

CAFÉS NATURALES: TRADICIÓN, CIENCIA Y SOSTENIBILIDAD

Mariela Concepción Meza Grande¹, Minerva Rosas Morales¹,
Ada María Ríos Cortés¹, Paula Montserrat Crespo Barrera²

¹Instituto Politécnico Nacional, Centro de Investigación en Biotecnología Aplicada,
Tepetitla CP 90700, Tlaxcala, México. Ex-Hacienda San Juan Molino Carretera Estatal
Tecuexcomac-Tepetitla Km 1.5, Tlaxcala C.P. 90700, Mexico.

²Universidad Tecnológica de Izúcar de Matamoros, Calle de la Reforma 168,
Campestre la Paz, CP 74420 Izúcar de Matamoros, Pue.

Email: mmezag2400@alumno.ipn.mx



RESUMEN

La producción de cafés naturales establece un método ancestral que ha adquirido relevancia en la investigación científica actual por su impacto en la calidad sensorial y en la sostenibilidad ambiental. Esta revisión analiza el café desde una perspectiva científica e histórica, revisa los principales métodos de procesamiento y profundiza en el proceso natural, caracterizado por el secado de la cereza completa. Se destacan los atributos sensoriales particulares de los cafés naturales, sus notas afrutadas y vinosas, así como la influencia de microorganismos, levaduras y bacterias ácido lácticas en la fermentación. Además, se comparan las cifras ambientales entre el proceso natural y el lavado, evidenciando que el primero reduce significativamente la huella hídrica. El perfil aromático y sensorial se presenta como un valor agregado en mercados de especialidad, aunque con retos de consistencia y control. En conclusión, la producción de cafés naturales representa un amplio campo para la investigación interdisciplinaria, integrando microbiología, química de alimentos y sostenibilidad, ofreciendo oportunidades para equilibrar tradición e innovación en la caficultura global.

Palabras clave:

café, natural, secado, sostenibilidad.

ABSTRACT

The production of natural coffees is an ancestral method that has gained relevance in contemporary scientific research due to its impact on sensory quality and environmental sustainability. This paper analyzes coffee from a historical and scientific perspective, reviews the main processing methods, and focuses on the natural process, characterized by drying the whole cherry. The sensory attributes of natural coffees, such as fruity and wine-like notes, are highlighted, along with the role of microorganisms, yeasts and lactic acid bacteria, in fermentation. Environmental figures comparing natural and washed processes show that the former significantly reduces water consumption and the overall water footprint. The aromatic and sensory profile is presented as an added value in specialty markets, although consistency and control remain challenges. In conclusion, natural coffee production represents a fertile field for interdisciplinary research, integrating microbiology, food chemistry, and sustainability, while offering opportunities to balance tradition and innovation in global coffee cultivation.

Keywords:

coffee, natural, drying, sustainability.

INTRODUCCIÓN

El café es uno de los productos agrícolas más relevantes a nivel mundial, tanto por su impacto económico como por su papel cultural y científico (Osorio et al., 2023). La complejidad intrínseca del café, compuesto por cafeína, ácidos clorogénicos, azúcares, lípidos, aminoácidos, minerales y vitaminas, hace esencial comprender estos elementos interconectados (Freitas et al., 2024). La investigación sobre los métodos de procesamiento ha permitido comprender cómo las prácticas tradicionales influyen en la calidad sensorial y en la sostenibilidad ambiental (ICO, 2021; FAO, 2020). Este documento aborda la producción de cafés naturales, un método ancestral que hoy se estudia con herramientas modernas de microbiología, química y ciencias ambientales, representa un puente entre tradición y modernidad.

El café también puede fomentar la sociabilidad, proporcionando un punto de encuentro y una pausa en la rutina diaria para muchas personas en todo el mundo (Freitas et al., 2024).

2. CAFÉ: CONTEXTO HISTÓRICO Y CIENTÍFICO

El café ha sido objeto de estudio desde múltiples disciplinas, incluyendo la historia (Pendergrast, 2010), la nutrición (Bressani, 2001) y la economía (Samper, 2019). En países como México y Colombia, el café representa un eje de identidad cultural y desarrollo rural. La ciencia moderna ha permitido caracterizar su composición química, destacando compuestos fenólicos, alcaloides y azúcares que determinan su perfil sensorial (Silva, 2019). Además, estudios más recientes han explorado la relación entre la genética de la planta y la calidad del grano (Worku et al., 2018).

La calidad de los granos de café está profundamente influenciada por diversos factores, incluyendo métodos de cosecha. En adición, el proceso postcosecha desempeña un papel crucial, afectando significativamente la composición química y los atributos sensoriales del café (Freitas et al., 2024).

