

Biodiverse coffee production in Mexico: quality, benefits and controversy over the change of varieties due to rust

Yazmín Pérez-Fernández¹
Benito Ramírez-Valverde¹
Artemio Cruz-León^{2*}

Abstract

Intervention in any territory requires a careful assessment of environmental and cultural aspects, especially in the framework of territorial development. The objective of this study was to highlight the importance of conserving biological and cultural biodiversity in the main coffee growing of Mexico, and to analyze the challenges facing biodiverse coffee production. An updated regional typology was used to analyze the socio-economic dynamics of four states that will account for 90 % of national coffee production in 2020. The study examines the biological and cultural diversity of these areas in the context of public policies implemented between 2012 and 2016, which promoted varietal conversion as a phytosanitary measure to combat coffee rust (*Hemileia vastatrix* Berk & Br., 1869). This policy has generated an ongoing debate among producers, markets and specialists, who discuss the dilemma between maximizing production and preserving the quality and biodiversity of the territories. Finally, arguments are presented in favour of biodiverse coffee production driven by local communities, and the available legal framework for its protection, highlighting the right to be consulted in the implementation of future projects and policies.

Keywords: deforestation, indigenous rights, diversity, coffee farming, coffee growing regions.

Producción de café biodiverso en México: calidad, beneficios y controversia sobre el cambio de variedades por la roya

Resumen

La intervención en cualquier territorio requiere una evaluación cuidadosa de los aspectos ambientales y culturales, especialmente en el marco del desarrollo territorial. El objetivo de este estudio fue destacar la importancia de conservar la biodiversidad biológica y cultural en las principales regiones cafetaleras de México, así como analizar los desafíos que enfrenta la producción de café biodiverso. Mediante una tipología regional actualizada, se analizaron las dinámicas socioeconómicas de cuatro estados que contribuyeron con el 90 % de la producción nacional de café en 2020. El estudio examina la diversidad biológica y cultural de estas zonas en el contexto de las políticas públicas implementadas entre 2012 y 2016, las cuales fomentaron el cambio de variedades de café como medida fitosanitaria para combatir la roya (*Hemileia vastatrix* Berk & Br., 1869). Esta política ha generado un debate persistente entre productores, mercados y especialistas, quienes discuten el dilema entre maximizar la producción y preservar la calidad y biodiversidad de los territorios. Finalmente, se presentan argumentos a favor de la producción de café biodiverso impulsada por las comunidades locales, y se exploran los marcos legales disponibles para su protección, subrayando el derecho a la consulta en la implementación de futuros proyectos y políticas.

Palabras clave: deforestación, derechos indígenas, diversidad, cafecultura, regiones cafetaleras.

¹Colegio de Postgraduados, Campus Puebla. Carretera federal México-Puebla km 125.5, Santiago Momoxpan, Heroica Puebla de Zaragoza, Puebla, C. P. 72760, México.

²Universidad Autónoma Chapingo. Carretera México-Texcoco km 38.5, Chapingo, Estado de México, C. P. 56230, México.

*Corresponding author: etnoagronomia1@gmail.com

Introduction

Mexico is one of the 12 countries with the highest number of species, including endemic and restricted populations. This makes it one of the most megadiverse countries in the world. (Toledo et al., 2019). It is also one of the world's eight centres of origin and domestication of plants (Vavilov, 1930), and stands out as the cradle of maize, which reinforces its agrobiodiversity. In addition to this biological and agricultural biodiversity, Mexico is also culturally rich, ranking second in the world in terms of biocultural diversity, with 68 ethno-linguistic groupings, 11 linguistic families and 364 language variants (Luque & Ortiz, 2019). Likewise, some regions of Mexico are part of the 36 key areas with the greatest concentration of diversity on the planet, known as 'hotspots', which are threatened by habitat loss and other human activities, although they represent only 2.5 % of the planet (International Conservation, 2022).

Despite its importance, Mexico is facing an alarming rate of deforestation. According to Manson et al. (2018), approximately 200,000 hectares of natural vegetation are lost each year due to the expansion of crops and human settlements. In Veracruz, for example, only 4 % of forests remain, and it is one of the states with the highest number of endangered species. The accelerated loss of biodiversity means not only a reduction in natural resources, but also the disappearance of knowledge, languages and culture, which seriously affects the biocultural heritage of these areas. These changes have significant social and economic impacts, including loss of rural resilience and increased food poverty.

This study focuses on the lack of consideration for biological and cultural biodiversity in the agricultural policies implemented in Mexico's coffee-growing regions, specifically in the framework of the Comprehensive Coffee Care Plan (PIAC). This plan, designed to fight coffee rust between 2012 and 2016 and extended until 2025, promoted the substitution of local varieties with more productive, albeit lower quality, varieties (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación [SAGARPA], 2016; Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria [CEDRSSA], 2018). However, the environmental, social and cultural impacts of these policies have not been ade-

Introducción

México es considerado uno de los países más megadiversos del mundo, al estar entre los 12 que albergan el mayor número de especies, incluidas las endémicas y con poblaciones restringidas (Toledo et al., 2019). Además, es uno de los ocho centros mundiales de origen y domesticación de plantas (Vavilov, 1930), destacándose también como cuna del maíz, lo cual refuerza su agrobiodiversidad. A esta biodiversidad biológica y agrícola se suma su riqueza cultural, al ocupar el segundo lugar global en diversidad biocultural, con 68 agrupaciones etnolingüísticas, 11 familias lingüísticas y 364 variantes de lenguas (Luque & Ortiz, 2019). Asimismo, algunas regiones de México forman parte de las 36 áreas clave que concentran la mayor diversidad del planeta, conocidas como "hotspots", las cuales están amenazadas por la pérdida de hábitat y otras actividades humanas, aunque representan solo el 2.5 % del planeta (Conservation International, 2022).

A pesar de su importancia, México enfrenta una alarmante tasa de deforestación. De acuerdo con Manson et al. (2018), cada año se pierden aproximadamente 200 mil hectáreas de vegetación natural debido a la expansión de cultivos y asentamientos humanos. Por ejemplo, en Veracruz solo queda el 4 % de sus bosques, y es uno de los estados con mayor número de especies en peligro de extinción. La acelerada pérdida de biodiversidad no solo implica una disminución de recursos naturales, sino también la desaparición de conocimientos, lenguas y cultura, lo cual afecta gravemente el patrimonio biocultural de estas zonas. Estos cambios tienen un impacto social y económico significativo, incluyendo la pérdida de resiliencia rural y el aumento en la pobreza alimentaria.

El presente estudio se centra en la falta de consideración de la biodiversidad biológica y cultural en las políticas agrícolas aplicadas en las regiones cafetaleras de México, específicamente en el marco del Plan Integral de Atención al Café (PIAC). Este plan, diseñado para combatir la roya del café entre 2012 y 2016, y extendido hasta 2025, promovió la sustitución de variedades locales por otras más productivas, aunque de menor calidad (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación [SAGARPA], 2016; Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria

quately assessed. These policies not only threaten the biodiversity of coffee ecosystems, but also the social and cultural network of the communities that have cultivated and diversified these landscapes for centuries. Deforestation and the loss of traditional varieties are evidence of a lack of understanding and respect for the intervened areas, posing serious challenges to the long-term sustainability of these regions (Manson et al., 2018).

In light of the above, the aim of this study was to highlight the importance of conserving biological and cultural biodiversity in the main coffee growing regions of Mexico, and to analyze the challenges faced by biodiverse coffee production. Specifically, the study examines how the PIAC-led policy of changing coffee varieties (without adequate respect for the right of local communities to be consulted) can lead to deforestation and biodiversity loss. Finally, the study proposes an approach which integrates the environmental and cultural conservation of these territories, thereby promoting a sustainable future for coffee production in Mexico.

