

TALLERES PARTICIPATIVOS: UNA ESTRATEGIA PARA LA PRODUCCIÓN DE CAFÉS ESPECIALES EN CHIAPAS, MÉXICO

Etztli Itzel Morales Reyes¹, Martín Alejandro Bolaños González¹, Esteban Escamilla Prado², Antoine Libert Amico³

1 Postgrado en Hidrociencias, Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco km 36.5, Montecillo, Texcoco, Estado de México. CP 56230.

1 Postgrado en Hidrociencias, Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco km 36.5, Montecillo, Texcoco, Estado de México. CP 56230.

2 Centro Regional Universitario Oriente, Universidad Autónoma Chapingo, Km. 6 Carretera Huatusco – Xalapa, Huatusco, Veracruz. C.P. 94100.

3 Programa Mexicano del Carbono. Chiconautla N° 8-A, Lomas de Cristo, C.P. 56225, Texcoco, Estado de México. C.P. 56225.

*Autor para correspondencia: bolanos@colpos.mx

RESUMEN

Las características sensoriales son muy importantes en los cafés especiales o de alta calidad, debido a que los comercializadores de café evalúan la calidad en grano y en taza por medio de muestras para poder establecer un puntaje según el protocolo de la Asociación de Cafés Especiales (SCAA) y, en función de éstas, determinar la compra y el precio. En este trabajo se presenta un análisis descriptivo de los procesos elaborados en talleres participativos para la producción de cafés de alta calidad con tres organizaciones productoras de café orgánico bajo sombra del estado de Chiapas. El objetivo fue determinar, por medio de la apropiación teórica- práctica, la calidad del café beneficiado con cosecha selectiva y procesamiento poscosecha. En cada taller se realizaron procesos naturales, honey y lavados. En el análisis de varianza se encontraron diferencias estadísticamente significativas en los distintos tipos de procesamiento poscosecha con las tres organizaciones. En los análisis sensoriales se obtuvieron cafés lavados clasificados como excelentes (86 puntos), con el grupo de trabajo Kulaktik, una mezcla de Borbón y Caturra. En general, los cafés obtenidos en los tres talleres alcanzaron una puntuación entre 80 y 86 puntos, que según el protocolo SCAA se clasifican como muy buenos a excelentes, concluyéndose que la cosecha selectiva y los procesos de fermentación ayudan a incrementar la calidad sensorial del café.

Citation: Apellido-Apellido NN, Apellido-Apellido NN, Apellido-Apellido NN, Apellido N, Apellido-Apellido N16 2022. Título del artículo. Agrociencia https://doi.org/10.47163/xxx

Editor in Chief:

Dr. Fernando C. Gómez-Merino

Received: month, year.

Approved: month, year.

Published in Agrociencia #: #-#.

2022.

This work is licensed under a

Creative Commons Attribution-

Non- Commercial 4.0 International

license.



Los autores no deben realizar ningún cambio en este apartado

Palabras clave: café de especialidad, café orgánico, fermentaciones, procesamiento poscosecha, calidad en taza.

INTRODUCCIÓN

México tiene una gran tradición de cultivo de café en Sistemas Agroforestales sustentables, en Chiapas y Oaxaca es importante la producción orgánica; sin embargo, los bajos precios, la inestabilidad del mercado mundial y los problemas con plagas y enfermedades (Escamilla y Díaz 2002; Escamilla, 2016; FIRA, 2003), han reducido la sostenibilidad económica que compromete la sustentabilidad socioambiental. Así, para superar los desafíos que enfrentan los productores, es esencial buscar alternativas para mejorar la calidad del café e identificar mecanismos novedosos para su comercialización, y acercar a los productores al consumidor final. En las últimas tres décadas el consumo se ha centrado en la producción de cafés diferenciados (orgánicos, comercio justo, amigable con la sombra) y de especialidad (que se clasifica de acuerdo con los criterios de la SCAA), en los que el precio se determina por la calidad del grano, los atributos sensoriales, el manejo con prácticas sustentables y el trato justo, vinculando al productor con el consumidor final, por medio del comercio directo (Escamilla, 2012; Escarramán *et al.*, 2010).

Los granos del café poseen una composición química diversa y compleja, con más de mil compuestos, volátiles y no volátiles, que juegan un papel importante en el sabor distintivo de la bebida (Magalhães *et al.*, 2021). La presencia y concentración de éstos se ve afectada por numerosos factores que van desde la planta hasta la taza. Poltronieri *et al* (2016) señalan que algunos de los factores transcendentales en obtención de la calidad son: 1) recolectar los frutos en estado óptimo de maduración, 2) los procesos poscosecha. Puerta (2000) asegura que un buen beneficio influye favorablemente en la obtención de cafés de calidad del grano; las fallas en este proceso pueden originar hasta el 80% de los problemas de calidad (Aristizabal y Duque, 2006).

En consecuencia, se realizaron talleres participativos con organizaciones de productores de café orgánico en tres municipios de Chiapas, en los que se abordó el tema de poscosecha como una estrategia para la producción de cafés especiales. Tomando en cuenta los principios de la evaluación rural participativa, donde la colaboración social es un ingrediente fundamental para elaborar proyectos, impulsar un mejoramiento sustantivo en la calidad de vida local y conservar los recursos naturales, (Ramírez y Camacho, 2019). En este contexto, el objetivo de este trabajo fue determinar por medio de la apropiación teórica- práctica, la calidad del café beneficiado por cosecha selectiva y procesos de fermentación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizaron tres talleres sobre la producción de café de alta calidad, en el ciclo de cosecha 2020-2021 a los que asistieron 39 productores, con tres organizaciones de Chiapas: Comon Yaj Noptic, ubicada en Nuevo Paraíso, La Concordia, grupo de Trabajo Kulaktik, ubicado en Tenejapa y Cooperativa Triunfo Verde, ubicada en Finca Triunfo Verde, Jaltenango de la Paz. El propósito fue reflexionar y analizar las oportunidades en el procesamiento poscosecha para la producción de café de alta calidad.

