



<https://doi.org/10.5154/r.textual/2024.85.9>

EVOLUTION AND DYNAMICS OF AGAVE CULTIVATION IN OAXACA: A TREND ANALYSIS

EVOLUCIÓN Y DINÁMICA DEL CULTIVO DE AGAVE EN OAXACA: UN ANÁLISIS DE TENDENCIAS

Ernesto Castañeda Hidalgo; Rosario Aquino López*; Gisela Margarita Santiago Martínez;
Salvador Lozano Trejo; Martha P. Jerez Salas

ABSTRACT

The growing production of distilled has prompted small farmers to expand agave cultivation, reducing the region's native vegetation. This research, conducted in 2024 in the Mezcal Region (MR) of Oaxaca, analyzes the dynamics of agave production in the districts of Miahuatlán, Tlacolula and Yautepec, using the SALSA methodology, which integrates data evaluation, synthesis, and data analysis. In the last decade, the MR has significantly increased its area under cultivation, reaching 92,214 ha of *Agave angustifolia* and 21,691 ha harvested, with average yields of 63.65 t·ha⁻¹. Tlacolula concentrates the largest area (41 575 ha), although there are variations in yields and prices: the average reaches \$2,097 t in Tlacolula and \$1,685 t in Miahuatlán and Yautepec. Yields (kg·ha⁻¹·año⁻¹) and prices of maguey pineapple show high variability. The coefficient of variation (CV) shows instability: Miahuatlán shows 49%, Yautepec 61%, and Tlacolula 57%, reflecting fluctuations which affect profitability. Technical support and management strategies are required to guide production towards agroecological models capable of maintaining profitability and conserving natural resources, thus ensuring the environmental and economic viability of the mezcal production industry.

KEYWORDS: Distillates, pineapple, prices, yields, profitability.

Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca/Tecnológico Nacional de México, Ex-Hacienda de Nazareno, Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca, C. P. 71233, México.

*Corresponding author: rousaquino94@gmail.com Tel: 9514165257, ORCID ID: 0000-0001-5911-9880

Please cite this article as follows (APA 7): Castañeda Hidalgo, E., Aquino López, R., Santiago Martínez, G. M., Lozano Trejo, S., & Jerez Salas, M. P. (2025). Evolution and dynamics of Agave cultivation in Oaxaca: a trend analysis. *e2409.Textual*, 85. doi: <https://doi.org/10.5154/r.textual/2024.85.09>

Received: October 9, 2024 | Accepted: October 7, 2025 | Published online: November 26, 2025

RESUMEN

La creciente elaboración de destilados ha impulsado a pequeños agricultores a expandir el cultivo de agave, reduciendo la vegetación nativa de la región. Este estudio, realizado en 2024 en la Región del Mezcal (RM) de Oaxaca, analiza la dinámica de producción de agave en los distritos de Miahuatlán, Tlacolula y Yautepec, mediante la metodología SALSA, que integra evaluación, síntesis y análisis de datos. En la última década, la RM incrementó notablemente la superficie cultivada, alcanzando 92 214 ha de *Agave angustifolia* y 21 691 ha cosechadas, con rendimientos promedio de 63.65 t·ha⁻¹. Tlacolula concentra la mayor superficie (41 575 ha), aunque existen variaciones en rendimientos y precios: el promedio alcanza \$2 097 t en Tlacolula y \$1 685 t en Miahuatlán y Yautepec. Los rendimientos (kg·ha⁻¹·año⁻¹) y precios de la piña de maguey, muestran alta variabilidad. El coeficiente de variación (CV) evidencia inestabilidad: Miahuatlán presenta 49 %, Yautepec 61 % y Tlacolula 57 %, reflejando fluctuaciones que afectan la rentabilidad. Se requiere acompañamiento técnico y estrategias de manejo que orienten la producción hacia modelos agroecológicos, capaces de mantener la rentabilidad y conservar los recursos naturales, garantizando así la viabilidad ambiental y económica de la actividad mezcalera.

Palabras clave: Destilados, piña, precios, rendimientos, rentabilidad.



INTRODUCTION

There are currently 159 species of maguey in the country, 75% of those existing in the world (210); of these, 119 are endemic (Vázquez-Pérez et al., 2020; García Mendoza et al., 2019). The state of Oaxaca has the greatest diversity of Agavaceae (58 species), 19 of them endemic (Vega & Pérez, 2017). Eight species of cultivated and wild agaves have been identified for the production of mezcal, among which the “espadín” (*Agave angustifolia* Haw) stands out for its fast growth, its going a long way and seedling production (Mariles-Flores, 2016).

INTRODUCCIÓN

Actualmente existen en el país 159 especies de maguey, 75 % de las existentes en el mundo (210); de ellas, 119 son endémicas (Vázquez-Pérez et al., 2020; García Mendoza et al., 2019). El estado de Oaxaca es el más diverso en Agaváceas (58 especies), 19 de ellas endémicas (Vega & Pérez, 2017). Se identifican ocho especies de agaves cultivados y silvestres para la fabricación del mezcal de las cuales, destaca el “espadín” (*Agave angustifolia* Haw), por su rápido crecimiento, rendimiento y producción de plántulas (Mariles-Flores, 2016).

In recent decades, mezcal production in Mexico has experienced a significant boom, with Oaxaca being the leading producer. In 2016, the state accounted for 90.51% of the more than 12 million liters produced in the country (COMERCAM, 2024). This growth in demand has driven the expansion of *agave* cultivation, transforming the landscape, especially in the districts with the highest production. The result has been the replacement of agricultural mosaics and native vegetation with extensive areas of monoculture, leading to negative impacts on biodiversity and posing challenges for its short-term restoration. In the so-called Mezcal Region (MR), which includes the districts of Zimatlán, Ejutla, Ocotlán, Sola de Vega, Miahuatlán, Yautepec and Tlacolula, the districts with the highest production in 2019 were Miahuatlán, Ejutla, Tlacolula and Yautepec (Cuevas et al., 2019; Martínez-Jimenes et al., 2019). In this region, the area devoted to *agave* has increased significantly, with evident losses in forest cover and changes in soil use (Hernández et al., 2022).

Agave cultivation in the MR has more than 50 years of history, with periods of boom and crisis associated mainly with price fluctuations. Since 2000, the increase in international demand for mezcal has favored the expansion and intensification of these crops. This has attracted new producers, although in a context marked by the growing participation of foreign capital and control in the value chain (Tetreault et al., 2021; Luna Zamora, 2019). The expansion of the agricultural frontier for *agave* has been directly linked to defo-

En las últimas décadas, la producción de mezcal en México ha experimentado un auge significativo, en el que Oaxaca es el principal productor. En 2016, el estado aportó el 90.51 % de los más de 12 millones de litros producidos en el país (COMERCAM, 2024). Este crecimiento en la demanda ha impulsado la expansión de los cultivos de *agave*, transformando el paisaje, especialmente en los distritos de mayor producción. El resultado ha sido la sustitución de mosaicos agrícolas y vegetación nativa por extensas superficies de monocultivos, lo que conlleva a impactos negativos sobre la biodiversidad y plantea retos para su restauración a corto plazo. En la denominada Región del Mezcal (RM) integrada por los distritos de Zimatlán, Ejutla, Ocotlán, Sola de Vega, Miahuatlán, Yautepec y Tlacolula, los de mayor producción en 2019 fueron Miahuatlán, Ejutla, Tlacolula y Yautepec (Cuevas et al., 2019; Martínez-Jimenes et al., 2019). En esta región, la superficie destinada al *agave* ha aumentado de forma significativa, con pérdidas de cobertura forestal y cambios en el uso del suelo evidentes en la región (Hernández et al., 2022).

El cultivo de *agave* en la RM tiene más de 50 años de historia, con periodos de auge y crisis asociados principalmente a la fluctuación de precios. Desde el año 2000, el incremento en la demanda internacional de mezcal ha favorecido la expansión e intensificación de estos cultivos. Esto ha atraído a nuevos productores, aunque en un contexto marcado por la creciente participación de capital y control extranjero en la cadena de valor (Tetreault et al., 2021; Luna Zamora, 2019).

restoration processes, affecting approximately 14,000 ha in 201,633,000 ha in 2019, 20,000 ha in 2020 and 76,544 ha in 2022.

At the same time, traditional management practices have been modified, with the displacement of traditional conservation techniques, such as crop rotation and association, soil rest and manual pest control, etc., in favor of a model specialized in monocultures, mainly of maguey espadín, with intensive use of agrochemicals. This transformation involves considerable ecological risks, particularly in hillside production systems, which threaten the integrity of native ecosystems without a functional restoration plan (Hernández et al., 2022; Cuevas et al., 2019).

Given this scenario, moving toward sustainable production is essential to align the sector with the Sustainable Development Goals (Objetivos de Desarrollo Sostenible ODS by its Spanish abbreviation) (Briones-Aranda et al., 2024; Vázquez Pérez et al., 2020). Responsible management of natural resources is key, not only because of its role in biodiversity conservation, but also because it supports the livelihoods of more than 10,000 small productive units in the region (García-Serrano et al., 2023).