Methodology

The regionalization used in this study corresponded to the Centro Regional Universitario Oriente - Universidad Autónoma Chapingo (CRUO-UACH, 2012), derived from the Padrón Nacional Cafetalero of 2011 and the variables of the pioneering work of Nolasco (1985), which include: 1) the communication routes in the regions, and 2) the main coffee collection and marketing centers.

The research approach was mixed: quantitative for the management of databases and qualitative from the documentary review of magazines and specialized sources. The chosen years corresponded to periods with data available at the municipal level, which allowed homogenization and cross-referencing with databases using the statistical program Stata v. 14.2 (StataCorp.). The databases used included the 2005 Population and Housing Census (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática [INEGI], 2005) and the 2010 and 2020 Population and Housing Censuses (INEGI, 2010, 2020). The analyzed information corresponded to four states that accounted for 90 % of national coffee production in 2020 (Servicio de Información Agroalimentaria y Pes-

[CEDRSSA], 2018). Sin embargo, no se evaluaron adecuadamente los efectos ecológicos, sociales y culturales de esta intervención. Estas políticas no solo amenazan la biodiversidad de los ecosistemas cafetaleros, sino que también ponen en riesgo el tejido social y cultural de las comunidades que, durante siglos, han cultivado y diversificado estos paisajes. La deforestación y la pérdida de variedades tradicionales evidencian una falta de comprensión y respeto hacia los territorios intervenidos, lo cual plantea serios desafíos para la sostenibilidad a largo plazo de estas regiones (Manson et al., 2018).

Considerando lo anterior, el objetivo del presente estudio fue destacar la importancia de conservar la biodiversidad biológica y cultural en las principales regiones cafetaleras de México, así como analizar los desafíos que enfrenta la producción de café biodiverso. Específicamente, se examina cómo las políticas de cambio de variedades de café impulsadas por el PIAC (sin respeto adecuado por el derecho a la consulta de las comunidades locales) pueden provocar deforestación y pérdida de biodiversidad. Finalmente, el estudio propone un enfoque que integra la conservación ecológica y cultural de estos territorios, promoviendo un futuro sostenible para la producción de café en México.

Metodología

La regionalización utilizada en este estudio correspondió al Centro Regional Universitario Oriente – Universidad Autónoma Chapingo (CRUO-UACH, 2012), derivada del Padrón Nacional Cafetalero de 2011 y de las variables del trabajo pionero de Nolasco (1985), las cuales incluyen: 1) las vías de comunicación en las regiones y 2) los centros rectores de acopio y comercialización del café.

El enfoque de la investigación fue mixto: cuantitativo para el manejo de bases de datos y cualitativo a partir de la revisión documental de revistas y fuentes especializadas. Los años seleccionados correspondieron a periodos con datos disponibles a nivel municipal, lo cual permitió la homogenización y el cruce con bases de datos mediante el programa estadístico Stata v. 14.2 (StataCorp.). Las bases de datos empleadas incluyeron el Censo de Población y Vivienda de 2005 (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática [INEGI], 2005), así como los

quera [SIAP], 2020): Oaxaca (with 13 regions grouped in 143 municipalities), Chiapas (with 13 regions in 87 municipalities), Veracruz (with 10 regions in 83 municipalities), and Puebla (with seven regions in 55 municipalities). In total, 43 regions and 368 municipalities were considered.

Results and discussion

Talking about biodiverse coffee implies considering both environmental and cultural aspects, highlighting its importance not only in the local economy, but also in generating positive externalities at the ecosystem level, both nationally and internationally. According to Toledo et al. (2019), two main types of biodiversity can be identified: biological and cultural. From the former, two other categories are derived: agricultural and landscape. Regarding cultural diversity, three types of heterogeneity are identified: genetic, linguistic and cognitive. The authors highlight the interdependence between biological and cultural diversity, emphasizing that both are influenced by human intervention, which is key to the preservation, diversification and domestication of new varieties, species and agroecosystems.

Cultural biodiversity of the main coffee growing regions

Diversity, defined as *"the property of living systems of being different from each another"* (Solbrig, 1994, p. 13), can be understood as synonymous for wealth. Broadly speaking, biodiversity encompasses all forms of life on the planet (Anglés-Hernández et al., 2021). The following is a description of the cultural and biological characteristics of the main coffee growing regions in Mexico.

Indigenous population

In 2020, the regionalization of the coffee population by state yields the following values: 34 % indigenous population, 64 % non-indigenous population and 2 % Afro-Mexican population. It should be noted that data on the Afro-descendant population at the municipal level are only available for 2020, as they were not recorded in the 2005 and 2010 censuses.

In terms of regionalization, Oaxaca and Puebla stand out for having the highest proportion of indigenous population in their coffee-growing areas, with

Censos de Población y Vivienda de 2010 y 2020 (INEGI, 2010, 2020). La información analizada correspondió a cuatro estados que representaron el 90 % de la producción nacional de café en 2020 (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera [SIAP], 2020): Oaxaca (con 13 regiones agrupadas en 143 municipios), Chiapas (con 13 regiones en 87 municipios), Veracruz (con 10 regiones en 83 municipios) y Puebla (con siete regiones en 55 municipios). En total, se consideraron 43 regiones y 368 municipios.

Resultados y discusión

Hablar de café biodiverso implica considerar tanto aspectos ambientales como culturales, subrayando su importancia no solo en la economía local, sino también en la generación de externalidades positivas a nivel ecosistémico, tanto en el ámbito nacional como internacional. De acuerdo con Toledo et al. (2019), se pueden identificar dos tipos principales de biodiversidad: biológica y cultural. De la primera se derivan otras dos categorías: la agrícola y la paisajista. En cuanto a la diversidad cultural, se identifican tres modalidades de heterogeneidad: genética, lingüística y cognitiva. Los autores resaltan la interdependencia entre la diversidad biológica y la cultural, destacando que ambas están influenciadas por la intervención humana, que es clave en la preservación, diversificación y domesticación de nuevas variedades, especies y agroecosistemas.

Biodiversidad cultural de las principales regiones cafetaleras

La diversidad, definida como *"la propiedad de los sistemas vivos de ser diferentes entre sí"* (Solbrig, 1994, p. 13), se puede entender como sinónimo de riqueza. En términos generales, la biodiversidad, abarca todas las formas de vida del planeta (Anglés-Hernández et al., 2021). A continuación, se describen las características culturales y biológicas de las principales regiones cafetaleras de México.

Población indígena

En 2020, la regionalización de la población cafetalera por estados arroja los siguientes valores: 34 % de población indígena, 64 % de población no indígena y 2 % de población afromexicana. Cabe destacar que los datos de población afrodescendiente a nivel mu-

57 and 49.11 %, respectively (Figure 1). However, between 2010 and 2020, a stagnation in the growth of the indigenous population was observed in Veracruz and a decrease in Oaxaca and Puebla, suggesting a process of displacement or migration. In addition to this indigenous population, there is also a coffee farming sector that does not preserve the indigenous language, but maintains traditional coffee production techniques.

Linguistic diversity

According to the National Institute of Indigenous Languages (Federal Government Diary [DOF], 2021), there are 68 linguistic groups and 364 variants in Mexico. In coffee-growing areas, 13 ethnic groups coexist, including Nahuatl (44 %), Zapotec (15 %), Tzeltal (10%), Totonac (8 %), Mazatec (6 %), Huastec (4 %), Chinantec (4 %), Mixe (3 %), Zoque (2 %) and Tojolabal (1 %) (Aguirre-Cadena et al., 2018). Another government source mentions the presence of up to 30 indigenous ethnic groups in these territories (CEDRSSA, 2018). The importance of preserving these territories lies in the fact that the indigenous cosmo-

nopol solo están disponibles para 2020, pues no se registraron en los censos de 2005 y 2010.