En la primera parte de los talleres participativos se abordó el tema de la importancia de la cosecha selectiva. Las actividades fueron en campo, donde se dialogó sobre el valor de recolectar solo frutos en su estado óptimo de maduración, con la ayuda de un

brixometro, uno por uno y sin desprender el peciolo de las ramas, ya que este tipo de cosecha favorece la calidad de café y facilita las labores de poscosecha (Bee *et al.*, 2005; de Mesquita *et al.*, 2016; Wintgens, 2004). Se cosecharon los frutos maduros, los cuales se colectaron en canastas y fueron depositados en cajas plásticas especiales para la recolección de fruta. Posteriormente, los frutos se llevaron al beneficio, donde se efectuó una clasificación hidráulica de la cereza con agua limpia no recirculada en la proporción recomendada por Puerta (2015), 1.6 L.kg⁻¹ de café cereza, para descartar flotes y frutos dañados.

Los materiales usados fueron: 72 kilos de fruto de café recién cortado para cada taller, refractómetro de 0 a 32% Brix de la marca Ampro, potenciómetro para pH, conductímetro con un rango de medición 0-9999 μ S/cm, precisión \pm 2%, medidor de sólidos totales disueltos GuDoQi con un rango de 0 - 9999 ppm, termómetro, báscula de precisión, airlock, recipientes de polietileno de alta densidad con tapa con una capacidad de 18 kilos de café cereza, agua destilada. Se tomó una muestra de las cerezas cosechadas, para obtener datos de los parámetros de pH, grados Brix, conductividad eléctrica, sólidos totales disueltos (TDS, por sus siglas en inglés) y temperatura.

Los frutos de café que se utilizaron fueron proporcionados por las organizaciones de pequeños productores, quienes poseen pequeñas parcelas y escaso capital para invertir en su cultivo y manejo (Calo y Wise, 2005), por lo que para este ejercicio se utilizaron las variedades disponibles en ese momento: 1) Borbón, este es un cultivar de *C. arabica* muy apreciado en el ámbito cafetalero mundial, (World Coffee Research, 2017). Se distribuye en todas las regiones cafetaleras de México, es la variedad más cultivada en Chiapas, en particular por los productores de pequeña escala; (Nolasco, 1985; Santoyo *et al.*, 1994); 2) Caturra, es de porte bajo, con un buen potencial de rendimiento y de calidad estándar en Centroamérica, (World Coffee Research, 2017); 3) Oro Azteca, es de porte bajo, de alto rendimiento, de calidad media a buena en taza (Zamarripa *et al.*, 2015), formada en México por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (World Coffee Research, 2017).

En todos los talleres impartidos se realizaron ejercicios de fermentaciones con tres repeticiones. Además, se tuvo un testigo con tres repeticiones, que correspondió a una fermentación de mucílago de 24 horas, procedimiento practicado por el 90% de los caficultores en México (Moguel y Toledo, 2004), principalmente por los que producen un café prima lavado. Para los ejercicios de fermentación, se trabajó en una primera fase con el fruto de café en drupa, éstas se depositaron en recipientes de polietileno de alta densidad, con una válvula *airlock* para no permitir la entrada de oxígeno, que permitiera la salida de gases, en esta primera fase se dejó fermentar durante 48 horas (Di Cagno *et al.*, 2013; Parra-Huertas, 2010; Rodríguez *et al.*, 2009). Después de esta primera fase fermentativa los tres contenedores fueron destapados para sacar los frutos del café, estos fueron divididos en tres partes, una parte fue para secado en cereza para obtener un café natural, la segunda parte fueron despulpados y colocados en zarandas para obtener cafés enmielados, la tercera parte se despulpó y se dejaron fermentar en los mismos contenedores por 16 horas, hasta el desprendimiento del mucílago, para obtener un café lavado (Peña y Arango, 2009; Zinser y Daum, 1996).

Posterior a la fermentación los cafés fueron secados en zarandas, en capas delgadas para un mejor secado, hasta que llegaron a una humedad entre el 10 y el 12%. Después del

secado se enviaron muestras a los laboratorios de catación de cada organización. Los productores que participaron en el procesamiento fueron invitados y probaron los cafés obtenidos en los diferentes talleres. Cada muestra para la degustación estuvo conformada de cinco tazas de 150 ml, de acuerdo con la norma SCAA, se evaluaron diez variables, en una escala ordinal de 0 a 10 (SCAA, 2015).

Se usaron análisis descriptivos para la calidad sensorial de los procesos, se obtuvieron los análisis de varianza (ANOVA) empleando el *software* R, en un diseño completamente al azar, con igual número de observaciones n=12, tres tratamientos, un testigo y tres repeticiones. Las unidades experimentales fueron los contenedores de polietileno con capacidad de 18 kilos de café cereza y la evaluación sensorial correspondió a la suma de los diez atributos de taza calificados según la norma SCAA.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para el ejercicio de cosecha selectiva una vez que se distinguió el color de la cereza con mayor cantidad de grados Brix, se procedió a cosechar los frutos de color similar, resultando en la cosecha solo de cerezas maduras.



Figura 1. Comparación de los tratamientos respecto al testigo. A: Cerezas de café en diferentes estados de maduración; B: cosecha selectiva.

Calidad sensorial de las muestras de café

La puntuación final de taza se calculó utilizando el protocolo SCAA (2015), que corresponde a la suma de las puntuaciones individuales para cada uno de los atributos sensoriales primarios: fragancia, aroma, sabor, sabor en boca, acidez, cuerpo, uniformidad, balance, taza limpia, dulzor.