The objective of this research was to analyze recent dynamics in *agave* planting and harvesting in the districts with the highest mezcal production in Oaxaca (Miahuatlán, Tlacolula and Yautepec), in order to provide information to support the design of strategies aimed at the conservation and responsible use of envi-

La expansión de la frontera agrícola para el *agave* se ha vinculado directamente con procesos de deforestación, afectando aproximadamente 14 000 ha en 2016, 33 000 ha en 2019, 20 000 ha en 2020 y 76 544 ha en 2022.

Paralelamente, se han modificado prácticas tradicionales de manejo, con el desplazamiento de técnicas de conservación tradicionales, como la rotación y asociación de cultivos, el descanso de suelos o el control manual de plagas, etc., en favor de un modelo especializado en monocultivos, principalmente de maguey espadín con uso intensivo de agroquímicos. Esta transformación implica riesgos ecológicos considerables, particularmente en los sistemas productivos en ladera que amenaza la integridad de los ecosistemas nativos sin un plan de restauración funcional (Hernández et al., 2022; Cuevas et al., 2019).

Ante este escenario, avanzar hacia una producción sustentable resulta fundamental para alinear el sector con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) (Briones-Aranda et al., 2024; Vázquez Pérez et al., 2020). La gestión responsable de los recursos naturales es clave, no solo por su papel en la conservación de la biodiversidad, sino porque sustenta los medios de vida de más de 10 000 pequeñas unidades productivas en la región (García-Serrano et al., 2023).

El objetivo de esta investigación fue analizar la dinámica reciente de plantación y cosecha de *agave* en los distritos de mayor producción de mezcal en Oaxaca

ronmental resources, reviving traditional knowledge and practices and promoting their transmission through methodologies such as field schools.

METHODOLOGY

CHARACTERISTICS OF THE STUDY AREA

The MR is designated for the protection of the Mezcal Designation of Origin according to the Presidential Resolution of November 28, 1994. It is located in the Valles Centrales and Sierra Sur of the state of Oaxaca, comprising seven political districts that cover 19.5% of the state's surface area. It is known for the cultivation of maguey in valleys and hillsides, with records of planting in the Mixteca, Sierra Norte and Istmo (García & González, 2021).

The research was carried out in the MR, in three representative districts of socioeconomic importance in the production of *Agave*: San Carlos Yautepec, between the geographic coordinates 96°17'43.80"-95°35'22.20" LW and 15°56'15.00"-16°54'27.36" LN, altitude of 0-3, 600 m; Miahuatlán de Porfirio Díaz, 96°52'10.56"-96°25'47.28" LW and 16°13'37.20"-16°29'42.36" LN, altitude between 1 100-2 800 m and Tlacolula de Matamoros, 96°32'46.68"-96°08'25.80" LW and 16°43'21.36"-16°59'30.12 LN, altitude between 800-3 000 m (INEGI, 2024) (Figure 1).

Yautepec has a population of 11,662 people (49.7% women and 50.3% men). 45.2% of the population aged 3 years and older speaks an indigenous language: Zapoteco (4,346 speakers), Chontal (853) and Mixe (60). The main economic acti-

(Miahuatlán, Tlacolula y Yautepec), con el fin de aportar información que sustente el diseño de estrategias orientadas a la conservación y uso responsable de los recursos ambientales, retomando conocimientos y prácticas tradicionales y promoviendo su transmisión mediante metodologías como las escuelas de campo.

METODOLOGÍA

CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO

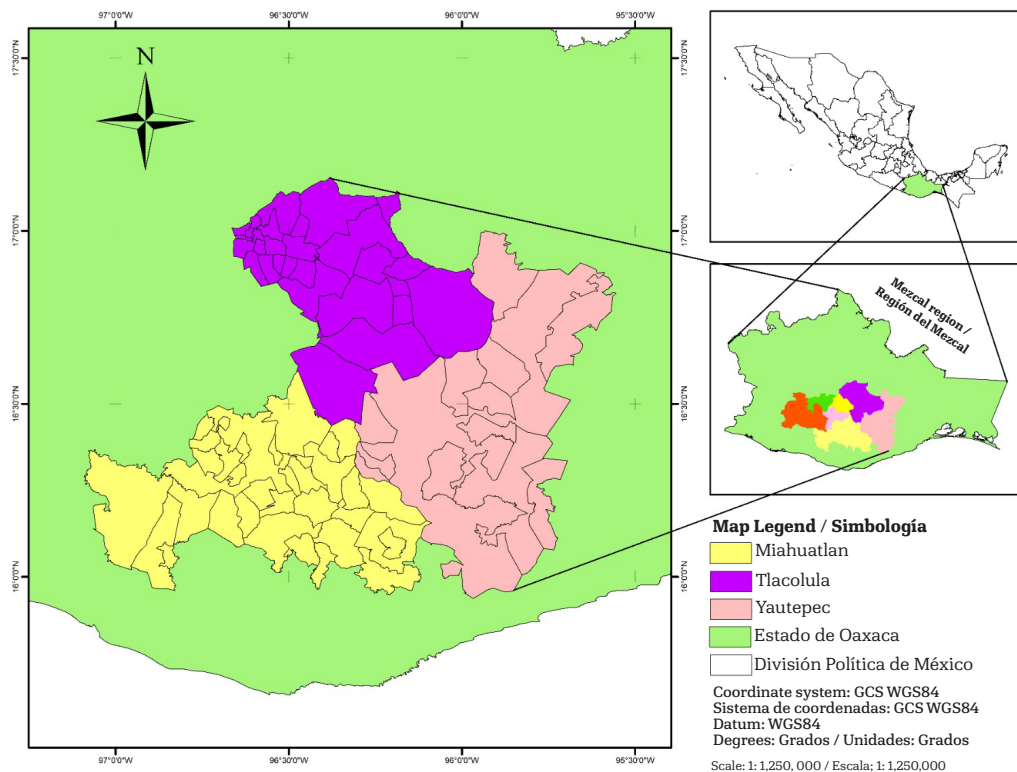
La RM está declarada para la protección de la Denominación de Origen del Mezcal según la Resolución Presidencial del 28 de noviembre de 1994. Está delimitada en los Valles Centrales y Sierra Sur del estado de Oaxaca, formada por siete distritos políticos que cubren el 19.5 % de la superficie estatal. Es reconocida por el cultivo de maguey en valles y laderas; con registros de siembra en la Mixteca, Sierra Norte e Istmo (García & González, 2021).

La investigación se realizó en la RM, en tres distritos representativos y de importancia socioeconómica en la producción de *Agave*; San Carlos Yautepec, entre las coordenadas geográficas 96°17'43.80"-95°35'22.20" LW y 15°56'15.00"-16°54'27.36" LN, altitud de 0-3, 600 m; Miahuatlán de Porfirio Díaz, 96°52'10.56"-96°25'47.28" LW y 16°13'37.20"-16°29'42.36" LN, altitud entre 1 100-2 800 m y Tlacolula de Matamoros, 96°32'46.68"-96°08'25.80" LW y 16°43'21.36"-16°59'30.12 LN, altitud entre 800-3 000 m (INEGI, 2024) (Figura 1).

Yautepec posee una población de 11 662 personas (49.7 % mujeres y 50.3 %

Figure 1. Study districts in the state of Oaxaca.

Figura 1. Distritos de estudio en el estado de Oaxaca.



Source: Authors' self-made

Fuente: Elaboración propia

vity is agriculture, with the cultivation of *Agave*, coffee, chili, beans, corn, squash, hibiscus, tomatoes, livestock and forestry activities. 34% of the population is economically active, with a low female participation (6.1%). It is located in the Tehuantepec Hydrological Region (HR) (81.09%), with a variety of climates, annual rainfall of 400-2,500 mm and temperatures of 8-28 °C. (Secretaría de Economía, 2020).

Miahuatlán, has a population of 50,375 (51.2% women and 48.8% men). 10.5% of

hombres). El 45.2 % de la población de 3 años o más habla alguna lengua indígena, zapoteco (4 346 hablantes), chontal (853) y mixe (60). La principal actividad económica es la agricultura con el cultivo de *Agave*, café, chile, frijol, maíz, calabaza, jamaica, tomate, ganadería y actividades silvícolas. El 34 % de la población es económicamente activa, baja participación femenina (6.1 %). Se ubica en la Región Hidrológica (RH) Tehuantepec (81.09 %), presenta diversidad de climas, precipitaciones entre 400-2 500 mm anuales

those aged 3 years and older speak an indigenous language, Zapoteco (5,075), Mixteco (68) and Chinanteco (20). The economy is based on agriculture, livestock, forestry, construction, manufacturing, electricity and services. It is located in the Costa Chica-Río Verde HR (73.03%), has diverse climates with rainfall of 500-1,000 mm and temperatures between 14-24 °C (INEGI, 2010).

Tlacolula has a population of 30,254 people (52.5% women and 47.5% men). 19.1% of the population aged 3 years or older speaks an indigenous language, zapoteco (4 280) and mixteco (1,105). 10.7% of the economically active population is engaged in agricultural activities, 21.65% in secondary (production) and 65.49% in tertiary (services). It is located in the Costa Chica-Río Verde Hydrological Region (67.56%) and has arid and semi-arid climates, with rainfall of 400-800 mm and temperatures of 16-26 °C. (INEGI, 2010).

