

**Efecto del proceso de secado en las
características físico-químicas y sensoriales de
café especial (var. Pacamara)**

Carmen Patricia Lara Rosales

Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Honduras
Noviembre, 2016

ZAMORANO
CARRERA DE AGROINDUSTRIA ALIMENTARIA

Efecto del proceso de secado en las características físico-químicas y sensoriales de café especial (var. Pacamara)

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para
optar al título de Ingeniera en Agroindustria Alimentaria en el
Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

Carmen Patricia Lara Rosales

Zamorano, Honduras

Octubre, 2016

Efecto del proceso de secado en las características físico-químicas y sensoriales de café especial (var. Pacamara)

Carmen Patricia Lara Rosales

Resumen. El secado es fundamental en el beneficiado de café y la calidad del producto final. El estudio se realizó en la Finca Santa Rosa ubicada en Chalatenango, El Salvador. El objetivo fue evaluar el efecto de secado en las características físico-químicas y sensoriales del café oro/verde y tostado y los costos variables relacionados a estos procesos. Se utilizó un Diseño Completamente al Azar con arreglo factorial 2×2 , utilizando dos tipos de exposición a luz (sol/sombra) y dos superficies de secado (cama africana/patio) con tres repeticiones para un total de 12 unidades experimentales. Inicialmente se monitoreó exposición a luz, temperatura, sólidos solubles, pH y humedad durante el proceso de secado. Posteriormente, se realizó análisis proximal y de color a los tratamientos de café oro/verde. Finalmente, se analizaron sólidos solubles, pH y color en café tostado, seguido de una catación con panelistas nacionales (Consejo Salvadoreño del Café) e internacionales (EEUU y España). El secado bajo sombra finalizó en 29 días, duplicando el tiempo contra tratamientos expuestos al sol debido a la temperatura de la superficie ($45\text{ }^{\circ}\text{C}$) y reducción de humedad más acelerada. No se encontraron diferencias en las características físico-químicas evaluadas ($P>0.05$) a excepción de claridad (valor L). No se encontraron diferencias sensoriales entre panelistas internacionales ni entre tratamientos ($P>0.05$). Sin embargo, los panelistas internacionales en promedio asignaron notas superiores ($P<0.05$). La implementación de sombra en el secado incrementó los costos variables (67 y 88%). Los resultados sugieren análisis de propiedades, características físico-químicas más específicos y una evaluación sensorial más amplia.

Palabras clave: Atributos, beneficio de café, calidad de taza, catación.

Abstract. Drying is essential in coffee processing and the quality of the final product. The study was conducted at Finca Santa Rosa located in Chalatenango, El Salvador. The objective of this study was to evaluate the effect of drying on the physical, chemical and sensory characteristics in green and roasted coffee and the variable costs related to this process. A Completely Randomized design was used with factorial arrangement 2×2 , using two types of light exposure (sun/shade) and two drying surfaces (African bed/patio) with three replicates for a total of 12 experimental units. Initially, exposure to light, temperature, soluble solids, pH and moisture were monitored during the drying process. Subsequently a proximal and a color analysis was performed to green coffee treatments. Then, soluble solids, pH and color were analyzed in roasted coffee. Finally, trained national panelists (Salvadoran Coffee Council) and international panelists (US and Spain) performed a sensory analysis. Drying under shade was completed in 29 days doubling time against treatments exposed to sunlight due to coffee surface temperature ($45\text{ }^{\circ}\text{C}$) reducing moisture at a faster rate. There were no differences in physical and chemical characteristics ($P>0.05$) except for clarity (value L). In sensory, there were no differences between panelists nor treatments ($P>0.05$). However, international panelists assigned a higher average grade to coffee samples compared to national panelists ($P<0.05$). Implementing shade drying variable costs increased (67 and 88%). The results suggest a more thorough physical and chemical analysis, and a broader sensory analysis.

Keywords: Attribute, cup quality, cupping, dry mill.

CONTENIDO

Portadilla.....	i
Página de firmas.....	ii
Resumen.....	iii
Contenido.....	iv
Índice de Cuadro, Figuras y Anexos.....	v
1 INTRODUCCIÓN.....	1
2 MATERIALES Y MÉTODOS.....	3
3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	11
4 CONCLUSIONES.....	23
5 RECOMENDACIONES.....	24
6 LITERATURA CITADA.....	25
7 ANEXOS.....	31

ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadros		
		Página
1.	Descripción de los tratamientos de secado del café.....	3
2.	Descripción de calidad de café según su calificación.....	10
3.	Comparación de °Brix y pH antes y después de fermentación.....	12
4.	Cantidad de lux en tratamientos en sol y sombra.....	13
5.	Temperatura de la superficie de secado (cama o patio).....	13
6.	Pérdida de humedad para cada tratamiento.....	14
7.	Análisis de color en escala L a* b* en café oro/verde.....	15
8.	Comparación de compuestos químicos entre los tratamientos.....	16
9.	Análisis de color en escala L a* b* en café tostado.....	17
10.	Comparación de cafeína para café oro/verde y tostado.....	20
11.	Comparación de características entre los tratamientos de café soluble.....	21
12.	Calificaciones asignadas por los panelistas a los tratamientos.....	22
13.	Costos variables estimados de secado por tratamiento.....	22
Figuras		
		Página
1.	Comparación de luminosidad de café oro/verde y tostado.....	18
2.	Comparación de color en escala L a* b* en café oro/verde y tostado ..	19
Anexos		
		Página
1.	Grados brix y pH del café al inicio y final de la fermentación.....	31
2.	Conteo de defectos de café oro/verde en la categoría dos.....	31
3.	Curva de secado para cada tratamiento.....	32
4.	Tabla de clasificación de defectos físicos del café.....	33
5.	Valores del ángulo de matiz (Hue) y Croma para café oro/verde.....	35
6.	Valores del ángulo de matiz (Hue) y Croma para café tostado.....	35
7.	Tabla Color Track, Coffee Color Selector.....	36
8.	Tratamientos de secado en sombra y sol.....	37

1. INTRODUCCIÓN

El café es un arbusto perenne nativo de los bosques pluviales de Etiopía que pertenece a la familia de las Rubiaceae (Café Siboney, s.f.). *Coffea arabica* en comparación con *Coffea robusta* es considerada la especie que produce café de alta calidad y la dominante en Mesoamérica y del Caribe (World Coffee Research 2016). La calidad del café se divide en estándar (<700 msnm), altura (700-1200 msnm), altura selecto (900-1200 msnm), estricta altura o estricta altura selecto (>1200 msnm) (IHC 2004a).

El café es considerado un producto que ha popularizado su consumo en los últimos años debido a que se ha cambiado la experiencia y expectativa de los consumidores de café, demandando productos de calidad (Café de Colombia 2011). El café especial que es aquel que está hecho de granos que han sido cultivados en climas ideales para café que llevan un proceso constituido por normas internacionales y procesos especiales que dan al grano una mayor calidad. El café destaca por sus sabores distintivos, de calidad única y diferente al comúnmente ofrecido (Rhinehart 2009). Para la Federación de cafeteros de Colombia, los cafés especiales son aquellos que poseen mayor valor para los consumidores por los cuales están dispuestos a pagar precios superiores al mercado. La parte de cafés especiales es pequeña en volumen, pero su diferenciación le permite generar mayor cantidad de ingresos a los productores (Valencia s.f.).

En El Salvador la producción y procesamiento de café ha mantenido sus valores históricos y tradiciones además de adquirir normas, técnicas y tecnología para lograr una mayor calidad (CSC 2013). Dentro del país existen seis regiones cafetaleras, entre ellas se encuentra la Cordillera Alotepec-Metapán donde está ubicada la Finca Santa Rosa de Rivera Coffee. La finca se encarga de la producción de cafés especiales variedad Pacamara la cual es un híbrido de la planta de café arábica desarrollado por el Instituto Salvadoreño de Investigación del Café (ISIC). La variedad Pacamara se trata de un cruce de Maragogype y Pacas, una mutación salvadoreña altamente productiva (Catleya Coffee 2011). La calidad del café es un atributo importante que puede verse influenciado por distintos factores, tales como la altura, variedad, color, tueste, tamaño del grano, proceso, defectos, humedad, etc. (IHC 2004b).

