

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS

**EFFECTO DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL
GRANO DE CAFÉ (*Coffea arabica* L.) CULTIVADO EN
TEMASCALTEPEC, ESTADO DE MÉXICO SOBRE EL
PROCESO DE TOSTADO**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:
INGENIERO AGRÓNOMO INDUSTRIAL**

PRESENTA:

GUILLERMO GAONA ULAJE

(No. DE CUENTA: 1822530, 38 GENERACIÓN)

MODALIDAD: TESIS INDIVIDUAL

El Cerrillo Piedras Blancas, Toluca, Estado De México. Noviembre de 2023

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS

**EFFECTO DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL GRANO DE
CAFÉ (*Coffea arabica* L.) CULTIVADO EN TEMASCALTEPEC,
ESTADO DE MÉXICO SOBRE EL PROCESO DE TOSTADO**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO INDUSTRIAL

PRESENTA:

GUILLERMO GAONA ULAJE

(No. DE CUENTA: 1822530, 38 GENERACIÓN)

MODALIDAD: TESIS INDIVIDUAL

COMITÉ DE TUTORES

DRA. ISABEL MARTÍNEZ DE LA CRUZ

DRA. MARÍA DOLORES MARIEZCURRENA BERASAIN

El Cerrillo Piedras Blancas, Toluca, Estado De México. Noviembre de 2023

Resumen

La investigación analiza dos fincas de café, La Ilusión (Estado de México) y Soconusco (Chiapas), evaluando la calidad del café (*Coffea arabica* var. *Caturra Rojo*). Se realizaron análisis físicos y sensoriales según los estándares de la Asociación de Café de Especialidad (SCA).

Ambas fincas superaron los límites de defectos según la SCA. En la categoría 1, La Ilusión tuvo más "Daño por Hongos", mientras que Soconusco tenía "Granos Negros". Prácticas adecuadas de cosecha y clasificación son esenciales para prevenir defectos y mejorar la calidad. Soconusco tuvo "Cerezas Secas" fuera del límite de la SCA, que se puede mitigar con una selección más rigurosa. Ambas fincas gestionaron bien la "Materia Extraña".

Ambas fincas mantuvieron niveles adecuados de humedad y densidad en los granos, indicando calidad y posible influencia de la altitud.

Los valores de a_w (actividad del agua) mostraron estabilidad frente al deterioro por microorganismos.

La Ilusión tuvo un tostado ligeramente más largo y una temperatura final más baja, proporcionando una experiencia de cata más completa.

La Ilusión se clasifica como "Excelente (Origen Especial)" y se considera preferible debido a su experiencia de cata superior.

Palabras clave: Café de especialidad, análisis físico y sensorial, estado de México, Chiapas, tostado

Abstract

The research analyzes two coffee estates, La Ilusión (State of Mexico) and Soconusco (Chiapas), evaluating the quality of coffee (*Coffea arabica* var. *Red Caturra*). Physical and sensory analyses were conducted according to the Specialty Coffee Association (SCA) standards.

Both estates exceeded the defect limits set by SCA. In category 1, La Ilusión had more "Damage by Fungus," while Soconusco had "Black Beans." Proper harvesting and sorting practices are essential to prevent defects and enhance quality. Soconusco had "Dried Cherries" outside the SCA limit, which can be mitigated with stricter selection. Both estates managed "Foreign Matter" effectively.

Both farms maintained adequate levels of moisture and density in the grains, indicating quality and possible altitude influence. The values of aW (water activity) showed stability against deterioration by microorganisms.

La Ilusión had a slightly longer roast and a lower final temperature, providing a more complete tasting experience.

La Ilusión is classified as "Excellent (Special Origin)" and is considered preferable due to its superior tasting experience.

Keywords: Specialty coffee, physical and sensory analysis, state of Mexico, Chiapas, roasting

ÍNDICE

ÍNDICE	i
LISTA DE FIGURAS	i
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS.....	4
2.1 Objetivo general	4
2.1.2 Objetivos específicos.....	4
III. HIPÓTESIS.....	5
IV. JUSTIFICACIÓN	6
V. ANTECEDENTES.....	8
5.1 Producción de café	8
5.2 Beneficio del café.....	11
5.3 Proceso de tostado	12
5.4 Investigaciones previas.....	14
VI. MATERIALES Y MÉTODOS	17
6.1 Descripción de la zona de estudio	17
6.2 Diseño experimental.....	18
6.3 Metodología.....	19
6.4 Análisis físicos en café verde	19
VII. RESULTADOS	21
VIII. CONCLUSIONES	22
IX. ANEXOS	25
X. LITERATURA CITADA.....	28

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Estados productores de café en la República Mexicana.....	10
Figura 2. Municipios productores de café en el estado de México.....	11
Figura 3. Ubicación geográfica de San Andrés de los Gama en el municipio de Temascaltepec, estado de México, México.	18

I. INTRODUCCIÓN

Es responsabilidad de los productores organizados, dependencias gubernamentales federales, estatales y municipales, investigadores e instituciones, fabricantes de equipo y desarrollo tecnológico, así como empresas del sector privado, el redoblar la búsqueda de mejores mercados nacionales e internacionales y de mejores tecnologías que contribuya al desarrollo del sector cafetalero en México.

El desplome de los precios del grano de café alcanzó a finales de 2018 su nivel más bajo en la década, de tal manera que actualmente se observa un panorama nacional e internacional desfavorable, por lo que algunos productores nacionales han tenido que abandonar sus cultivos ante la disyuntiva de vender por debajo del costo de producción (CEDRSSA, 2019; Puerta, 2000).

Esta crisis induce a los productores a buscar alternativas para agregar valor a su producto e incursionar en mercados no convencionales que les permitan asegurar mejores precios y tener un mayor control ante la inestabilidad del mercado. Entre las diferentes alternativas que se han desarrollado ante esta situación, destaca la producción de café diferenciado de alta calidad con características físicas y atributos sensoriales específicos (Jáuregui-Arenas et al., 2017), como una estrategia que permite a los productores avanzar en la cadena productiva del café y proporcionar valor agregado a través de la diferenciación de su producto (Juárez *et al.*, 2021).

Los cafés de especialidad son aquellos que conservan una consistencia en sus características físicas (forma, tamaño, humedad, apariencia y defectos), sensoriales (olfativas, visuales y gustativas), en las prácticas culturales (recolección, lavado, secado) y en sus procesos finales (tueste, molienda y preparación), que los distinguen del común

de los cafés y por las cuales, los clientes están dispuestos a pagar un precio superior (Escamilla y Landeros, 2016). A partir del 2010 el mercado del café comenzó a cambiar, y a la fecha los cafés de especialidad se cuentan entre los pocos que reciben una remuneración más alta (Martínez *et al.*, 2018), por lo que se vuelve una de las alternativas más viables para superar los bajos precios en el mercado, lo incluye diferenciación, especialización y valor agregado (Escamilla y Landeros, 2016).