The main vegetation in the three districts is secondary (743,384 ha) and primary (196,445 ha). Pine-oak forests are particularly noteworthy (47% of the territory), low and mid-altitude deciduous and semi-deciduous forests (31%) and oak-pine forests (17%). The agricultural area covers 238,760 ha (García & González, 2021).

PROCEDURE

The Search, Appraisal, Synthesis and Analysis (SALSA) methodological framework was implemented for the research, which is effective in documentary research for systematic reviews in environmental sciences

y temperaturas de 8-28 °C (Secretaría de Economía, 2020).

Miahuatlán, cuenta con 50 375 personas (51.2 % mujeres y 48.8 % hombres). El 10.5 % de 3 años o más habla alguna lengua indígena, zapoteco (5 075), mixteco (68) y chinanteco (20). La economía se basa en agricultura, ganadería, silvicultura, construcción, manufactura, electricidad y servicios. Se encuentra en la RH Costa Chica-Río Verde (73.03 %), posee diversos climas con precipitaciones de 500-1 000 mm y temperaturas entre 14-24 °C (INEGI, 2010).

Tlacolula tiene una población de 30 254 personas (52.5 % mujeres y 47.5 % hombres). El 19.1 % de la población de 3 años o más habla alguna lengua indígena, zapoteco (4 280) y mixteco (1 105). El 10.7 % de la población económicamente activa se dedica a actividades agropecuarias, 21.65 % al secundario (producción) y el 65.49 % al terciario (servicios). Se encuentra en la Región Hidrológica Costa Chica-Río Verde (67.56 %) y presenta climas áridos y semiáridos, con precipitaciones de 400-800 mm y temperaturas de 16-26 °C (INEGI, 2010).

La vegetación principal en los tres distritos es secundaria (743 384 ha) y primaria (196 445 ha). Destacan los bosques de pino-encino (47 % del territorio), selvas bajas y medias subcaducifolias y caducifolias (31 %) y bosques de encino-pino (17 %). La superficie agropecuaria es de 238 760 ha (García & González, 2021).

PROCEDIMIENTO

Para la investigación se implementó el marco metodológico Search, Appraisal,

(Perevochtchikova et al., 2021), optimizing the collection, evaluation, synthesis and comprehensive analysis of existing literature. Specialized databases and academic search engines with high coverage and flexibility, such as Elsevier, Google Scholar, ResearchGate, Redalyc, Science Direct, and Scopus, were used to generate information due to their ability to access a wide range of publications for comprehensive and varied coverage of scientific articles, reviews, books and book chapters.

Sixty-eight articles were identified, eight within the study area; information from the Consejo Mexicano Regulador de la Calidad del Mezcal (COMERCAM) and the Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP, 2023). The addressed topics were: 1. Dynamics of maguey expansion in Oaxaca. 2. Dynamics of expansion in the study districts. 3. Production. 4. Harvest. 5. Value of maguey production in the study districts.

RESULTS AND DISCUSSION

DYNAMICS OF MAGUEY EXPANSION IN OAXACA

The increase in demand for mezcal generated a boom in *Agave* cultivation, which led to landscape transformations, especially in the regions of greatest production where monoculture (repetition of the system on the same land for several cycles) predominates, with negative impacts on biodiversity, difficult to reverse in the short term without adequate restoration of agroecosystems (Bautista et al., 2017). According to Nieto & Toledo (2024), 11 531

Synthesis, and Analysis (SALSA), efectivo en la investigación documental para revisiones sistemáticas en ciencias ambientales (Perevochtchikova et al., 2021); al optimizar la recopilación, evaluación, síntesis y análisis exhaustivo de la literatura existente. Para la generación de información se emplearon bases de datos especializadas y de búsqueda de académicos con alta cobertura y flexibilidad como Elsevier, Google Scholar, ResearchGate, Redalyc, Science Direct y Scopus; por su capacidad para acceder a una amplia gama de publicaciones para una cobertura integral y variada de artículos científicos, revisiones, libros y capítulos de libros.

Se identificaron 68 artículos, ocho dentro del área de estudio; información del Consejo Mexicano Regulador de la Calidad del Mezcal (COMERCAM) y el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP, 2023). Los temas abordados fueron: 1. Dinámica de expansión del maguey en Oaxaca. 2. Dinámica de expansión en los distritos de estudio. 3. Producción. 4. Cosecha. 5. Valor de la producción de maguey en los distritos de estudio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

DINÁMICA DE EXPANSIÓN DEL MAGUEY EN OAXACA

El incremento en la demanda del mezcal generó un auge en el cultivo de *Agave*, lo que provocó transformaciones en el paisaje, especialmente en las regiones de mayor producción donde predomina el monocultivo (repetición del sistema en el mismo terreno por varios ciclos); con

maguery plots and 3,960 producers are registered. These monoculture plots are highly vulnerable to climate change due to their ecologically artificial and genetically uniform nature; they have a low capacity to adapt to extreme weather events and a high susceptibility to pests (up to 20%), which affect yields by up to 74%, compared to 54% in polyculture systems. Furthermore, they often lack biodiversity and biologically active soils, due to inefficient nutrient recycling, they are dependent on external inputs and large quantities of agrochemicals (Herrera-Pérez et al., 2017). According to Antonio & Smit (2015), the increase in demand for alcoholic beverages drove the expansion of the maguery crop, financed by remittances, which caused the abandonment of traditional crops such as corn, beans and squash, affecting food safety and altering traditional practices.

The following table shows a steady expansion in *Agave* cultivation from 2013 to 2022, from 9 187 to 11 089 ha (Table 1). González et al. (2023) point out that Oaxaca shows an increase in the *agave* planting in areas not previously cultivated, due to the increase in price, \$ 1,353 in 2013 to \$ 3,766 in 2022, which encourages producers to increase their cultivation and the existence of ideal climatic and soil conditions, which favors its rapid development and availability for sale. Pineapple production increased from 132,352 in 2013 to 245,457 t in 2022, due to the expansion of plantations and the use of inputs.

Yield is stable, from 62.20 t·ha⁻¹ in 2013 to 67.97 t·ha⁻¹ in 2022, due to improvements in the cultivation system and the

impactos negativos en la biodiversidad, difícil de revertir a corto plazo sin una adecuada restauración de los agroecosistemas (Bautista et al., 2017). De acuerdo con Nieto & Toledo (2024) están registrados 11 531 predios de maguery y 3 960 productores. Estos predios en monocultivos tienen alta vulnerabilidad a cambios del clima por su naturaleza ecológicamente artificial y genéticamente uniforme; baja capacidad de adaptación a eventos climáticos extremos y alta susceptibilidad a plagas (hasta un 20 %), que afectan los rendimientos hasta un 74 %, mientras que en los sistemas de policultivo es del 54 %. Además, suelen carecer de biodiversidad y de suelos biológicamente activos, al existir un ineficiente reciclaje de nutrientes, son dependientes de insumos externos y grandes cantidades de agroquímicos (Herrera-Pérez et al., 2017). Según Antonio & Smit (2015), el aumento en la demanda de bebidas alcohólicas impulsó la expansión del maguery, financiado por remesas, lo que causó el abandono de cultivos tradicionales como maíz, frijol y calabaza, que afecta la seguridad alimentaria y altera las prácticas tradicionales.

A continuación, se muestra una expansión constante en la plantación de *Agave* de 2013 hasta 2022, de 9 187 a 11 089 ha (Cuadro 1). González et al. (2023) señalan que Oaxaca muestra un incremento en la siembra de agaves en áreas no cultivadas anteriormente, debido al aumento del precio, \$1 353 en 2013 hasta \$3 766 en 2022, que incentiva a los productores a aumentar su cultivo y a la existencia de condiciones climáticas y edáficas idóneas, lo que propicia su rápido desarrollo

Table 1. Production of mezcal *agave* in Oaxaca (2013-2022).**Cuadro 1.** Producción de *Agave* mezcalero en Oaxaca (2013-2022).

