre de Motozintla (ISMAN), Chiapas; Tiemelonla Nich K Lum, Palenque Chiapas; Campesinos Ecológicos de la Sierra Madre de Chiapas (CESMACH), Jaltenango, Chiapas; Triunfo Verde, Jaltenango, Chiapas; Unión de Ejidos y Comunidades de Cafecultores, Beneficio Majomut; Sociedad Cooperativa Tosepan Titaniske, Cuetzalan, Puebla; Unión Regional de Pequeños Productores de Café de Huatusco, Veracruz; Catuai Amarillo de Chocaman, Veracruz; Productores Sustentables de Ocozaca, S. A. de C. V., Ixhuatlán del Café, Veracruz, etcétera.

La mayoría de los pequeños productores han preferido seguir recibiendo los insuficientes subsidios que proporcionan los programas sociales federales y estatales, los cuales han sido orientados con una visión paternalista y asistencialista, mientras que las organizaciones regionales corporativistas han tomado como bandera el deliberado abandono del sector cafetalero para demandar apoyos al Estado y al gobierno federal con fines clientelistas, lo que ha convertido al sector en uno de los más politizados, ya que solo se han dedicado a reclamar los subsidios con fines partidarios.

Estas organizaciones regionales y nacionales adolecen de proyectos que impulsen el desarrollo integral cafetalero, que les dé sustento y mucho menos cuentan con una estrategia de monitoreo que dé cuenta de los avances en el sector. Al final del día, los beneficiados de este desorden han sido los grandes productores de café, quienes no sólo han seguido comprando a los pequeños productores su café

cereza a bajos precios, sino que han fortalecido la integración de los eslabones de la cadena productiva, mejorando sus técnicas de producción primaria, beneficiado húmedo y seco, y la torrefacción del café, lo que les ha permitido ser capaces de llevar agua a su molino aprovechando el boom del incremento en el consumo per cápita nacional y estatal, este éxito se ve reflejado en el crecimiento sin precedentes del número de cafeterías funcionando en el país y en el estado.

Hoy existen a nivel nacional 61,653 cafeterías, según el Directorio Nacional de Unidades Económicas (DENUE, 2018). El mercado tiene un valor de 10,475 millones de pesos (mdp) y crece anualmente entre 20 y 25% (Euromonitor Consulting, 2017).

Actualmente, podemos afirmar con certeza que, para este sector cafetalero, el cual ha sido capaz de innovar en el café, sigue siendo un negocio rentable y muy lucrativo, y en cierta medida sustentado en la producción primaria de los pequeños productores. Han sido estos últimos los que menos se han beneficiado del boom cafetalero, al contrario, se han empobrecido.

Reducir la presión sobre la reconversión productiva de los SAF-C y alcanzar una mayor equidad en la distribución de los beneficios obtenidos en la producción y comercialización del café, puede lograrse con la construcción de redes sociales de apoyo entre las organizaciones locales de los pequeños productores de la nanocuenca. Estas organizaciones deberían explorar estrategias para agregar valor al café y a otros productos obtenidos del SAF-C. Empecinarse en seguir enfrentando la crisis de manera individual, en seguir siendo “cerceros”, o en el mejor de los casos convertirse en pergamineros para continuar haciendo la maquila a los grandes productores, son costumbres que no prometen posibilidad alguna de sobrevivir, es decir, por muy apegados que estén los productores al cultivo del café, tarde o temprano se extinguirán como productores de pequeña escala.

El mensaje es: a pesar de que todos los pequeños productores enfrentan una problemática común, es imprescindible que reconozcan con hechos que una de sus fortalezas es el gran potencial que tienen para producir café de calidad, la cual debe ser capitalizada en respuesta a las nuevas tendencias de consumo de cafés de calidad. En este orden de ideas, una alternativa de corto plazo es aprovechar el potencial que tiene la región centro del estado de Veracruz, y en particular la nanocuenca Las Lomas para la producción de café de calidad y, al mismo tiempo, no perder de vista, en el ámbito nacional e internacional, la oportunidad que brindan los nuevos nichos de mercado en crecimiento y que exigen consumir una buena taza de café.