La definición del grado de tostado del café, y el estudio de la curva de tiempo-temperatura son áreas de investigación activa, que intervienen en la obtención de perfiles de tostado consistentes que se ven reflejadas en la alta calidad de la bebida percibida por los consumidores (Campos y Gaviria, 2019).

Las características sensoriales evaluables en la cata son: aroma/fragancia, sabor, sabor residual, dulzor, acidez, cuerpo, uniformidad, balance, taza limpia y puntaje del catador. Los atributos organolépticos se califican utilizando una escala ordinal de 0 a 10 puntos y la muestra en general, se evalúa como la suma del puntaje individual de cada atributo en una escala de 0 a 100 puntos. El catador identifica notas o descriptores específicos encontrados en taza para los atributos de sabor y aroma. Las muestras con una puntuación ≥ 80 , con al menos un atributo distintivo en cuerpo, sabor, aroma o acidez y poco o ningún defecto completo en grano, se denominan café de especialidad (Juárez *et al.*, 2021).

El Café cereza mexicano se produce en 15 entidades (SIAP, 2020), que son Chiapas (253 318 ha), Veracruz (144 582), Oaxaca (134 647), Puebla (69 652), Guerrero (45 556), Hidalgo (23 094), San Luis Potosí (16 149), Nayarit (16 090), Jalisco (3 489), Colima (2 704), Estado México (539), Tabasco (358), Querétaro (199), Morelos (27) y Michoacán (13) hectáreas sembradas de café (SIACON-SADER, 2022).

El Estado de México produce cerca de 1.7 t/ha de café, valor que supera a la media nacional y su expectativa de crecimiento podría aumentar, asegura el presidente del Comité Ejecutivo del Congreso Agrario Permanente del Estado de México (CAPEM), Juan Carlos Velázquez Carbajal (García, 2020). Debido al interés de los productores del Estado de México, de 2016 a 2020 se ha registrado un aumento en la producción de café de 250 a 623 t/año (SIAP, 2020).

Los productores de café del municipio de Temascaltepec se han distinguido de los demás cafeticultores, por el reconocimiento a nivel nacional por la calidad del su café, aunque son pocos los productores de café, se puede decir que es el lugar donde más ha sobresalido esta evidencia, ya que se ve reflejado al ganar en los diferentes certámenes de la “Taza de Excelencia” (Leguizamo, 2023). Sin embargo, para llegar a un mercado competitivo donde los consumidores son cada vez más exigentes es necesario caracterizar el perfil de tueste del café producido, así como sus características físicas.

Actualmente, Chiapas es el principal productor de café del país (SIAP, 2020). La región económica más importante y con el mayor aporte en la producción es la región del Soconusco (Reyes *et al.*, 2020). Por esta razón se ha decidido comparar las características físicas del café mexiquense tomando como referencia el café proveniente de la región del Soconusco, Chiapas del cual ya se cuenta con bastante información.

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Determinar el efecto de las características físicas del grano de café (*Coffea arabica* L.) cultivado en Temascaltepec, estado de México sobre el proceso de tostado

2.1.2 Objetivos específicos

- Analizar la humedad, actividad de agua, densidad, color, y clasificación estándar del grano de café (*Coffea arabica* L.) cosechado en Temascaltepec, estado de México.
- Estandarizar el tostado del grano de café (*Coffea arabica* L.) cosechado en Temascaltepec, estado de México.
- Comparar los resultados de los análisis físicos del café de Temascaltepec, estado de México con café de Cacahoatán, Chiapas ya que es el estado con mayor producción a nivel nacional y el más estudiado.
- Evaluar el café en taza mediante una cata con un catador Q (especializado en catas de café) para ambos tratamientos.

III. HIPÓTESIS

La humedad, actividad de agua, densidad, color, y clasificación estándar del grano de café (*Coffea arabica* L.) cultivado en Temascaltepec, estado de México afectan el proceso de tostado (tiempo y temperatura) que a su vez alteran la calidad en taza.

IV. JUSTIFICACIÓN

El estado de México posee las características agroclimáticas y de alturas deseadas para producir café, y una vocación natural para la producción de café de especialidad ya que se realiza de forma manual con cuidado a los detalles, aunque es considerado tradicionalmente como un productor de baja producción de café en relación con otros estados de la república Mexicana. Se considera que lo anterior tiene relación con que la producción es predominantemente de café de sombra, no hay labores culturales como poda y que la mayor producción se encuentra en pequeños productores, cuya superficie es menor a 5 ha (Escamilla y Díaz, 2016); Escamilla (2016).

El sur del estado de México reúne las condiciones favorables para el cultivo de café por sus características montañosas, aprovechando tierras que son inadecuadas para otros cultivos y que se encuentran en altitudes apropiadas para el desarrollo del aromático (Caballero, 2019).

El café del estado México se ha ido posicionando como un café de excelencia, que implica atributos intrínsecos como ausencia de defectos, atributos de sabor y tamaño del grano, entre otros, debido a las adecuadas condiciones agroclimáticas con alturas de hasta 2300 m y al trabajo de productores (Hurtado, 2022).

De 2016 a 2020 se ha registrado un aumento en la producción de café en el Estado de México de 250 a 623 t/año (SIAP, 2020), este incremento en la producción tiene relación con interés de los productores por producir un café competitivo y de calidad a nivel nacional e internacional, sin embargo, aún es poca la información especializada sobre el café (*C. arabica* L.) de esta zona lo que limita la capacidad de los productores para lograrlo.

Con la presente investigación se espera identificar las características físicas del grano de la zona de Temascaltepec, estado de México, ya que son datos de relevancia que no se conocen por la comunidad científica y estudiantes, con la finalidad de contribuir con los productores de café (*C. arabica* L.) del estado de México que buscan una mejor posición de su producto a nivel nacional e internacional.

V. ANTECEDENTES

El café (*Coffea* spp., familia Rubiaceae) es un cultivo tradicional generador de empleos directos e indirectos a personas dedicadas al cultivo, transformación, procesamiento y comercialización, además contribuye en la conservación de la biodiversidad: plantas con flores (principalmente árboles y epífitas), aves, mamíferos terrestres y artrópodos (CEDRSSA, 2019; Moguel y Toledo, 2004).

La cafeticultura (producción y comercialización de café), requiere de una altitud entre 600 y 1200 m, precipitación anual de 1500 a 2500 mm, sin heladas ni sequías prolongadas, hábitat umbrófilo, clima cálido, temperatura de 13 y 26 °C, alto nivel de humedad (la falta de agua puede ocasionar la muerte del cafeto, provoca que las flores se marchiten sin lograr la polinización y produce granos excesivamente pequeños), suelo rico en nutrientes que absorba agua y drene con rapidez el exceso de humedad (CEDRSSA, 2019; Moguel y Toledo, 2004).