2.1. Planta

El café se originó en África, en diferentes regiones geográficas y climáticas. Como grupo botánico está constituido por más de 100 especies de una gran familia pertenecientes al género *Coffea*. De acuerdo a la región y clima de origen se desarrollaron diferentes tipos de cafetos, con características genéticas diversas: porte y forma de planta, tamaño y color de fruto, resistencia a enfermedades, tolerancia a plagas, sabor de bebida, adaptabilidad y productividad. De este centenar de especies, resaltan dos que se cultivan comercialmente, *Coffea arabica* integrada por diferentes variedades de arábica y *Coffea canephora* formada por diferentes grupos de robusta (Peñuela & Sanz-Urbe, 2021).

2.2. Fruto y anatomía

Al fruto en estado de completa maduración de las plantas del cafeto se le conoce como cereza, misma que después de varios procesos se convertirá en una de las bebidas favoritas de aceptación universal (Pires et al., 2021).

La cereza de café consta, en respectivo orden, de la piel externa o epicarpio: conocida también como cáscara, piel o exocarpio, es la capa más externa de la cereza del café. El color del epicarpio al inicio es verde, tras la maduración dependerá de la variedad del café pero comúnmente es rojo (Gallego et al., 2023). Mucílago o mesocarpio: es la pulpa del fruto del café. Antes de que la cereza madure, el tejido es rígido. Con la maduración, da lugar a un hidrogel insoluble rico en azúcares y pectinas. Pergamino o endocarpio: es la capa más interna del pericarpio y es la cáscara que envuelve el grano de café. Está formado de 3 a 7 capas de células de esclerenquima. El pergamino se desprenderá en el descascarijado, es el primer paso en el proceso en seco. Se utilizan máquinas para eliminar los restos de fruta y el pergamino seco de los granos de café, aunque a veces el grano verde se vende con esta capa intacta como café pergamino. Piel plateada o perisperma: llamada también tegumento, es la capa más externa que cubre la semilla. Algunos residuos de la piel plateada continúan con el pre-tostado del grano y se desprenden durante el tostado del café. Endospermo o semilla, señalando que cada cereza de café suele contener en su interior dos semillas. Suelen tener una consistencia dura y de color verdoso o amarillento. El contenido químico del endospermo es de suma importancia ya que es el precursor del sabor y aroma del café tostado (Osorio et al., 2021). Cada capa puede observarse a detalle en la figura 1.

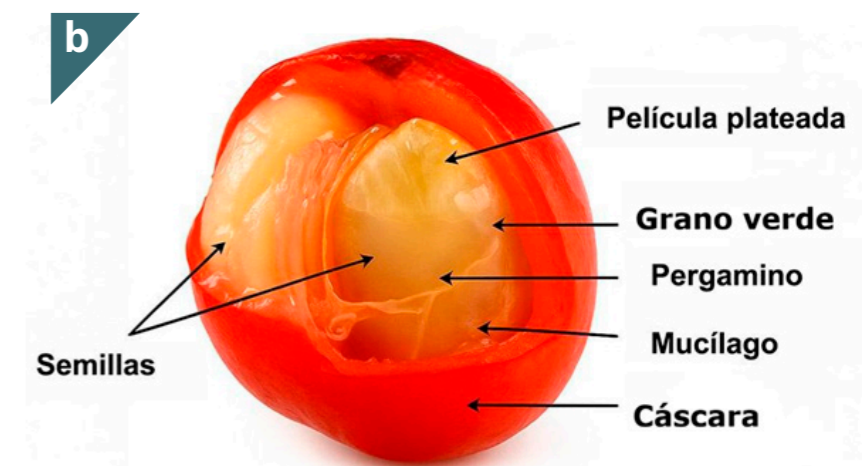
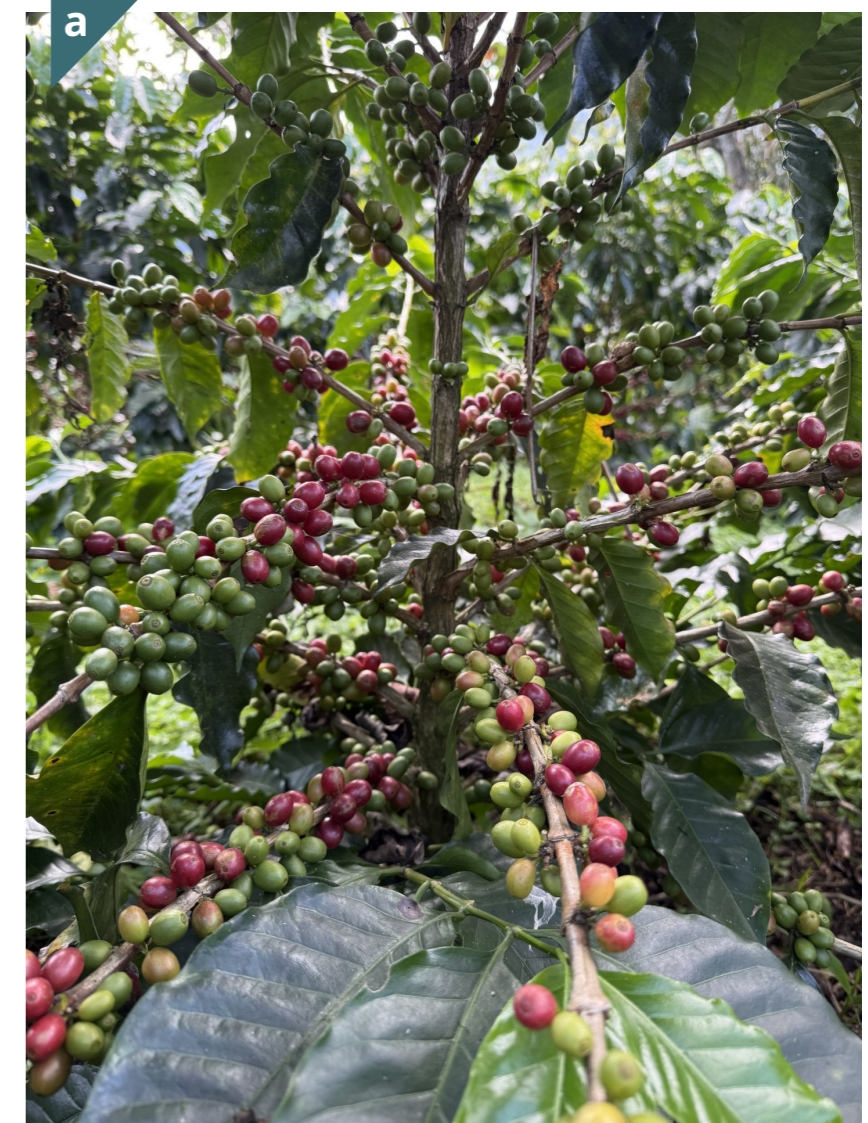