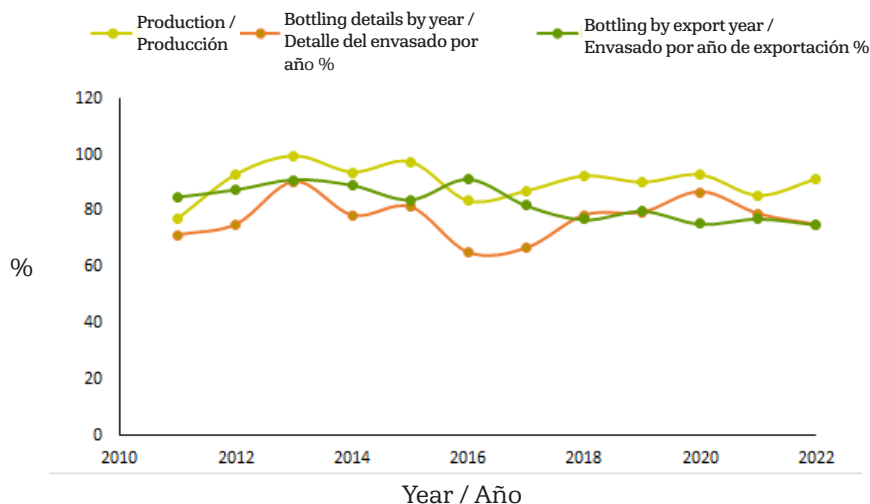
Year / Año	Panted area (ha) / Superficie sembrada (ha)	Harvested area (ha) / Superficie cosechada (ha)	Production (t) Producción (t)	Yield (t) / Rendimiento (t)	Average rural price (\$/t) / Precio medio rural (\$/t) Precio medio rural (\$/t)	Production value (thousands of pesos) / Valor producción (miles de pesos)
2013	9 187	2 128	132 352	62	1 353	179 097
2014	8 587	2 139	134 870	63	1 901	256 367
2015	7 748	1 199	72 705	60	2 303	167 411
2016	8 211	1 547	94 908	61	2 480	235 361
2017	8 078	1 391	86 031	62	2 643	227 466
2018	8 101	1 563	97 778	63	2 730	267 005
2019	9 843	2 327	149 404	64	3 209	479 501
2020	10 551	2 800	183 514	66	3 558	653 018
2021	10 819	2 987	200 555	67	3 500	701 981
2022	11 089	3 611	245 457	68	3 766	924 412

Source: Authors' self-made with SIAP data (2023).**Fuente:** Elaboración propia con datos del SIAP (2023).

use of more productive *Agave* species; this is reflected in the production value, which rose from \$179,097 in 2013 to \$924,411 in 2022. Camacho-Vera et al. (2021) mention that the area under wild *agave* cultivation is likely to expand in the near future and increase the production of mezcal with high commercial value, as artisanal producers have established their own crops due to price increases as a strategy to endure their supply. Mezcal production in Oaxaca is on the rise, and it is the state with the highest production nationwide (91.30%) (COMERCAM, 2024); accounting 77% of all bottled mezcal in Mexico, concentrated mostly in the MR. Figure 2 shows trends

y disponibilidad de venta. La producción de piña aumentó de 132 352 en 2013 a 245 457 t en 2022, por la expansión de las plantaciones y uso de insumos.

El rendimiento es estable, de 62.20 t·ha⁻¹ para 2013 a 67.97 t·ha⁻¹ para 2022, por la mejora del sistema de cultivo y el uso de especies de *Agave* más productivas; reflejándose en el valor de la producción, \$179 097 en 2013 a \$924 411 en 2022. Camacho-Vera et al. (2021) mencionan que es probable que la superficie de cultivo de agaves silvestres se expanda próximamente y aumente la producción de mezcales con alto valor comercial, ya que los

Figure 2. Production and bottling of mezcal in the state of Oaxaca.**Figura 2.** Producción y envasado de mezcal en el estado de Oaxaca.**Fuente:** Elaboración propia con datos del SIAP (2023).**Sourcee:** Authors' self-made with SIAP data (2023).

and changes in the mezcal sector, production and bottling (2011-2022).

Vega-Vera & Pérez Akaki (2017) emphasize that production depends on demand and the NOM-070 standards. Regarding bottling for national and international sale, it represented 82%, with an economic spillover of \$36,162,000. Nieto & Toledo (2024) report that from 2010 to 2023, 408 brands of mezcal have been exported, registering a drop of 8.35% in the volume of bottling for export compared to 2022. Palma et al. (2016) mention that the fast growth of the industry led to an increase in brands for marketing, with competitiveness matters between national and international brands. Pérez et al. (2016) anticipate that this trend will con-

productores artesanales han establecido sus propios cultivos debido al incremento de precios como estrategia para asegurar su abastecimiento. La producción de mezcal en Oaxaca es ascendente y es la entidad de mayor producción a nivel nacional (91.30 %) (COMERCAM, 2024); con 77 % del total de mezcal envasado en México, concentrada mayormente en la RM. La Figura 2 muestra tendencias y cambios en el sector mezcalero, producción y envasado (2011-2022).

Vega-Vera & Pérez Akaki (2017) recalcan que la producción depende de la demanda y de los estándares de la NOM-070. Respecto al envasado para venta nacional e internacional representó el 82 %, con una derrama económica de \$36 162 000. Nie-

tinue due to the need to satisfy consumer demand. Vega & Pérez (2017) argue that, despite the limited representation of the MR due to its small size in the mezcal field, Oaxaca is important at the national level for being the main producer (CRM, 2015); in addition, it is home to a great biodiversity of *agaves* (30 species); it is the headquarters of the CRM (Regulating Board of Mezcal, CRM by its Spanish abbreviation) and is the second poorest state in Mexico (66.8% of the population) (INEGI, 2016); and it is home to 18 of the country's 65 ethnic groups, which generates organizational and political contradictions.

DYNAMICS OF Maguey Expansion in Yautepec, Miahuatlán and Tlacolula

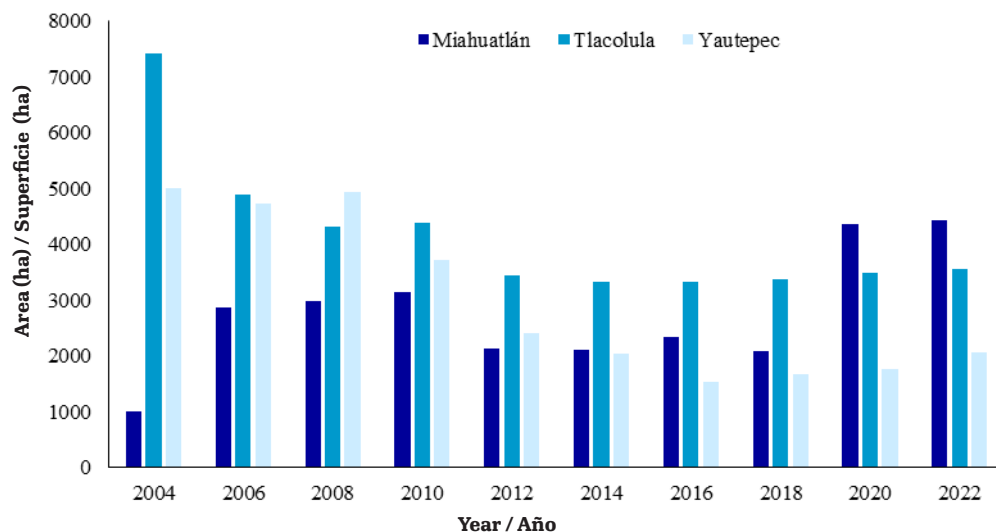
Miahuatlán, Tlacolula and Yautepec share favorable agroclimatic characteristics and are economically important due to their high production of *Agave*-mezcal (Hernández et al., 2022). In the last five years, the area under cultivation has increased (97.4%), mainly espadín in monoculture, which has caused erosion and soil degradation due to overcultivation and scarce vegetation; contamination by agrochemicals; a decrease in food crops under traditional agriculture and polycultures, as well as phytopathological problems (Herrera-Pérez, 2018; Hernández, 2014). In the **Figure 3** the annual distribution of the surface area in the study districts from 2004 to 2022 is shown.

Miahuatlán and Tlacolula show a constant increase in planted area (34,516 ha on average), which reflects a sustained growth in cultivation investment. López et

to & Toledo (2024) report that from 2010 to 2023, 408 brands of mezcal have been exported, recording a decline of 8.35% in the volume of packaging for exportation compared to 2022. Palma et al. (2016) mention that the rapid growth of the industry generated an increase in brands for its commercialization, with problems of competitiveness between national and international brands. Pérez et al. (2016) anticipate that this trend will persist due to the need to satisfy the demand of consumers. Vega & Pérez (2017) argue that, despite the limited representation of the RM by its small size in the mezcal field, Oaxaca is important at the national level for being the main producer (CRM, 2015); in addition, it is home to a great biodiversity of *agaves* (30 species); it is the headquarters of the CRM (Regulating Board of Mezcal, CRM by its Spanish abbreviation) and is the second poorest state in Mexico (66.8% of the population) (INEGI, 2016); and it is home to 18 of the country's 65 ethnic groups, which generates organizational and political contradictions.

DINÁMICA DE LA EXPANSIÓN DEL Maguey en Yautepec, Miahuatlán y Tlacolula

Miahuatlán, Tlacolula and Yautepec, share characteristics agroclimatic favorable and of economic importance due to their high production of *Agave*-mezcal (Hernández et al., 2022). In the last five years, the area under cultivation has increased (97.4%), mainly espadín in monoculture, which has caused erosion and degradation of the soil due to excessive labor and scarce vegetation; contamination by agrochemicals; and reduction of food crops under traditional agriculture and polycultures, as well as phytopathological problems (Herrera-Pérez, 2018; Hernández, 2014). In the **Figure 3** the annual distribution of the surface area in the study districts from 2004 to 2022 is shown.

Figure 3. Distribution of the planted area in three districts of Oaxaca State.**Figura 3.** Distribución de la superficie sembrada en tres distritos del estado de Oaxaca.