5.1 Producción de café

A escala mundial más de 80 países son productores de café, en el continente americano se encuentran los países que ocupan los primeros lugares en producción, Brasil (aporta aproximadamente 35 % de la producción a nivel mundial), Vietnam (18 %), Colombia (8 %), Indonesia (7 %) y Etiopia (4 %) (Leguizamo, 2023). México se ubica en décimo lugar como productor mundial de café arábica. Sin embargo, es el primer país productor y exportador mundial de café orgánico, seguido de Guatemala, Costa Rica, Perú y Nicaragua. En México, las regiones cafetaleras se ubican en la vertiente del Golfo de México (San Luis Potosí, Querétaro, Hidalgo, Veracruz, Tabasco, México), vertiente del

Océano Pacífico (Colima, Guerrero, Jalisco, Nayarit y Oaxaca), la zona Centro-Norte de Chiapas y la región del Soconusco (Chiapas) (CEDRSSA, 2019; Leguizamo, 2023).

Alrededor del 50 % de los estados del país (en conjunto 480 municipios) son productores de café (Figura 1), 90 % de la producción se ubica principalmente en las siguientes entidades: Chiapas (aporta el 41 % de la producción, 500 mil toneladas al año), Veracruz (24 %), Puebla (16 %) y Oaxaca (9 %). Aproximadamente 96 % del café producido en el país es arábica, arábica o árabe (*Coffea arabica* L.) con las mejores variedades a escala mundial, entre las que se encuentra márago o maragogipe (*Coffea arabica* var. *maragogype* A. Froehner), bourbón (*Coffea arabica* var. *bourbon* Rodr. ex Choussy); mientras que el 4 % es robusta o canéphora (*Coffea canephora* Pierre ex A. Froehner). A escala nacional, se destina una superficie de más de 100 000 hectáreas a la producción de café orgánico, destacan los estados de Chiapas, Oaxaca, Veracruz y Puebla. El sistema de cultivo es bajo sombra, el sistema agroforestal de sombra (intercalar arbustos de café en selvas altas y medianas, selvas bajas, bosque mesófilo y bosques de pino-encino), puede contener entre 40 y 140 especies de plantas útiles, para autoconsumo familiar, local y comercialización en diferentes mercados (además de café otros productos agrícolas obtenidos son palma camedor, vainilla, frutales, quelites, madera, leña, entre otros), y servicios ambientales (captadores y reserva de lluvia, de humedad, de suelo y de carbono) (CEDRSSA, 2019; Moguel y Toledo, 2004).

El estado de México empieza a figurar en la producción nacional de este cultivo, durante el ciclo 2016, produjo 250 t de café verde en una superficie de 475 ha; dicha producción se concentró en el Distrito de Desarrollo Rural (DDR 04) de Tejupilco, donde sobresalen los municipios Amatepec, participa con 73.82 % y Temascaltepec 16.8 % (González *et al.*, 2019).

En este sentido, la producción de dicho cultivo se ha constituido como una actividad importante en la agricultura de la región, representando una fuente importante en la generación de empleo e ingreso para la población de escasos recursos, así como un incentivo de crecimiento económico y comercial en la región sur del estado de México (González *et al.*, 2019).

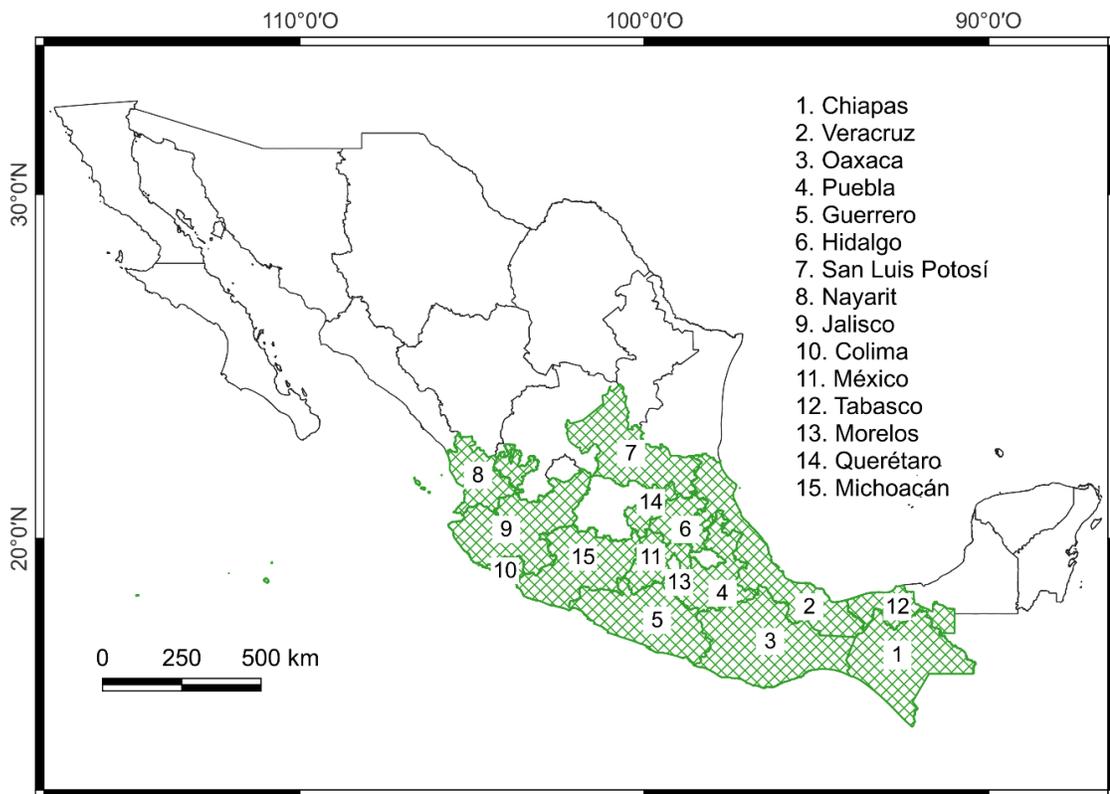


Figura 1. Estados productores de café en la República Mexicana. Fuente: Elaboración propia con información de Leguizamo (2023).