Tradicionalmente el secado se realiza en camas africanas o patios de concreto. Para que el secado sea uniforme el café debe moverse como mínimo tres veces al día para evitar la deshidratación o daño al grano debido a la exposición de luz a la que se encuentra (MIG 2010). Hay ciertos inconvenientes que pueden influir de manera negativa la calidad del café tales como: el grosor de la cama, el movimiento deficiente del grano, altas temperaturas, la sobreexposición a la luz solar, flujo de aire mínimo, condiciones climáticas, la falta de control de humedad, secado excesivo y superficie en la que se encuentran (Puerta 2008).

Con el secado en sombra se buscó aumentar el potencial de la taza evitando que el grano de café sea expuesto directamente a la luz solar. Si existe una sobreexposición al sol, el grano se vuelve frágil (Ghosh and Venkatachalapathy 2014). Las condiciones del secado en sombra permiten al grano tener un secado más lento y consigo algunos períodos de descanso (Proctor s.f.). Cuando el calor está en el grano, se abre la estructura celular y cuando baja, se cierra, se dice que el grano está respirando. Se ha ayudado a demostrar que una estructura celular fuerte hace que la acidez aumente y de mejores atributos al momento del tueste. El secado rápido no permite el descanso del grano, proveyendo una estructura celular más suave en comparación del secado lento. (Fratello coffee 2013).

Los compuestos producen atributos principales del café, tales como: la dulzura, producida por proteínas y carbohidratos. El salado por potasio, fósforo y calcio, lo ácido por el ácido clorogénico, cítrico, tartárico y málico y lo amargo, producido por la cafeína, fenoles y trigolenina. (Barberá s.f.) Es importante tomar en cuenta los procesos mencionados para poder obtener un café con buena calidad y mantener sus compuestos.

El presente estudio se basó en los siguientes objetivos:

- Valorar el proceso de secado y su efecto en las características físico químicas de café oro/verde.
- Evaluar los atributos sensoriales y características químicas de café tostado.
- Contrastar los costos variables del proceso de secado.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del estudio. El presente estudio fue realizado en la Finca Santa Rosa en Chalatenango, El Salvador. Las muestras fueron evaluadas en el Beneficio San José Sacare localizado en el mismo departamento del país. El beneficio cuenta con un laboratorio el cual posee equipos para medir porcentaje de humedad del grano, refractómetros, trilladora, molino, tostadora, medidor de color y mesas y equipo de catación. El equipo sirvió para la preparación de las muestras para los tratamientos. La otra parte del estudio fue en el Laboratorio de Análisis de Alimentos de Zamorano (LAAZ). El laboratorio sirvió para evaluar los componentes nutricionales orgánicos del grano a través de un Análisis proximal, cuantificación de cafeína y evaluación de perfil de taza.

Diseño experimental. El experimento se dividió en tres fases. La primera fue la evaluación de la fermentación. En la segunda fase se evaluó la parte físico-química del grano oro/verde. Para la tercera fase analizó de perfil taza y la evaluación sensorial del café tostado. La catación fue realizada por parte de panelistas entrenados provenientes del Consejo Salvadoreño del Café (CSC) y por panelistas entrenados externos. Cada panelista dio una calificación por tratamiento. Al tener los resultados se comparó entre los panelistas del CSC y los externos.

Se utilizó un análisis de varianza aplicando un DCA (Diseño Completamente al Azar) utilizando el programa SAS versión 9.4® (Statistical Analysis System). Se realizó un análisis de varianza con un arreglo factorial 2×2 utilizando dos tipos de exposición a luz (sol/sombra) y dos superficies de secado (cama africana/patio) con tres repeticiones, un total de 12 unidades experimentales (Cuadro 1). Se realizó una separación de medias ajustadas LSMEANS con una probabilidad del 5%.

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos en el secado del café.

Secado	Superficie de secado	
	Cama africana	Patio
Sol	TRT 1	TRT 2
Sombra	TRT 3	TRT 4

Beneficiado del café. Se seleccionó un lote dentro de la finca para cosechar, en este caso el lote 2. El día lunes 14 de marzo se cosechó el café. Se eligieron trabajadores específicos para cosechar los granos según los parámetros. El grano debía tener una tonalidad entre rojo oscuro y morado, correspondiente promedio mayor a 20 °Brix. El café cosechado se llevó al beneficio.

Se recibió en el beneficio, se pesó y se colocó en las pilas para despulpar. Luego se seleccionó el 10% del peso de la muestra total para medir los grados brix. Los grados brix se midieron con un refractómetro. También se analizó el pH con un potenciómetro manual a cada muestra. Se monitoreó el proceso de fermentación desde el inicio hasta su finalización. El 15 de marzo finalizó el proceso de fermentación y se procedió al lavado del café. Antes del lavado se midió los grados brix y el pH por muestra. El lavado fue en tres fases en 15 minutos cada una. Cada fase consistió en agregar agua hasta cubrir el café, mover con una paleta de madera los granos y vaciar la pila; para la última fase se retiraron los granos flotantes. Se pesó el café y se dividió para los tratamientos. Los tratamientos se pusieron a secar según su superficie (Cama o Patio) y según su exposición a la luz (Sol o Sombra).

Análisis del pH. Según AOAC 981.12, se evaluó con un potenciómetro digital en la parte del beneficiado de café y en el café tostado. En la parte del beneficiado, se midió al inicio del lavado y al finalizar el proceso de fermentación. En el café tostado se colocaron 13 g en 227 ml de agua caliente (>92°C). Se tomó el dato a los 4 min después de romper la corteza. Se midió cada 10 min por muestra.

Análisis de concentración de sólidos solubles. Se evaluó con un refractómetro en la parte del beneficiado de café y en el café tostado. En la parte del beneficio se midió al inicio del lavado y al finalizar el proceso de fermentación. En el café tostado se colocaron 13 g en 227 ml de agua caliente (>92°C). Se tomó el dato a los 4 min después de romper la corteza. Se midió cada 10 min por muestra.

Humedad. Se midió humedad a una muestra de 100 g de café verde con el equipo SINAR AP6060, que usa un método indirecto para establecer el contenido de humedad. Utiliza propiedades eléctricas del agua para proporcionar una medida de humedad entera, con gran velocidad. La humedad se mide en porcentaje (%) (SCF, 2010).

Análisis del café verde (RTC40). Se pesaron 350 g de cada muestra de café trillado y limpiado para el conteo y determinación de defectos y materia extraña en el café verde. Cada muestra se observó durante 15 minutos para remover cualquier tipo de defecto y se contó cada defecto de forma separada. El proceso se basó en las normas reguladas por Specialty Coffee Association of America (SCAA 2009a). Los defectos se separaron en dos categorías, pero para el estudio sólo se utilizó la separación de defectos secundarios detallados a continuación:

- **Categoría 2 (defectos secundarios).** Encontrar tres granos de color parcialmente negro o parcialmente agrio fue equivalente a un defecto:
- **Grano parcialmente negro.** Se distinguen por tener un color opaco u oscuro en solo cierta parte del grano.
- **Grano parcialmente agrio.** Este defecto es de color amarillo pálido, amarillo intenso, carmelita o rojizo en solo una parte del grano. Encontrar cinco granos pergaminos, flotadores, inmaduros, arrugados, conchas, partidos, molidos, cortados, cáscara o pulpa seca fue equivalente a un defecto.
- **Grano partido, molido, cortado.** Estos granos son de coloración rojiza oscura debido a una oxidación del área cortada y durante el proceso de despulpado. Los granos partidos o cortados a causa de la máquina trilladora.
- **Granos arrugados.** Granos de baja densidad, malformados y de superficie arrugada.
- **Grano inmaduro.** Fueron reconocidos por tener un tamaño pequeño, de baja densidad, de forma cóncava y con bordes afilados. También es común que tenga una película o tegumento plateado de color pálido amarillento o verdoso y firmemente adherida al grano.
- **Conchas.** Se distinguieron por ser granos malformados a causa de la fricción o golpes en la trilla. La parte externa tenía forma de concha de mar e internamente tenían forma cónica o cilíndrica.
- **Pergamino.** Todos aquellos granos que todavía poseían la capa llamada pergamino.
- Encontrar 10 granos brocados leves fue equivalente a un defecto.
- **Grano brocado leve.** Se distinguió por tener menos de tres pequeñas y oscuras perforaciones desde 0.1 – 0.5 mm de diámetro por grano.