Figura 1. A) planta de café (imagen propia) y B) capas de la cereza de café. (CENICAFÉ, 2013)

2.3. Condiciones geográficas

Los granos que se tuestan, muelen y se usan para preparar la bebida de café son las semillas de un fruto. El cafeto, es decir, la planta, produce cerezas de café y los granos son las semillas, que se encuentran dentro de las cerezas (dos Santos Gomes et al., 2024).

La calidad de la bebida de café está determinada por un delicado equilibrio entre varias circunstancias, acciones y decisiones, que comienzan en el campo durante el cultivo y se extienden al almacenamiento, procesamiento y tueste de los granos. Tanto factores no genéticos como genéticos han sido demostrados como factores que afectan a la calidad de las bebidas. Se incluye, además, la fertilidad del suelo, los fertilizantes, el clima, la altitud y la salud de las plantas, la etapa de maduración del fruto en la cosecha, el procesamiento posterior y el trasfondo genético. De hecho, el café no se

cultiva en todas partes del mundo debido a las condiciones ambientales variables y ubicaciones geográficas. Se observan las condiciones óptimas para el crecimiento de la planta a nivel global dentro de la zona ecuatorial, también conocida como "El Cinturón de Café", ver figura 2. Esta región se extiende desde latitudes 25 grados norte hasta 30 grados sur (Zaman& Shan, 2024).

La altura tiene un impacto directo en el tamaño, forma y sabor del café. El de mejor calidad se produce entre 1,000 y 1,300 metros sobre el nivel del mar. Esto se debe a que el proceso de formación y maduración de los granos es más lento, provocando un desarrollo amplio de las sustancias aromáticas y de una acidez deseable (Coradi et al., 2008).