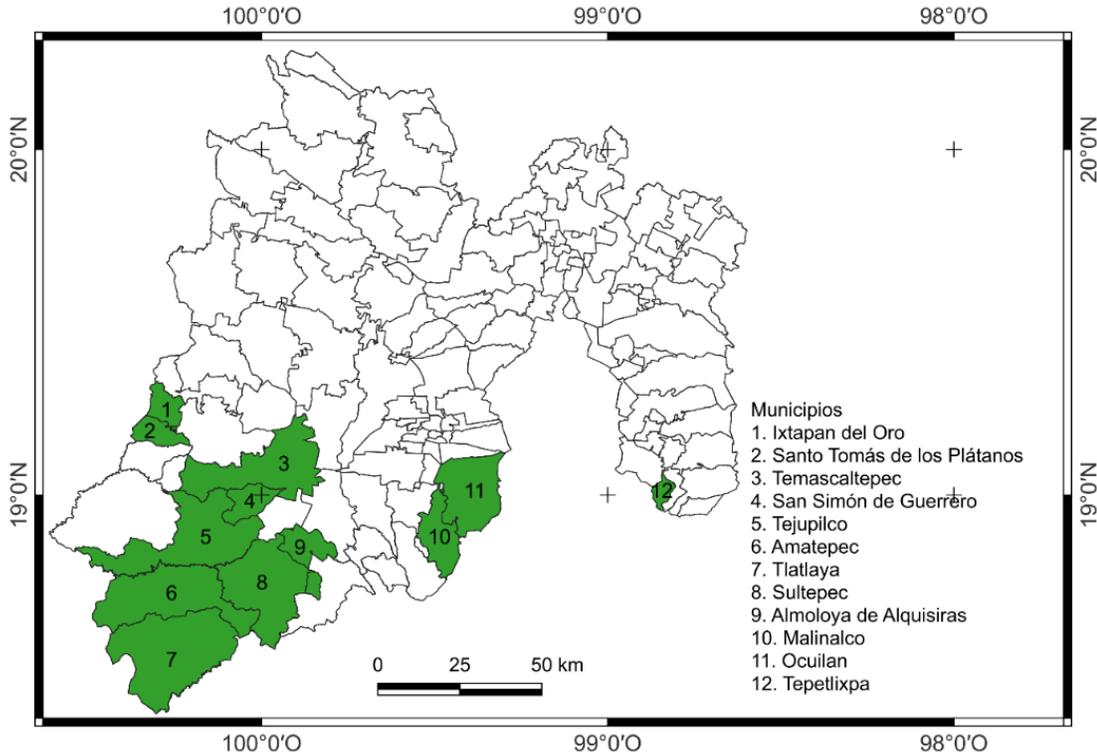


Figura 2. Municipios productores de café en el estado de México. Fuente: Elaboración propia con información de Leguizamo (2023).

En el municipio de Temascaltepec se desarrolla la actividad cafetalera, la cual posee reconocimiento nacional e internacional, gracias al productor Federico Barrueta que con su café obtuvo el segundo lugar de la Taza de Excelencia a escala nacional y superó a otros estados como Chiapas, Oaxaca y Veracruz. El café producido en esta región del estado de México es consumido en países como Lituania, Japón y Australia.

5.2 Beneficio del café

El beneficio del café consiste en la transformación del grano de café (cereza) en café verde, puede ser principalmente mediante dos métodos: a) beneficio por vía húmeda (realizado principalmente en el continente Americano), comprende las etapas: recolección de café cereza, despulpado, remoción del mucílago (por fermentación o remoción

mecánica), lavado y secado (aproximadamente 6 días), hasta obtención del café pergamino seco que luego se trilla para producir el café almendra, y b) beneficio por vía seca o natural (se efectúa de forma general en Brasil y en la mayoría de los países de África, representa el procesamiento tradicional del café cereza), consiste en la recolección del café cereza y secado directamente al sol de los frutos maduros (requiere de aproximadamente 30 días de deshidratación, obteniendo así el café bola o capulín), y luego la trilla para obtener el café almendra. Existen diferencias en la bebida de café de acuerdo con el proceso de beneficio, vía húmeda permite obtener un café con características más suaves y por vía seca la bebida presenta un cuerpo y amargor más fuerte (Puerta, 2000; Hurtado, 2022).

5.3 Proceso de tostado

El café es una de las bebidas más consumidas en todo el mundo por sus propiedades organolépticas, teniendo muchos cambios complejos que ocurren durante el tostado, incluyendo el cambio de color de verde a café (Del Castillo, 2002). Durante el tueste o tostado y en función de las características de la materia prima y los parámetros del proceso, se producen reacciones de pirolisis que dan lugar a importantes cambios físicos y a la formación de las sustancias responsables de las apreciadas cualidades sensoriales. A lo largo del proceso, el grano gana un 100% de volumen, disminuye entre un 12 y un 20 % de peso y pierde alrededor del 10 % de su cafeína. Descienden, también, sus componentes ácidos y aumentan ligeramente las grasas (Fórum del café, 2009).

Se conocen como curvas de tueste, las especificaciones concretas dictadas por cada maestro tostador para transformar el café verde en café tostado. Su definición y objetivo es conseguir una calidad específica y una precisión constante característica de marca. Hay

tres sistemas de aplicación de las curvas de tueste: La primera se refiere al uso de tres intensidades de calor. Una primera fase de calor alto para eliminar la humedad, una segunda fase con intensidad media y la última con menor intensidad para acabar de desarrollar perfectamente el producto. El segundo sistema se vale de un calor constante durante todo el proceso y la tercera, sería justamente lo contrario a la primera (Fórum del café, 2009).

La escala Agtron es un sistema de puntos creado por la Specialty Coffee Association (SCA) para clasificar el tostado de los granos según su color. Consta de un sistema de 8 discos de varios tonos para identificar los grados de tueste del café. Califica con el número 95 el más claro y desciende en intervalos de 10 puntos hasta el 25, que corresponde al más oscuro (Primero café, 2022).

Relación color y aroma gusto del producto:

- Tueste ligero: color 60 a 65 o superior, aroma poco intenso, gusto no desarrollado totalmente.
- Medio: color 50 a 55, aroma más intenso, empiezan gustos algo amargo pero mantiene un buen equilibrio.
- Oscuro: color 40 a 45, empiezan a notarse aromas algo quemados y gustos amargos pronunciados, pierde acidez, pero puede funcionar bien en lugares donde gusta el café fuerte.
- Torrefacto: da al café un color más negro, sabor amargo desprovisto de matices, pero que mantiene mejor los aromas al crear la película de azúcar a su alrededor (Fórum del café, 2009).

5.4 Investigaciones previas

Las propiedades físicas y los factores de conversión en café que se tienen actualmente como referencia fueron publicados hace más de dos décadas y aún siguen siendo utilizados en la cadena productiva del café (Uribe, 1997).

En Colombia se realizó la caracterización de algunas propiedades físicas y factores de conversión del café durante el proceso de beneficio húmedo tradicional. En dicha caracterización, se realizaron mediciones de peso y diámetros (ancho y grosor) de los frutos y granos de café. Los resultados indicaron que, los granos, tienden a ser mayores en la época intermedia de cosecha. Con relación a densidad aparente y humedad, no hubo cambios a través de la cosecha. Las relaciones de conversión, porcentaje de merma y rendimiento en trilla, fueron mejores en la época inicial, con menor cantidad de defectos en cereza, pergamino y almendra, aunado a lo anterior, los defectos tendieron a aumentar conforme avanzaba la cosecha (Montilla *et al.*, 2008).