Cuadro 1. Análisis varianza de los atributos sensoriales primarios en procesamiento poscosecha con Comon Yaj Noptic

Comon Yaj Noptic						Grupos	
	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculada	P	Puntaje de grupos	de los grupos
Tratamiento	3	17.063	5.688	9.75	0.00476 **	Lavado 85.50000 Honey 84.00000	a ab

				Natural	83.50000	b
				Control	82.16667	b
Residuales	8	4.667	0.583			

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1, las letras distintas presentan diferencia estadística respecto al valor p calculada.

Cuadro 2. Análisis varianza de los atributos sensoriales primarios en procesamiento poscosecha con Kulaktik

			Kulaktik			Grupos	
	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculada	P	Puntaje de los grupos	
Tratamiento	3	41.56	13.852	11.72	0.00268 **	Lavado 86.00000 a Natural 84.16667 a Honey 83.25000 ab Control 80.83333 b	
Residuales	8	9.46	1.182				

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1. Las letras distintas presentan diferencia estadística respecto al valor p calculada.

Cuadro 3. Análisis varianza de los atributos sensoriales primarios en procesamiento poscosecha con Triunfo Verde

			Triunfo Verde			Grupos	
	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculada	P	Puntajes de los grupos	
Tratamiento	3	31.563	10.521	31.56	8.78 e-05 ***	Lavado 85.16667 a Honey 83.66667 ab Natural 83.33333 b Control 80.66667 c	
Residuales	8	2.667	0.333				

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1. Las letras distintas presentan diferencia estadística respecto al valor p calculada.

En el análisis de varianza se determinó que hubo diferencias estadísticamente significativas entre los procesamientos poscosecha con las tres organizaciones, mostrando que existen diferencias entre los tipos de procesamiento respecto al testigo. La mayor diferencia de calidad se obtuvo en cafés lavados respecto a los testigos en los talleres realizados con las tres organizaciones de pequeños productores.

Talleres participativos

El primer taller se realizó del 8 al 12 de febrero de 2021 en la cooperativa Comon Yaj Noptic, en coordinación con los técnicos y la responsable de calidad, en las instalaciones de la Ranchería San Francisco, a una altitud de 1700. Participaron 17 productores de café

orgánico, principalmente prima lavado para exportación, de la variedad Borbón rojo. Las notas encontradas por los catadores en los procesos naturales fueron: Avellana, frutal, melaza, durazno, tamarindo, alimonado, miel, azúcar caramelizada, un cuerpo medio y una acidez pronunciada. En los procesos honey las notas que se encontraron fueron: Dulce, vainilla, mantequilla, especias, anís, clavo, chocolate oscuro y chocolate de leche, cuerpo medio, una acidez media. Para los cafés lavados en dos fases fermentativas se encontraron notas flores manzanilla, chocolate, maple, alimonado, cuerpo medio, acidez media; mientras que para los testigos se encontraron: Avellana, chocolate, piloncillo, anís, fruta fresca, tamarindo, sabor vegetal, cuerpo medio, acidez pronunciada. Los resultados de calidad sensorial alcanzaron puntuaciones en promedio de 82.2 a 85.5 puntos, clasificados como muy buenos en la escala del SCAA, los mejores resultados los obtuvieron los cafés lavados.

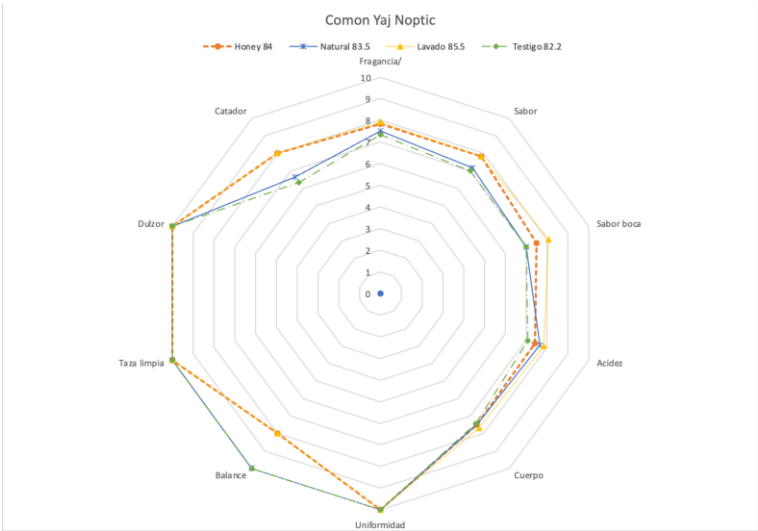


Figura 2: Perfiles sensoriales de café generados en el taller con Comon Yaj Noptic a partir de tres procesamientos poscosecha en granos de café.

El Segundo taller participativo se realizó los días 22, 23 y 25 de febrero con el grupo de Trabajo Kulaktik ubicado en Tenejapa, Los Altos de Chiapas, a una altitud de 1600. Se contó con la participación de 10 productores de café, principalmente prima lavado para venta nacional, de las variedades Borbón y Caturra. Las notas encontradas por los catadores en los procesos naturales fueron: frutos rojos, manzana, nuez, dulce de leche, un cuerpo medio y una acidez málica. En los procesos honey las notas que se encontraron fueron: lima, floral, especias, caramelo suave, limón, cuerpo medio, una acidez cítrica. Para los cafés lavados en dos fases fermentativas se encontraron notas flores a jazmín, chocolate, nuez, maple, sabor suave a caramelo, especiado, cuerpo suave y delicado, acidez pronunciada; mientras que para los testigos se encontraron: frutos maduros, manzana roja, mango, un cuerpo medio y una acidez pronunciada. Los resultados de calidad sensorial alcanzaron puntuaciones en promedio de 80.8 a 86 puntos, clasificados como muy buenos a excelentes en la escala del SCAA. Los mejores resultados los obtuvieron los cafés lavados con dos fases fermentativas.