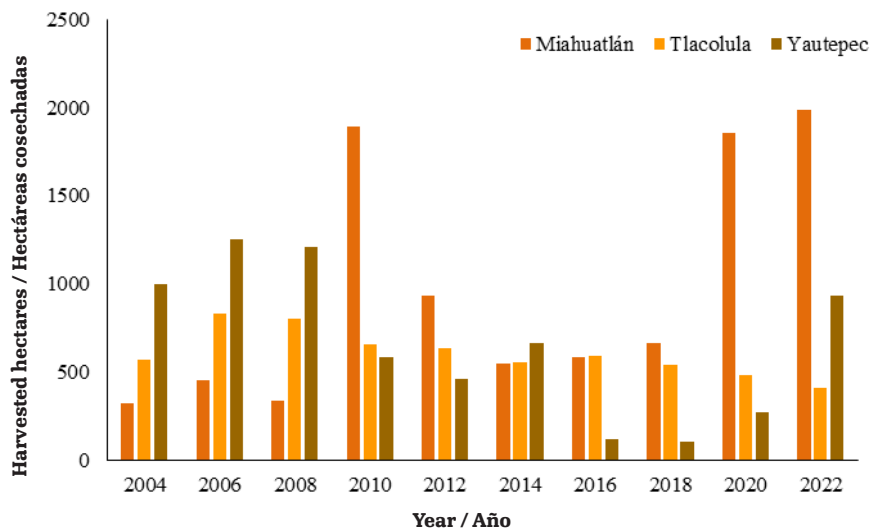
Source: Authors' self-made with SIAP data (2023).
Fuente: Elaboración propia con datos del SIAP (2023).

al. (2015) mention that Santiago Matatlán, a district of Tlacolula, is the main producer in the state. While Yautepec is experiencing a decrease in surface area due to the drop in the price of maguey. Bautista & Smit (2012) mention that the expansion and intensification of *agave* in Yautepec is due to the possibility of selling at times when prices are highest. Herrera-Pérez et al. (2018) mention that leasing contracts have led to the expansion of *agave* monoculture in this area. Herrera et al. (2017) mention that cultivation subsidies (PROCAMPO) encouraged the expansion of the crop and that the high area planted between 2004-2011 reflects the high expectations of selling maguey to tequila producers at a fair price, with Yautepec

cultura tradicional y policultivos, así como problemas fitopatológicos (Herrera-Pérez, 2018; Hernández, 2014). En la Figura 3 se muestra la distribución anual de la superficie en los distritos de estudio de 2004-2022. Miahuatlán y Tlacolula muestran un incremento constante en superficie plantada (34 516 ha en promedio), lo que refleja un crecimiento sostenido de inversión al cultivo. López et al. (2015) mencionan que Santiago Matatlán, distrito de Tlacolula, es el principal productor estatal. Mientras que Yautepec decrece en la superficie por la disminución del precio del maguey. Bautista & Smit (2012) mencionan que la expansión e intensificación de *agave* en Yautepec se debe a la posibilidad de venta en momentos del mejor precio.

Figure 4. Distribution of harvested area in three districts of Oaxaca State.

Figura 4. Distribución de la superficie cosechada en tres distritos del estado de Oaxaca.



Source: Authors' self-made with SIAP data (2023).

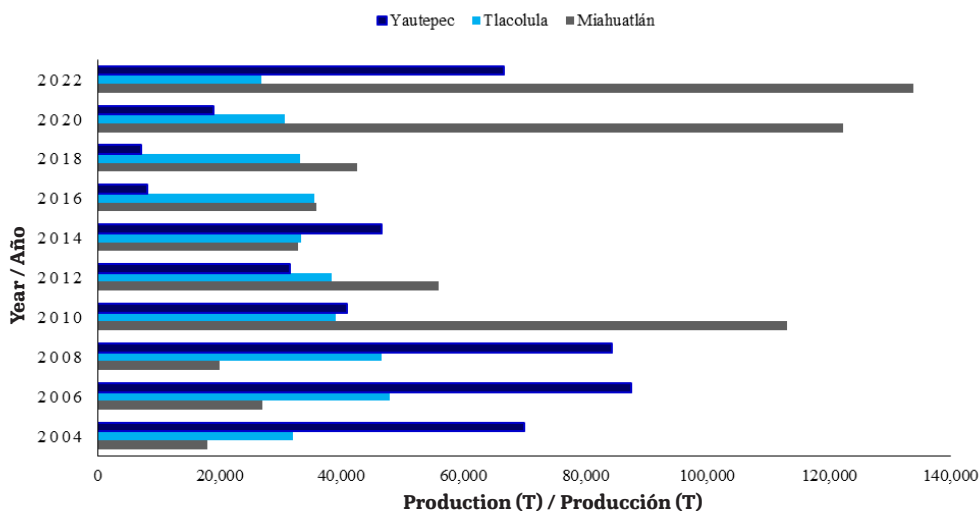
Fuente: Elaboración propia con datos del SIAP (2023).

being the largest sales district to tequila producers (Torres et al., 2021).

Although the dynamics of *Agave* cultivation show variations, the three districts are historically prominent as *agave* producers-suppliers in the state. Miahuatlán has the largest harvested area, peaking in 2010, at the height of the mezcal boom. It subsequently declined starting in 2012, with a recovery in the harvest starting in 2020, indicating a revival in production (Figure 4). According to Camacho-Vera et al. (2021), in the territory of the MR, the production and consumption of mezcal are related to the cultural, festive and work life prior to the success of the alcoholic beverage market.

Herrera-Pérez et al. (2018) mencionan que los contratos de arrendamiento han provocado la expansión del monocultivo del *agave* en esta zona. Herrera et al. (2017) mencionan que los subsidios al cultivo (PROCAMPO) incentivaron la expansión del cultivo y que la alta superficie plantada entre 2004-2011 reflejan las altas expectativas de venta de maguey a los tequileros a precio justo, al ser Yautepec el de mayor venta a los tequileros (Torres et al., 2021). Aunque la dinámica del cultivo de *Agave* muestra variaciones, los tres distritos son históricamente destacados como productores-proveedores de *agave* en el estado.

Miahuatlán presenta la mayor superficie cosechada, con su punto máximo en

Figure 5. Production of mezcal Agave.**Figura 5.** Producción de Agave mezcalero.

Source: Authors' self-made with SIAP data (2023).

Fuente: Elaboración propia con datos del SIAP (2023).

Yutepec, has seen a gradual decline in its harvest since 2008, with a recovery in 2022 due to increased demand and higher prices for Agave. Tlaxiaco maintained a constant harvested area until 2008, with decreasing variations starting in 2010 due to fluctuations in demand. Herrera-Pérez et al. (2018) indicate that the harvest and new crops depend on the price. Analysis of production data in the three districts reflects diverse trends and production patterns over time. Each region shows distinctive production behaviors in response to external factors (Figure 5).

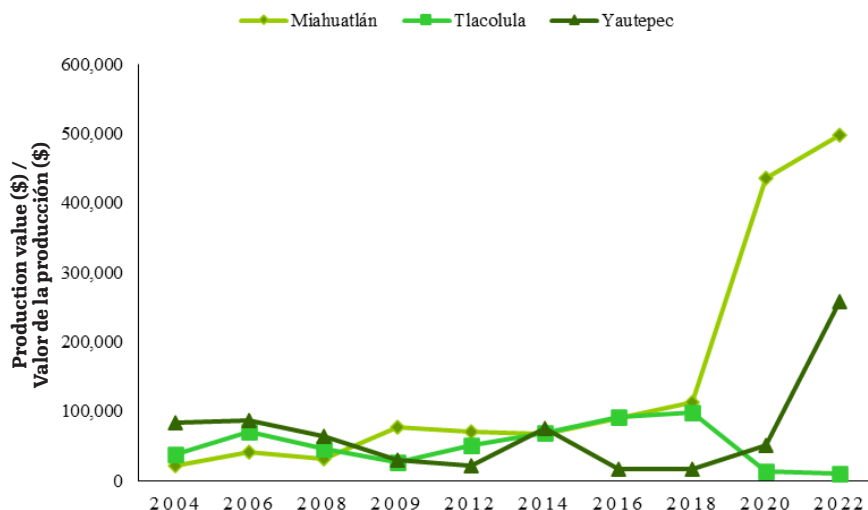
Yutepec has been experiencing fluctuating trends, in 2004 it produced 70,000 t, increasing to 87,570 t in 2006; this reversed in the following years to 8,108 t in 2016. The recovery in production starting

2010, durante el auge mezcalero. Posteriormente disminuye a partir de 2012, con una recuperación en la cosecha a partir de 2020, lo que indica una reactivación en la producción (Figura 4). De acuerdo con Camacho-Vera et al. (2021) en el territorio de la RM, la producción y consumo de mezcal están relacionados con la vida cultural, festiva y laboral anterior al éxito del mercado de bebidas alcohólicas.

Yutepec, a partir de 2008 disminuye progresivamente su cosecha, con una recuperación en 2022, por el aumento en la demanda y precio de Agave. Tlaxiaco mantiene una superficie cosechada constante hasta 2008, con variaciones decrecientes a partir de 2010 por fluctuaciones en la demanda. Herrera-Pérez et al. (2018)

Figure 6. Income for maguey production.

Figura 6. Ingresos por la producción de maguey.



Source: Authors' self-made with SIAP data (2023).