Análisis del Color. Se evaluó color mediante ColorAssist, una aplicación para Iphone, Apple Inc que utiliza valores RGB en tiempo real. Se tomaron fotografías de los granos verdes y tostados. Los datos que se obtuvieron fueron convertidos a L* a* b*.

El grano oro/verde para que sea aceptable debe ser de color verde azulado, verde, verdoso, verde claro, amarillento y cafésoso de acuerdo con el protocolo de SCAA (Green Coffee Color Gradient chart). Para el grano tostado se utilizó la hoja Color Track Coffee Color Selector. Se utilizó la escala L a* y b* para comparar con la escala Agtron. Se analizó el ángulo de matiz y croma para evaluar el cambio de color y pureza del grano oro/verde y del tostado.

Los parámetros indican a L* como valores de luminosidad que van de cero (negro) a 100 (blanco), a* son valores que van de 60 (rojos) hasta -60 (verdes), b* con valores que van desde -607 (azules) hasta 60 (amarillos). A partir de estos valores se obtuvieron los valores de ángulo de matiz (h) y croma. El ángulo de matiz se define como la percepción que tiene el ojo humano sobre el color de un objeto, se deriva de las coordenadas de a* y b* que están representadas en un plano cartesiano de 360° donde: 0° es color rojo, 90° amarillo, 120° verde, 180° cian, 240° azul y 300° magenta. El croma mide la intensidad o saturación del color. Se obtuvo el ángulo de matiz y croma basado en las ecuaciones 1 y 2 (Díaz y Perdomo 2015).

$$H^{\circ} = \tan^{-1} \left(\frac{a^*}{b^*} \right) \quad [1]$$

Dónde:

H° = Ángulo de matiz en grados

\tan^{-1} = Inversa de tangente

a*, b* = Coordenadas obtenidas de L a* b*

$$r = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \quad [2]$$

Dónde:

Cr = Índice de saturación (croma métrico)

a*, b* = Coordenadas obtenidas de L a* b*

Análisis de Cafeína por HPLC. Según AOAC 979.11 para su evaluación se pesó 1 g, se transfirió a un beaker de 100 mL, se agregó 5 mL de NH₄OH (1+2). Se calentó en baño maría en agua hirviendo por 2 minutos. Se dejó enfriar, se transfirió a un matraz de 100 mL y se diluyó en agua. La muestra se colocó con una jeringa con filtro a los viales para proceder al análisis. Se utilizó una solución buffer de fosfato de 0.02 M a un pH de 4.

Análisis proximal. Para la cuantificación de humedad, según la AOAC 952.08 se seleccionaron los crisoles y se colocaron en el horno de 105°C durante 1 hora antes de colocar las muestras. Después de haber secado los crisoles, se pesaron, se colocaron 3 g de muestra y se introdujeron al horno durante 12 horas. Posteriormente, pasadas las 12 horas se sacaron los crisoles del horno y se pesaron. Para calcular el porcentaje de humedad se utilizó la ecuación 3.

$$\%H = \frac{(C+MH)-(C+MS)}{(C+MH)-(C)} \times 100 \quad [3]$$

Dónde:

C=Peso del crisol vacío en gramos. MH=Muestra húmeda.
MS=Muestra seca.

Después de haber pesado los crisoles para el análisis de humedad, con referencia del AOAC 923.03 se colocaron en el incinerador durante a 550°C durante 24 horas para cuantificar cenizas. Al finalizar el período de tiempo se pesaron los crisoles. Para calcular el porcentaje de cenizas se utilizó la ecuación 4.

$$\%CZ = \frac{(C-A)}{(B-A)} \times 100 \quad [4]$$

Dónde:

A=Peso del crisol vacío en gramos.
B= Peso del crisol y la muestra seca en gramos.
C= Peso del crisol y la muestra calcinada en gramos.

En el caso de proteínas según AOAC 2001.11, se encendió el digestor y se calentó hasta 420 °C. Se pesó 1.000 ± 0.005 g de las muestras previamente sobre papel encerado. Se anotó el peso, se transfirieron a los tubos de digestión y se agregaron dos tabletas catalizadoras (Kjletabs) en cada tubo. Se agregó 15 ml de ácido sulfúrico dentro de la campana de gases. Se colocaron los tubos en el digestor y se digirieron durante una hora. Se removieron los tubos hasta que se enfriaron. Se preparó el destilador. Se introdujo al destilador cada tubo con ayuda de pinzas y cada matraz erlenmeyer al equipo. Se destiló utilizando el programa 2. Al finalizar el proceso se removió el matraz y el tubo. Se repitió el proceso con todas las muestras. Se cargó la bureta con ácido clorhídrico 0.1 N. Se colocó cada matraz, se introdujo una barra agitadora al matraz y se encendió el agitador. Se tituló cada muestra descargando el ácido gota a gota hasta que el color cambió a violeta. Se anotó el volumen en ml del ácido que se descargó. Se repitió el proceso para cada muestra. Para calcular el porcentaje de proteína se utilizó la ecuación 5, 6 y 7.

$$B = \frac{(B_1+B_2)}{(2)} \times 100 \quad [5]$$

$$\%N = \frac{(T-B) * N * 14.007}{(M * 10)} \times 100 \quad [6]$$

$$\%Proteína = \% N * 6.25 \quad [7]$$

Dónde:

T= Volumen de ácido utilizado para la muestra.
B= Promedio del volumen de ácido utilizado para los blancos B₁ y B₂.
N= Normalidad del ácido clorhídrico estandarizado.
M= Peso de la muestra.

Para la cuantificación de lípidos según AOAC 991.36 se colocaron anillos de metal en los dedos de celulosa. Se agregaron 2 g de celite 545 a cada dedal, se pesaron 5 ± 0.005 g de muestra en cada dedal y se anotó el peso. Las tazas de extracción con las perlas de vidrio fueron lavadas, se dejaron en el horno de 125°C durante 4 horas y se pesaron. Los dedos se secaron durante 1 hora a 125°C y luego se dejaron enfriar en un desecador. Se mezcló la muestra con una varilla de vidrio y algodón, se colocó el algodón dentro de los dedos. Se transfirieron los dedos y las tazas al equipo de extracción (SOXTEC 2050). Se agregaron 80 ml de éter de petróleo a cada muestra. La grasa de la muestra se extrajo ebullición durante 25 min y se lavó durante 30 min. Se sacaron las tazas del equipo y se secaron durante 30 min a 125°C , al finalizar se colocaron en un desecador enfriando y se pesaron. Para calcular el porcentaje de grasa se utilizó la ecuación 8.

$$\%G = \frac{(\text{Peso taza} + \text{EE} - T)}{(P)} \times 100 \quad [8]$$

Dónde:

T= Peso de la taza en gramos.

EE= Peso Extracto Etéreo en gramos.

P= Peso de la muestra en gramos.

Se utilizó la técnica de análisis de fibra cruda en bolsa provista por ANKOM Technology Method 7. Se utilizaron bolsas de filtro, se pesaron y se agregó 0.95-1.00g de muestra en cada bolsa. Se colocaron todas las bolsas en el soporte de bolsas. Se colocó un blanco. Después de colocar las muestras se vertieron 2000 mL de ácido ($0.255\text{N H}_2\text{SO}_4$) en el contenedor. Se encendió el agitador y calentador y se dejó durante 40 min. Se apagaron los botones de calentar y agitar, se abrió la válvula de drenaje hasta que toda la solución saliera. Se cerró la válvula y se agregaron 1900 mL de agua para enjuagar ($50-90^\circ\text{C}$) durante 5 minutos seleccionando el botón de calentar. (Se repitió dos veces) Luego, se agregó 2000 mL de base (0.313 NaOH) en el contenedor. Se encendió el agitador y el calentador, se dejó por 40 min. Al finalizar la extracción, se apagó el agitador y calentador. Se abrió la válvula de drenaje hasta que toda la solución salió. Se cerró la válvula y se agregaron 1900 mL de agua para enjuagar ($50-90^\circ\text{C}$) durante 5 minutos seleccionando el botón de calentar.