En suma, de lo que se trata ahora es comprender el mensaje que están enviando los grandes productores a los pequeños productores (me refiero a ese 90% que tiene menos de cuatro hectáreas), y que se puede traducir como la principal enseñanza que debe ser rescatada: la responsabilidad de integrarse a la cadena productiva, mediante la creación de redes de organizaciones locales que tengan influencia en pequeños territorios delimitados por nanocuenca y/o microcuencas, que le den identidad a su café y lo suficientemente preparados para producir, acopiar, transformar y vender el café de calidad a precios competitivos.

En ese sentido, una de las acciones clave que deberán implementar los pequeños productores de la nanocuenca, para alcanzar mayor competitividad en la producción, transformación y comercialización del café, es la creación de organizaciones sociales locales proactivas de productores de café, gremios capaces de desarrollar la autogestión integral de manera transparente y una mayor participación efectiva de sus miembros; implementar estrategias desde abajo y al lado de los productores, trazando acciones para elevar su productividad según sus circunstancias socioeconómicas y las características de sus parcelas.

Estas organizaciones locales sin duda también podrían aprovechar las tendencias ascendentes en el consumo mundial e interno del café, así como los nuevos nichos de mercado emergentes; es decir, implementar iniciativas relacionadas con la identificación y articulación de mercados alternativos que ofrezcan mejores precios, y no depender de los precios internacionales. De manera complementaria, dichas organizaciones deberán propiciar la definición de perfiles de calidad con mayor precisión, que permitan ser diferenciados por su calidad interna, eso también denominado calidad en la tasa, así como por su calidad externa que involucra que el consumidor sepa el origen del café que consume, es decir, si éste fue cosechado en un cafetal con sombra que conserva la biodiversidad, si realiza prácticas agroecológicas, si es de un pequeño productor, si el beneficiado del café es artesanal o no, entre otros aspectos que perfilan el producto.

De manera paralela, es inevitable impulsar una política de diversificación productiva de la nanocuenca, para lo cual es necesario encontrar diseños agroforestales y cultivos alternativos que pueden asociarse al café, sin llegar a la reconversión productiva. Al respecto existe abundante literatura que aporta información sobre los atributos de las especies forestales que pueden asociarse adecuadamente con el café, así como la asociación con otros cultivos que, incluso en la actualidad, ya se

están dando, por ejemplo: café con limón persa, café con plátano, café con macadamia y café con palma camedor, entre otros (figura 29).