Por otra parte, la caracterización física del café permite clasificarlo con base en las cualidades. En el municipio de Chachagüí (Nariño, Colombia) se caracterizó el café (*C. arabica*) proveniente de 19 fincas del municipio, concluyendo que el café de la zona posee los atributos para ser considerado como café especial para participar en subastas internacionales. En esta investigación no se encontraron efectos de la altitud sobre la calidad física (tamaño de grano y forma), sin embargo, en el cultivo a pleno sol y 45 % de sombra, afectó positivamente el tamaño y composición de los granos, así como la calidad de la bebida. Las características físicas analizadas fueron humedad, aspecto, color, olor, defectos del grano y rendimiento (Gamboa *et al.*, 2015).

Hurtado (2022) realizó análisis físicos del grano verde de café del estado de México, proveniente de los municipios de Amatepec, Sultepec y Temascaltepec; de acuerdo con la

metodología del Specialty Coffee Association (2019). Las características analizadas fueron altura (msnm), humedad (%), actividad de agua (aW) y densidad (kg/hal). Se destaca que entre los otros factores que determinan las características sensoriales del café están las características físicas del grano, ya sean atributos o daños de éste, además de que la mayoría de los defectos se originan en el proceso de postcosecha, en el proceso de beneficio del café, secado y almacenado.

Existen diversas metodologías para evaluar la calidad sensorial de café, sin embargo, una de las más utilizadas a nivel global es la que desarrolló la Specialty Coffee Association (SCA), quien clasifica al café como especial y no especial con base en la nota obtenida, con una puntuación máxima de 100 %. Cabe mencionar que los cafés especiales son aquellos con más de 80 puntos, existen tres categorías: extraordinario, excelente y muy bueno (Hurtado, 2022).

Aldaz (2022), señala que las características físicas del café como la apariencia, el tamaño, el color y ausencia de defectos en pergamino, oro y tostado, así como las características sensoriales como aroma, acidez, cuerpo y sabor, constituyen la calidad del café en taza. En la planta del cafeto no hay café de mala calidad, es durante su proceso, a través de prácticas inadecuadas de corte, beneficio, tueste y molido, incluso en la preparación, donde se corre el riesgo de que el café vaya perdiendo su calidad o perfil de sabor.

Además indica que existen productores que comercializan el café a intermediarios locales, únicamente como pergamino seco, pero presenta diferentes calidades derivadas principalmente de: un alto contenido de humedad, defectos por mal beneficiado húmedo, y daños físicos por deficiencias del equipo e infraestructura utilizados en el beneficio. Para remediar esto, se sugiere la comercialización del producto en comercio directo, como

opción de café de especialidad, generando una valoración de la calidad del grano por parte de los productores (Aldaz, 2022).

Buenaventura y Castaño (2002), concluyeron que la altitud sí tiene efecto sobre las características organolépticas y fisicoquímicas (densidad aparente café almendra, densidad aparente café tostado, hinchamiento aparente, contenido de aceite, granulometría, pH, acidez titulable, concentración de sólidos solubles, rendimiento de extracción, prueba de taza) del café tostado, tostado y molido y de la bebida del café, pero en ninguno de los casos se pudo establecer una expresión matemática lineal que describiera el comportamiento de las variables fisicoquímicas y organolépticas con respecto a la altitud, debido a que la influencia que tiene la altitud sobre estas características no es proporcional ni directa.

VI. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1 Descripción de la zona de estudio

El municipio de Temascaltepec se ubica en el sur estado de México, tiene una extensión territorial de 568.3 km², lo que representa el 2.5 % del territorio estatal (Ayuntamiento de Temascaltepec 2022-2024, 2022). La temperatura oscila de 6 a 24 °C, el rango de precipitación está entre 1300 y 2000 mm. El clima predominante es templado subhúmedo con lluvias en verano. Los tipos de vegetación presentes en el municipio son bosque de *Abies*, bosque de *Abies-Pinus*, bosque de *Pinus*, bosque de *Pinus-Quercus*, bosque de *Quercus*, bosque mesófilo de montaña, bosque tropical caducifolio y pastizal inducido. Los tipos de suelo son Andosol, Cambisol, Phaeozem, Luvisol, Vertisol, Leptosoly Regosol (INEGI, 2010; Rojas *et al.*, 2016).

La localidad de San Andrés de los Gama se ubica en el sur del municipio de Temascaltepec, en las coordenadas geográficas 99° 58' 26" N y 19° 02' 14" O, a una altitud de 2100 m (Figura 1).

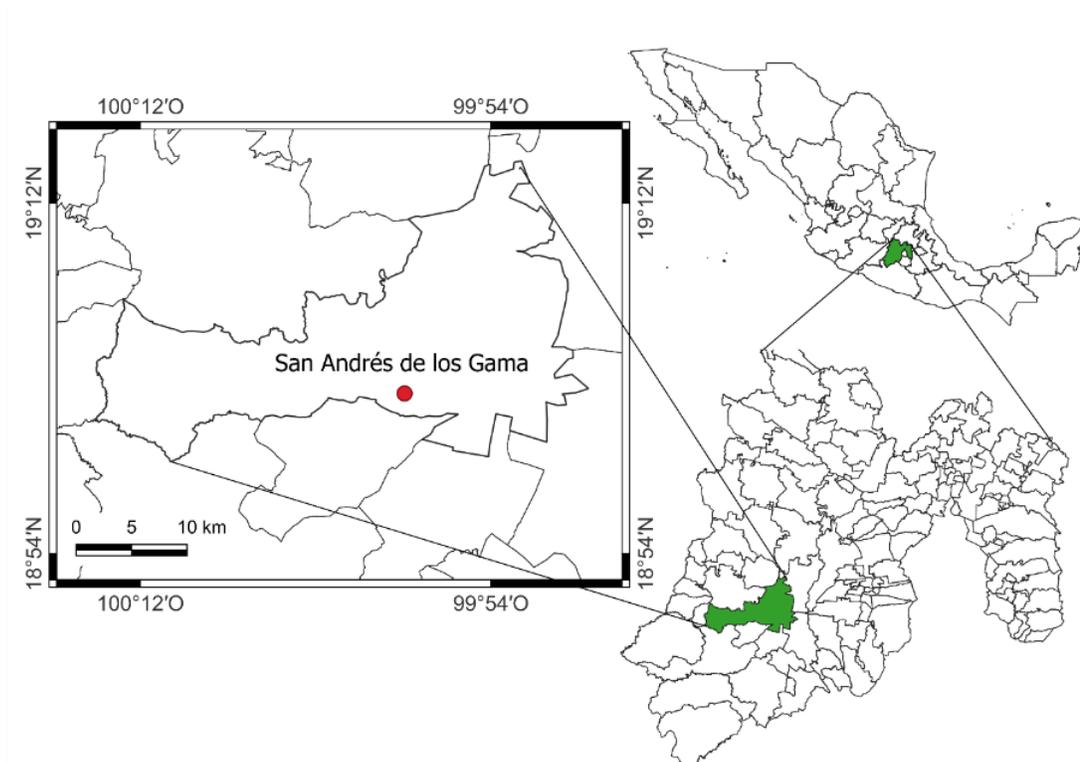


Figura 3. Ubicación geográfica de San Andrés de los Gama en el municipio de Temascaltepec, estado de México, México. Fuente: Elaboración propia con información de Leguizamo (2023).