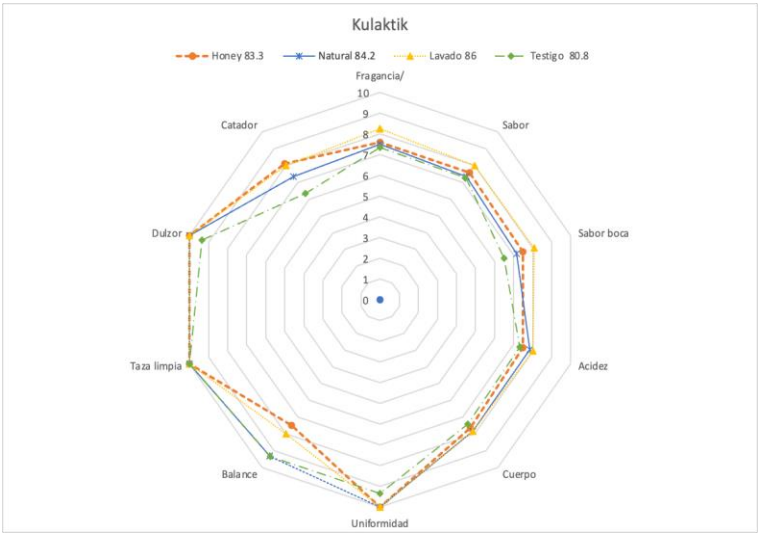


Figura 3: Perfiles sensoriales de café generados en el taller con Kulaktik a partir de tres pocosechas poscosecha en granos de café

El tercer taller se realizó los días 16, 17 y 18 de marzo del 2021, en las instalaciones de la Cooperativa Triunfo Verde, Finca Triunfo Verde. La materia prima se tomó de una parcela ubicada a una altitud de 1112, se contó con la participación de 12 productores de café orgánico, principalmente prima lavado para exportación. En este taller se trabajó con una mezcla de Bourbon y Oro Azteca, las notas descritas por los catadores pertenecientes a la asociación en los procesos de cafés naturales fueron: Frutos rojos, manzana roja, ciruela, con un cuerpo medio y una acidez alta. Para los procesos honey las notas que se encontraron fueron: Chocolate, cítricos, frutos maduros, manzana verde, limón, con un cuerpo ligero y una acidez media. En los cafés lavados en dos fases fermentativas se encontraron: frutos rojos, cerezas, ciruelas, cítricos limón, vino tinto, un cuerpo medio y una acidez alta, una taza balanceada y redonda; mientras que en los testigos se encontraron: avellana, chocolate, piloncillo, anís, fruta fresca, tamarindo, sabor vegetal, cuerpo medio, acidez pronunciada. Los resultados de calidad sensorial alcanzaron puntuaciones en promedio de 80.7 a 85.2 puntos, clasificados como muy buenos en la escala del SCAA, los mejores resultados los obtuvieron los cafés lavados de dos fases fermentativas.

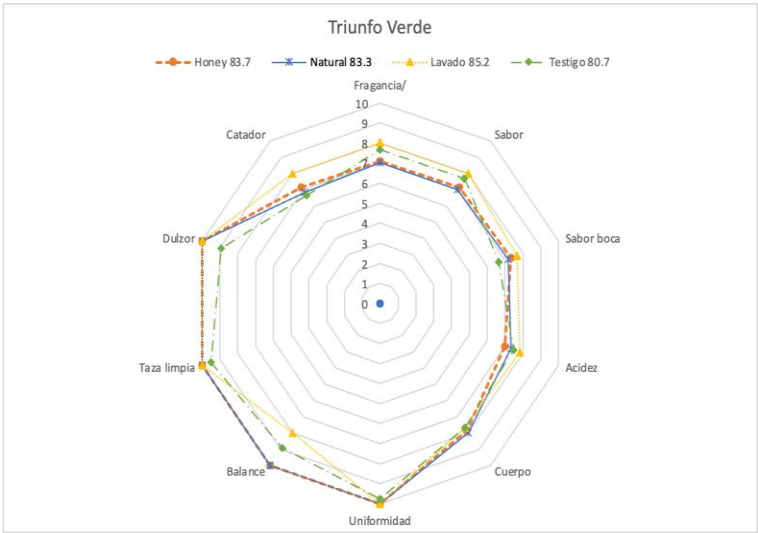


Figura 4: Perfiles sensoriales de café generados en el taller con Triunfo Verde a partir de tres pocoseamientos poscosecha en granos de café.

Se monitorearon los parámetros fundamentales durante la fermentación, se midieron al inicio y al final de la fermentación: el pH, la conductividad eléctrica (CE), los sólidos totales disueltos (TDS), grados Brix y temperatura. En el Cuadro 4 se muestran las medias de los parámetros medidos.

Cuadro 4. Medias de los parámetros medidos al inicia y al final la fermentación

Parámetros al inicio de la fermentación							
Organización	Variedad	Tratamientos	pH	Conductividad eléctrica	TDS *	Temperatura	Brix
			(adim.)	($\mu\text{S cm}^{-1}$)	(ppm)	($^{\circ}\text{C}$)	($^{\circ}\text{Bx}$)
Comon Yaj Noptic	Borbón rojo	Naturales	5.2	3040	1460	17	16
		Honey	5.4	3350	1956	17	18
		Lavados	5.4	3140	1700	18.9	19
		Testigos	5.4	2974	1650	18.9	15
Kulaktik	Bourbón/ Caturra	Naturales	5.3	2736	1435	23	11
		Honey	5.42	3192	1652	22	12
		Lavados	5.5	3238	1843	24	13
		Testigos	5.2	3173	1689	23	13
Triunfo Verde	Borbón/ Oro azteca	Naturales	5.43	3457	2907	27.5	17
		Honey	5.3	3814	3143	28	18
		Lavados	5.43	3732	3049	28.5	21
		Testigos	5.4	3623	1678	26	13
Parámetros al final de la fermentación							
Organización	Variedad	Tratamientos	pH	Conductividad eléctrica	TDS *	Temperatura	Brix