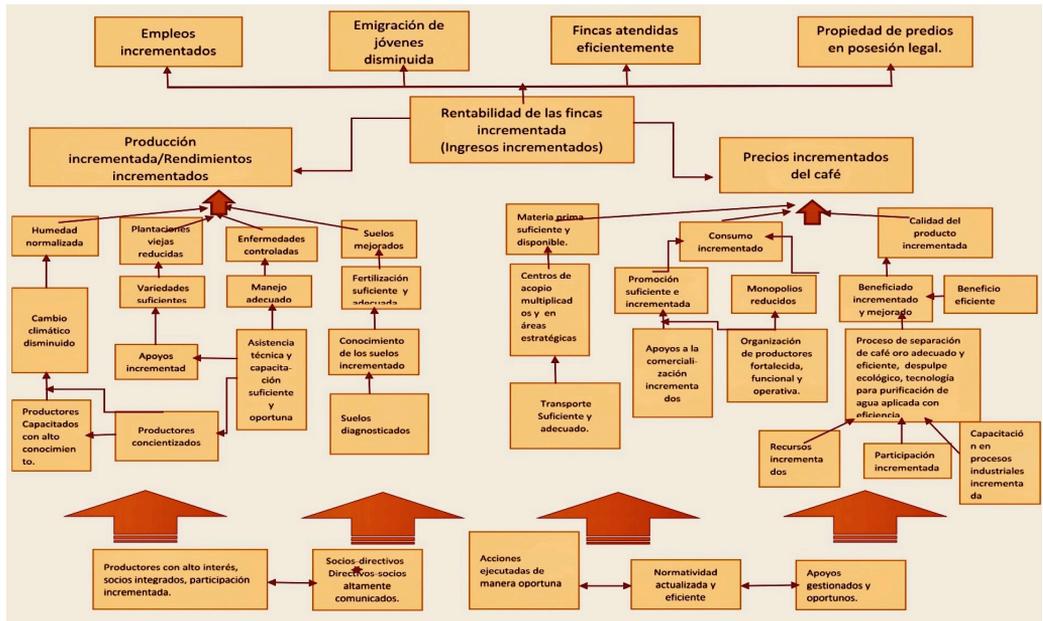


Figura 29. Árbol de objetivos de la nanocuencia Las Lomas, Coatepec, Ver.

Fuente: Elaboración propia, 2023.

REFERENCIAS

- Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE). 2018. Información para la actualización e incorporación de unidades económicas al DENUE. Datos a noviembre de 2018. Recuperado de: <https://www.inegi.org.mx/rnm/index.php/catalog/341/study-description?idPro=>.
- Euromonitor Consulting. Análisis del Mercado de Consumo de Café en México. 2016. Informe del estudio realizado por Euromonitor International para AMECAFE. Agosto 2017. Recuperado de: https://amecafe.org.mx/wpcontent/uploads/2017/08/Euromonitor_Informe_An%C3%A1lisis-de-consumo-2016-amecafe-Final.pdf.

REFLEXIONES Y RECOMENDACIONES PARA EL DESARROLLO TERRITORIAL SUSTENTABLE DE LA CAFETICULTURA EN LA ZONA CENTRO DE VERACRUZ

GUSTAVO ORTIZ CEBALLOS*

NANOCUENCA HIDROLÓGICA LAS LOMAS: CAFÉ DE CALIDAD

El estudio de las características ambientales de las áreas homogéneas de la nanocuenca fue de vital importancia porque permitió identificar posibles restricciones ambientales para la producción de café y localizar sitios de inestabilidad ocasionados por procesos erosivos hídricos, así como unidades territoriales de interés para el estudio de los perfiles de calidad del café.

Las formas fisiográficas, el tipo de suelo y el clima de la nanocuenca no aparecen como limitantes para la producción de café, al contrario, es una nanocuenca que favorece la producción de café de calidad, porque reúne las mejores características ambientales.

La presencia persistente, observada por más de un siglo, del AES-C diversificado en la nanocuenca ha reducido los riesgos de convertirla en un medio físico inestable.

La nanocuenca es un paisaje formado por un mosaico o matriz de fincas cafetaleras diversificadas y entremezcladas, principalmente con un parcelario de caña de azúcar.

* gusortiz@uv.mx.

DEFENSA DEL TERRITORIO CAFETALERO

A lo largo del tiempo se ha construido una evidente conexión de las familias con la producción de café, pese a la diversidad de condiciones sociales y reducido tamaño de sus parcelas se evidencia un estilo de vida y una fuerte identidad en torno a la actividad cafetalera, lo que explica su resistencia a cambiarla por otra actividad; estos aspectos en común caracterizan a las familias y fortalecen una percepción de defensa de su territorio cafetalero.

En general, las familias cafetaleras son grupos sociales que se han caracterizado por la defensa de sus territorios ante proyectos “colonizadores” introducidos por grandes empresas.

Para que se defiendan los territorios ante las acciones destructivas de otros grandes intereses, los ordenamientos territoriales propuestos tienen que ser planeados a partir de los intereses de la población local.

En general, los paisajes de las zonas cafetaleras del país son ricas en recursos naturales y culturales, y la nanocuenca Las Lomas no es la excepción, ya que tiene un gran potencial para el desarrollo de proyectos ecoturísticos que podrían ser manejados por la comunidad y las asociaciones locales, con lo que se podrían generar mayores ingresos para las familias cafetaleras.