En términos de regionalización, Oaxaca y Puebla destacan por tener la mayor proporción de población indígena en sus zonas cafetaleras, con un 57 y 49.11 %, respectivamente (Figura 1). Sin embargo, entre 2010 y 2020 se observó un estancamiento en el crecimiento de la población indígena en Veracruz, y una disminución en Oaxaca y Puebla, lo cual sugiere un proceso de expulsión o migración. A esta población indígena se debe sumar el sector campesino que, aunque no conserva la lengua indígena, mantiene las técnicas tradicionales de producción de café.

Diversidad lingüística

México alberga 68 agrupaciones lingüísticas y 364 variantes, según el Instituto Nacional de Lenguas Indígenas (Diario Oficial de la Federación [DOF], 2021). En las zonas cafetaleras, coexisten 13 etnias, entre las cuales destacan los nahuatl (44 %), zapotecos (15 %), tzeltales (10 %), totonacas (8 %), mazatecos (6 %), huastecos (4 %), chinantecos (4 %), mixes (3 %), zoques (2 %) y tojolabales (1 %) (Aguirre-Cadena et al.,

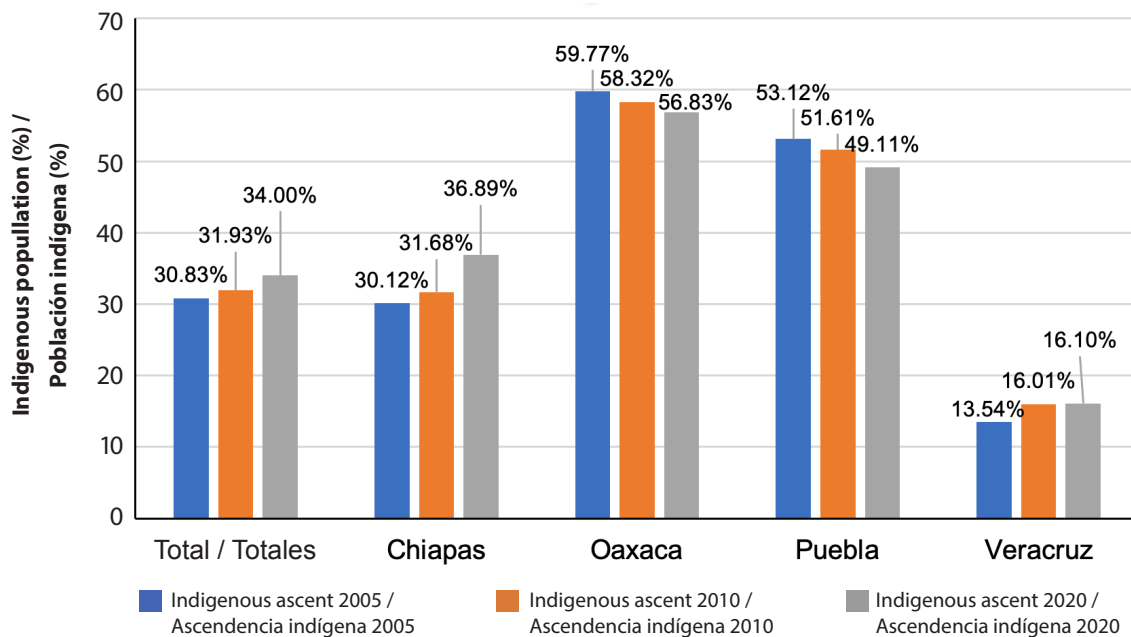


Figure 1. Indigenous population in coffee growing regions.

Figura 1. Población indígena en regiones cafetaleras.

Source: INEGI (2005, 2010, 2020).

Fuente: INEGI (2005, 2010, 2020).

vision considers nature as an extension that must be protected. Fakhri (2022, p. 6) mentions that *"indigenous people represent less than 6 % of the world's population, but they are the guardians of 80 % of the planet's biodiversity"*.

Cognitive diversity

Coffee farmers' generational knowledge, based on observation and growing management has led to the development of traditional technologies including climatic indicators, agricultural tools and forest management techniques (Arriaga-Ornelas et al., 2021). These are part of a set of passed down knowledge from generation to generation by indigenous people and farmers, which have been essential to preservation, improvement and crop diversification. Despite scientific validation in some cases, this ancestral knowledge rarely receives adequate recognition.

Biological diversity of the main coffee growing regions

Grown under shade

In Veracruz, 2,197 species belonging to 12 representative groups have been identified, including animals, plants and fungi that perform diverse functions in the ecosystem (Manson et al., 2018). This biodiversity also provides villagers with a wide variety of food for subsistence and marketable products, allowing producers to diversify their sources of income. For example, in Cuetzalan, Puebla, 280 plant species have been identified that are used for food, medicine, firewood, construction, ornamentation and other purposes (Toledo, 2015).

The coffee production system in Mexico has created landscapes differentiated by shade and full sun cultivation. Moguel and Toledo's classification, which identifies five coffee production systems, is still in force, although it has been updated with variables and categories proposed by Higuera and Rivera (2018) (Table 1).

The adoption of coffee varieties that require less shade has transformed agrobiodiverse landscapes, moving them towards a model that is closer to monoculture, dependent on external inputs and without improving the quality of life of producers. Xotlanihua-Flores (2022, p. 86) points out that

2018). Otra fuente gubernamental menciona la presencia de hasta 30 etnias indígenas en estas áreas (CEDRSSA, 2018). La importancia de preservar estos territorios radica en que la cosmovisión indígena considera la naturaleza como una extensión que debe ser protegida. Fakhri (2022, p. 6) menciona que *"los pueblos indígenas constituyen menos del 6 % de la población mundial, pero son guardianes del 80 % de la biodiversidad en el planeta"*.

Diversidad cognitiva

El conocimiento generacional de los cafecultores, basado en la observación y el manejo del cultivo, ha dado lugar al desarrollo de tecnologías tradicionales que incluyen indicadores climáticos, herramientas agrícolas y técnicas de manejo forestal (Arriaga-Ornelas et al., 2021). Estas tecnologías son parte de un conjunto de conocimientos transmitidos de generación en generación por indígenas y campesinos, y han sido fundamentales para la preservación, mejora y diversificación de los cultivos. A pesar de la validación científica en algunos casos, este conocimiento ancestral rara vez recibe el reconocimiento adecuado.

Diversidad biológica de las principales regiones cafetaleras

Cultivado bajo sombra

En Veracruz se han identificado 2,197 especies pertenecientes a 12 grupos representativos, incluidos animales, plantas y hongos, que cumplen diversas funciones dentro del ecosistema (Manson et al., 2018). Esta diversidad biológica también proporciona a los pobladores una gran variedad de alimentos para autoconsumo y productos comercializables, lo cual permite a los productores diversificar sus fuentes de ingreso. Por ejemplo, en Cuetzalan, Puebla, se han identificado 280 especies vegetales utilizadas para alimentación, medicina, leña, construcción, ornamentación y otros fines (Toledo, 2015).

El sistema de producción cafetalera en México ha generado paisajes diferenciados por el cultivo bajo sombra y a pleno sol. La clasificación de Moguel y Toledo, que identifica cinco sistemas productivos de café, sigue vigente, aunque ha sido actualizada con variables y categorías propuestas por Higuera y Rivera (2018) (Cuadro 1).

Table 1. Mexico's coffee production system.
Cuadro 1. Sistemas productivos de café en México.