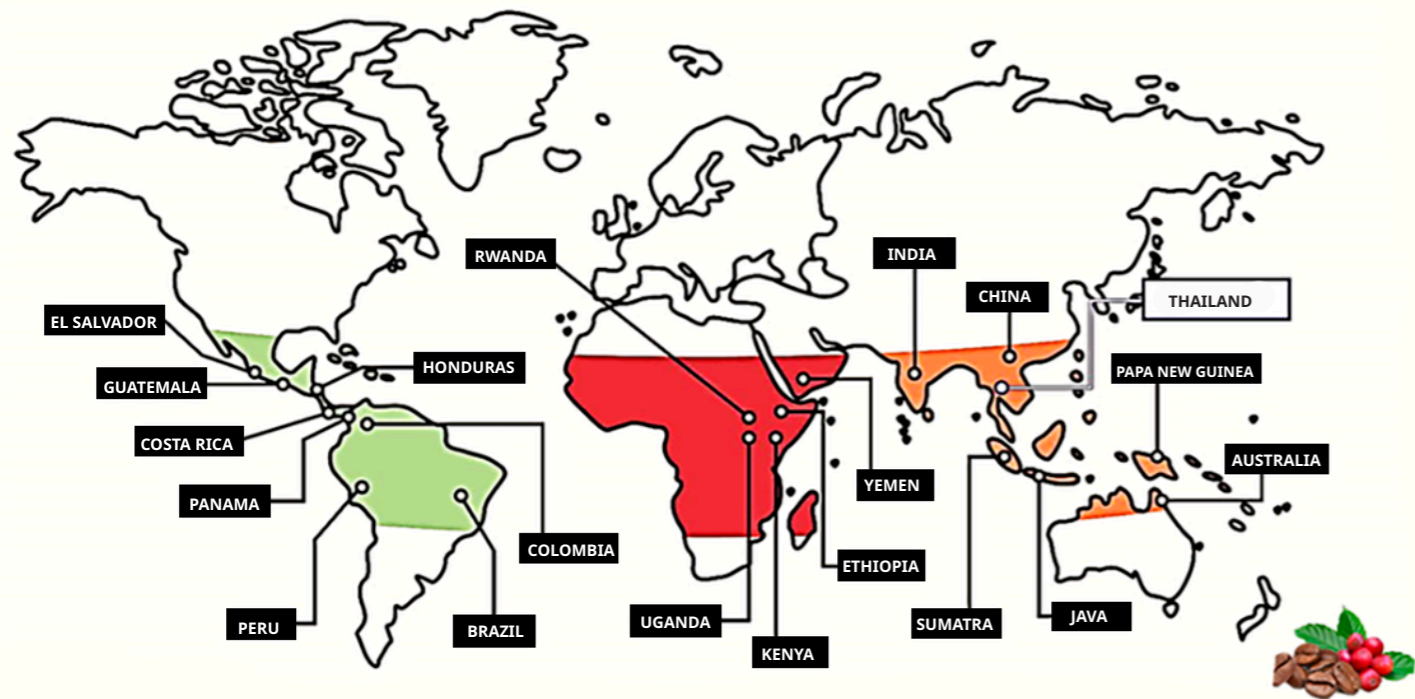


Figura 2. Cinturón de café. (Zaman& Shan, 2024)

2.4. Genotipo

Se refiere a la constitución genética completa de un individuo. El genotipo es un factor clave, ya que determina en gran medida características importantes como el tamaño y la forma de los granos, así como su color, composición química y sabor (Morales&Bolaños, 2023). Cada árbol está cubierto por hojas cerosas de color verde que crecen en pares y las cerezas de café

crecen a lo largo de las ramas. Dependiendo de la variedad, un cafeto tarda entre tres y cuatro años en producir. Existen distintas variedades de café y sus granos poseen características diferentes, ver figura 3. Entre sus particularidades están el tamaño, el sabor y la resistencia a las enfermedades varían (Gallego et al., 2023).