En ese orden de ideas, la delimitación y caracterización de las unidades territoriales de la nanocuenca puede contribuir a definir una estrategia regional para organizar la producción, es decir, planear su manejo a corto y mediano plazo, delimitar con mayor precisión perfiles locales de calidad de café e implementar estrategias de organización local que permitan la integración de los pequeños productores en la cadena de valor del café.

Por lo anterior, la presente propuesta plantea las bases para replicar estudios similares en otras nanocuecas de la región cafetalera del estado. El enfoque de ordenamiento territorial a nivel de nanocuenca y microcuenca podría marcar la pauta para la elaboración de propuestas y recomendaciones de políticas públicas para la región cafetalera del estado de Veracruz.

POLÍTICAS PÚBLICAS: INSUFICIENTES Y CLIENTELARES

Los productores de café de la nanocuenca, al igual que los de todo el país, enfrentan una problemática común sin precedentes. El desfondamiento de la cafecultura mexicana ha encauzado a todas las regiones cafetaleras del país hacia un desastre social de grandes proporciones. Hoy sobrevivir es cambiar.

Los pequeños productores han sido abandonados a su suerte, dejados por el Estado de manera deliberada ya que nunca se han implantado políticas públicas permanentes y de alto impacto, y las que han sido puestas en marcha han resultado insuficientes y poco han contribuido a la recuperación del sector.

El cultivo del café con sombra contribuye a la protección de la biodiversidad, de las cuencas hidrológicas y de los suelos, además de brindar otros beneficios ambientales a la sociedad, por ello, deben implementarse políticas públicas que reconozcan estos servicios ecosistémicos y deberán otorgarse apoyos específicos a los productores de café y a las asociaciones para estimular la conservación de los AES-C diversificados.

La situación de los productores de café de la nanocuenca y del país ha estado en un punto de crisis profunda, agudizada por la roya del café, que demanda atención mediante programas o proyectos integrales que se comprometan, en el corto plazo, en atender dicha situación de manera conjunta.

Solo con fundamentos científicos es posible diseñar una estrategia de desarrollo territorial de las zonas cafetaleras a partir de un esquema donde la investigación científica sea tomada en cuenta para la toma de decisiones.

EL AGROECOSISTEMA CAFETALERO CON SOMBRA DIVERSIFICADA: PERMANENCIA INCIERTA

De seguir la tendencia actual en la nanocuenca, el riesgo de la reconversión del AES-C diversificado hacia otros tipos de uso del suelo, tales como potreros o uso urbano, es una amenaza real. De convertirse en realidad la reconversión productiva y el cambio en el tipo de uso del suelo se provocaría un desastre medioambiental de proporciones aún mayores, pues tomando en cuenta el tipo de suelos que existen en la nanocuenca y la presencia de laderas donde está hoy el

AES-C, nuevos usos del suelos son insostenibles, dado que reducen la infiltración de las aguas pluviales, no retienen suelos y con ello favorecen la erosión hídrica, propician la pérdida de la biodiversidad, se destruye la matriz del paisaje cafetalero regional y se reduce la resiliencia de adaptación al cambio climático de toda la región. No obstante, la asociación histórica entre la caña de azúcar-café ha influido de manera sinérgica en las dinámicas sociales y económicas de estos territorios cafetaleros porque ha significado una estrategia de diversificación de ingresos exitosa.

Intensificar la cafecultura mediante el establecimiento de plantaciones de café con baja cobertura arbórea o a pleno sol, junto con prácticas agrícolas inadecuadas, tales como el uso excesivo de fertilizantes amoniacales, uso del glifosato para controlar las malezas, entre otras, es poner en riesgo la conservación de los servicios ecosistémicos que el SAF-C diversificado brinda a la sociedad.