6.2 Diseño experimental

El diseño experimental es completamente al azar, consta de dos tratamientos con tres repeticiones cada uno (por muestra: 350 g de grano de café verde con 12 % de humedad).

T1: *Coffea arabica* var. *Caturra Rojo*, recolectado en la Finca “La ilusión” en San Andrés de los Gama, Temascaltepec, estado de México.

T2: *Coffea arabica* var. *Caturra Rojo*, recolectado en la Finca “Soconusco” en Cacahoatán, Chiapas, México.

Las variables respuesta fueron los análisis físicos: humedad, actividad de agua, densidad, aspecto, color, y defectos del grano del café.

Al encontrar diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre tratamientos se procedió a realizar una comparación de medias entre tratamientos de DMS al 5 %.

6.3 Metodología

Se realizó el mismo proceso desde la pos cosecha hasta el análisis para el café de la Finca “Soconusco” en Cacaohatán, Chiapas que para el café proveniente de la Finca La Ilusión, en San Andrés de los Gama, Temascaltepec, estado de México. Se recolectaron frutos de café (cereza), posteriormente se llevó a cabo el proceso del beneficio del café (transformación del café cereza en café verde), por vía seca que consistió en el secado del grano de café directo del proceso de recolección, luego se procede al trillado para obtener el grano verde. El tostado se efectuó con un tostador de café marca 100MEX modelo AZTK-2.5K-AD. La curva de tueste para ambos cafés obedece a las características de un tueste medio ligero, temperaturas internas de 180 a 190 °C. Esto es después del primer crack y justo antes de que ocurra el segundo (Café Caracas, 2021). Una vez tostados se procedió a realizar una cata con un catador certificado Q Arabica Grader, con base en el protocolo de catación de SCA (2003) para ambos tratamientos. Para finalizar después de la caracterización del grano del café del estado de México se realizará una comparación de los resultados obtenidos con el café de Chiapas.

6.4 Análisis físicos en café verde

Los granos de café verde de la Finca la Ilusión y Soconusco fueron analizados visualmente para identificar los defectos categoría 1 y 2, con base en la Specialty Coffe Association (2019): averanado, cascarilla, cereza seca, concha, dañado ligeramente por insectos, daño por hongos, grano agrio parcial, grano negro, grano negro parcial, inmaduro, materia extraña, partido/mordido/cortado, y sin defectos. Se cuantificó la cantidad de granos por

defecto y se pesó, se obtuvo el porcentaje de peso del grano sin defecto. A los datos del análisis físico se les aplicó un ANOVA ($P \leq 0.05$) para comparar estadísticamente los dos cafés variedad caturra rojo cosechados bajo las mismas condiciones. Existieron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) en el porcentaje de granos sin defectos, por lo que se aplicó una prueba de comparación de medias de Tukey al 5%.

En ambos tratamientos se realizaron: i) análisis de densidad del grano de café, se efectuó en una probeta de 100 ml, por caída libre se agregaron granos de café (sin defectos), hasta rasar el contenido de la probeta, luego se pesó y se obtuvo la conversión de g/100 mL a kg/L; ii) porcentaje de humedad, el cual se obtuvo mediante un higrómetro marca AgraTronix modelo 08150; iii) valor de aW (actividad de agua) se midió en un analizador portátil de actividad del agua marca rotronic modelo HygroPalm 23-AW-A. A los resultados anteriores, se les aplicó un ANOVA ($P \leq 0.05$) para comparar estadísticamente ambas muestras. Se encontraron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) en el porcentaje de humedad, por lo que se aplicó una prueba de comparación de medias de Tukey al 5%.

VII. RESULTADOS

[FST] Submission Acknowledgement

De: Tatiana - Zeppelini Publishers via (pen-bounces@emnuvens.com.br)

Para: imc_250@yahoo.com.mx

Fecha: Lunes, 25 de diciembre de 2023, 11:59 GMT-6

Isabel Martínez-De La Cruz:

Thank you for submitting the manuscript, "EFFECT OF PHYSICAL CHARACTERISTICS OF COFFEE GRAIN (*Coffea arabica* L.) CULTIVATED IN TEMASCALTEPEC, STATE OF MEXICO, ON THE ROASTING PROCESS" to Food Science and Technology. With the online journal management system that we are using, you will be able to track its progress through the editorial process by logging in to the journal web site:

If you have any questions, please contact me. Thank you for considering this journal as a venue for your work.

Tatiana - Zeppelini Publishers

[Food Science and Technology](#)

VIII. CONCLUSIONES

1. El café de la Finca La Ilusión tuvo más defectos en la categoría de "Daño por Hongos" en comparación con la Finca Soconusco, aunque ambos superaron el límite aceptable según los estándares de la Asociación de Café de Especialidad (SCA, por sus siglas en inglés). Al superar el límite establecido por la SCA no pueden ser clasificados como cafés de especialidad, sin embargo, la selección adecuada y la eliminación de granos dañados son esenciales para reducir este defecto hasta parámetros aceptables.
2. Solo la finca Soconusco presentó los defectos "Granos Negros" y "Granos Parcialmente Negros", aunque la presencia de estos estuvo dentro de los parámetros aceptables establecidos por la SCA. Prácticas adecuadas de cosecha y clasificación basada en densidad pueden ayudar a prevenir estos defectos.
3. La Finca Soconusco tuvo ocurrencias del defecto de "Cerezas Secas", que superaron los límites de la SCA, por lo tanto, no se podría clasificar como café de especialidad hasta que se realice una selección adecuada en la que se eliminen las cerezas secas. Este defecto se puede evitar no recogiendo cerezas secas directamente del suelo y eliminando los flotadores durante la recepción.
4. Ambas fincas tuvieron una incidencia similar del defecto de "Materia Extraña", que puede afectar negativamente la calidad del café, sin embargo, los valores obtenidos por ambas fincas se encuentran dentro de los límites permitidos por la SCA. Una atención cuidadosa durante la cosecha y el secado, junto con el uso de

equipos apropiados durante el proceso de molienda en seco, pueden eliminar eficazmente la materia extraña.