			(adim.)	($\mu\text{S cm}^{-1}$)	(ppm)	(°C)	(°Bx)
Comon Yaj Noptic	Borbón rojo	Naturales	3.9	5168	3358	17	2
		Honey	3.8	5695	4499	16	1
		Lavados	3.8	5338	3910	17	2
		Testigos	3.8	5056	3795	18	3
Kulaktik	Bourbón/Caturra	Naturales	3.7	4651	3301	22	2
		Honey	3.6	5426	3800	21	1
		Lavados	3.8	5505	4239	23	3
		Testigos	3.5	5394	3885	23	1
Triunfo Verde	Borbón/Oro azteca	Naturales	3.4	5877	6686	27	2
		Honey	3.7	6484	7229	24	3
		Lavados	3.6	6344	7013	26	2
		Testigos	3.7	6159	3859	26	2

Se elaboraron protocolos de fermentación en condiciones anóxicas, lo que se relaciona con la reducción del contenido de glucosa y fructosa de las cerezas del café (Knopp *et al.*, 2006). Los parámetros evaluados antes de las fermentaciones son importantes en el proceso, ya que la velocidad y la clase de productos generados en la fermentación del café dependen de diferentes factores bioquímicos que modifican las características, intensidades y frecuencias de los sabores especiales (Puerta, 2015).

Al inicio de las fermentaciones se obtuvo un pH entre 5.2 y 5.5, estos valores dependen de la madurez del café. Puerta (2012) señala que el café en baba clasificado sólo por zaranda presenta pH con un promedio de 5.2; mientras que los granos en baba obtenidos de frutos clasificados con agua y después de despulpados tienen un pH promedio de 5.4. Lo anterior coincide con lo encontrado en este estudio en las mediciones de las variables al inicio de la fermentación. Velmourougane (2013) estimó que el punto final de la fermentación puede ser determinado por el decrecimiento del pH de la masa de café, desde 5.5 hasta 3.5. La disminución del pH se debe al metabolismo microbiano durante la fermentación, donde los ácidos orgánicos se producen al descomponer el mucílago del café (Evangelista *et al.*, 2015; Martins *et al.*, 2019). En general, el proceso de fermentación del café se caracteriza por la acción de bacterias y especies de levadura, mientras que los hongos filamentosos rara vez se encuentran (Pereira *et al.*, 2014). En el caso de la segunda fase de fermentación con café despulpado, éste contiene el mucílago que es la materia prima que se fermenta, en el cual se encuentran primordialmente levaduras fermentadoras, la calidad y cantidad de esta materia prima depende, principalmente, de la madurez del fruto y del control en el despulpado (Puerta, 2010). Recientemente se ha investigado el uso de levaduras aromáticas en la fermentación del café, para promover el desarrollo del sabor en las bebidas de éste durante el procesamiento semiseco (Evangelista *et al.*, 2014b) y húmedo (Pereira *et al.*, 2015; Soccol, *et al.*, 2013).

Las temperaturas al inicio de la fermentación fueron desde los 17°C hasta los 28 °C, y al final de 16 a 27°C. Liu *et al.* (2014) apuntan que la temperatura de fermentación no solo afecta el tiempo del proceso, también ejerce un efecto marcado sobre la velocidad metabólica de los microorganismos que puede afectar propiedades organolépticas del producto fermentado. El sistema utilizado para las fermentaciones fue cerrado, sin control de temperatura. El café procesado que tuvo menores temperaturas fue el realizado en la Comon Yaj Noptic, durante el proceso de fermentación fue de 17 a 16 °C, por lo tanto, pasadas 48 horas obtuvo un pH promedio de 3.8. De acuerdo con Puerta (2012), el pH del mucílago depende la temperatura en el sistema. En contraste, el café procesado en Triunfo Verde tuvo las condiciones más altas de temperatura, comenzó la fermentación con una temperatura de 28 °C y un pH de 5.43 y después de 48 horas se interrumpió la fermentación

con 27 °C, con un pH de 3.4. Este resultado concuerda con el informe de la Food and Agriculture Organization (2006), donde argumenta que el tiempo y la temperatura son parámetros cruciales del proceso de fermentación en el procesamiento el café.

Los grados Brix del mucílago de café fresco son un indicador de la madurez del grano despulpado, su medición durante la fermentación permite hacer seguimiento y control del proceso (Puerta, 2012). Los grados Brix medidos al inicio de las fermentaciones fueron de 13 a 21°B, pero al final se encontró una reducción drástica de éstos, entre 1 y 3 °B, lo que indica una disminución del contenido de azúcares en el mucilago, debido a la acción de los microorganismos en el proceso de fermentación, ya que utilizan los azúcares como fuente de carbono para su crecimiento (Elhalis *et al.*, 2020). La reducción de azúcares durante la fermentación se acompaña de la acumulación de ácidos, como ácido láctico, ácido acético y ácido succínico que han sido reportados en diferentes estudios, entre ellos De Carvalho *et al.* (2017) y Elhalis *et al.* (2020). El café donde se encontró la menor cantidad de °Brix fue en el taller con grupo de trabajo Kulaktik, apenas 11°B, aunque el café seleccionado presentó una coloración rojo carmesí, la baja concentración de °Brix se atribuyó a las lluvias durante la recolección, que puede alterar el porcentaje de Brix, pues la humedad relativa y la cantidad de lluvia también son factores que poseen una relación inversa en cuanto la concentración, lo que difiere con lo propuesto por Puerta (2012), quien enuncia que, en promedio, el mucílago del café pintón contiene menos °Brix (14.1%), el maduro (17.1%), y el sobre maduro más que el maduro (20.1%), lo que estará en función de las condiciones agroclimáticas de cada región productora.