MINIFUNDISMO: PRINCIPAL LIMITANTE PARA ALCANZAR LA RENTABILIDAD

La atomización de la tierra es otro factor que limita la posibilidad de alcanzar la rentabilidad de la producción de café. La mayoría de los productores poseen parcelas de menos de dos hectáreas, lo que sin lugar a dudas es una de las principales causas que impiden alcanzar la autosuficiencia de las familias; si a esta condición de minifundismo le agregamos que la mayoría de las fincas de café son de bajos rendimientos y brutalmente atacadas por la roya, por ser plantaciones viejas y semiabandonadas, es imposible alcanzar la rentabilidad del cultivo.

El minifundismo nunca podrá desaparecer, la estrategia es adaptarse y convivir creativamente con factores adversos, sin embargo, ayudaría mucho tener plantaciones renovadas y bien manejadas, conservar fertilidad de suelos, realizar buenas prácticas de cosecha (pizar puros frutos maduros) y realizar un beneficiado húmedo y seco con trazabilidad, así como conservar la biodiversidad y la estructura arbórea de los cafetales que permitan diversificar sus ingresos.

La cafecultura es fundamental en la economía de las familias de la nano-cuenca, porque a pesar de las circunstancias, ha demostrado ser resiliente, ya que ha conservado su rol en la economía, manteniendo empleos y generando ingresos.

DIVERSIFICAR PARA MEJORAR

La mayoría de cafetaleros se han mantenido en el cultivo, incluso después de la caída en la producción, durante el ciclo 2014-2015, cuando paulatinamente se ha recuperado; sin embargo, actualmente se enfrenta de nuevo una fuerte baja de precios del café que imposibilita contar con ingresos suficientes para sostener a las familias y comunidades cafetaleras. Los precios internacionales seguirán con estas tendencias inciertas por tiempo indefinido.

Diversificar la producción de pequeñas parcelas que permitan intensificar la producción es la mejor alternativa para acrecentar los ingresos y contrarrestar los bajos precios del café.

En ese sentido, en la región de Xalapa-Coatepec existen modelos de diversificación validados que funcionan técnica y económicamente hablando, tal es el caso de café-limón persa, café-macadamia, café-plátano fruta, café-plátano velillo, café-especies ornamentales, café-especies forestales de valor comercial y café-aguacate, entre otros.

ORGANIZACIONES LOCALES Y CADENA DE VALOR INTEGRADA

Tener incrementos en la calidad permitirá a los productores acceder a los nichos de mercados que están demandando esa alta calidad, es decir, competir en el segmento de cafés de especialidad o gourmet. Dichos segmentos se encuentran vinculados a mayores ingresos para el productor, dado que los consumidores pagan un precio con prima por la mejor calidad de la bebida.

Los cafecultores de la nanocuenca están necesitados de organización, son pobres en lo económico, carentes de servicios avanzados, son dueños de pequeñas parcelas de café y víctimas de políticas públicas insuficientes, inoportunas y clientelares, y a todo esto debemos sumar el riesgo de ser golpeados por los efectos del cambio climático. Los retos de los cafecultores de la nanocuenca son mayúsculos y solo agrupados se podrán enfrentar; nada será posible sin organización. La conexión de las organizaciones locales con mercados locales y la participación en cadenas de valor integradas, ofrecen mayor certidumbre para mitigar las pérdidas asociadas a los bajos precios internacionales del café.

Para salir adelante, es fundamental la acción coordinada de múltiples partes interesadas, apoyando la articulación del trabajo de gobiernos, academia, sociedad civil y la participación de los productores a través de sus estructuras organizativas, siendo éstas las protagonistas de cualquier estrategia enfocada a mitigar los impactos y lograr los ajustes que esta nueva normalidad plantea.

Sin embargo, muchos pequeños productores no seguirán adelante y migrarán; otros dejarán el café y tumbarán sus fincas para otros usos o venderán; otros más seguirán esperando y sobreviviendo con lo que les ofrezca el gobierno y/o las transnacionales del sector, pero algunos, los más visionarios y decididos encontrarán su propio camino hacia una nueva cafecultura viable para pequeños productores. Encontrar este camino supone un verdadero reto que vale la pena buscar, porque descubrirlo, sin duda, transformará a la cafecultura nacional.