5. La Finca Soconusco tuvo un porcentaje mayor de granos sin defectos en comparación con la Finca La Ilusión. Esto tiene implicaciones en la fijación de precios, ya que el café con un mayor porcentaje de granos sin defectos puede obtener un precio más alto en el mercado de café de especialidad.
6. Ambas fincas tuvieron un contenido de humedad dentro del rango aceptable del 10% al 12%, según los estándares de la SCA. Mantener niveles adecuados de humedad es crucial para preservar la calidad del café durante el almacenamiento y el tostado.
7. La densidad de los granos de café fue similar entre ambas fincas, sin diferencias significativas. La densidad está influenciada por la altitud, y el café de mayor altitud tiende a tener granos más densos, lo que puede contribuir a una mejor calidad de taza.
8. La Finca La Ilusión tuvo un valor de aW ligeramente más alto en comparación con la Finca Soconusco. Ambas fincas tuvieron valores de aW por debajo de 0.6, lo que indica que los granos de café son estables frente al deterioro causado por microorganismos.
9. La Finca La Ilusión tuvo un tiempo de tostado ligeramente más largo y una temperatura final más baja en comparación con la Finca Soconusco. Los perfiles de tostado proporcionaron información sobre el proceso de tostado para ambos cafés.

10. Ambas fincas produjeron café de alta calidad, hubo diferencias en la ocurrencia de defectos, el porcentaje de granos sin defectos, los valores de aW y los perfiles de tostado. Estos hallazgos pueden ayudar a orientar mejoras adicionales en la producción y procesamiento de café para mejorar la calidad y la consistencia.
11. El café de la Finca La Ilusión es clasificado como "Excelente (Origen Especial)", lo que significa que se encuentra en una categoría superior de calidad en comparación con la finca Soconusco, que se clasifica como "Muy Bueno (Especial)".
12. El café de la Finca La Ilusión es la opción preferible entre las dos muestras, ya que ofrece una experiencia de cata más completa y satisfactoria en términos de fragancia, sabor, acidez, cuerpo y balance, lo que indica una mejor calidad y cuidado en su producción y procesamiento, que son favorecidos por las condiciones agroclimáticas de la zona de San Andrés de los Gama, Temascaltepec, Estado de México.

IX. ANEXOS



Asociación de Cafés Especiales
Formulario de catación de Arabica

Nombre: Alejandro Escobar Viquez
 Fecha: 21. Sep. 2023
 Mesa #: 1

Muestra #	El Nivel de tueste	Fragancia/Aroma	Sabor	Acidez	Cuerpo	Uniformidad	Taza Limpia	Puntaje Catador	Defectos (Subtract) # tazas Rechazo -4	Puntaje Final
T1		80 Seco: <u>Medio</u> Aromas: <u>Azúcar, Cacao, Frutas, Alto</u>	80 Sabor: <u>A.M. Fruta</u> Residual: <u>Co</u>	80 Acidez: <u>Medio-Baja</u> Intensidad: <u>Citrica, Jugosa</u>	80 Cuerpo: <u>Medio-Alto</u> Intensidad: <u>Medio</u>	80 Uniformidad: <u>Mejora de aroma, cuerpo</u>	10 Taza Limpia: <input type="checkbox"/>	10 Puntaje Catador: <u>80</u>	10 Defectos (Subtract) # tazas Rechazo -4: <input type="checkbox"/>	86 Puntaje Final
T2		75 Fragancia/Aroma: <u>Medio</u> Seco: <u>Dulce</u> Aromas: <u>Floral, Blancos, T. Negro</u>	80 Sabor: <u>Am. S.</u> Residual: <u>Vis. Seco</u>	80 Acidez: <u>Alta</u> Intensidad: <u>Alta</u>	80 Cuerpo: <u>Medio</u> Intensidad: <u>Medio</u>	75 Uniformidad: <u>Mejora de Balance, cuerpo, Seco y Aroma</u>	10 Taza Limpia: <input type="checkbox"/>	10 Puntaje Catador: <u>75</u>	10 Defectos (Subtract) # tazas Rechazo -4: <input type="checkbox"/>	84 Puntaje Final

Muestra #	El Nivel de tueste	Fragancia/Aroma	Sabor	Acidez	Cuerpo	Uniformidad	Taza Limpia	Puntaje Catador	Defectos (Subtract) # tazas Rechazo -4	Puntaje Final

Este formato está diseñado para usarse en conjunto con el protocolo de catación de cafés especiales.
 © 2004 Specialty Coffee Association

Anexo 1. Formulario de catación de café arábica empleado por el catador Q grader.



Reporte de catación

Fecha:	21-septiembre 2023
Nombre del cliente:	Guillermo Gaona
Nombre de empresa:	
Método de Catación:	hoja de catación SCA

Las siguientes muestras de café tostado se utilizan para su catación y evaluación en taza. con la finalidad de proporcionar información sobre:

perfil de taza	Puntaje final
----------------	---------------

Muestra:	Código de muestra	puntaje
1	T1	86.0 PTS
2	T2	84.0 PTS
3		
4		
5		
6		



Alejandro Escobar Vázquez

Licensed Q grader

Anexo 2. Reporte de catación de las muestras analizadas por el catador Q grader.



Perfil de taza

T1:

café con notas en fragancia de florales y frutos amarillos.

sabor: azúcar morena y choco oscuro

acidez cítrica media baja.

cuerpo: medio alto denso cremoso

balance: mantiene balance en frío y mejora la dulzura y el cuerpo en frío.

La muestra de T1 presenta mejor selección en granos de café y un tueste ligeramente más alto que la otra muestra.

perfil de taza

T2:

café con notas en fragancia de

dulce, floral, ligeras notas de madera.

acidez media cítrica, jugosa, ligeramente cortante o filosa al final en frío.

sabor frutal cítrico, ligera madera seca.

cuerpo medio sedoso y ligera aspereza al final en frío.

pierde balance en frío y se torna seco y áspero en postgusto y sensación en boca.

notas presentes de madera seca. Esta muestra presenta granos con defectos secundarios como conchas vanos y triángulos.

Anexo 3. Perfil de taza de las muestras analizadas por el catador Q grader.