Type / Tipo	Description / Descripción	Use of agrochemicals / Uso de agroquímicos
Mountain rustic / Rusticano o de montaña	Coffee bushes are planted in the existing ecosystem. / Se implantan los arbustos de café en el ecosistema existente.	Eventual
Traditional polyculture 'Coffee gardens' / Policultivo tradicional "Jardines de café"	Manipulating the forest ecosystem: introducing useful plants around coffee. / Manipulación del ecosistema forestal: introducción de plantas útiles alrededor de la planta de café.	Eventual
Commercial polyculture / Policultivo comercial	Forest and jungle are removed, and new commercial species are introduced to shade the coffee plant. / Se remueve bosque y selva, y se introducen nuevas especies de uso comercial para crear sombra a la planta de café.	Frequent / Frecuente
Monocrop under shade / Monocultivo bajo sombra	The shade of the coffee plant is usually a legume. / El sombreado de la planta de café usualmente es una leguminosa.	Always / Siempre
Coffee under full sun / Café bajo sol	Without tree cover. / Sin cobertura arbórea.	Always / Siempre

Source: Higuera and Rivera (2018).

Fuente: Higuera y Rivera (2018).

"coffee production in polyculture and rusticano is not only a landscape, but also a form of resistance to conventional agriculture based on agrochemicals and deforestation".

Coffee plantations not only benefit producers, but also generate positive externalities or ecosystem services, such as: a) provision of food, raw materials and natural resources; b) climate regulation, pollination, pest and disease control; and c) support of nutrient cycles, water cycles, soil conservation, among others (Food and Agriculture Organization [FAO], 2019). Specific services include biodiversity conservation, aquifer recharge and carbon capture and storage, which contribute to mitigating the effects of climate change (CEDRSSA, 2018). Producers' traditional knowledge, based on ecosystem and cultural diversity, is key to maintaining this diversity and generating local and global benefits through ecosystem services that increase resilience to disturbance.

La adopción de variedades de café que requieren menos sombra ha transformado los paisajes agrobiodiversos, orientándolos hacia un modelo más cercano al monocultivo, dependiente de insumos externos y sin mejorar la calidad de vida de los productores. Xotlanihua-Flores (2022, p. 86) señala que *"la producción de café en policultivo y rusticano no es solo paisaje, sino una forma de resistencia frente a la agricultura convencional basada en agroquímicos y la deforestación"*.

Los cafetales no solo benefician a los productores, sino que también generan externalidades positivas o servicios ecosistémicos como: a) provisión de alimento, materias primas y recursos naturales, b) regulación del clima, polinización, control de plagas y enfermedades, y c) soporte de ciclos de nutrientes, ciclo hidrológico, conservación del suelo, entre otros (Food and Agriculture Organization [FAO], 2019). Entre los servicios específicos destacan la conservación de la biodi-

Ecosystem diversity

Coffee ecosystems include high and medium rainforests, as well as mesophilic forests, which function as water recharge centres and reservoirs of biodiversity (Macip-Ríos & Casas-Andreu, 2008). Although in 2005 polyculture under shade was prevalent in 77 % of the national coffee-growing area (Muñoz-Rodríguez et al., 2019), the phytosanitary policy implemented between 2012 and 2016, which promoted the use of varieties resistant to coffee rust (*Hemileia vastatrix* Berk & Br, 1869), reduced the use of shade in coffee plantations.

The trend of deforestation and the critical state of biodiversity are reflected in recent national forest cover figures. Currently, 138.7 million hectares, equivalent to 70.6 % of the national territory, are covered by some type of vegetation. This area is distributed as follows: 25.1 % forest, 22.9 % jungle and 51.9 % xerophytic scrub. The forest cover of the states analyzed in this study is detailed in Table 2.

At the state level, Chiapas and Puebla have a forest cover of almost 50 %, while Veracruz only reaches 20.5 %, in contrast to Oaxaca, where 71.4 % of the territory is still covered by forest.

Genetic diversity

The evolution of genetic, ecosystem and species diversity is reflected in the ability to adapt to different environments and conditions, resulting in the

versidad, la recarga de acuíferos y la captura de carbono, lo cual contribuye a mitigar los efectos del cambio climático (CEDRSSA, 2018). El conocimiento tradicional de los productores, basado en la diversidad de los ecosistemas y las culturas, ha sido clave para mantener esta diversidad, al general beneficios locales y globales a través de servicios ecosistémicos que aumentan la resiliencia ante las perturbaciones.

Diversidad de ecosistemas

Los ecosistemas cafetaleros incluyen selvas altas y medianas, así como bosques mesófilos, que funcionan como centros de recarga acuifera y reservorios de biodiversidad (Macip-Ríos & Casas-Andreu, 2008). Aunque en 2005 preveía el policultivo bajo sombra en un 77 % del área cafetalera nacional (Muñoz-Rodríguez et al., 2019), la política fitosanitaria implementada entre 2012 y 2016, que promovió el uso de variedades resistentes a la roya (*Hemileia vastatrix* Berk & Br, 1869), redujo el uso de sombra en los cafetales.

La tendencia de la deforestación y el estado crítico de la biodiversidad se reflejan en las cifras recientes de cobertura forestal a nivel nacional. Actualmente, 138.7 millones de hectáreas, equivalentes al 70.6 % del territorio nacional, están cubiertas por algún tipo de vegetación. Esta superficie se distribuye de la siguiente manera: 25.1 % de bosque, 22.9 % de selva y 51.9 % de matorral xerófito. La cobertura forestal de los estados analizados en el presente estudio se detalla en el Cuadro 2.

Table 2. Forest cover of the main coffee growing states.
Cuadro 2. Cobertura forestal de los principales estados cafetaleros.

	Territory forestry (million ha) / Territorio forestal (millones de ha)	Coverage forestry (%) / Cobertura forestal (%)	Territory no forestry (million ha) / Territorio no forestal (millones de ha)	Coverage no forestry (%) / Cobertura no forestal (%)	Total territory (million ha) / Territorio total (millones de ha)
National / Nacional	138.7	70.6	57.7	29.4	196.4
Chiapas	3.6	48.9	3.7	51.1	7.3
Oaxaca	6.7	71.4	2.7	28.6	9.4
Puebla	1.6	45.9	1.9	54.1	3.5
Veracruz	1.5	20.5	5.7	79.5	7.2

Source: Self-made, based on National Forestry Commission data (CONAFOR, 2020).

Fuente: Elaboración propia con datos de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR, 2020).

unique and valuable characteristics that make up biodiversity today (Organización de las Naciones Unidas [ONU], 1992). However, this evolutionary process can be fragile, as the adaptive traits of a variety or species may persist for some time, but may also disappear in a single cycle. Their recovery may take hundreds of generations, underlining the importance of preserving genetic variability to avoid irreversible loss of biodiversity (Nei et al., 1975).

The policy of replacing traditional coffee varieties has not sufficiently taken into account the resistance and adaptation of Criollo varieties, which have been acclimatized in Mexico for more than 200 years and could be useful in countering the effects of the disease. Harlan (1975) mentions that Criollo varieties have particular characteristics that allow them to adapt to specific local conditions, such as soil type, climate and pest resistance. These varieties could have played a crucial role in the fight against rust, but were undervalued in favour of more productive but less adapted varieties.

Climate change and disease susceptibility go on to threatening coffee production, highlighting the need for further research to provide technical solutions to ensure the sustainability of the sector.

Challenges and rationale for biodiverse coffee production in Mexico

Biodiversity, understood as synonymous with wealth and heterogeneity, faces serious threats from human activity. Among the factors that most contribute to its genetic erosion and degradation are urbanization, livestock expansion, industrial agriculture, and the implementation of inadequate public policies, among others (FAO, 2019). Hasty decisions, such as changing varieties in the face of health emergencies, have been made without adequate consultation or information to affected communities. The lack of transparency has placed territories with local coffee varieties at risk by ignoring the long-term ecological and social effects of restructuring these productive spaces.

As shown in Table 3, there are legal tools that aim to protect the rights of populations and safeguard their natural resources in the future.

A nivel estatal, Chiapas y Puebla presentan una cobertura forestal cercana al 50 %, mientras que Veracruz solo alcanza un 20.5 %, lo cual contrasta con Oaxaca, donde el 71.4 % del territorio sigue cubierto de bosques.