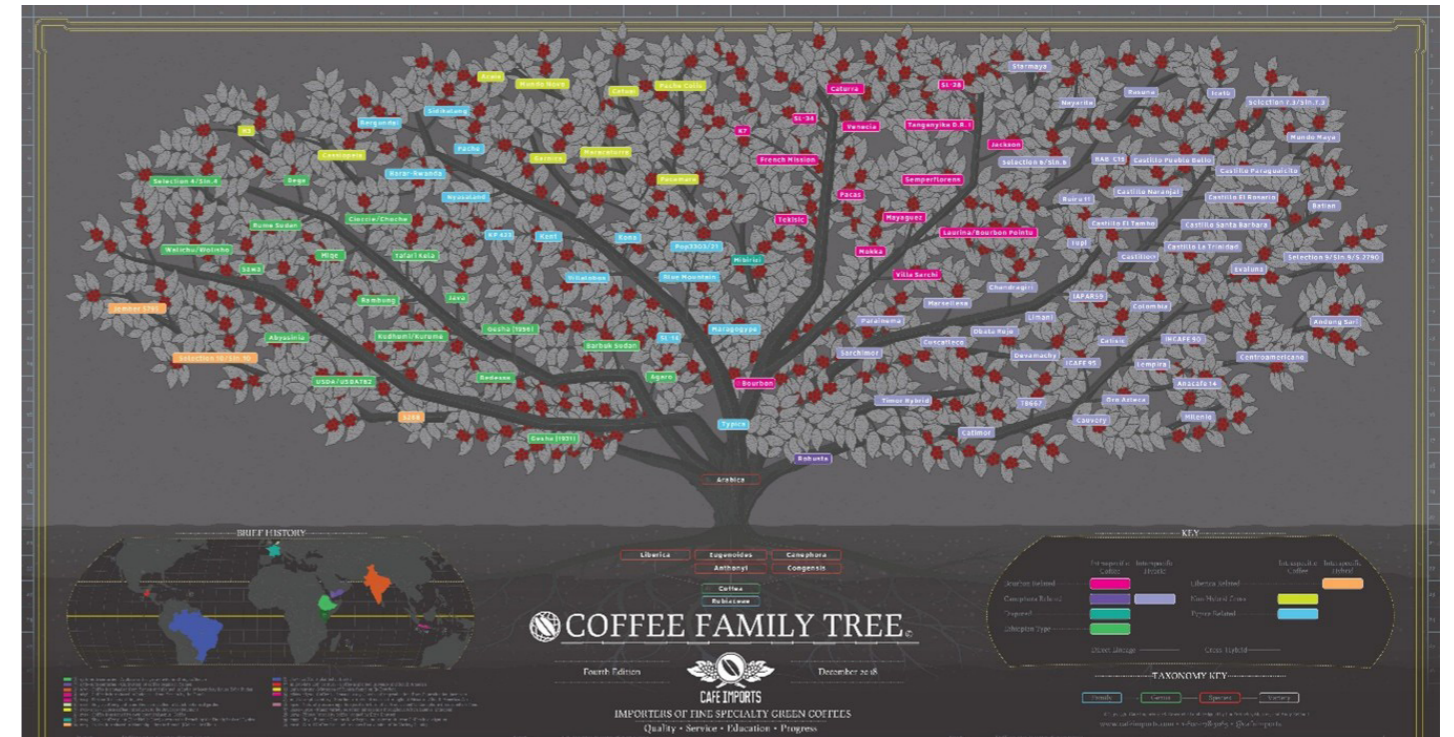


Figura 3. Árbol genealógico del Café: Especies y Variedades. (CAFÉ IMPORTS, 2018)

2.5. Determinación de la madurez de cosecha

Para determinar el estado de maduración del fruto, se presenta un método que integra la observación del color del fruto, la medición de sólidos solubles (°Brix) y la extracción de una pequeña cantidad de mucílago del fruto. Este método permite al caficultor decidir el momento para iniciar la cosecha. El método es descrito a continuación. Se seleccionan 40 árboles de café al azar, distribuidos uniformemente dentro del sistema de cultivo. Visualmente cada planta se segmenta en tres estratos (bajo, medio y alto), luego se selecciona una rama productiva ubicada en la parte

media de planta, de donde se extraen 3 frutos al azar. Los 120 frutos obtenidos se clasifican en los niveles de maduración según la tabla 1. Luego, por cada nivel de maduración, se toman cinco frutos y se mide la concentración de sólidos solubles y la cantidad de gotas de mucílago que se extrae (Osorio et al., 2023).

Para obtener una infusión de alta calidad, la cosecha debe realizarse cuando las cerezas están completamente rojas. Una minuciosa selección de los frutos, es parte del secreto de los mejores cafés (Coradi et al., 2008). Ver figura 4.

Estado de Maduración del fruto	Color	Sólidos solubles (°Brix)	Número de gotas	Característica
Nivel 1 (inmaduro)	Verde	<6.0	0	---
Nivel 2 (Pintón)	Verde amarillo naranja	6.0 a 17.0	<2	Amargo y astringente
Nivel 3 (Maduro)	Rojo intenso	17.0 a 20.0	3	Taza limpia
Nivel 4 (Sobremaduro)	Guinda o morado	>20.0	<2	Mala calidad
Nivel 5 (Seco)	Aminoglucósidos	>20.0	0	---

Tabla 1. Parámetros para determinar la maduración del fruto de café. (Peñuela-Martínez et al., 2022)