Después del enjuague se colocaron las bolsas en un beaker de 250 mL y se agregó acetona hasta cubrir todas las bolsas y se dejaron durante 5 minutos sumergido. Después se secaron las en un horno a $102 \pm 2^\circ\text{C}$ durante 4 horas. Al finalizar, se sacaron y se dejaron enfriando en un desecador. Cuando ya estaban frías, se colocaron en un horno de $600 \pm 15^\circ\text{C}$ durante 2 horas. Luego, se dejaron enfriando en un desecador y se pesaron. Para calcular el porcentaje de fibra cruda se utilizó ecuación 9.

$$\%FC = 100 \times \frac{(W3 - (W1 \times C1))}{(W2)} \quad [9]$$

W1= Peso de la bolsa

W2= Peso de la muestra

W3= Peso de materia orgánica

C1= Pérdida de peso del blanco

Por último, se analizó el extracto libre de nitrógeno que está compuesto por carbohidratos digeribles, vitaminas y otros compuestos orgánicos no nitrogenados. Para calcularlos se restaron los porcentajes obtenidos en los nutrientes analizados anteriormente (humedad, proteína, grasa, fibra y ceniza) según la AOAC 1984 (FAO s.f.).

Para calcularlo se utilizó la ecuación 10.

$$\text{Extracto Libre de Nitrógeno (\%)} = 100 - (A + B + C + D + E) \quad [10]$$

Dónde:

- A = Contenido de humedad (%)
- B = Contenido de proteína cruda (%)
- C = Contenido de lípidos crudos (%)
- D = Contenido de fibra cruda (%)
- E = Contenido de ceniza (%)

Tostado. El tostado se realizó en una tostadora para muestras PROBAT con 100 g de café oro/verde durante 8:20 minutos con una temperatura de entrada de 150 °C. A los 7:20 minutos fue el primer crack a 180 °C y una temperatura final de 195 °C.

Análisis sensorial (Catación). Se utilizó el formato provisto por la SCAA (Specialty Coffee Association of America), se pesaron 8.25 g de café tostado por cada 150 ml de agua. Se ajustó de acuerdo al tamaño de la taza y se molió con un tamaño de partícula ligeramente grueso.

Después de moler las muestras se ordenaron las tazas para los catadores. Cada catador levantó la taza para evaluar la fragancia. Cuando terminaron la ronda, se agregó el agua a más de 93 °C. Se dejaron pasar 4 minutos limpiar el café (remover la corteza) con cucharas. Cada catador inhalaba para evaluar el aroma del café. Se esperaron 10 minutos a que la temperatura disminuyera a 71 °C para iniciar la evaluación. En éste punto el sabor y el regusto se encuentran en su intensidad máxima. Luego cuando la temperatura era <71 °C fue evaluada la acidez, cuerpo y balance. Al llegar a temperatura ambiente se evaluó dulzura, uniformidad y limpieza. La evaluación final se realiza cuando alcanza los 21 °C.

- **Fragancia/Aroma.** Son los aspectos aromáticos. La fragancia se evaluó antes de agregar el agua, por consiguiente el aroma después de la ruptura de la corteza.
- **Sabor.** Representó el atributo principal del café. Es una impresión de todas las sensaciones gustativas y aroma retro-nasal. Para la evaluación se toma en cuenta la intensidad, la calidad y complejidad de su sabor y aroma combinado.
- **Regusto.** Es la longitud de sabor positivo (sabor y aroma), cualidades que emanan de la parte posterior del paladar y que quedan después.

- **Acidez.** Se describe como brillo cuando es agradable y amargo cuando es desagradable.
- **Cuerpo.** Se basó en la sensación táctil de pesadez o ligereza del líquido en la boca.
- **Uniformidad.** Es la consistencia de sabor de las diferentes tazas de cada muestra.
- **Dulzura.** Se refiere al sabor agradable, es cualquier dulzura evidente y percibida de ciertos hidratos de carbono.
- **Limpieza.** Es descrita como la transparencia de la taza, es la carencia de impresiones negativas de la primera ingestión de regusto final.
- **General.** La puntuación global refleja la calificación integrando todos los aspectos según la percepción del catador.

La calificación final se calculó sumando las notas individuales por atributo. Fragancia/aroma, sabor, regusto, acidez y cuerpo fueron calificados con notas de 6 a 9 puntos. Para mostrar un nivel de calidad, la nota aumentó un cuarto de punto dentro del rango permitido. En atributos de uniformidad, dulzura y limpieza se calificó con un máximo de 10 puntos. Con la calificación final se determinó el rango de calidad de la taza del café (Cuadro 2) (SCAA, 2009b).

Cuadro 2. Descripción de calidad de café según su calificación.

Calificación del nivel de calidad	
Rango	Descripción
90.-100	Excepcional
85-89.9	Excelente
80-84.9	Muy bueno
<80	Por debajo de calidad especial

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

FASE I. FERMENTACIÓN.

Análisis de sólidos solubles. La concentración de sólidos solubles en el café Pacamara cosechado maduro y recién despulpado fue de 22.45 °Brix antes de la fermentación (Cuadro 3). Esta información contrasta a las características del mucílago de café despulpado pintón que contiene 14.1, el maduro 17 y el sobremaduro 20.1 °Brix que influye fuertemente en la calidad del café (Bertrand et al. 2006). Los sólidos solubles presentes están constituidos en su mayoría por sacarosa, glucosa, fructosa, ácido málico, láctico, succínico, oxálico, fórmico, fosfórico, galacturónico, etanol, ésteres, polisacáridos, proteínas y cenizas. Los compuestos pueden variar según el estado de maduración en que se encuentra el mucílago (Puerta 2012). Después de las 19 horas aproximadamente de la fermentación, las azúcares se degradaron produciendo diversos productos tales como: etanol, ácido láctico, acético, CO₂, otros alcoholes y ácidos, además de la reducción de los grados Brix (Puerta 2013). Los sólidos solubles, después de la fermentación decrecieron hasta 12.31 °Brix que equivale a 46% de reducción gracias a las sustancias pécticas. Las sustancias pécticas fueron las que se degradaron por medio de las pectinasas generadas por bacterias, hongos y levaduras en la fermentación mencionadas anteriormente (Gómez s.f.).

Análisis de pH. Según Puerta (2012) al inicio de la fermentación el pH se encuentra con un valor cercano a 5.2, lo que difiere de manera mínima de los resultados obtenidos. Al inicio de la fermentación se obtuvo un pH promedio de 6.10 en el que influyó la variedad de café utilizada (Pacamara) y el estado de maduración del grano utilizado. Con respecto a las variedades Castillo y Caturra (pH=5.6) (Córdoba and Guerrero s.f.) son diferentes en pH inicial obtenido de la variedad Pacamara (Cuadro 3). Referente al proceso de fermentación se notaron diferencias entre variedades, la fermentación de la variedad evaluada duró 19 horas, la variedad Castillo fermentó en 18.9 horas, el Caturra en 19.7 horas en el que se pudo ver influida las condiciones climáticas, sistema y el estado de maduración del mucílago. El cambio de pH se produjo debido crecimiento y acción de las levaduras y bacterias responsables de la producción de alcohol y dióxido de carbono. Las levaduras más comúnmente presentes en el mucílago del café son *Saccharomyces cerevisiae*, *Candida albicans*, *C. tropicalis*, *C. krusei*, *C. lipolytica* que se encargan de producir etanol y CO₂ y las no fermentadoras *Cryptococcus terreus*, *Rhodotorula rubra* y *R. glutinis* además de las bacterias *Lactobacillus acidophilus*, *L. fermentum*, *L. plantarum* y *Streptococcus faecalis* (Puerta 2012). Entre los hongos comúnmente se encuentran los géneros *Trichoderma*, *Aspergillus* y *Penicillium* (Puerta et al. 2012).

Al finalizar el proceso de fermentación, el pH resultante coincidió con Córdoba y Guerrero, en la variedad evaluada se obtuvo un promedio de 4.66 que equivale al 24% de reducción en el proceso de fermentación.

Cuadro 3. Comparación de °Brix y pH antes y después de fermentación.