Fuente: Elaboración propia con datos del SIAP (2023).

in 2018, with 66,669 t in 2022, could be due to a stabilization in the demand and price of maguey. Tlacolula shows a stable trend compared to that of Yautepec and Miahuatlán, producing 32,149 t in 2004 up to 47,970 t in 2006. From that year on, production fluctuated less dramatically than in Yautepec and Miahuatlán, with a downward trend towards 2022. Miahuatlán presents the most volatile pattern among the three regions; It produced 18,070 t in 2004 and increased to 113,143 t in 2010; although it decreased in 2016, recovering in 2022 with 133,938 t.

EVOLUTION OF PRODUCTION VALUE

The evolution of the value of maguey production in the districts reflects significant

indican que la cosecha y nuevos cultivos dependen del precio. El análisis de los datos de producción en los tres distritos refleja diversas tendencias y patrones productivos en el tiempo. Cada región muestra comportamientos distintivos en la producción como respuesta a factores externos (Figura 5).

Yautepec tiene tendencias de altibajos, en 2004 produjo 70 000 t, incrementándose a 87 570 en 2006; que se revirtió en los años siguientes hasta 8 108 t en 2016. La recuperación en la producción a partir de 2018, con 66 669 t en 2022, pudo deberse a una estabilización en la demanda y precio del maguey. Tlacolula muestra una tendencia estable respecto

trends and differences during 2004-2022. Miahuatlán increased from \$21,684 in 2004 to \$497,842 in 2022. This growth of 476,158 represents a compound annual growth rate (CAGR) of 13.4%. The most notable increase was between 2018-2020 (39%), indicating significant growth in maguey production or valorization (Figure 6).

Tlacolula's production value increased from \$38,578,000 in 2004 to \$104,576,000 in 2022; after a decline in 2009, it subsequently recovered with constant growth in recent years and a notable increase in 2020. Yautepec presents an irregular growth pattern; its production increased from \$84,000,000 in 2004 to \$258,310,758 in 2022, an absolute increase of \$174,310,758 and a CAGR of 5.9%. Despite declining in 2009, it recovered in 2022.

Miahuatlán has the most notable growth, the recent price increase had a positive impact on producers. Camacho-Vera et al. (2021) mention that this improvement is not due to greater producer participation, but to the growth in national and international demand. Producers have become price receivers by adjusting their production methods to meet the demand for mezcales of high-value with specific *agave* varieties. For Camacho et al. (2019), the greatest growth in Miahuatlán is due to its small scale production process and labor, where much of the mezcal production is artisanal, indicating a variety of flavors and bouquets in the product (Camacho-Vera et al., 2021).

This is in contrast to Tlacolula, where declines may be due to institutional po-

a Yautepec y Miahuatlán, produjo 32 149 t en 2004 hasta 47 970 t en 2006. A partir de ese año, la producción fluctuó de manera menos dramática que en Yautepec y Miahuatlán, con tendencia a la baja hacia 2022. Miahuatlán presenta el patrón más volátil entre las tres regiones; produjo 18 070 t en 2004 y aumentó hasta 113 143 t en 2010; aunque disminuyó en 2016, recuperándose en 2022 con 133 938 t.

EVOLUCIÓN DEL VALOR DE LA PRODUCCIÓN

La evolución del valor de la producción del maguey en los distritos refleja tendencias y diferencias significativas durante 2004-2022. Miahuatlán aumentó de \$21 684 en 2004 hasta \$497 842 en 2022. Este crecimiento de 476 158 representa una tasa de crecimiento anual compuesto (CAGR) de 13.4 %. El aumento más notable fue entre 2018-2020 (39 %), lo que indica un crecimiento en la producción o valorización significativa del maguey (Figura 6).

Tlacolula incrementó el valor de la producción de \$38 578 000 en 2004 a \$104 576 000 en 2022; con una caída en 2009, posteriormente se recuperó con crecimientos constantes en años recientes y con notable incremento en 2020. Yautepec presenta un patrón de crecimiento irregular; aumentó su producción de \$84 000 000 en 2004 a \$258 310 758 en 2022, incremento absoluto de \$174 310 758 y una CAGR de 5.9 %. A pesar de caer en 2009, se recuperó en 2022.

Miahuatlán tiene el crecimiento más notable, el reciente aumento de precios

licies promoting mezcal, which are oriented toward industrial and poorly artisan models. The intervention of intermediaries in the chain forces producers to sell at prices below production costs (Hernández et al., 2022). According to Camacho-Vera et al. (2021), the situation regarding the price of maguey has changed since 2015; increased demand has driven up mezcal prices, affecting producers' profits. Industries require producers to sign contracts which they frequently fail to honor, justifying the oversupply of maguey to offer lower prices than agreed upon. Ultimately, the risks associated with primary production fall on the *agave* growers, who expect to sell at the established price in the contracts (Herrera-Pérez et al., 2018); however, the harvest price is often lower than costs.

Large economic interests dominate the production and marketing of the distillate as well as the responsible entities for its regulation. This turns out in the exclusion of producers and territories, which are left out of the benefits of the product's trade (Renard & Domínguez, 2019). While statistics show that this sector is compromising, some producers work precariously and with rudimentary technologies. Others excel at the distiller level (master mezcalero) and produce or sell in bulk to mezcal brands dedicated to bottling and marketing to end consumers (González-Venegas et al., 2023). According to Rodríguez-García & Ortiz-Zavala (2022), COMERCAM reports a surplus of *agave* relative to the volume of bottling mezcal, indicating that a portion of the mezcal produced is sold in bulk to bottlers and marketers.

tuvo un impacto positivo en los productores. Camacho-Vera et al. (2021) mencionan que esta mejora no se debe a una mayor participación de los productores, sino al crecimiento de la demanda nacional e internacional. Los productores se han convertido en receptores de precios ajustando sus métodos de producción para satisfacer la demanda de mezcales de alto valor con variedades específicas de *agave*. Para Camacho et al. (2019) el mayor crecimiento en Miahuatlán se debe a su proceso productivo a pequeña escala y trabajo, donde gran parte de la producción de mezcal es artesanal, lo que indica una variedad de sabores y aromas en el producto (Camacho-Vera et al., 2021).

Contrario a Tlacolula, donde los declives pueden deberse a las políticas institucionales de fomento del mezcal, orientadas hacia modelos industriales y poco artesanales. La intervención de intermediarios en la cadena obliga a los productores a vender a precios por debajo de los costos de producción (Hernández et al., 2022). Según Camacho-Vera et al., (2021) a partir de 2015 la situación relacionada con el precio del maguey ha cambiado; el incremento en la demanda impulsó un aumento en los precios del mezcal, lo que afecta las ganancias de los productores. Las industrias exigen a los productores que firmen contratos que frecuentemente no cumplen, justificándose en la sobreoferta del maguey para ofrecer precios inferiores al acordado. Al final, los riesgos asociados a la producción primaria recaen sobre los agaveros, quienes esperan vender al precio establecido en los contratos (Herrera-Pérez et al., 2018); sin embar-

Table 2. Yield and price in maguey production (2004-2022).**Cuadro 2.** Rendimiento y precio en la producción de maguey (2004-2022).

Year / Año	Average yield kg·ha ⁻¹ ·year ⁻¹ Rendimiento promedio kg·ha ⁻¹ ·año ⁻¹			Average price kg·pineapple ⁻¹ (\$) Precio promedio kg·piña ⁻¹ (\$)		
	Miahuatlán	Tlacolula	Yautepec	Miahuatlán	Tlacolula	Yautepec
2004	56 293	56 205	70 000	1.20	1.20	1.20
2006	60 000	57 865	70 000	1.50	1.46	1.00
2008	59 605	57 930	70 000	1.55	1.00	0.75
2010	59 833	59 902	69 945	0.68	0.66	0.73
2012	60 325	60 277	69 178	1.20	1.34	0.68
2014	59 981	60 627	70 293	2.06	2.05	1.61
2016	61 979	60 564	69 302	2.50	2.57	2.05
2018	64 199	61 096	71 055	2.66	2.94	2.28
2020	65 937	63 427	70 635	3.56	4.23	2.68
2022	67 353	66 274	71 399	3.72	3.88	3.87

The evolution of the harvested area, production volume and yields in Miahuatlán shows an upward trend throughout the analyzed period, reflecting the increase in the area dedicated to cultivation and the consolidation of the region as a maguey producing area. However, when analyzing the average yields expressed (kg·ha⁻¹·year⁻¹) and the prices of maguey pineapple per kilogram, a high variability among years is observed (Table 2). The coefficient of variation (CV) reflects this instability: Miahuatlán has 49%, Yautepec 61% and Tlacolula 57%. These values reflect significant price fluctuations, which have a direct impact on producers' profitability.