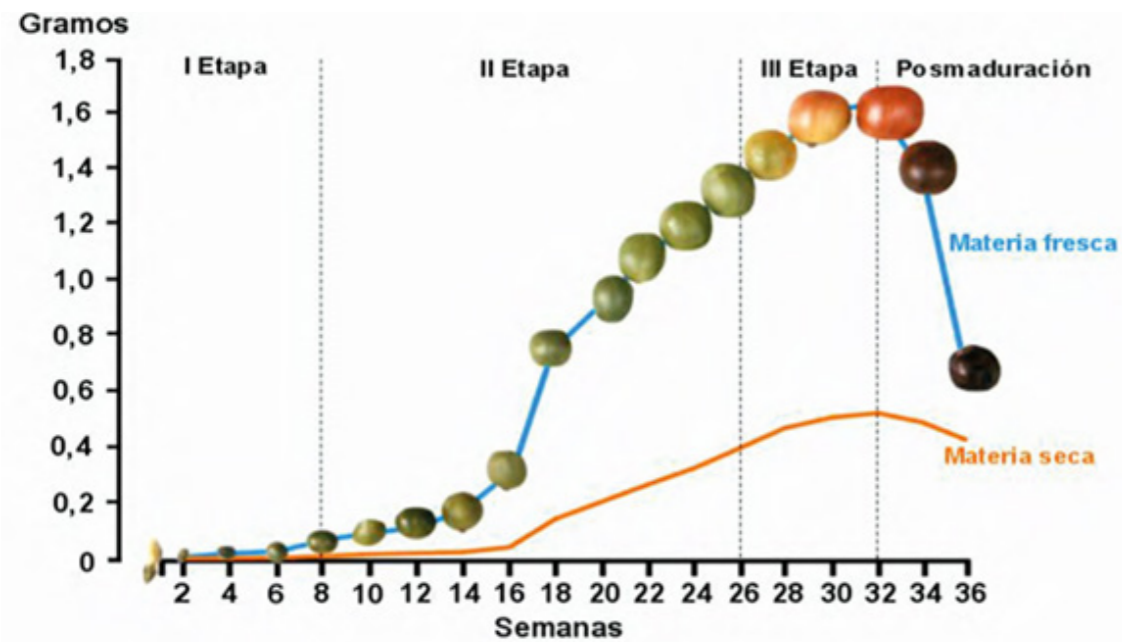


Figura 4. Etapas de maduración de los frutos del café. (Salazar et al., 1993; Morales&Bolaños, 2023)

2.6. Métodos de procesamiento

Existen tres grandes métodos de procesamiento: lavado, honey y natural. El lavado implica el uso intensivo de agua para remover la pulpa y el mucílago (Specialty Coffee Association, 2019). El honey combina elementos de ambos procesos, dejando parte del mucílago durante el secado (Perfect Daily Grind, 2021). El natural, objeto de este estudio, consiste en secar la cereza completa, lo que genera perfiles aromáticos únicos y reduce el consumo hídrico (Coffee Sapiens, 2022; Barista Institute, 2020). Nuevas investigaciones han propuesto variantes híbridas que buscan optimizar la calidad sensorial y la sostenibilidad (Ferreira et al., 2021).

3

PRODUCCIÓN DE CAFÉS NATURALES

La producción natural requiere condiciones climáticas específicas: humedad relativa baja y radiación solar constante (Borém, 2013). En Brasil y Etiopía, este método se ha perfeccionado con infraestructura de patios de secado y camas africanas (Torres, 2019), ver figura 5. En México, se han desarrollado innovaciones como el secado solar

controlado (Hernández, 2020). El proceso puede durar entre 15 y 30 días, dependiendo de las condiciones ambientales (Pérez, 2018). Investigaciones recientes han mostrado que la aplicación de tecnologías de monitoreo digital puede mejorar la consistencia del secado (González et al., 2021).



Figura 5. A) camas africanas para secado al sol (Jorge, 2024) y B) zarandas en campo en la Sierra Nororiental de Puebla (imagen de propia).

3.1. Características de los cafés naturales

Los cafés naturales se distinguen por notas afrutadas, vinosas y dulces (Davids, 2019; López, 2021). Su perfil sensorial es más complejo que el de los lavados, aunque también más variable. Estudios han demostrado que la transferencia de compuestos desde la pulpa hacia la semilla durante el secado contribuye a la intensidad aromática (Ribeiro et al., 2017; Silva, 2019). Además, se ha observado que los cafés naturales presentan mayor concentración de azúcares reductores y ácidos orgánicos (Bastista et al., 2019; Worku et al., 2018).

3.2. Fermentación

Durante el secado de las cerezas en el proceso natural, ocurre una fermentación espontánea debido a la acción de levaduras y bacterias presentes en la cereza y el ambiente. Esta fermentación contribuye a la formación de ésteres y alcoholes que enriquecen el perfil sensorial del café.

3.3. Microorganismos involucrados

La fermentación natural está mediada por levaduras y bacterias lácticas que metabolizan azúcares y producen compuestos volátiles (Schwan & Fleet, 2015; Silva et al., 2008). Entre las especies más relevantes se encuentran *Saccharomyces cerevisiae* y *Lactobacillus plantarum* (Batista et al., 2019). Estas comunidades microbianas

influyen directamente en la calidad sensorial y en la estabilidad del grano (Lee et al., 2015; Pereira et al., 2020). Investigaciones recientes han identificado también la participación de bacterias acéticas en la producción de notas afrutadas (De Bruyn et al., 2017).

3.4. Café natural y sostenibilidad

El proceso natural requiere significativamente menos agua que el lavado. Mientras que el lavado puede consumir entre 40 y 60 litros de agua por kilogramo de café pergamino, el natural reduce este consumo casi a cero (FAO, 2020; ICO, 2018). Esto convierte al método natural en una alternativa sostenible, especialmente en regiones con estrés hídrico (Läderach et al., 2017; Martínez, 2022). Sin embargo, el secado prolongado implica mayor riesgo de contaminación si no se controla adecuadamente (Sanz-Uribe & Velásquez-Henao, 2022). El secado en el proceso del café es la etapa más cara del beneficiado húmedo, representando alrededor del 90% del costo de producción (Mendieta, 2011). Estudios de ciclo de vida han confirmado que el café natural tiene menor huella hídrica y energética (Mori et al., 2020).