°Brix		pH	
Media inicial ± D.E.	Media final ± D.E.	Media inicial ± D.E.	Media final ± D.E.
22.45 ± 1.08 ^x	12.31 ± 1.30 ^y	6.10 ± 0.03 ^x	4.66 ± 0.11 ^y
CV (%)	5.25		6.58

^{x-y} Promedios seguidos con letra diferente para cada evaluación son estadísticamente diferentes. CV(%): Coeficiente de variación.

Pérdida de humedad en secado. El secado es parte importante de la calidad del grano cuenta con las condiciones de humedad óptimas (10 a 12%) para poder almacenarlo (Díaz 2014). Los tratamientos estuvieron expuestos aproximadamente 10 horas diarias a la luz con movimiento constante de los granos durante el día para un secado homogéneo. El tiempo y velocidad de secado se vio influenciado por la exposición de luz entre los tratamientos ($P < .0001$), siendo mayor en los tratamientos de sol.

En los tratamientos bajo sol o sombra en superficie de cama y patio recibieron la misma exposición solar. En los tratamientos de sol hubo una mayor velocidad de reducción de humedad con respecto a los de sombra (Cuadro 4). Debido a que al tener una mayor exposición a la radiación solar, responsable de la evaporación, se redujo de manera significativa el porcentaje de humedad en el grano (Ávila s.f.). Los tratamientos de sol estuvieron expuestos a un promedio de 9672 lux durante todo el proceso de secado (14 días), en comparación con los tratamientos de sombra con menos del 99% de exposición equivalente a 24.30 lux (29 días). Para el día 17 se evaluaron únicamente los tratamientos bajo sombra, debido a que los tratamientos bajo sol ya habían finalizado su proceso de secado. Para determinar que los granos alcanzaron el porcentaje óptimo de humedad se midió la humedad cada 3 días, además de que se observaba la coloración del grano oro/verde.

En la zona de Chalatenango, en el mes de marzo la temperatura oscila entre 20 y 23 °C con una humedad relativa entre 75 y 90% según el Servicio Nacional de Estudios Territoriales (SNET) de El Salvador. Con respecto a la superficie, la exposición a la luz ($P < .0001$) tuvo mayor influencia en el proceso de secado. La temperatura al ser mayor en los tratamientos secados al sol produjo una mayor influencia en el tiempo y velocidad del proceso reduciendo los días a la mitad aproximadamente ($P < 0.0001$). Los tratamientos de sol al tener una exposición de aproximadamente 99% más de luz presentaron mayor temperatura mostrando temperaturas entre 44.1-45.92 °C (Cuadro 5).

Cuadro 4. Cantidad de lux en tratamientos en sol y sombra.

Días	Lux	
	Sol Media ± D.E	Sombra Media ± D.E
0	9461 ± 108.67 ^a	26.00 ± 1.00 ^b
5	9769 ± 255.63 ^a	24.89 ± 5.01 ^b
8	9594 ± 334.46 ^a	25.11 ± 4.51 ^b
11	9684 ± 324.11 ^a	24.33 ± 4.09 ^b
14 ¹	9708 ± 278.90 ^a	25.22 ± 4.49 ^b
17	-	27.22 ± 6.20
20	-	26.22 ± 5.89
23	-	26.44 ± 4.53
26	-	26.67 ± 5.00
29	-	26.89 ± 6.37
Promedio	9672 ± 289.63	24.30 ± 4.95
CV (%)	6.75	

^{a-b} Promedios seguidos con letra diferente en cada fila son estadísticamente diferentes.

¹ Los tratamientos en sol finalizaron su proceso de secado con 9% de humedad en 14 días. CV(%): Coeficiente de variación.

Cuadro 5. Temperatura de la superficie de secado (cama africana o patio).

Días	Sol		Sombra	
	Cama (°C) Media ± D.E	Patio (°C) Media ± D.E	Cama (°C) Media ± D.E	Patio (°C) Media ± D.E
0	44.60 ± 0.10 ^b	47.63 ± 0.15 ^a	23.00 ± 0.20 ^d	24.27 ± 0.25 ^c
5	44.20 ± 8.60 ^b	46.33 ± 0.00 ^a	23.37 ± 1.96 ^d	24.97 ± 2.47 ^c
8	44.16 ± 9.08 ^b	46.01 ± 0.15 ^a	23.76 ± 2.71 ^d	24.59 ± 2.15 ^c
11	44.00 ± 9.35 ^b	45.06 ± 0.15 ^a	24.56 ± 2.68 ^d	25.02 ± 3.22 ^c
14 ¹	43.69 ± 8.99 ^b	45.70 ± 0.15 ^a	24.72 ± 2.72 ^d	25.33 ± 3.94 ^c
17	-	-	24.60 ± 2.47 ^x	25.36 ± 3.51 ^x
20	-	-	24.48 ± 2.54 ^x	25.44 ± 3.32 ^x
23	-	-	24.08 ± 2.51 ^x	25.84 ± 3.33 ^x
26	-	-	24.21 ± 2.54 ^x	24.32 ± 3.30 ^x
29	-	-	24.68 ± 2.71 ^x	24.08 ± 6.12 ^x
Promedio	44.1 ± 8.28	45.92 ± 8.40	22.61 ± 2.42	23.30 ± 3.43
CV(%)	14.65			

^{a-d} Promedios seguidos con letra diferente en cada fila son estadísticamente diferentes.

^{a-b} Promedios seguidos con letra diferente en cada columna no son estadísticamente diferentes.

^x Promedios seguidos con letra diferente en cada fila y columna no son estadísticamente diferentes. ¹ Los tratamientos en sol finalizaron su proceso de secado con 9% de humedad en 14 días. CV(%): Coeficiente de variación.

La tasa de pérdida de humedad fue mayor en los tratamientos secados bajo sol el cual concuerda con Griffin (2006b) en el cuál mostró mayor temperaturas en la superficie. Los tratamientos en sombra resultaron con más días de secado debido a que la temperatura de las superficies era aproximadamente la mitad de los tratamientos en sol (Cuadro 6). En el café secado en cama bajo sol durante los 5 primeros días tuvo un promedio de 7.58% de pérdida de humedad diaria, el café en patio bajo sol obtuvo un promedio de 7.86% de pérdida diaria. El café en cama bajo sombra mostró 6.4% de pérdida de humedad diaria en comparación al secado en patio que obtuvo 6.6% de pérdida. Para el día 8 al 14 el café secado en cama bajo sol mostró 1.33% de pérdida de humedad diaria, el café en patio bajo sol se tuvo 1.22%, el café en cama bajo sombra mostró 0.68% y en patio bajo sombra se obtuvo 0.90%. Los tratamientos secados bajo sol alcanzaron su punto óptimo de humedad a los 14 días de cosecha con 9.1 y 9.2% final. Entre los días 15 y 20 el café secado en cama bajo sombra logró 1% de pérdida diaria y en patio bajo sombra se obtuvo 0.80% de pérdida. Para los días entre 21 y 29 el café secado en cama bajo sombra obtuvo 0.44% y en patio bajo sombra se obtuvo un 0.41% de pérdida de humedad diaria. Al finalizar los 29 días, los tratamientos alcanzaron la humedad óptima con 11.6% final. Los tratamientos secados bajo sol mostraron mayor velocidad de secado en comparación con los secados bajo sombra. Se debió a que los tratamientos fueron llevados a una temperatura ideal en la cual la transferencia de calor entre el vapor del aire y el producto removiendo el agua presente en el grano (Utah University, s.f).

Cuadro 6. Pérdida de humedad para cada tratamiento.