Rehman *et al.* (2011) establecen la medición de la conductividad eléctrica como una técnica para la evaluación del estado de la madurez y la calidad de los frutos. Esta variable se midió antes de comenzar y durante los procesos de fermentación, después de los cuales se observó un aumento. En general, el aumento de la conductividad eléctrica en las fermentaciones se debe a la disposición de compuestos solubles del sustrato por los microorganismos, lo cual es posible porque están en su etapa logarítmica de reproducción (Soria *et al.*, 2001).

Los sólidos disueltos totales se midieron antes y al final de las fermentaciones, donde también se observó un aumento debido a que es uno de los parámetros más relevantes en la digestión anaeróbica, por el movimiento y crecimiento de bacterias y por la facilidad de disolución y transporte de nutrientes (Sadaka y Engler, 2003). En general, los TDS aumentan durante los procesos fermentativos.

El mejor resultado en las evaluaciones sensoriales fue para el café con dos fases de fermentación, procesado en el taller con Kulaktik, un café mezcla de Borbón y Caturra con cosecha selectiva, con un pH inicial de 5.5, 13° Brix, con una temperatura de 24 a 23°C, 48 horas de fermentación en drupa y 16 horas de fermentación despulpado, un proceso lavado, que alcanzó 86 puntos en la escala del SCA. Este resultado se debió principalmente a la recolección selectiva de frutos maduros, lo que coincide con lo observado por Mazzafera (2004), donde los cafés del procesamiento húmedo presentaron mejor calidad. Estas diferencias sensoriales se atribuyeron principalmente al hecho de que solo las cerezas de café completamente maduras se utilizan para procesamiento en húmedo, mientras que los frutos de todas las etapas de madurez se utilizan para el procesamiento en seco (Knopp *et al.*, 2006). Por su parte, Fajardo y Sanzu (2003) realizaron un estudio de comparación del beneficio tradicional y beneficio ecológico, concluyeron que la calidad del café al final del proceso está determinada por la materia prima, los cuidados en el cultivo, la recolección y

el control de las operaciones poscosecha, señalando que es necesario garantizar la homogeneidad del café cereza por medio de recolección selectiva, calibración y operación adecuada de los equipos de poscosecha para reducir las pérdidas de calidad en el proceso de transformación del café. Del mismo modo, Ramos, *et al.* (2019) encontraron que la mejor puntuación se obtuvo de las muestras de caficultores que promueven la cosecha selectiva, beneficio y secado adecuado.

En diferentes tipos de fermentaciones se obtuvieron cafés con un rango de 80 a 86 puntos, y se observó un incremento de 3 a 6 puntos en cafés seleccionados respecto a los testigos sin selección en la cosecha, lo que coincide Bonilla *et al.* (2011) que, en su investigación con la organización Campesinos Ecológicos de la Sierra Madre de Chiapas, encontró una cantidad importante de muestras con calificaciones mayores a 80.0 (escala SCAA) y un perfil aromático a chocolate-caramelo, recomendando que los productores sigan atendiendo el mercado de los cafés diferenciados, ya que en éste los precios son más estables en el mediano plazo.

Por otra parte, se identificaron que los parámetros más importantes a monitorear son el pH, °Bx y temperatura media, variables que están ligadas al proceso de fermentación. La disminución de los °Bx está relacionada con el contenido de azúcares en el mucilago y el pH está relacionado con la transformación de los azúcares acompañada de la acumulación de ácidos debido a la acción de los microorganismos en el proceso de fermentación (Elhalis *et al.*, 2020), lo cual se dio a conocer a los productores durante las catas de los cafés procesados en los talleres. En la investigación participativa es importante informar a la comunidad los resultados de la investigación para mejorar todos los procesos de aprendizaje para su réplica con actores locales, que contribuyan con sus propias formas de conocimiento intelectual y empírico (Greenwood, 2016).

Este trabajo se vinculó a la capacitación de productores de café en la aplicación colectiva de nuevos tipos de técnicas para el procesamiento de café orgánico, que buscan innovar en los procesos poscosecha para obtener mayor calidad y, en consecuencia, un mejor precio de venta. Un reto importante es adaptar las metodologías usadas en ambientes controlados al trabajo que realizan los productores en sus beneficios, y de esta forma ampliar las opciones para mejorar los medios de vida de las familias productoras de café bajo sombra.

CONCLUSIONES

La cosecha selectiva es importante en los procesos poscosecha, es indispensable recolectar solo frutos maduros, realizar una selección antes de procesar el café retirando los frutos verdes, secos, severamente dañados por la broca y vanos. Esta práctica ayuda a asegurar la calidad de los siguientes procesos.

En análisis de varianza se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los distintos tipos de procesamiento poscosecha en los ejercicios realizados con las tres organizaciones. Se encontró que los cafés alcanzaron una puntuación hasta por encima de los 85 puntos, tienen una calidad muy buena a excelente según el SCAA. Los procesos lavados obtuvieron la mayor puntuación; sin embargo, los procesos naturales y honey son una buena alternativa para aquellos productores que tienen escasez de agua durante la cosecha.

La capacitación por medio de talleres participativos facilitó la apropiación del conocimiento de los productores mediante la acción; además, promueve la intervención de la gente involucrada para mejorar la calidad, asegurar la inocuidad y trazabilidad en el café. Los productores pudieron experimentar la elaboración de diferentes procesamientos y comprobar por medio de un ejercicio sensorial los resultados de éstos.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a las organizaciones de productores de café orgánico: Triunfo Verde, Comon Yaj Noptic y grupo Kulaktik por su participación activa en el proceso de levantamiento de información, al Colegio de Posgraduados y al Consejo Nacional del Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el apoyo institucional y financiero para realizar esta investigación.