Diversidad genética

La evolución de la diversidad genética, ecosistémica y de especies se refleja en la capacidad de adaptación a diversos ambientes y condiciones, lo cual da lugar a características únicas y valiosas que conforman la biodiversidad actual (Organización de las Naciones Unidas [ONU], 1992). Sin embargo, este proceso de evolución puede ser frágil, ya que las características adaptativas de una variedad o especie pueden persistir por un tiempo, pero también pueden desaparecer en un solo ciclo. Su recuperación podría requerir cientos de generaciones, lo que subraya la importancia de preservar la variabilidad genética para evitar la pérdida irreversible de biodiversidad (Nei et al., 1975).

La política de reemplazo de variedades tradicionales de café no consideró adecuadamente la resistencia y adaptación de las variedades criollas, aclimatadas en México durante más de 200 años, las cuales podrían ser útiles para contrarrestar los efectos de la enfermedad. Harlan (1975) menciona que las variedades criollas poseen características particulares que les permiten adaptarse a condiciones locales específicas, como tipo de suelo, clima y resistencia a plagas. Estas variedades podrían haber desempeñado un papel crucial en la lucha contra la roya, pero fueron subestimadas en favor de variedades más productivas, aunque menos adaptadas.

El cambio climático y la susceptibilidad a enfermedades continúan amenazando la producción de café, lo cual subraya la necesidad de realizar nuevas investigaciones para ofrecer soluciones técnicas que garanticen la sostenibilidad del sector.

Retos y racionalidad de la producción de café biodiverso en México

La biodiversidad, entendida como sinónimo de riqueza y heterogeneidad, enfrenta graves amenazas derivadas de la actividad humana. Entre los factores

Table 3. Main legal instruments for the defence of coffee-growing territories and their biodiversity.
Cuadro 3. Principales instrumentos legales para la defensa de los territorios cafetaleros y su biodiversidad.

Right / Derecho	Legal instrument / Instrumento legal
Right to self-determination and autonomy to preserve culture and territories / Derecho a la libre determinación y autonomía para preservar la cultura y los territorios	Article 2: Political Constitution of the United Mexican States (CPEM). Article 24: Federal Law for the Protection of the Cultural Heritage of Indigenous and Afro-Mexican People and Communities. Article 20: United Nations Declaration on the Rights of Farmers and Other People Working in Rural Areas (UNDROP). Articles 20 and 25: United Nations Declaration on the Rights of Indigenous People. / Artículo 2: Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (CPEM). Artículo 24: Ley Federal de Protección del Patrimonio Cultural de los Pueblos y Comunidades Indígenas y Afromexicanas. Artículo 20: Declaración de las Naciones Unidas sobre los Derechos de los Campesinos y de Otras Personas que Trabajan en las Zonas Rurales (UNDROP). Artículos 20 y 25: Declaración de las Naciones Unidas sobre los derechos de los pueblos indígenas.
Right to nutritious and quality feeding / Derecho a la alimentación nutritiva y de calidad	Article 4: Political Constitution of the United Mexican States (CPEM). Article 15: United Nations Declaration on the Rights of Farmers and Other People Working in Rural Areas Article 11: International Covenant on Economic, Social and Cultural Rights. / Artículo 4: Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (CPEM). Artículo 15: Declaración de las Naciones Unidas sobre los Derechos de los Campesinos y de Otras Personas que Trabajan en las Zonas Rurales (UNDROP). Artículo 11: Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales.
The right to collective ownership of their cultural heritage, knowledge, know-how, manifestations of science, technology and traditional cultural expressions / Derecho a la propiedad colectiva sobre su patrimonio cultural, saberes, conocimientos, manifestaciones de ciencia, tecnología y expresiones culturales tradicionales	Articles 2, 5, 6 y 11: Law on the safeguarding of the knowledge, culture and identity of indigenous and Afro-American people and communities. Articles 2, 11 y 13: Convention for the Safeguarding of the Intangible Cultural Heritage. Article 15: Federal Law for the Protection of the Cultural Heritage of Indigenous and Afro-Mexican People and Communities. Article 3: Federal Plant Variety Law. / Artículos 2, 5, 6 y 11: Ley de salvaguardia de los conocimientos, cultura, e identidad de los pueblos y comunidades indígenas y afroamericanos. Artículos 2, 11 y 13: Convención para la salvaguardia del patrimonio cultural inmaterial. Artículo 15: Ley Federal de Protección del Patrimonio Cultural de los Pueblos y Comunidades Indígenas y Afromexicanas. Artículo 3: Ley Federal de Variedades Vegetales.
Fundamental right of indigenous and Afro-Mexican people and communities to participate in decision-making regarding administrative acts and measures that affect them / Derecho fundamental de pueblos y comunidades indígenas y afromexicanas a participar en la toma de decisiones respecto de actos y medidas administrativas que los afecten	Article 5: Federal Law for the Protection of the Cultural Heritage of Indigenous and Afro-Mexican People and Communities. Article 6: International Labour Organization Convention 169 concerning Indigenous and Tribal People in Independent Countries. Article 7: Regional agreement on access to information, public participation and access to justice in environmental matters in Latin America and the Caribbean. Article 2: United Nations Declaration on the Rights of Farmers and Other People Working in Rural Areas (UNDROP). Article 9: United Nations Declaration on the Rights of Indigenous People. / Artículo 5: Ley de consulta de los pueblos y comunidades indígenas y afromexicanas. Artículo 6: Convenio 169 de la Organización Internacional del Trabajo sobre pueblos indígenas y tribales en países independientes. Artículo 7: Acuerdo regional sobre el acceso a la información, la participación pública y el acceso a la justicia en asuntos ambientales en América Latina y el Caribe. Artículo 2: Declaración de las Naciones Unidas sobre los Derechos de los Campesinos y de Otras Personas que Trabajan en las Zonas Rurales (UNDROP). Artículo 9: Declaración de las Naciones Unidas sobre los derechos de los pueblos indígenas.

Table 3. Main legal instruments for the defence of coffee-growing territories and their biodiversity. (cont.)
Cuadro 3. Principales instrumentos legales para la defensa de los territorios cafetaleros y su biodiversidad. (cont.)

Right / Derecho	Legal instrument / Instrumento legal
Right to preserve their biological and cultural diversity / Derecho a preservar su diversidad biológica y cultural	<p>Instruments for ecosystem protection</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Convention concerning the Protection of the World Cultural and Natural Heritage. 2. Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora (CITES). 3. Convention on the Conservation of Migratory Species of Wild Animals (CMS). 4. Convention on Wetlands of International Importance as Waterfowl Habitat (Boege, 2003). <p>Indigenous declarations on biodiversity</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. United Nations Declaration on the Rights of Farmers and Other People Working in Rural Areas (UNDROP) (Articles 5, 18, 19 and 20). 2. American Declaration on the Rights of Indigenous People. 3. Declaration of Indigenous and Tribal People of the Tropical Forests. 4. Charter of Indigenous and Farmers on development and natural resources. / <p>Instrumentos de protección de los ecosistemas</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Convención sobre la protección del patrimonio mundial cultural y natural. 2. Convención sobre comercio internacional de especies amenazadas de fauna y flora silvestres (CITES). 3. Convención sobre la conservación de las especies migratorias de animales silvestres (CMS). 4. Convención sobre los humedales de importancia internacional como hábitat para aves acuáticas (Boege, 2003). <p>Declaraciones indígenas sobre la biodiversidad</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Declaración de las Naciones Unidas sobre los Derechos de los Campesinos y de Otras Personas que Trabajan en las Zonas Rurales (UNDROP) (Artículos 5, 18, 19 y 20). 2. Declaración americana de los derechos de los pueblos indígenas. 3. Declaración de los pueblos indígenas y tribales de los bosques tropicales. 4. Carta de los pueblos indígenas y campesinos sobre el desarrollo y recursos naturales.