Días	Sol		Sombra	
	Cama (%) Media ± D.E	Patio (%) Media ± D.E	Cama (%) Media ± D.E	Patio (%) Media ± D.E
0	60.0 ± 0.00 ^c	60.0 ± 0.00 ^d	60.0 ± 0.00 ^a	60.0 ± 0.00 ^b
5	22.1 ± 0.20 ^c	20.7 ± 0.00 ^c	28.0 ± 0.20 ^a	26.9 ± 0.26 ^b
8	17.1 ± 0.25 ^c	16.5 ± 0.15 ^c	25.7 ± 0.30 ^a	25.5 ± 0.25 ^b
11	13.3 ± 0.05 ^c	12.9 ± 0.15 ^c	23.1 ± 0.21 ^a	23.2 ± 0.05 ^b
14 ¹	9.1 ± 0.17 ^c	9.2 ± 0.28 ^c	21.6 ± 0.64 ^a	20.1 ± 0.02 ^b
17	-	-	17.8 ± 0.37 ^y	18.4 ± 0.05 ^x
20	-	-	15.6 ± 0.35 ^x	15.3 ± 0.36 ^x
23	-	-	13.6 ± 0.35 ^x	13.6 ± 0.10 ^x
26	-	-	12.5 ± 0.20 ^x	12.3 ± 0.05 ^x
29	-	-	11.6 ± 0.11 ^x	11.6 ± 0.05 ^x
CV (%)	7.93			

^{a-d} Promedios seguidos con letra diferente en cada fila son estadísticamente diferentes entre días. ^{a-b}

Promedios seguidos con letra diferente en cada columna no son estadísticamente diferentes.

^x Promedios seguidos con letra diferente en cada fila y columna no son estadísticamente diferentes.

¹ Los tratamientos en sol finalizaron su proceso de secado con 9% de humedad en 14 días. CV(%): Coeficiente de variación.

FASE II. SECADO.

Análisis de color. En luminosidad se encontró diferencia entre tratamientos ($P=0.006$) (Cuadro 7). El café secado bajo sombra obtuvo mayor claridad a los tratamientos restantes debido a la exposición de luz que fue menor a los tratamientos secados bajo sol. Los tratamientos secados en sol recibieron aproximadamente más luz que los tratamientos de sombra. La exposición de luz tuvo influencia en el color del grano de los tratamientos ($P=0.0018$) produciendo cambios en luminosidad entre los tratamientos el cuál se produjo debido a que los granos a mayor exposición solar adquirieron colores cafés, el cual influyó en la calidad en color, en comparación con el café secado bajo sombra (Finn 2016). El incremento u oscurecimiento de color el grano en los tratamientos secados en sol resultó debido al ácido clorogénico del cual los pigmentos verdes (clorofila a, clorofila b, xantofila y caroteno) están formados, éstos resultaron inestables a la exposición solar (Carle y Schweiggert 2016). El grano oro/verde mostró -3 a -2.20 en a^* lo que indica un color orientado a verde y en b^* 15.60 a 17.10 lo que indicó un color amarillo en todos los tratamientos (Konika Minolta sesing s.f.) en los cuales no se vio influido por la superficie ni la exposición solar ($P>0.05$). Respecto al ángulo de matiz se obtuvo un ángulo de 98.15° que está orientado a un color entre amarillo y verde (Díaz y Perdomo 2015) y el proceso de secado no tuvo efecto en estos parámetros. El tratamiento secado al sol en cama obtuvo un menor valor en croma en comparación al resto, lo que indica un color orientado a gris. En el caso de croma el color es aceptable pero la exposición solar directa produjo cambios durante el secado (Chuchuca *et al.* 2012).

Cuadro 7. Análisis de color en escala L a^* b^* en café oro/verde.

Tratamiento	L*	a*	b*
	Media \pm D.E.	Media \pm D.E.	Media \pm D.E.
Cama Sol	30.80 \pm 4.60 ^c	-2.20 \pm 1.50 ^a	15.60 \pm 4.35 ^b
Patio Sol	32.80 \pm 4.30 ^c	-2.30 \pm 1.50 ^a	17.20 \pm 3.30 ^{ab}
Cama Sombra	40.73 \pm 5.14 ^a	-2.48 \pm 3.12 ^a	18.20 \pm 4.35 ^a
Patio Sombra	38.70 \pm 5.60 ^b	-3.00 \pm 1.60 ^a	17.10 \pm 3.30 ^{ab}
CV (%)	7.97	1.45	1.75

^{a-c} Promedios con diferente letra en cada columna son estadísticamente diferentes.

^a Promedios con la misma letra en cada columna no son estadísticamente diferentes. CV(%): Coeficiente de variación.

Análisis proximal. La composición química del café oro/verde depende de su variedad, origen, procesamiento y clima (Belitz *et al* 2009). La proteína es uno de los compuestos vitales con respecto al sabor del café a través de la reacción de Maillard en el tueste. En el café oro/verde en café arábica la proteína se encuentra comúnmente en 11.5% (Aznar 2011). La cantidad de grasa en el grano de café varía según la especie, en café arábica se encuentra entre 7 y 14%. De acuerdo a los resultados, el porcentaje de grasa obtenido fue entre 3.50 y 6.17% que es menor al comparar con Farah (2012). El café no se considera

una fuente importante de minerales debido a que puede variar según la variedad. Los minerales del grano de café están compuestos aproximadamente por potasio, fósforo y el resto por 30 elementos, incluyendo sodio, magnesio, calcio y azufre (Kingston 2015). Se encontró entre 4.16 y 4.27% de minerales en el grano, el cual se asemeja al rango de 3 a 4.2% establecido por Kingston (2015). Los carbohidratos son los precursores de la reacción Maillard y el desarrollo del color y aroma del café. El porcentaje de carbohidratos promedio entre los tratamientos fue aproximadamente un 5% según Farah (2012). El contenido de fibra encontrado en el grano fue entre 31.78 y 38.48% en comparación con Puerta (2011) que es aproximadamente 21.3%. (Cuadro 8) De acuerdo a los resultados obtenidos, no existió influencia de la exposición de luz o el tipo de superficie ($P>0.05$). Entre tratamientos no hubo diferencias significativas con respecto a los porcentajes de proteína, grasa, fibra, cenizas y carbohidratos. Pero con respecto a fibra y carbohidratos hubo influencia con respecto a la luz en los tratamientos ($P<0.05$).

Cuadro 8. Comparación de compuestos químicos entre los tratamientos de café oro/verde.

Tratamiento	Proteína (%) Media ± D.E.	Grasa (%) Media ± D.E.	Fibra (%) Media ± D.E.	Cenizas (%) Media ± D.E.	Carbohidratos (%) Media ± D.E.
Cama Sol	12.22±0.20 ^a	5.39±1.70 ^a	36.02±1.64 ^a	4.25±0.17 ^a	42.11±2.81 ^a
Patio Sol	12.27±0.09 ^a	3.50±3.17 ^a	38.48±2.52 ^a	4.27±0.08 ^a	42.09±6.58
Cama Sombra	12.35±0.21 ^a	4.53±0.62 ^a	31.78±6.04 ^b	4.16±0.18 ^a	50.57±4.00 ^a
Patio Sombra	12.51±0.22 ^a	6.17±0.69 ^a	31.93±2.73 ^{ab}	4.25±0.19 ^a	45.04±2.49 ^a
CV(%)	1.63	34.58	11.83	4.22	11.67

^a Promedios con la misma letra en cada columna no son estadísticamente diferentes. CV(%): Coeficientes de variación.

FASE III. TOSTADO.

Análisis de color. El color es un factor importante que influye al momento de la evaluación de la calidad de café, para el estudio se estudió L^* , b^* (Cuadro 9).

El valor promedio de L^* indicó colores más oscuros ocasionados por el tostado del café. Al igual que en el café oro/verde, los tratamientos secados bajo sol resultaron más oscuros en comparación a los de sombra. Con respecto a a^* se obtuvo un rango de 3.53 a 3.95 resultando un color rojizo y b^* de 10.19 a 15.73 mostrando un color amarillo (Konika Minolta sesing s.f.) En el ángulo h , se obtuvo un promedio de 72.82° que indica colores entre amarillo y rojo, correspondiente al color provocado por el tostado. (Díaz y Perdomo 2015) El valor promedio de croma fue de 13.52 que se refiere a un color menos puro. (Chuchuca *et al.* 2012)

Cuadro 9. Análisis de color en escala L a* b* en café tostado.

Tratamiento	L*	a*	b*
	Media ± D.E.	Media ± D.E.	Media ± D.E.
Cama Sol	17.45 ± 4.50 ^a	3.95 ± 3.19 ^a	15.73 ± 3.67 ^c
Patio Sol	16.04 ± 6.76 ^a	4.71 ± 2.04 ^a	12.06 ± 3.53 ^d
Cama Sombra	23.07 ± 4.28 ^a	3.95 ± 1.87 ^a	13.27 ± 3.95 ^a
Patio Sombra	19.97 ± 4.63 ^a	3.53 ± 1.37 ^a	10.19 ± 2.97 ^b
Coefficiente de variación (%)	19.74	1.53	0.25

^{a-b} Promedios con diferente letra en cada columna son estadísticamente diferentes. ^a

Promedios con la misma letra en cada columna no son estadísticamente diferentes.