X. LITERATURA CITADA

- Aldaz, G. (2022). Gestión socioeconómica para la transición del sistema de producción de café tradicional a café de especialidad, de pequeños productores de la etnia mazateca de Eloxochitlán de Flores Magón, Oaxaca. [Tesis de Maestría, Instituto Politécnico Nacional].
- Ayuntamiento de Temascaltepec 2022-2024. (2022). Plan de Desarrollo Municipal 2022-2024.
https://copladem.edomex.gob.mx/sites/copladem.edomex.gob.mx/files/files/pdf/Planes%20y%20programas/Mpales-2022-2024/Temascaltepec_PDM_2022_2024.pdf
- Caballero, M. (2019). Propuesta de producción no convencional de Café Carmesís, Finca La Ilusión, de San Andrés de los Gama, Temascaltepec Estado de México. [Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma del Estado de México].
<http://hdl.handle.net/20.500.11799/104942>
- Café Caracas. (2021). Las 3 fases y tipos de tueste del café.
<https://www.cafescaracas.com/es/blog/introduccion-al-tueste-de-cafe-las-tres-fases.html>
- Campos, D. A., y Gaviria, C. A. (2019). Optimización de las condiciones de tiempo y temperatura en el proceso de tostado de café del cauca, teniendo en cuenta la percepción del consumidor. Encuentro Internacional De Educación En Ingeniería.
<https://doi.org/10.26507/ponencia.264>
- CEDRSSA (Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria). (2019). Comercio Internacional del café, el caso de México. Febrero

- 16, 2023, de CEDRSSA Sitio web:
<http://www.cedrssa.gob.mx/files/b/13/94Caf%C3%A9%20-Producci%C3%B3n%20y%20Consumo.pdf>
- Del Castillo, M. A. (2002). Effect of roasting on the antioxidant activity of coffee brews. *Agricultural and food chemistry*. 50: 3698-3708
- Duicela, L. A., Farfán, D. S., García, J., Corral, R., & Chillán, W. (2004). Post-cosecha y calidad del café arábigo (1.^a ed., pp. 15–23). Quito, Ecuador.
- Escamilla, P. E. (2016). Las variedades de café en México ante el desafío de la roya. Programa Mexicano del carbono, 4 Breves de políticas públicas. Huatusco, Veracruz, México. Boletín informativo. p.10.
- Escamilla, P. E. y Díaz, C. S. (2016). Sistemas de cultivo de café en México. CENACAFÉ, Huatusco, Veracruz. 61 p.
- Escamilla, P. E. y Landeros S. C. (2016). Cafés diferenciados y de especialidad. Centro Nacional de Investigación, Innovación y Desarrollo Tecnológico del Café. Huatusco, Veracruz. 48 p.
- Fórum del café. (2009). El Tueste de Café. https://www.forumdelcafe.com/sites/default/files/biblioteca/f-37_tueste_de_cafe.pdf
- Gamboa, P. Y., Mosquera, S, A. y Paz, I. E. (2015). Caracterización física de café especial (*Coffea Arabica*) en el municipio de Chachagüí (Nariño, Colombia) Revista Lasallista de Investigación, vol. 12, núm. 1, pp. 90-98 Corporación Universitaria Lasallista Antioquia, Colombia.

- García, A. (2020). Edomex produce 1.7 toneladas de café por hectárea. El Sol de Toluca. <https://www.elsoldetoluca.com.mx/local/edomex-produce-1.7-toneladas-de-cafe-por-hectarea-4726628.html>
- González, F. de J., Sangerman, D. M., Rebollar, S., Omaña, J. M., Hernández, J., y Morales, J. L. (2019). El proceso de comercialización del café en el sur del Estado de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 10(6), 1195–1206. <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i6.2057>
- Hurtado, M. D. (2022). Diagnóstico y caracterización del grano de café (*Coffea arabica* L.) De la zona cafetalera del Estado de México. [Tesis de Maestría, Universidad Autónoma del Estado de México]. <http://hdl.handle.net/20.500.11799/137192>
- INEGI. (2010). Compendio de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Temascaltepec, México. Clave geoestadística 15086. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México.
- Jáuregui, A. S., Álvarez M. C., Escamilla, P. E., Olgún P. C., y Figueroa, K. A. (2017). Agroempresas familiares de café (*C. arabica* L.) diferenciado y de especialidad en Veracruz, México: casos de éxito. *Agroproductividad*. 10(12):134-140.
- Juárez, G. T., Maldonado, A. Y., González, M. R., Ramírez, S. M., Álvarez, F. P., y Salazar, R. (2021). Caracterización fisicoquímica y sensorial de café de la montaña de Guerrero. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, (12). DOI: <https://doi.org/10.29312/remexca.v12i6.2773>
- Leguizamo, G. (2023). Diagnóstico de la cafecultura en el sur del estado de México. [Tesis de Maestría, Universidad Autónoma del Estado de México].

- Martínez, L. A., Díaz, C. S. y Rodríguez, P. B. (2018). Características del consumo del café (*Coffea sp.*) mexicano de especialidad en Tilburg, Países Bajos. *Agroproductividad*. 11(4):89-90.
- Moguel, P. y Toledo, V. M. (2004). Conservar produciendo: biodiversidad, café orgánico y jardines productivos. *Biodiversitas*, 55: 1-7.
- Montilla, P. J., Arcila, P. J., Aristizábal, L. M., Montoya, R. E., Puerta, Q. G., Oliveros, T. C., Cadena, G. G. (2008). Caracterización de algunas propiedades físicas y factores de conversión del café durante el proceso de beneficio húmedo tradicional. *Cenicafé*, 59 (2), 120-142.
- Primero Café. (2022). Qué es la escala Agtron para café tostado. <https://primerocafe.com.mx/mundo-barista/que-es-escala-agtron-cafe-tostado-cata/>
- Puerta, G. (2000). Beneficie correctamente su café y conserve la calidad de la bebida. *Cenicafé*, Avances técnicos 276, pp 2-7.
- Reyes, G., Reyes, G., Manchinelli, M y Reyes, G. (2020). El oro rojo del Soconusco, Chiapas: el café. Desde el Herbario CICY, (12), 256.
- Rojas, E. C., Orozco-Villa, M., Romero-Rangel, S., y Montoya-Ayala, R. (2016). Vegetación y flora del municipio de Temascaltepec, Estado de México, México. *Polibotánica*, (42), 43-89. DOI: <https://doi.org/10.18387/polibotanica.42.3>
- SCA. (2003). Cupping Protocols. SCA. <https://sca.coffee/research/protocols-best-practices>
- SCA. (2019). Guía de defectos del café verde Arábica: Specialty Coffee Association.

SIACON-SADER (2022) Datos de producción anual. Sistema de Información Agroalimentaria y Pesca, Secretaría de Desarrollo Rural.
<https://nube.siap.gob.mx/index.php/s/Nt0HGfx121vk15>.

SIAP. (2020). Avance de siembras y cosechas. Resumen nacional por estado. Perennes. 2020. Riego +temporal. Café cereza. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera.

[http://infosiap.siap.gob.mx/Agricola_siap/ResumenProducto.do?producto=5500
&invitado=true&ciclo=3](http://infosiap.siap.gob.mx/Agricola_siap/ResumenProducto.do?producto=5500&invitado=true&ciclo=3)

Uribe H., A. (1997). Constantes físicas y factores de conversión en café. Avances Técnicos Cenicafé No. 65: 1-3.