Source: Self-made, based on texts of Escalante (2021), Boege (2003), and national and international legal instruments.

Fuente: Elaboración propia con base en textos de la Escalante (2021), Boege (2003), e instrumentos legales nacionales e internacionales.

Biodiverse coffee: An alternative to coffee production

Biodiverse coffee grown by indigenous and coffee farmers in Mexico, under shade and polyculture systems, offers a significant alternative to conventional production promoted by SAGARPA (2016). Traditional systems not only improve the quality of life of producers, but also provide economic benefits from a different perspective, as they contribute to Mexico's competitive advantage through two key factors: 1) low costs and 2) differentiation (Porter, 2002).

Mexico has been a pioneer in the production of organic and fair trade coffee, which has allowed the development of a wide range of value-added products, such as coffee of origin, organic, fair trade, decaffeinated, flavored, shade-grown, sustainable,

que más contribuyen a su erosión genética y degradación se encuentran la urbanización, la expansión ganadera, la agricultura industrial, la implementación de políticas públicas inadecuadas, entre otros (FAO, 2019). Decisiones apresuradas, como el cambio de variedades ante emergencias sanitarias, se han llevado a cabo sin la consulta o información adecuada a las comunidades afectadas. La falta de transparencia ha puesto en riesgo los territorios con variedades locales de café, al ignorar los efectos ecológicos y sociales a largo plazo de la reestructuración de estos espacios productivos.

Como se muestra en el Cuadro 3, existen herramientas legales que buscan proteger los derechos de las poblaciones y salvaguardar sus recursos naturales en el futuro.

among others (Escamilla-Prado & Landeros-Sánchez, 2016). In May 2022, Mexico obtained the highest global score in the “Cup of Excellence Mexico” contest, positioning itself among the 11 main participating growing countries (Mexican Association of the Coffee Production Chain [AMECAFE], 2022). Although special coffees represent only 20 % of world production, in markets such as the United States they cover 50 % of consumption in coffee shops (Luna-González et al., 2022). In addition, it is important to note that 53.85 % of Mexican coffee production is destined for the United States (CEDRSSA, 2018), with auction prices reaching up to \$6,852.00 USD per kilo in gold coffee in 2022 (AMECAFE, 2022).

In order to further improve the quality of Mexican coffee, it is fundamental that government implements policies and programs that promote biodiverse production, encouraging the expansion of crops in zones with optimal altitudes. In 2006, only 35 % of coffee plantations were located at an altitude above 900 m a. s. l., producing high altitude and strict altitude coffees, while 44 % were between 600 and 900 m a. s. l. (Giovannucci & Juárez, 2006). The introduction of disease-resistant varieties should be limited to areas with altitudes below 900 m a. s. l., with the informed consent of local communities, prioritizing the supply of the soluble coffee market, which represents 54.2 % of consumption in Mexico (Euro-monitor International, 2016).

From this research, it is confirmed that the substitution of lower quality but rust-resistant coffee varieties should focus on low altitude areas. In this sense, Escamilla-Prado (2016, p.7) mentions that:

“This option of substituting rust resistant varieties can be recommended for low and medium altitude areas. However, in high altitude areas with quality potential, it is essential to define the varieties to be grown, based on the growing consumption of differentiated and special coffees, which favour traditional Arabica varieties such as Typica or Criollo, Borbon, Garnica, Caturra and Catuai, which are among the most widespread in coffee-growing areas”.

In conclusion, the production of speciality coffees in Mexico is an effective strategy to counteract the volatility of international prices, protecting growers

El café biodiverso: Una alternativa a la producción

El café biodiverso cultivado por cafeticultores indígenas y campesinos en México, bajo sombra y en sistemas de policultivo, ofrece una alternativa significativa frente a la producción convencional promovida por SAGARPA (2016). Los sistemas tradicionales no solo mejoran la calidad de vida de los productores, sino que también brindan beneficios económicos desde una perspectiva diferente, ya que contribuyen a la ventaja competitiva de México mediante dos factores clave: 1) bajos costos y 2) diferenciación (Porter, 2002).

México ha sido pionero en la producción de café orgánico y de comercio justo, lo cual ha permitido el desarrollo de una amplia gama de productos con valor agregado, como los cafés de origen, orgánicos, de comercio justo, descafeinados, saborizados, de sombra, sustentables, entre otros (Escamilla-Prado & Landeros-Sánchez, 2016). En mayo de 2022, México obtuvo el mayor puntaje mundial en el certamen “Taza de excelencia México”, posicionándose entre los 11 principales países productores participantes (Asociación Mexicana de la Cadena Productiva del Café [AMECAFE], 2022). Aunque los cafés de especialidad representan solo el 20 % de la producción mundial, en mercados como Estados Unidos cubren el 50 % del consumo en cafeterías (Luna-González et al., 2022). Además, es importante destacar que el 53.85 % de la producción de café mexicano se destina a Estados Unidos (CEDRSSA, 2018), con precios en subasta que alcanzaron hasta \$6,852.00 USD por kilo en café oro en 2022 (AMECAFE, 2022).

Para mejorar aún más la calidad del café mexicano, es fundamental que el gobierno implemente políticas y programas que promuevan la producción biodiversa, incentivando la expansión de cultivos en zonas con altitudes óptimas. En 2006, solo el 35 % de las plantaciones de café se encontraban a una altitud superior a los 900 m s. n. m., produciendo cafés de altura y estricta altura, mientras que el 44 % estaban entre los 600 y 900 m s. n. m. (Giovannucci & Juárez, 2006). La introducción de variedades resistentes a enfermedades debería limitarse a zonas con altitudes menores a 900 m.s.n.m., con el consentimiento informado de las comunidades locales, priorizando el abastecimiento del mercado de cafés solubles,

from competition in a market where the country has no competitive advantage in terms of mass production, cultivated area or technology. Considering the above, in the 2020-2021 cycle, the world's main coffee producers, in thousands of 60-kilo bags, will be Brazil (69,900), Vietnam (29,000), Colombia (13,400), Indonesia (10,700), Ethiopia (7,600), Uganda (6,630), Honduras (6,500), India (5,237), Guatemala (3,930) and Mexico (3,625) (United States Department of Agriculture Foreign Agricultural Service [USDA], 2021). In 2020, Brazil leads with 1,898,240 ha, followed by Indonesia (1,264,330 ha), Ethiopia (856,590 ha), Colombia (844,740 ha), Republic of Côte d'Ivoire (756,450 ha), Vietnam (637,560 ha) and Mexico (636,000 ha) (Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAOSTAT], 2020)

The study by Perea-Quezada (2010), on the competitive advantage of organic coffee in Veracruz, highlights that conventional coffee production is not sustainable in the long term due to the contamination and degradation of agroecosystems generated by the excessive use of agrochemicals. These inputs not only increase production costs, but also foster pest resistance, which forces producers to use even more chemicals. Although current government policies, which encourage self-management in production, represent a step forward, it is necessary to reorganize farming systems and promote greater awareness of environmental sustainability at all levels.

Conclusions

The regionalization of the main coffee-growing areas has highlighted the limitations of current coffee policies in a context of stagnating or declining population growth, reflecting the structural crisis in the sector. However, this situation has also highlighted the predominance of indigenous and farmer populations, whose cultural practices and technological knowledge are closely linked to the maintenance of agroforestry systems with high levels of biological and cultural biodiversity. These systems, established and protected by indigenous and farmers in coffee growing areas, contribute to the resilience and sustainability of coffee ecosystems.

Promoting biodiverse coffee agroforestry systems is not only in line with the worldview of the communities, it also increases the richness and diversity of

el cual representa el 54.2 % del consumo en México (Euromonitor International, 2016).