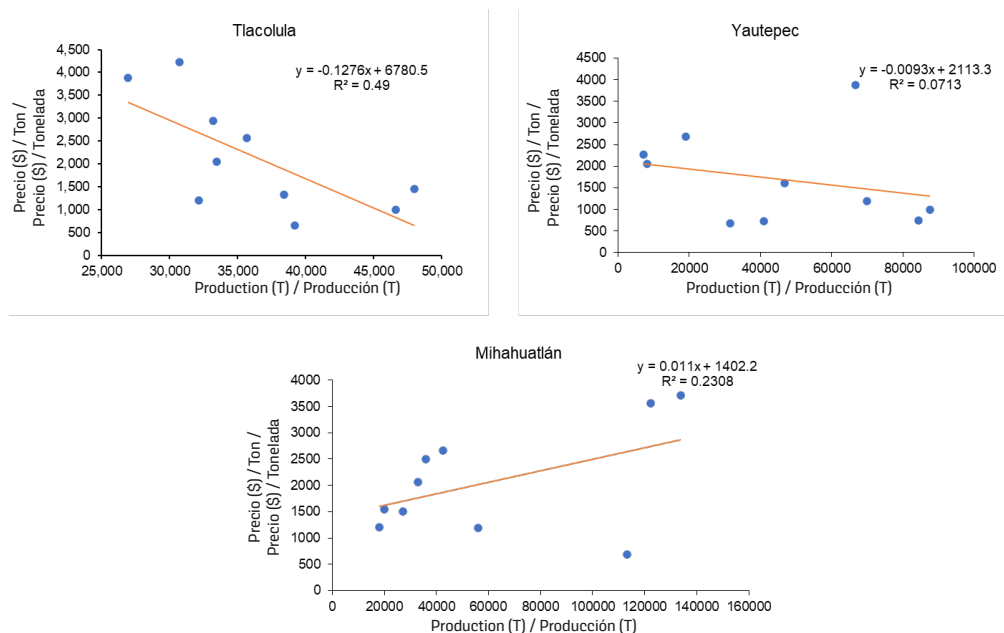
High variability in prices demonstrates that, despite efforts to plant and to establi-

go, frecuentemente el precio a la cosecha es inferior a los costos.

Los grandes intereses económicos dominan la producción y comercialización del destilado como las entidades responsables de su regulación. Esto resulta en la exclusión de los productores y territorios, que quedan al margen de los beneficios por el comercio del producto (Renard & Domínguez, 2019). Mientras las estadísticas muestran que dicho sector es comprometedor, parte de los productores trabajan precariamente y con tecnologías rudimentarias. Otros se destacan en el eslabón del destilador (maestro mezcalero) y elaboran o venden a granel para marcas de mezcal dedicadas a envasar y comercializar con consumidores finales (González-Venegas et al., 2023). De acuerdo con

Figure 7. Relationship between production and price of maguey by district.

Figura 7. Relación entre producción y precio del maguey por distrito.



sh new areas, the market has not guaranteed enough stability to encourage farmers to remain. In this sense, the expectation of higher incomes through a sustained increase in the value of maguey pineapple has not been met, leading to the abandonment of previously established plantations. This price instability for producers represents a risk to the continuity of the activity, as it discourages investment and limits the consolidation of more sustainable and competitive production systems.

When analyzing the relationship between production and price of the product per ton, it shows contrasting dynamics among the three districts (Figure 7).

Rodríguez-García & Ortiz-Zavala (2022), COMERCAM reporta un sobrante de *agave* respecto al volumen de mezcal envasado, lo que indica que una parte del mezcal producido se vende a granel a envasadores y comercializadores.

La evolución de la superficie cosechada, volumen de producción y rendimientos en Miahuatlán muestra una tendencia creciente a lo largo del periodo analizado, lo que refleja el aumento en la superficie dedicada al cultivo y la consolidación de la región como un área productora de maguey. Sin embargo, al analizar los rendimientos promedio expresados ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$) y los precios de la piña de

In Miahuatlán, the positive slope indicates that the price tends to increase with production, reflecting a market with strong demand linked to the mezcal boom and less sensitivity to supply. In contrast, for Tlacolula, an inverse relationship is observed: higher production leads to lower prices, a behavior that responds more clearly to supply and demand ($R^2 = 0.49$). For Yautepec the relationship is not significant, indicating that the price of maguey depends on other external factors, such as commercial intermediation, raw material quality or marketing fluctuations. Taken together, these results show that price formation does not follow a homogeneous pattern, but rather responds to specific local production and marketing conditions.

CONCLUSIONS

The evolution of maguey cultivation in the study area reflects a dynamic linked to the increase in demand for pineapples for mezcal production. Between 2013 and 2022 in the state of Oaxaca, there has been a significant expansion in planted areas and production volume, a process which has been carried out at the expense of natural resources. However, this expansion shows different patterns depending on the district: in Miahuatlán and Tlacolula the growth in planted and harvested area has been sustained, while in Yautepec there has been a decrease in certain stages, followed by a notable recovery in production by 2022.

Regarding the average yield of *agave* pineapple, Yautepec ($70.18 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$) surpasses Miahuatlán and Tlacolula. However,

maguey por kilogramo, se observa una alta variabilidad entre años (Cuadro 2). El coeficiente de variación (CV) evidencia esta inestabilidad: Miahuatlán presenta un 49 %, Yautepec el 61 % y Tlacolula el 57 %. Estos valores reflejan fluctuaciones significativas en los precios, lo cual tiene repercusiones directas en la rentabilidad económica de los productores.

La alta variabilidad en los precios demuestra que, a pesar del esfuerzo en la siembra y establecimiento de nuevas superficies, el mercado no ha garantizado una estabilidad suficiente que incentive la permanencia de los agricultores. En este sentido, la expectativa de obtener mayores ingresos mediante un incremento sostenido en el valor de la piña de maguey no se ha cumplido, lo que ha derivado en el abandono de plantaciones previamente establecidas. Esta inestabilidad de precios para el productor representa un riesgo para la continuidad de la actividad, ya que desalienta la inversión y limita la consolidación de sistemas productivos más sustentables y competitivos.

Al realizar el análisis de la relación producción y precio del producto por tonelada, se muestra en dinámicas contrastantes entre los tres distritos (Figura 7).

En Miahuatlán, la pendiente positiva indica que el precio tiende a incrementarse junto con la producción, lo cual refleja un mercado con fuerte demanda ligada al auge del mezcal y una menor sensibilidad a la oferta. En cambio, para Tlacolula, se observa una relación inversa: a mayor producción, el precio disminuye, compor-

this is affected by factors such as the degradation of ecosystem services and increasing demand pressures, which compromise the long-term sustainability of the crop.

Given this situation, it is essential to promote technical support and the implementation of management strategies that guide production towards agroecological models. This would make it possible to maintain profitability, the maguey quality and the conservation of natural resources to ensure the viability of mezcal production over time.

End of English version

REFERENCES / REFERENCIAS

- Antonio, J., Ramírez, J., & Smit, M. (2015). Origen, auge y crisis de la agroindustria del mezcal en Oaxaca. En R. Fernández & J. L. Vera (Eds.), *Agua de las verdes matas: Tequila y mezcal*. pp. 109–121.
- Bautista, A. J., & Smit, M. A. (2012). Sustentabilidad y agricultura en la región del mezcal de Oaxaca. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 3(1), 5–20. <https://doi.org/10.29312/remexca.v3i1.1477>
- Bautista, J. A., Antonio-José, A., Anahit, & León-Núñez, M. J. (2017). Efectos socioeconómicos y ambientales de la sobreproducción de maguey mezcalero en la región del mezcal de Oaxaca, México. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 14(4), 635–655. <https://doi.org/10.18710/asyd.2017.4.1>
- Briones-Aranda, D. P., Sánchez-Morales, P., Ocampo-Fletes, I., Romero-Arenas, O., & Acosta-Mireles, M. (2024). Sustentabilidad del agroecosistema maíz en dos for-

tamiento que responde de manera más clara a la oferta y demanda ($R^2=0.49$). Para Yautepec la relación es poco significativa, lo que indica que el precio del maguey depende de otros factores externos, como intermediación comercial, calidad de la materia prima o fluctuaciones del mercado. En conjunto, estos resultados evidencian que la formación de precios no sigue un patrón homogéneo, sino que responde a condiciones locales específicas de producción y comercialización.

CONCLUSIONES

La evolución del cultivo de maguey en el área de estudio refleja una dinámica vinculada al incremento de la demanda de piñas para la producción de mezcal. Entre 2013 y 2022 en el estado de Oaxaca, se observa una expansión significativa de las superficies plantadas y del volumen de producción, proceso que se ha desarrollado a costa de los recursos naturales. No obstante, esta expansión presenta comportamientos diferenciados según el distrito: en Miahuatlán y Tlacolula el crecimiento de la superficie sembrada y cosechada ha sido sostenido, mientras que en Yautepec se registra un decremento en ciertas etapas, seguido por una recuperación notable en la producción para el 2022.

Respecto al rendimiento promedio de la piña de *agave*, Yautepec ($70.18 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$) supera a Miahuatlán y Tlacolula. Sin embargo, está condicionado por factores como la degradación de los servicios ecosistémicos y la creciente presión de la demanda, elementos que comprometen la sustentabilidad a largo plazo del cultivo.