3.5. Perfil aromático y sensorial

El proceso natural requiere significativamente menos agua que el lavado. Mientras que el lavado puede consumir entre 40 y 60 litros de agua por kilogramo de café pergamino, el natural reduce este consumo casi a cero (FAO, 2020; ICO, 2018). Esto convierte al método natural en una alternativa sostenible, especialmente en

4 CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS

El café natural no es solo una forma distinta de preparar la bebida más popular del mundo, sino una evidente oportunidad de acceso a procesos biológicos, sociales y ambientales profundamente conectados. La producción de cafés naturales representa un vínculo entre tradición y ciencia. Su estudio involucra disciplinas como microbiología, química de alimentos y sostenibilidad ambiental. Es un producto digno de estudio y de consumo consciente, nos invita a concientizar nuestra relación con los alimentos y el medio ambiente. En un mundo cada vez más afectado por el cambio climático, cada sorbo de café puede ser también un pequeño acto de ciencia, cultura y sostenibilidad.

Resulta inspirador observar cómo un método ancestral se convierte en objeto de investigación avanzada, con implicaciones directas en la economía, la cultura y el medio ambiente. El futuro del café natural dependerá de la capacidad de integrar innovación tecnológica con prácticas tradicionales, garantizando calidad y sostenibilidad.



REFERENCIAS

Barista Institute. (2020). Natural vs washed coffees. Recuperado de <https://www.baristainstitute.com>

Batista, N. N., et al. (2019). Yeast role in coffee fermentation. *Frontiers in Microbiology*, 10, 1028.

Borém, F. M. (2013). Post-harvest processing of coffee. Lavras: UFLA Press.

Bressani, R. (2001). Nutritional aspects of coffee. *Food and Nutrition Bulletin*, 22(2), 123-130.

Coffee Sapiens. (2022). Proceso natural: El arte de transformar el café sin agua. Recuperado de <https://www.coffeesapiens.org>

Coradi, P. C., Borém, F. M., & Oliveira, J. A. (2008). Qualidade do café natural e despolpado após diferentes tipos de secagem e armazenamento 1. In *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental v (Vol. 12, Issue 2)*.

Davids, K. (2019). Coffee roasting: Best practices. Coffee Publishing.

De Bruyn, F., et al. (2017). Acetic acid bacteria in coffee fermentation. *Applied and Environmental Microbiology*, 83(14), e02748-16.

dos Santos Gomes, W., Pereira, L. L., Rodrigues da Luz, J. M., Soares da Silva, M. de C., Reis Veloso, T. G., & Partelli, F. L. (2024). Exploring the microbiome of coffee plants: Implications for coffee quality and production. In *Food Research International (Vol. 179)*. Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2024.113972>

Ferreira, A. D., et al. (2021). Hybrid processing methods in specialty coffee. *Journal of Food Processing and Preservation*, 45(5), e15432.

Food and Agriculture Organization. (2020). Coffee production and sustainability. Roma: FAO.

Gallego, C. P., Imbachí, L. C., & Osorio, V. (2023). Influencia del proceso de secado del café natural en las características físicas del grano y la calidad sensorial. *Revista Cenicafe*, 74(1), e74107. <https://doi.org/10.38141/10778/74107>

González, J. A., et al. (2021). Digital monitoring in coffee drying. *Agricultural Technology Review*, 12(3), 45-59.

Hernández, R. (2020). Innovaciones en secado solar de café. Puebla: Universidad Autónoma de Puebla.

International Coffee Organization. (2018). Coffee market report. Londres: ICO.

International Coffee Organization. (2021). Annual report. Londres: ICO.

Läderach, P., et al. (2017). Climate change and coffee production. *Climatic Change Journal*, 145(1-2), 47-59.

Lee, L. W., et al. (2015). Coffee fermentation and flavor development. *Food Chemistry*, 185, 182-191.

López, M. (2021). Café de especialidad en América Latina. Bogotá: Editorial Kairós.

Martínez, A. (2022). Impacto ambiental de los procesos de café. Ciudad de México: UNAM.

Morales Reyes, E. I., & Bolaños González, M. A. (2023). Manual de Manejo Poscosecha y Fermentaciones del Fruto del Café.

Mori, F., et al. (2020). Life cycle assessment of coffee processing. *Journal of Cleaner Production*, 256, 120-135.