A partir de este trabajo se confirma que la sustitución de variedades de café de menor calidad, pero resistentes a la roya, debe centrarse en áreas de baja altitud. En este sentido, Escamilla-Prado (2016, p.7) menciona que:

“Esta opción de sustituir con variedades resistentes a la roya puede ser recomendable para zonas de baja y media altitud. Sin embargo, en zonas de altura con potencial de calidad, es fundamental definir qué variedades se van a cultivar, basándose en el creciente consumo de cafés diferenciados y de especialidad, que prefieren las variedades arábicas tradicionales como la Typica o Criollo, Borbón, Garnica, Caturra y Catuai, entre las más difundidas en las regiones cafetaleras.”

En conclusión, la producción de cafés de especialidad en México es una estrategia efectiva para contrarrestar la volatilidad de los precios internacionales, protegiendo a los productores de la competencia en un mercado donde el país no tiene ventajas competitivas en términos de producción masiva, superficie cultivada o tecnología. Lo anterior considerando que, durante el ciclo 2020-2021, los principales productores de café a nivel mundial, en miles de sacos de 60 kilogramos, fueron Brasil (69,900), Vietnam (29,000), Colombia (13,400), Indonesia (10,700), Etiopía (7,600), Uganda (6,630), Honduras (6,500), India (5,237), Guatemala (3,930) y México (3,625) (United States Department of Agriculture Foreign Agricultural Service [USDA], 2021). En términos de superficie cultivada en 2020, Brasil lideró con 1,898,240 ha, seguido de Indonesia (1,264,330 ha), Etiopía (856,590 ha), Colombia (844,740 ha), Costa de Marfil (756,450 ha), Vietnam (637,560 ha) y México (636,000 ha) (Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAOSTAT], 2020).

El estudio de Perea-Quezada (2010), sobre la ventaja competitiva del café orgánico en Veracruz, resalta que la producción convencional de café no es sostenible a largo plazo debido a la contaminación y degradación de los agroecosistemas generadas por el uso excesivo de agroquímicos. Estos insumos no solo incrementan los costos de producción, sino que

the coffees produced, resulting in a wide range of flavours, qualities and prices. This genetic diversity and resilience enables the continuity of the crop in the face of phenomena such as climate change.

Biodiverse coffee promotes the conservation of ecosystems, improves the grower's quality and provides food for self-consumption, barter or sale. In contrast, public policy that encourages the change of coffee varieties has had negative consequences, such as: (a) increased deforestation, which aggravates the impact of climate change, (b) infringement of growers' rights, as they have not been consulted on the medium and long-term effects of these measures, (c) increased production costs due to the introduction of non-adapted varieties that require higher inputs, and (d) a decrease in coffee growers' income, as they market coffee of lower quality and price, which contributes to the marginalization of coffee-growing regions and the loss of biodiversity on their plots of land.

The imposition of non-adapted varieties also generates dependence on the international market, in which small growers, especially indigenous and farmers, cannot compete on equal terms due to factors such as technology, cultivated area, marginality of the land, size of the farms, among others.

It is imperative that the government, growers and consumers work together to develop a potential niche opportunity where Mexico can stand out through differentiated coffee production and fair trade. The country is already a pioneer in alternative production, and although it requires greater efforts (such as investment and training), it also offers benefits such as a price premium for coffee, as well as additional income from other products derived from agroforestry systems. This, in turn, contributes to improving the coffee growers' life quality and to fostering sustainability in coffee-growing regions.

también fomentan la resistencia de plagas, lo cual obliga a los productores a utilizar aún más químicos. Aunque las políticas gubernamentales actuales, que fomentan la autogestión en la producción, representan un paso adelante, es necesario reorganizar los sistemas de cultivo y promover una mayor concientización sobre la sostenibilidad ambiental en todos los niveles.

Conclusiones

La regionalización de las principales zonas cafetaleras ha expuesto las limitaciones de la política cafetalera actual, en un contexto de crecimiento poblacional estancado o decreciente, lo cual refleja la crisis estructural del sector. No obstante, esta situación también ha resaltado la predominancia de la población indígena y campesina, cuyas prácticas culturales y conocimientos tecnológicos están estrechamente vinculados a la preservación de sistemas agroforestales con altos niveles de biodiversidad biológica y cultural. Estos sistemas, construidos y protegidos por los pueblos originarios y campesinos en las zonas productoras, contribuyen a la resiliencia y sostenibilidad de los ecosistemas cafetaleros.

La promoción de los sistemas agroforestales cafetaleros biodiversos no solo se alinea con la cosmovisión de las comunidades, sino que también potencia la riqueza y diversidad de los cafés producidos, lo cual se traduce en una amplia variedad de sabores, calidades y precios. Esta diversidad genética y resiliencia permite la continuidad del cultivo ante fenómenos como el cambio climático.

El café biodiverso promueve la conservación de los ecosistemas, mejora la calidad de vida de los productores y proporciona alimentos para autoconsumo, trueque o venta. En contraste, la política pública que fomenta el cambio de variedades de café ha tenido consecuencias negativas, como: a) el aumento de la deforestación, lo cual agrava el impacto del cambio climático, b) la vulneración de los derechos de los productores, al no ser consultados sobre los efectos a mediano y largo plazo de estas medidas, c) el incremento de los costos de producción debido a la introducción de variedades no adaptadas que requieren mayores insumos, y d) la disminución de los ingresos de los productores, al comercializar un café de menor calidad y precio, lo cual contribuye a la

End of English version

References / Referencias

- Aguirre-Cadena, J. F., Ramírez-Valverde, B., Trejo-Téllez, B. I., Morales-Flores, F. J., & Juárez-Sánchez, J. P. (2018). Producción de café en comunidades indígenas de México: Beneficios sociales y ambientales. *Agro Productividad*, 5(2), 34-41. <https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/402>
- Anglés-Hernández, M., Rovalo-Otero, M., & Tejado-Gallegos, M. (2021). *Manual de derecho ambiental mexicano*. Universidad Nacional Autónoma de México. <https://archivos.juridicas.unam.mx/www/bjv/libros/13/6429/13.pdf>
- Arriaga-Ornelas, J. L., Fabela-Reyes, C., Gutiérrez-González, L., & Sotelo-Carrillo, N. (2021). El conocimiento tradicional como práctica erudita entre productores de café en Xico, Veracruz, México. *Antropología Cuadernos de Investigación*, 24, 114-130. <https://www.cuadernosdeantropologia-puce.edu.ec/index.php/antropologia/article/view/235/169>
- Asociación Mexicana de la Cadena Productiva del Café A.C. (AME-CAFE). (2022). *Cup of Excellence 2022*. México. <https://n9.cl/32eyf>
- Boege, E. (2003). *Protegiendo lo nuestro: Manual para la gestión ambiental comunitaria, uso y conservación de la biodiversidad de los campesinos indígenas de América Latina*. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente Oficina Regional para América Latina y el Caribe. http://centro.paot.org.mx/documentos/semarnat/protegiendo_lo_nuestro.pdf
- Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria (CEDRSSA). (2018). *El café en México: diagnóstico y perspectiva*. Cámara de Diputados. <https://portales.diputados.gob.mx/CEDRSSA/registro-solicitud?men=bb53bb03-1642-40d2-9a34-61c0a743c006&menu=Acerca%20de&lateral=false#>
- Centro Regional Universitario Oriente – Universidad Autónoma Chapingo (CRUO-UACH). (2012). *Base de datos de regionalización*. CRUO-UACH
- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). (2020). *Cobertura forestal: Principales indicadores forestales 2015-2020*. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. <https://snmf.cnf.gob.mx/principalesindicadoresforestalesciclo-2015-2020/>
- Conservation International. (2022). *Biodiversity hotspots*. <https://www.conservation.org/priorities/biodiversity-hotspots>
- Diario Oficial de la Federación (DOF). (2021). *Programa Institucional 2020-2024 del Instituto Nacional de Lenguas Indígenas*. Secretaría de Gobernación. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5614334&fecha=24%2F03%2F2021#gsc.tab=0
- Escalante, A. E. (2021). *Semillas para el bien común: Compendio de experiencias latinoamericanas y herramientas legales para su defensa en México*. UNAM. https://lancis.ecologia.unam.mx/assets/semillas_para_el_bien_comun.pdf
- marginación de las regiones cafetaleras y a la pérdida de biodiversidad en sus parcelas.
- La imposición de variedades no adaptadas también genera una dependencia del mercado internacional, en el que los pequeños productores, especialmente los indígenas y campesinos, no pueden competir en igualdad de condiciones debido a factores como la tecnología, superficie cultivada, marginalidad de los terrenos, tamaños de las explotaciones entre otras.
- Es imprescindible que tanto el gobierno como los productores y consumidores trabajen juntos para desarrollar un nicho de oportunidad donde México puede destacar mediante la producción de café diferenciado y el comercio justo. El país ya es pionero en la producción alternativa, y aunque esta requiere mayores esfuerzos (como inversiones y capacitación) también ofrece beneficios como un sobreprecio por el café, así como ingresos adicionales por otros productos derivados de los sistemas agroforestales. Esto, a su vez, contribuye a mejorar la calidad de vida de los productores y a fomentar la sostenibilidad de las regiones cafetaleras.