- mas de manejo campesino en Chignautla, Puebla. *Agricultura Sociedad y Desarrollo*, 21(2), 1–21. <https://doi.org/10.22231/asyd.v21i2.1612>
- Camacho, V., J. H., Cervantes-Escoto, F., Cesín-Vargas, A., & Palacios-Rangel, M. I. (2019). Los alimentos artesanales y la modernidad alimentaria. *Estudios Sociales. Revista de Alimentación Contemporánea y Desarrollo Regional*, 29(53).
- Camacho-Vera, J. H., Vargas-Canales, J. M., & Durán-Ferman, P. (2021). Avatares de la producción de mezcal en la región Miahuateca de la Sierra Sur de Oaxaca, *Estudios Sociales y Humanísticos*, 19(1), 183-194. <https://doi.org/10.29043/liminar.v19i1.794>
- Consejo Mexicano Regulador de la Calidad del Mezcal (COMERCAM). (2024). Informe estadístico 2024. https://comercam-dom.org.mx/wp-content/uploads/2024/04/PUBLICO_INFORME_2024.pdf.
- Consejo Regulador del Mezcal (CRM). (2015). Informe 2015. México. <https://es.scribd.com/doc/268104847/Informe-2015-Consejo-Regulador-del-Mezcal>.
- Cuevas, R. V., Sánchez, T. B. I., Borja, B. M., Espejel, G. A., Sosa, M. M., Barrera, R. A. I., & Saavedra, G. M. J. (2019). Caracterización de la producción de maguey en el distrito de Miahuatlán, Oaxaca. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 10(2), 365–377. <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i2.1632>
- García, C. G., & González, C. J. (2021). La economía de la producción de mezcal en Oaxaca, México. 123 p. https://www.eldinitiative.org/fileadmin/ELD_Filter_Tool/Case_Study_Mexico_2022/Mexico_Oaxaca_2022_Mezcal_ELD_Scoping_Study_ES.pdf.
- García-Mendoza, A. J., Franco-Martínez, I. S., & Sandoval-Gutiérrez, D. (2019). Cuatro especies nuevas de *Agave* (Asparagaceae, Agavoideae) del sur de México. *Acta Botánica Mexicana*, 126, 1–18. <https://doi.org/10.21829/abm126.2019.1461>
- García-Serrano, L. A., Alva-Magos, M. A., García-Carmona, J. A., Arenas-Ocampo, M. L., Carmona-González, M., & Camacho-Díaz, B. H. (2023). Conceptos de paisaje en comunidades *agaveras*: Tlaquitenango, Morelos y Arandas, Jalisco. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 14(5), 1–13. <https://doi.org/10.29312/remexca.v14i5.2928>
- González-Venegas, S. E., Tapia-Guerrero, L. A., Martínez-Gutiérrez, G. A., & Toledo-López, A. (2023). Resiliencia agrícola en los pequeños productores de *agave* en Oaxaca. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 14, 197-209. <https://doi.org/10.29312/remexca.v14i2.3055>
- Hernández, J. de J. (2014). La jornalerización en el paisaje *agavero*. Actividades simples, organización compleja. México, D.F. Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social. <https://www.riudg.udg.mx/handle/20.500.12104/72500>
- Hernández, S., Gnolonfin, A., Bialostosky, M., & García Contreras, G. (2022). Economics of

Fin de la versión en español

- land degradation initiative: La economía de la producción de mezcal en Oaxaca, México. El camino hacia la producción sostenible de *agave*. GIZ. <https://www.eld-initiative.org>.
- Herrera, Pérez, L., Juárez, S. J. P., & Valverde, R. B. (2017). Estrategias de producción campesina en *Agave tequilana* en el municipio de Tequila, Jalisco. *Revista de Geografía Agrícola*, 61(41), 39-65. <https://doi.org/10.5154/r.rga.2017.60.005>
- Herrera-Pérez, L., Valtierra-Pacheco, E., Ocampo-Fletes, I., Tornero-Campante, M.A., Hernández-Plascencia, J. A., & Rodríguez-Macías, R. (2017). Prácticas agroecológicas en *Agave tequilana* Weber bajo dos sistemas de cultivo en Tequila, Jalisco. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8, 3711-3724. <https://doi.org/10.29312/remexca.v8i18.216>
- Herrera-Pérez, L., Valtierra-Pacheco, E., Ocampo-Fletes, I., Tornero-Campante, M. A., Hernández-Plascencia, J. A., & Rodríguez-Macías, R. (2018). Esquemas de contratos agrícolas para la producción de *Agave tequilana* Weber en la región de tequila, Jalisco. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 15(4), 619-637. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S187054722018000400619&lng=es&tlng=es
- Herrera-Pérez, P. L., Juárez, S. J. P., & Valverde, R. B. (2017). Estrategias de producción campesina en *Agave tequilana* en el municipio de Tequila, Jalisco. *Revista de Geografía Agrícola*, 61(41), 39-65. <https://doi.org/10.5154/r.rga.2017.60.005>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2010). Compendio de información geográfica municipal 2010 San Carlos Yautepec. <https://file:///C:/Users/hp/Downloads/20125.pdf>.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2016). <http://www.beta.inegi.org.mx/app/bienestar/#grafica>.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2024). México en cifras. <https://www.inegi.org.mx/app/areasgeograficas/#collapse-Indicadores>.
- López, M. (2015). Una mirada a la industria del mezcal de Oaxaca. Políticas públicas para el desarrollo y la competitividad de la industria manufacturera. Ed. UNAM. pp. 273-293. https://www.iiec.unam.mx/publicaciones/libros_electronicos/pol%C3%ADticas-p%C3%BAblicas-para-el-desarrollo-y-la-competitividad-en-la.
- Luna-Zamora, R. (2019). Tequilandia. Un acercamiento a la bioeconomía del tequila y del mezcal. Universidad de Guadalajara.
- Mariles-Flores, V. M., Ortiz-Solorio, C. A., Gutiérrez-Castorena, M. C., Sánchez-Guzmán, P., & Cano-García, M. A. (2016). Las clases de tierras productoras de maguey mezcalero en la Soledad.
- Martínez, J. R., Ruiz, J. R., Caballero, C. M., Silva, R. M. E., & Montes, B. J. L. (2019). *Agaves silvestres y cultivados empleados en la elaboración de mezcal en Sola de Vega, Oaxaca, México. Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 22(82), 477–485. <http://dx.doi.org/10.56369/tsaes.2750>
- Nieto, G. R. M., & Toledo, L. A. (2024). La venta competitiva en la industria del mezcal: Un estudio desde pymes comercializadoras. *Interciencia*, 49(24), 1-10. https://www.interciencia.net/wpcontent/uploads/2024/05/04_7128_Com-Toledo_v49n4_10.pdf.
- Palma, F., Pérez, P., & Meza, V. (2016). Diagnóstico de la cadena de valor mezcal en las

- regiones de Oaxaca. <https://www.oaxaca.gob.mx/coplade/wp-content/uploads/sites/29/2017/04/Perfiles/AnexosPerfiles/6.%20CV%20MEZCAL.pdf>.
- Perevochtchikova, M., Castro-Díaz, R., Langle-Flores, A., & Von Thaden, U. J. (2021). A systematic review of scientific publications on the effects of payments for ecosystem services in Latin America 2000–2020. *Ecosystem Services*, 49. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2021.101270>
- Pérez, H. E., Chávez, P. M. C., González, H. J. C. (2016). Revisión del *agave* y el mezcal. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 18(1), 148-164. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v18n1.49552>
- Renard, M. C., & Domínguez Arista, D. R. (2019). The geographical indication of mezcal in Mexico: A tool of exclusion for small producers. En A. Bonanno, K. Sekine, & H. N. Feuer (Eds.), *Geographical indication and global agri-food*. pp. 173-185.
- Rodríguez-García, A., & Ortiz-Zavala, A. (2022). Evaluación de la eficiencia del mezcal producido en las entidades federativas de México: Un análisis de la envolvente de datos (DEA). *Inquietud Empresarial*, 22, 81-97. <https://doi.org/10.19053/01211048.13886>
- Secretaría de Economía. (2020). Tlacolula de Matamoros. <https://www.economia.gob.mx/datamexico/es/profile/geo/tlacolu-la-de-matamoros?redirect=true>.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesca (SIAP) (2023). Producción Agrícola. <https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-agricola-33119>.
- Tetreault, D., McCulligh, C., & Lucio, C. (2021). Distilling agro-extractivism: *Agave* and tequila production in Mexico. *Journal of Agrarian Change*, 21(2), 219–241.
- Torres-García, I., Delgado-Lemus, A. M., Rangel-Landa, S., Pérez-Volkow, L., Álvarez-Ríos, G. D., & Lucio-López, C. F. (2021). Metodología de trabajo y ruta crítica de validación de las prácticas amigables con la biodiversidad de los sistemas agropecuarios en Oaxaca. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 14(5), 1–13. <https://doi.org/10.29312/remexca.v14i5.2928>
- Vázquez-Pérez, N., Blancas, J., Torres-García, I., García-Mendoza, A., Casas, A., Moreno-Calles, A. I., Maldonado-Almanza, B., & Rendón-Aguilar, B. (2020). Conocimiento y manejo tradicional de *Agave karwinskii* en el sur de México. *Etnobotánica*, 98(2), 328–347. <https://doi.org/10.17129/bots-ci.2421>
- Vega, V. N. V., & Pérez, A. P. (2017). Oaxaca y sus regiones productoras de mezcal: Un análisis desde cadenas globales de valor. *Perspectivas Rurales*, 15(29), 103–132. <https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/perspectivasrurales/article/view/9286>.