Osorio, V., Pabón, J., & Gallego, C. P. (2023). Calidad del café a partir de frutos con diferentes estados de madurez. *Avances Técnicos Cenicafe*, 55(6), 1-8. <https://doi.org/10.38141/10779/0556>

Osorio, V., Pabón, J., Gallego, C. P., & Echeverri, L. F. (2021). Efecto de las temperaturas y tiempos de tueste en la composición química del café. *Revista Cenicafe*, 72(1), e72103. <https://doi.org/10.38141/10778/72103>

Pendergrast, M. (2010). *Uncommon grounds: The history of coffee and how it transformed our world*. Basic Books.

Peñuela, A. E., & Sanz-Urbe, J. R. (2021). Obtenga café de calidad en el proceso de beneficio. In *Guía más agronomía, más productividad, más calidad (pp. 189-218)*. Cenicafe. https://doi.org/10.38141/10791/0014_11

Pereira, L. L., et al. (2020). Impact of drying methods on coffee quality. *Food Research International*, 137, 109-118.

Pérez, J. (2018). *Procesos de beneficio del café en México*. México: Editorial Trillas.

Perfect Daily Grind. (2021). Natural coffee processing explained. Recuperado de <https://www.perfectdailygrind.com>

Pires, J. F., Viana, D. C., Braga, R. A., Schwan, R. F., & Silva, C. F. (2021). Protocol to select efficient microorganisms to treat coffee wastewater. *Journal of Environmental Management*, 278. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111541>

Ribeiro, L. S., et al. (2017). Coffee microbiota and sensory profile. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 101(6), 2511-2521.

Samper, L. F. (2019). *Café de Colombia: Historia y ciencia*. Bogotá: Editorial Planeta.

Sanz-Urbe, J. R., & Velásquez-Henao, J. (2022). Producción de café con fermentaciones incompletas y prolongadas. *Revista Cenicafe*, 73(1), e73105.

Schwan, R. F., & Fleet, G. H. (2015). *Coffee fermentation and flavor*. CRC Press.

Silva, C. F. (2019). *Coffee fermentation handbook*. Belo Horizonte: Coffee Science Press.

Silva, C. F., et al. (2008). Succession of bacterial and fungal communities during natural coffee (Coffea arabica) fermentation. *Food Microbiology*, 25(2), 285-291.

Specialty Coffee Association. (2019). Processing methods and cup quality. Recuperado de <https://sca.coffee>

Torres, G. (2019). Fermentación controlada en cafés naturales. Medellín: Editorial EAFIT.

Worku, M., et al. (2018). Genetic diversity and quality traits in coffee. *Plant Science Journal*, 270, 30-40.

Zaman, S., & Shan, Z. (2024). Literature Review of Proteomics Approach Associated with Coffee. In *Foods (Vol. 13, Issue 11)*. Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/foods13111670>

Freitas, V. V., et al. (2024). Coffee: A comprehensive overview of origin, market, and the quality process. *Trends In Food Science & Technology*, 146, 104411. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2024.104411>

Mendieta, J. F. (2011). *Secado de café (Coffea arabica) en tres modelos de secadores solares tipo invernadero con estructura de bambú [Tesis de maestría]*. Colegio de Postgraduados- campus Córdoba.

Ofertas de Servicios Tecnológicos Especializados



Control Ambiental

- Análisis de aguas residuales. (DBO, DQO, SST, turbiedad, pH, grasas, metales, cianuros, etc.)
- Análisis de contaminantes en suelos.
- Determinación de nitrógeno total en plantas.

Industria Alimentaria

- Elaboración de tabla nutrimental.
- Análisis proximales.
- Análisis microbiológicos.

Industria Agrícola

- Cultivo in vitro e hidropónico.
- Identificación y control de plagas.
- Análisis de suelos.
- Determinación de contaminantes en agua y suelo.
- Desarrollo de biofertilizantes.

Estrategia Empresarial

- Análisis de factibilidad técnico - económica de proyectos de inversión de base tecnológica.

Biología Molecular

- Identificación molecular de variedades de plantas.
- Identificación molecular de hongos, algas y bacterias por 16s.
- Identificación de cepas BAL.

Industria de Procesos Bioquímicos

- Análisis elemental (CHON-SI).
- Análisis y diseño de bioprocesos.
- Aplicaciones específicas de secado y extracción sólido líquido.
- Análisis y determinación de compuestos por cromatografía de líquidos de alta resolución (HPLC) y cromatografía de gases (CG).
- Análisis electroforético de proteínas y por cromatografía de líquidos (FPLC).
- Extracción y purificación de proteínas por cromatografía.

Industria de Materiales (Nanobiotecnología)

- Análisis por espectroscopia
- FTIR
- UV-VISIBLE
- RAMAN



Ex-Hacienda San Juan Molino, Carretera Estatal Tecuexcomac-Tepetitla km 1.5, Tepetitla de Lardizábal, Tlaxcala, México. C.P. 90700



Red IPN: (+52) 55 57 29 6000, Ext. 87816.



direccionciba@ipn.mx