Al comparar el color antes y después del tostado del grano la luminosidad cambia debido a que el grano se vuelve más oscuro (Figura 1). Los tratamientos de secado bajo sol redujeron en L* 43% en cama y 51% en patio. En cuanto a los tratamientos bajo sombra redujeron en L* 53% en cama y 48% en patio. El cambio de color fue ocasionado por reacción Maillard y caramelización que ocurre en el tostado del café (Aznar 2011). Con respecto a la luminosidad entre tratamientos, en el café oro/verde los tratamientos bajo sol obtuvieron un color más oscuro que se relacionó al proceso de secado debido a que tuvo mayor exposición de luz (Finn 2016). Por consiguiente, el tueste resultó un color oscuro en los tratamientos secados bajo sol en comparación con colores más claros en los secados bajo sombra según la evaluación de luminosidad. Las altas temperaturas en el proceso de tueste (>150 °C) hicieron que el grano reaccione con los aminoácidos y otros compuestos, desarrollando melanoidinas que dan el color café. Según Martins (2001) el color está relacionado con la concentración de melanoidinas. La caramelización de los azúcares comenzó a >170 °C en el cual se resaltaron compuestos aromáticos y ácidos (American Chemical Society s.f.). Teniendo como resultado el café con las características ideales para la evaluación sensorial posterior.

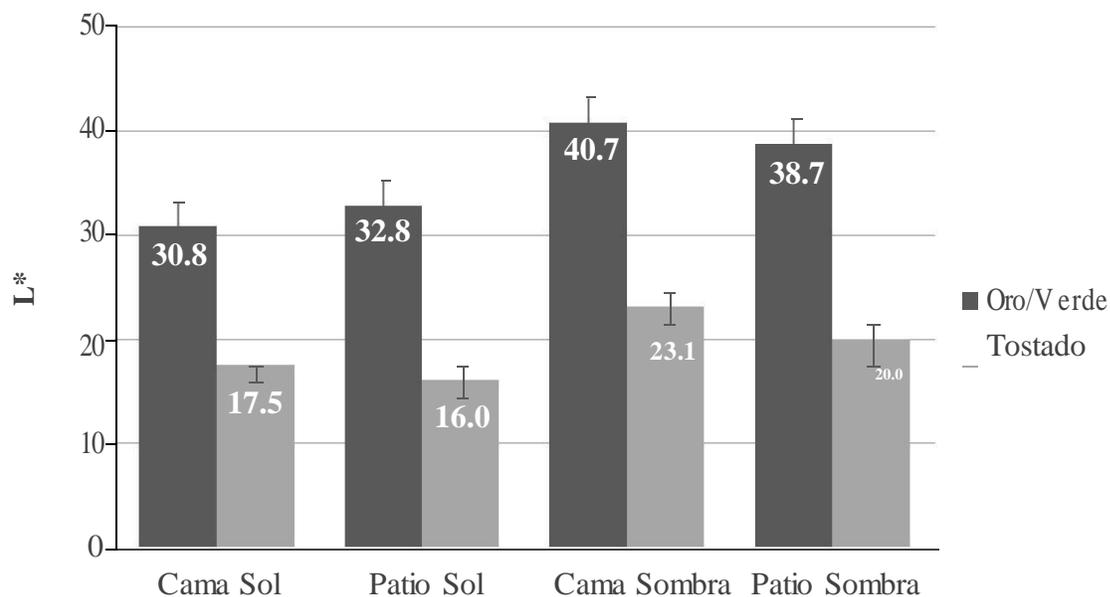


Figura 1. Comparación de luminosidad de café oro/verde y tostado.

Entre tratamientos no existieron diferencias significativas ($P=0.20$). En café tostado existió mayor variación debido a los factores antes mencionados. Al comparar el café oro/verde con el tostado, las diferencias son evidentes. El cambio de ángulo de matiz en a^* de verde a tostado fue de -2.50 a 4.04, en b^* de verde a tostado fue en promedio de 17.02 a 12.81. Los ángulos de matiz están orientados al color amarillo, con la diferencia que el grano oro que está orientado al verde y el tostado está orientado al rojo. Se debe al cambio de color verde o verde-azulado al color café (Figura 2).

Análisis de cafeína. La cafeína es un alcaloide que pertenece al grupo de las xantinas y a la familia de las metilxantinas. Además de que es un estimulante psicoactivo que es muy consumido a nivel mundial, está presente en bebidas no alcohólicas, como lo es el café, té, bebidas energizantes, chocolate, entre otros (Wilson and Bloom 2016). El porcentaje de cafeína puede variar por especie y este alcaloide es acumulado por las plantas en sus hojas, semillas y frutos. Es un estimulante del sistema nervioso central y produce cambios en el metabolismo de las grasas (Aznar 2011).

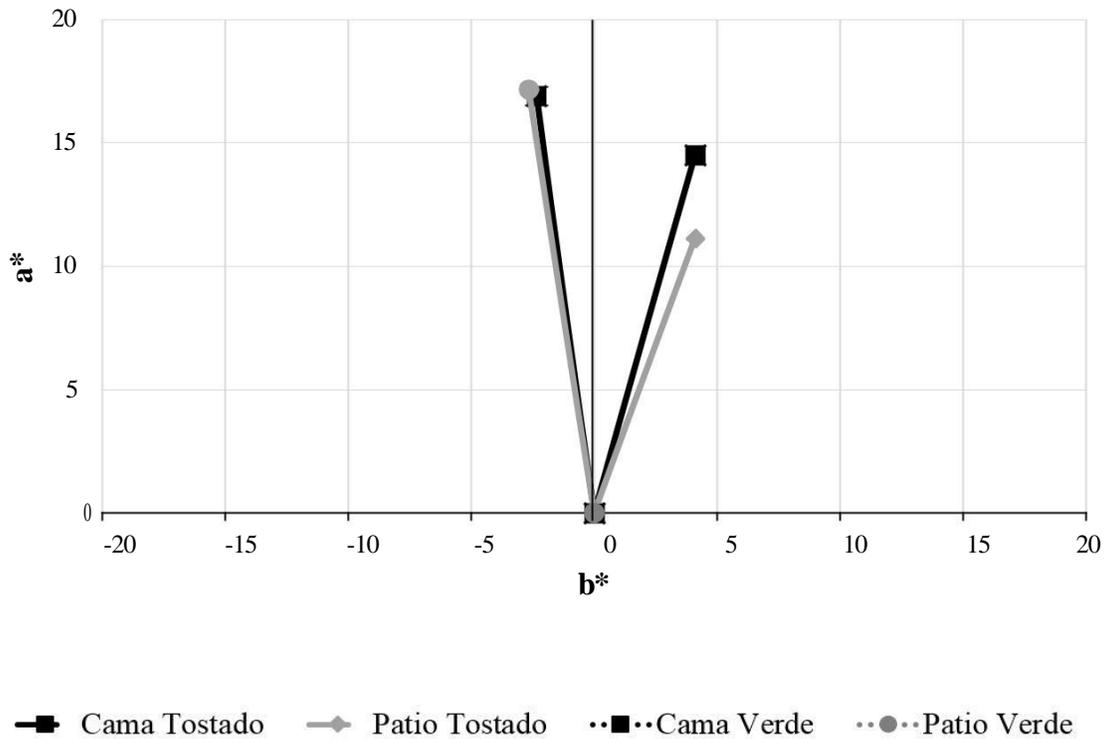


Figura 2. Comparación de color en escala L a* b* en café oro/verde y tostado.

En general, para *C. arabica* la cafeína se encuentra aproximadamente en 1.2% en 100 g de muestra de café oro/verde (Aznar 2011). El porcentaje promedio obtenido de cafeína es menor debido a que entre los tratamientos se obtuvo 1.12% en 100 g de muestra de café oro/verde (Cuadro 10). El promedio después del tueste del grano fue de 1.25% que coincidió con Farah (s.f.) que presenta que *C. arabica* comúnmente posee de 0.9 a 1.3% de cafeína.