**PROPICIAR LA INTENSIFICACIÓN SOSTENIBLE EN LOS
AGROECOSISTENAS CAFETALEROS:
APROVECHAR LA TECNOLOGIA PARA ENFRENTAR EL CAMBIO
CLIMÁTICO**

Finalmente, promover programas para la instalación de estaciones climatológicas inteligentes y de monitoreo (cámaras de alta resolución), en fincas de café de sombra, y zonas estratégicas, conectadas a la nube para recopilar datos abiertos que puedan servir de insumo para investigaciones orientadas a la detección y alerta temprana de riesgos meteorológicos, plagas y enfermedades, tiene la finalidad de impulsar la sustentabilidad y la resiliencia de los agroecosistemas cafetaleros, lo cual brinda información esencial para la toma de decisiones y para enfrentar al cambio climático.

ÍNDICE

Presentación	7
Introducción	9
GUSTAVO ORTIZ CEBALLOS	
Estado actual de la cafecultura y sus paradojas	11
GUSTAVO ORTIZ CEBALLOS	
La nanocuenca hidrológica Las Lomas: un territorio históricamente entretejido alrededor del café	25
AGUSTÍN MUÑOZ CEBALLOS Y GUSTAVO ORTIZ CEBALLOS	
Escenario socioambiental y tecnológico de la cafecultura en la nanocuenca hidrológica Las Lomas	43
GUSTAVO ORTIZ CEBALLOS Y JOSÉ LUIS MARTÍNEZ RODRÍGUEZ	
Los sistemas agroforestales cafetaleros en la nanocuenca hidrológica Las Lomas: la riqueza biológica que cuidan los pequeños productores	-65
GUSTAVO ORTIZ CEBALLOS	
Potencial de la inteligencia artificial aplicada al mejoramiento sustentable de los agroecosistemas cafetaleros	91
GUSTAVO ORTIZ HERNÁNDEZ, WULFRANO ARTURO LUNA RAMÍREZ Y LUZ AMELIA SÁNCHEZ LANDERO	

Desarrollo sustentable del territorio cafetalero: trabajar a escala de la nanocuenca	107
GUSTAVO ORTIZ CEBALLOS, AGUSTÍN MUÑOZ CEBALLOS Y JOSÉ LUIS MARTÍNEZ RODRÍGUEZ	
Reflexiones y recomendaciones para el desarrollo territorial sustentable de la cafecultura en la zona centro de Veracruz	131
GUSTAVO ORTIZ CEBALLOS	

Siendo rector de la Universidad Veracruzana el doctor Martín Gerardo Aguilar Sánchez, se publicó
GESTIÓN DE MICROCUENCAS PARA EL DESARROLLO DE LA CAFETICULTURA EN EL CENTRO DE VERACRUZ,
coordinado por Gustavo Celestino Ortiz Ceballos.

Este libro se terminó de producir en mayo de 2024.

En su composición se utilizó la tipografía Life BT de 10/14 puntos.

El cuidado de la edición estuvo a cargo de Itzel García Sedano
y la maquetación es de Aída Pozos Villanueva.

La Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Veracruzana, junto con la Unión de Productores Beneficiadores y Exportadores de Café y el Beneficio Puerto Rico de Coatepec, Ver., exponen la problemática que enfrenta la cafeticultura nacional y regional. Con una estrategia de planificación integral dirigida a los técnicos y a las autoridades del sector cafetalero, proponen orientar el desarrollo territorial sustentable de la cafeticultura veracruzana a la escala de nanocuenca. Como un estudio de caso, plantean un modelo de análisis social, tecnológico y ambiental de la nanocuenca Las Lomas del municipio de Coatepec, con las adaptaciones pertinentes, con el objetivo de replicarlo en otras microcuencas cafetaleras del estado y del país. De esta manera, la Universidad Veracruzana responde a los retos que impactan la producción y las condiciones de vida de los productores cafetaleros en la región centro del estado de Veracruz con el compromiso social que la caracteriza.



Universidad Veracruzana
Dirección Editorial