REFERENCIAS

Aristizabal AC, Duque OH. 2006. Determinación de economías de escala en el proceso de beneficio del café en Colombia. *Cenicafé* 57(1):17 - 30. <https://www.cenicafe.org/es/publications/arc057%2801%29017-030.pdf>

Bee S, Brando CHJ, Brumen G, Carvalhes N, Kölling-Speer I, Speer K, Vitzthum OG. 2005. The raw bean. In A. Illy, & R. Viani (Eds.). *Espresso coffee: The science of quality* London, UK: Elsevier Academic Press. pp: 87–178. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/355/1/012105>

Bonilla CS, Partida SJG, Pérez PE, Hernández SJAM. 2011. Estrategia de mejoramiento de la producción cafetalera de la organización Campesinos Ecológicos de la Sierra Madre de Chiapas: caracterización de la bebida de café. *Revista de Geografía Agrícola* (46-47): 7-18. ISSN: 0186-4394. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=75729625002> (R Retrieved: 7 de septiembre de 2022).

Calo M, y Wise T A. 2005. Revaluing Peasant Coffee Production: Organic and Fair Trade Markets in Mexico. Global Development and Environment Institute. Tufts University. 57 p. <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.532.1134&rep=rep1&type=pdf>

De Carvalho NDP, De Melo P, Gilberto V, Tanobe VOA, Thomaz SV, G. da Silva, BJ, Rodrigues, C, Soccol, CR. 2017. "Yeast Diversity and Physicochemical Characteristics Associated with Coffee Bean Fermentation from the Brazilian Cerrado Mineiro Region" *Fermentation* 3 (1): 11.

De Mesquita CM, de Rezende JE, Carvalho J S, Fabri Junior MA, Moraes NC, Dias PT, de Carvalho RM, de Araújo WG, 2016. Manual do Café: Colheita e Preparo, first ed. EMATER-MG, Belo Horizonte. 52 p.

Di Cagno R, Coda R, De Angelis M, Gobbetti M. 2013. Exploitation of vegetables and fruits through lactic acid fermentation. *Food Microbiology* 33 (1): 1-10.

Elhalis H, Cox J, Zhao J. 2020. Ecological diversity, evolution and metabolism of microbial communities in the wet fermentation of Australian coffee beans. *International Journal of Food Microbiology* 321: e108544.

Escamilla PE y Díaz SC. 2002. *Sistemas de cultivo de café en México*. Universidad Autónoma Chapingo. CRUO-CENIDERCAFE. Fundación Produce Veracruz A.C. Huatusco, Veracruz. México. 52 p.

Escamilla PE. 2012. *La calidad del café orgánico en México. Factores ambientales, genéticos, agronómicos y sociales*. Eae Editorial Academia Española. ISBN-10: 9783848457342. ISBN-13: 978-3848457342, 380p.

Escamilla PE. 2016. *Las variedades de café en México ante el desafío de la roya. Proyecto Una red para salvar la sombra de la Sierra Madre de Chiapas. Campaña a favor de los acervos de carbono y la biodiversidad en cafetales bajo sombra. Breves de Políticas Públicas. Boletín Informativo. Programa Mexicano del Carbono. Universidad Autónoma Metropolitana. México. 10 p.*

Escarramán A, Gil D, Jiménez H, y Peláez A. 2010. El camino de la calidad del café. Disponible en: <https://es.scribd.com/doc/25322862/El-Camino-de-La-Calidad-Del-Café>. 94

Evangelista SR, Miguel MGCP, Cordeiro CS, Silva CF, Pinheiro ACM, Schwan RF. 2014 b. Inoculation of starter cultures in a semi-dry coffee (*Coffea arabica*) fermentation process. *Food Microbiology* 44: 87–95.

Evangelista SR, Miguel MGCP, Cordeiro CS, Silva CF, Pinheiro ACM, Schwan RF. 2015. Microbiological diversity associated with the spontaneous wet method of coffee fermentation. *International Journal of Food Microbiology* 210: 102–112.

Fajardo PIF, Sanzu JR. 2003. Evaluación de la calidad física del café en los procesos de beneficio húmedo tradicional y ecológico (Becolsub). *Cenicafé* 54(4):286-296.

FAO (Food and Agriculture Organization). 2006. Fermentation of coffee – Control of operation. In *Good hygiene practices along the coffee chain*.

FIRA. (Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura). 2003. Situación de la red Café, oportunidades de desarrollo en México. Boletín informativo. Núm 519. Vol. XXXIV. FIRA-Banco de México. México. 105 p.

Greenwood D. 2016. “Investigación Acción Pargmática”. En Damonte, G. y García, M. (Eds) *La Investigación Acción Participativa: referente inspirador de investigación y docencia sobre el agua*.

Knopp S, Bytof G, Selmar D. 2006. Influence of processing on the content of sugars in green Arabica coffee beans. *Eur. Food Res. Technol* 223:195–201.

Liu D, Zhang H, Lin C, Xu B. 2016. Optimization of rice wine fermentation process based on the simultaneous saccharification and fermentation kinetic model, *Chinese Journal of Chemical Engineering*, Volume 24: 1406–1412.

Magalhães J AI, de Carvalho NDP, de Melo PGV, da Silva V A, Medina JDC, de Carvalho J C, y Soccol CR. 2021. A critical techno-economic analysis of coffee processing utilizing a modern fermentation system: Implications for specialty coffee production. *Food and Bioproducts Processing* 125: 14–21.

Martins PM, Batista NN, Miguel MG, Simão JB, Soares JR. 2019. Production of coffee (*Coffea arabica*) inoculated with yeasts: impact on quality. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 99 (13):5638-5645.