Fin de la versión en español

- Escamilla-Prado, E. (2016). Las variedades de café en México ante el desafío de la roya. *Breves de Políticas Públicas*, 4(2), 2-10. https://pmcarbono.org/pmc/descargas/breves_politicas_publicas/Breves_de_Politicas_Publicas_No.4-Varietades_de_cafe_en_Mexico.pdf
- Escamilla-Prado, E., & Landeros-Sánchez, C. (2016). *Cafés diferenciados y de especialidad*. Centro Nacional de Investigación e Innovación y Desarrollo Tecnológico del Café (CENACAFE). https://www.researchgate.net/publication/314517201_Cafes_diferenciados_y_de_especialidad
- Euromonitor International. (2016). *Análisis del mercado de consumo de café en México 2016*. Euromonitor Consulting. https://amecafe.org.mx/wp-content/uploads/2017/08/Euromonitor_Informe_An%C3%A1lisis-de-consumo-2016-AMECAFE-Final.pdf
- Fakhri, M. (2022). *Las semillas, el derecho a la vida y los derechos de los agricultores*. ONU. https://www.riaaver.org/sites/default/files/2022-03/Semillas%20y%20derechos%20campesinos_AsgalONU.pdf

- Food and Agriculture Organization (FAO). (2019). *The State of the world's biodiversity for food and agricultura*. Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture Assessments. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/50b79369-9249-4486-ac07-9098d07df60a/content>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAOSTAT). (2020). *Crops and livestock products: Coffee green, world production 2020-2021*. FAO. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>
- Giovannucci, D., & Juárez, R. (2006). *Análisis prospectivo de política cafetalera*. SAGARPA. https://cafesdemexico.com/wp-content/uploads/2020/05/proyect_fao.pdf
- Harlan, J. R. (1975). *Crops and man*. American Society of Agronomy and Crop Science Society of America.
- Higuera, I., & Rivera, J. (2018). *Chiapas: Problemáticas del sector cafetalero*. Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, AC.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). (2005). *Censo de Población y Vivienda 2005*. INEGI. <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2005/>
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). (2010). *Censo de Población y Vivienda 2010*. INEGI. <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2010/>
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). (2020). *Censo de Población y Vivienda 2020*. INEGI. <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/>
- Luna-González, A., Luna-Méndez, N., & Ortega-Hernández, A. (2022). Factores explicativos del pago por café de especialidad, el caso del "Certamen Cup of Excellence-México". *AyTBUAP*, 7(26), 59-80. <http://doi.org/10.5281/zenodo.6682347>
- Luque, D., & Ortiz, B. (2019). *Hacia una política de bienestar comunitario de pueblos indígenas y comunidades equiparables en regiones de alta densidad biocultural de México*. CONACYT. https://patrimoniobiocultural.com/archivos/docs/Patrimonio_Biocultural_de_Mexico.pdf
- Macip-Ríos, R., & Casas-Andreu, G. (2008). Los cafetales en México y su importancia para la conservación de los anfibios y reptiles. *Acta Zoológica Mexicana*, 24(2), 143-159. <https://www.redalyc.org/pdf/575/57524210.pdf>
- Manson, R., López-Barrera, F., Sosa, V., & Ortega-Pieck, A. (2018). *Biodiversidad y otros servicios ambientales en cafetales: Manual de mejores prácticas*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. http://www1.inecol.edu.mx/publicaciones/Biodiversidad_en_cafetales_webx.pdf
- Muñoz-Rodríguez, M., Gómez-Pérez, D., Santoyo-Cortés, V. H., & Rosales-Lechuga, R. (2019). *Los negocios del café: ¿Cómo innovar en el contexto de la paradoja del café, en pro de una red de valor más inclusiva y accesible?*. Universidad Autónoma Chapingo.
- Nei, M., Maruyama, T., & Chakraborty, R. (1975). The bottleneck effect and genetic variability in populations. *Evolution*, 29(1), 1-10. <https://doi.org/10.2307/2407137>
- Nolasco, M. (1985). *Café y sociedad en México*. Centro de Ecodesarrollo.
- Organización de las Naciones Unidas (ONU). (1992). *Convenio sobre la diversidad biológica, Río de Janeiro, Brasil*. <https://www.cbd.int/doc/legal/cbd-es.pdf>
- Perea-Quezada, J. (2010). El café orgánico, una ventaja competitiva para los productores cafetaleros del estado de Veracruz. *Investigación Administrativa*, 39(105), 23-39. <https://www.scielo.org.mx/pdf/ia/v39n105/2448-7678-ia-39-105-23.pdf>
- Porter, M. E. (2002). *Ventaja competitiva: Creación y sostenimiento de un desempeño superior*. Patria Cultural.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). (2016). *Plan Integral de Atención al Café (PIAC)*. SAGARPA. https://amecafe.org.mx/wp-content/uploads/2016/10/3_procafe.pdf
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2020). *Anuario estadístico de la producción agrícola: Producción Café cereza Municipios 2005, 2010 y 2020*. SIAP. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>
- Solbrig, O. (1994). Biodiversity: An introduction. In O. Solbrig (Ed.), *Biodiversity and global change*. CAB International.
- StataCorp. (2015). *Stata Statistical Software: Release 14*. College Station, TX: StataCorp LP.
- Toledo, V. M. (2015). *El kuojtakiloyan: Patrimonio biocultural náhuatl de la sierra norte de Puebla, México*. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.
- Toledo, V. M., Barrera-Bassols, N., & Boege, E. (2019). *¿Qué es la diversidad biocultural?*. Universidad Nacional Autónoma de México.
- United States Department of Agriculture Foreign Agricultural Service. (2021). *Coffee: Custom query, production 2020-2021*. USDA. <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/app/index.html#/app/advQuery>
- Vavilov, N. (1930). México y Centroamérica como centro básico de origen de las plantas cultivadas del Nuevo Mundo. *Revista Etnobiología*, 10(Suplemento 1), 28-43. <https://revistaetnobiologia.mx/index.php/etno/article/view/322/314>
- Xotlanihua-Flores, D. (2022). Metodología para el análisis del paisaje cafetalero como un sistema de autoprotección ante crisis ambientales en Tlecuaxco, Veracruz. *Punto Cunorte*, 1(12), 69-97. <https://doi.org/10.32870/punto.v1i12.96>