Mazzafera P, y Purcino RP. 2004. Farm management: Post harvest processing methods and physiological alterations in the coffee fruit. Paper presented at the 20th International Scientific Colloquium on Coffee, Bangalore, India.

Moguel PV, Toledo M. 2004. Conservar produciendo: Biodiversidad, café orgánico y jardines productivos. *CONABIO. Biodiversitas* 55: 1-7.

Nolasco M. 1985. Café y Sociedad en México. Centro de Ecodesarrollo. México. DF. pp: 108-109, 148, 412-413.

Parra-Huertas RA. 2010. Bacterias Ácido Lácticas: papel funcional en los alimentos. *Facultad de ciencias agropecuarias* 8: 93–105.

Peña C, Arango R. 2009. Evaluación de la producción de etanol Utilizando cepas recombinantes de *Saccharomyces cerevisiae* a partir de melaza de caña de azúcar. *Dyna*, Nro. 159, pp. 153-161. ISSN 0012-7353. Medellín, Colombia.

Pereira GVM, Carvalho NDP, Medeiros ABP, SoccolVT, Neto E, Woiciechowski AL, y Soccol CR. 2016. Potential of lactic acid bacteria to improve the fermentation of coffee during on-farm processing. *International Journal of Food Science and Technology* 5: 1689–1695.

Pereira GVM, Carvalho NDP, Medeiros ABP, SoccolVT, Neto E, Woiciechowski AL, y Soccol CR. 2015. Conducting starter culture-controlled fermentations of coffee beans during on-farm wet processing: Growth, metabolic analyses and sensorial effects. *Food research international* (Ottawa, Ont.), 75, 348–356. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.06.027>

Pereira GVM, Soccol VT, Pandey A, Medeiros ABP, Lara JMRA, Gollo AL, y Soccol R. 2014. Isolation, selection and evaluation of yeasts for use in fermentation of coffee beans by the wet process. *International Journal of Food Microbiology* 188: 60–66.

Poltronieri P, y Franca R. 2016. "Desafíos en el Procesamiento de Cafés Especiales y Aseguramiento de la Calidad" *Desafíos* 7, No. 2: 19. <https://doi.org/10.3390/challe7020019>.

Puerta G, 2010. Rendimientos y calidad de *Coffea arabica* L., según el desarrollo del fruto y la remoción del mucilago. *Cenicafé* 61:67 – 89.

Puerta GI. 2012. Factores, procesos y controles en la fermentación del café. *Revista Cenicafé* 1(422):1-12 p.

- Puerta GI. 2015. Fermentación controlada del café: Tecnología para agregar valor a la calidad. Avances técnicos Cenicafe, 12.
- Puerta, G.I. 2000. Beneficie correctamente su café y conserve la calidad de la bebida. Avances técnicos Cenicafe 276 :1- 8.
- Ramírez A y Camacho M. 2019. Diagnóstico participativo para determinar problemas ambientales en comunidades rurales. Telos, vol. 21, núm. 1, pp. 86-113.
- Ramos C E, Lima MI, y Cornejo CGB. 2019. Comparativo de calidad organoléptica de café (*Coffea arabica* L.) en Puno - Perú y La Paz - Bolivia. *Revista de Investigaciones Altoandinas* 21(4): 283-292.
- Rehman M, Abu IBAJA, Abdullah MZ, Arshad M R. 2011. Assessment of quality of fruits using impedance spectroscopy. *Int J Food Sci Technol* 46: 1303–1309. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2011.02636>.
- Rodríguez H, Curiel JA, LandeteJM, las Rivas B, de Felipe FL, Gómez CC, Mancheño JM, Muñoz R.2009. Food phenolics and lactic acid bacteria. *International Journal of Food Microbiology* 132: 79–90.
- Sadaka SS, y Engler CR. 2003. Effect of initial total solids on composting of raw manure with biogas recovery. *Compost. Sci. Util.* 11: 361-369
- Santoyo CV, Diaz CS, Rodriguez PB, Perez PJ, Sosa R, Robledo GL, Licona VA. 1994. *Sistema agroindustrial cafe en Mexico: Diagnostico, problematica y alternativas*. Chapingo (Mexico).
- SCAA (Specialty Coffee Association of America). SCAA protocols - Cupping specialty coffee. 2015. Available in: <<https://www.scaa.org/PDF/resources/cupping-protocols.pdf>>.
- Soccol CR, Pereira, GVM, Soccol VT. 2013. Culturas Iniciadas de Leveduras Para o processamento de Cafe. Patente (BR 102013029540 0). Instituto Nacional de Propriedade Industrial, Sao Paulo.
- Soria M, Ferrera-Cerrato JR, Etchevers J, Alcántar G, Santos JT, Borges L, Pereyda G.2001. Producción de biofertilizantes mediante biodigestión de excreta líquida de cerdo. *Terra Latinoam* 19: 353-362.
- Velmourougane K. 2013 Impact of natural fermentation on physicochemical, microbiological and cup quality characteristics of Arabica and Robusta coffee. *Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section B. Biological Sciences* 83(2): 233-239.
- World Coffee Research. 2017. Las Variedades de Café de Mesoamérica y el Caribe. California - Estados Unidos. pp.21, 22, 25, 27.
- Zamarripa Colmenero, Alfredo , & Ruiz Rosado, Octavio , & Escamilla Prado, Esteban , & González Hernández, Víctor A. (2015). Calidad en variedades de café orgánico en tres

- 1 regiones de México. Revista de Geografía Agrícola (55):45-55. Disponible en:
- 2 <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=75749286004> (Retrieved: 7 de Septiembre de 2022].
- 3
- 4 Zinser E, y Daum G. 1996. Isolation and biochemical characterization of organelles from
- 5 the yeast *S. cerevisiae*. Yeast 11: 498-636.