Durante el tostado, el porcentaje de cafeína puede ser estable o aumentar cierto porcentaje en comparación al grano oro/verde (Puerta 2012). De acuerdo a los resultados obtenidos los cuatro tratamientos mostraron un porcentaje de aumento en cafeína después del tueste del café. Los tratamientos aumentaron 11% debido a la pérdida de humedad en el tueste (Farah 2012). Entre los tratamientos se mostró influencia en el tipo de exposición a la luz en el secado ($P=0.0171$) y la superficie de secado no tuvo influencia en este parámetro ($P=0.0580$).

Cuadro 10. Comparación de cafeína para café oro/verde y tostado.

Tratamiento	Cafeína de Café verde (%)	Cafeína de Café tostado (%)
	Media ± D.E.	Media ± D.E.
Cama Sol	1.14 ± 0.09 ^a	1.31 ± 0.15 ^a
Patio Sol	1.18 ± 0.09 ^a	1.27 ± 0.08 ^a
Cama Sombra	1.10 ± 0.13 ^a	1.21 ± 0.14 ^a
Patio Sombra	1.07 ± 0.07 ^a	1.23 ± 0.06 ^a
CV(%)	6.83	5.14

^a Promedios con la misma letra en cada columna no son estadísticamente diferentes. CV(%): Coeficiente de variación.

Análisis de pH. Se analizó el café tostado por tratamiento durante una simulación de evaluación sensorial. Los datos fueron tomados cada 10 minutos durante 44 minutos. Los resultados fueron: un promedio de 4.74 en café en cama con sombra, 4.77 en patio con sombra, 4.76 en cama con sol y 4.77 en patio con sol. El promedio total de pH fue de 4.76 el cual se asemeja al pH promedio de 4.89 por Puerta (2011). Entre tratamientos no se mostró influencia de la superficie o exposición de luz del secado ($P > 0.05$).

Análisis sólidos solubles. Se llevó a cabo durante una simulación de evaluación sensorial. Se tomaron datos cada 10 minutos durante 44 minutos. Según Puerta (2011) el grano de café tostado posee aproximadamente 1.25 °Brix el cuál difiere de manera mínima al obtenido que fue 1.79 °Brix que según SCAA (2014) indica una sobreextracción, el cual se vio influenciado por el método de inmersión utilizado (Cuadro11). La SCAA indica valores de sólidos de 1.15-1.35% para America y 1.30 – 1.55% para Europa pero éste indica la taza del consumidor final y no catación. La concentración final de sólidos solubles se relacionó según la eficacia de la extracción, la fuerza de la bebida (Hannah Instruments s.f.) además el grado de tostado ya que entre más grado se utilizó, más se intensificaron las propiedades sensoriales y físico-químicas. (Oblitas *et al.* 2014). Se considera que un café con más de 1.35 ° Brix es considerada una bebida fuerte. Es el caso del café evaluado debido a que posee una mayor concentración de compuestos responsables del sabor (Ortega *et al.* 2014). Para la evaluación sensorial, los catadores utilizaron las tazas y la cantidad de café establecida por la SCAA para reducir la variación de grados brix. (SCAA 2009b).

Cuadro 11. Comparación de características entre los tratamientos de café soluble.

Tratamiento	°Brix	pH
	Media ± D.E.	Media ± D.E.
Cama Sol	1.80 ± 0.00 ^a	4.76 ± 0.04 ^a
Patio Sol	1.80 ± 0.00 ^a	4.77 ± 0.04 ^a
Cama Sombra	1.76 ± 0.09 ^a	4.74 ± 0.02 ^a
Patio Sombra	1.80 ± 0.00 ^a	4.77 ± 0.03 ^a
CV(%)	3.23	0.49

^a Promedios con la misma letra en cada columna no son estadísticamente diferentes. CV(%): Coeficiente de variación.

Evaluación sensorial. Es importante mencionar que todos los cafés evaluados son considerados especiales. De acuerdo a los resultados, los panelistas internacionales y nacionales no encontraron diferencias entre los tratamientos (Cuadro 12). Pero en promedio los panelistas internacionales asignaron mayores notas para cada tratamiento (P=0.0217). La calidad entre panelistas si es reconocida, pero los panelistas nacionales evitan sobrevalorar o subestimar la calidad del café. Al comparar las calificaciones asignadas por tratamiento por ambos panelistas, los internacionales asignaron seis notas mayores a 89 puntos, en comparación de los del CSC que solo asignaron una nota de 89 puntos. Las notas de los catadores internacionales fueron de mayor importancia debido a que son los compradores de café de la empresa. El precio del café comercial en el mercado según el CSC (2016) hasta el mes de agosto fue de \$1.41/libra. Los cafés de especialidad poseen una ventaja en el mercado ya que pueden aumentar 50% o más del precio del mercado según la nota otorgada por los panelistas.

Entre las calificaciones de los tratamientos en los catadores internacionales y nacionales no hubo diferencia significativa (P=0.175). Al comparar las calificaciones asignadas por los panelistas, las calificaciones de los catadores internacionales fueron más variables en comparación de los catadores del CSC debido a que se realizaron en diferentes países, laboratorios, días, condiciones ambientales, etc. Pero es importante mencionar que debido a que los panelistas son certificados como Q Graders, son considerados panelistas expertos que generaron un bajo coeficiente de variación.

Los tratamientos secados en sol según Parra (2016) tuvieron notas bajas en dulzura en comparación con los secados en sombra. El cambio se produjo debido a la composición de proteínas y carbohidratos que pudieron diferir según los tratamientos. La taza de secado en cama bajo sombra obtuvo mayor complejidad en fragancia y aroma debido a mayores notas a frutas maduras. El secado en patio bajo sol resultó con acidez cítrica relacionada con la producción de ácido cítrico (Barberá s.f.). Otro factor que probablemente influyó en los tratamientos secados fueron los diferentes compuestos volátiles, ocasionando una diferenciación entre aromas y sabores (Peralta 2011).

Cuadro 12. Calificaciones asignadas por los catadores a los tratamientos.

Tratamiento	Catadores Internacionales (pts)	Catadores CSC (pts)
	Media ± D.E.	Media ± D.E.
Cama Sol	87.56 ± 3.33 ^{a(x)}	85.00 ± 0.40 ^{a(x)}
Patio Sol	86.88 ± 2.02 ^{a(x)}	87.00 ± 1.50 ^{a(x)}
Cama Sombra	89.00 ± 3.95 ^{a(x)}	86.50 ± 1.08 ^{a(x)}
Patio Sombra	87.69 ± 2.24 ^{a(x)}	84.50 ± 1.68 ^{a(x)}
CV (%)	2.61	

^{x-y} Promedios con diferente letra en cada fila son estadísticamente diferentes.

^a Promedios con la misma letra en cada columna no son estadísticamente diferentes. CSC=Consejo Salvadoreño del Café.

CV(%): Coeficiente de variación.

Costos. Para la evaluación de los costos de secado por tratamiento se determinaron los recursos que se utilizaron. Se calculó basado en 18 m² que es la medida aproximada de una cama africana con capacidad de 5000 lb de café pergamino. La implementación de secado en cama bajo sombra incrementó 66% en costos al comparar con el secado en cama bajo sol, en los tratamientos de patio bajo sol aumentaron 88% en café secado en patio bajo sol (Cuadro 13). Con respecto al secado en camas, existe un diferencial únicamente del precio del plástico a utilizar en el tratamiento con sombra. Es importante tomar en cuenta que para la construcción de los patios se debe talar los árboles según el área, en cambio para la construcción de camas se puede establecer bajo los árboles. Para la construcción de camas africanas y la sombra se necesita de dos trabajadores durante dos días. Para el movimiento de los granos durante el secado se necesitó una persona durante los 14 o 29 días del secado en jornadas de 8 horas al día.

De acuerdo a los resultados obtenidos, el café secado en cama bajo sombra genera mayores costos, pero resultó con una mayor nota para los catadores internacionales lo que permite una mayor cantidad de ingresos justificando esta inversión.

Cuadro 13. Costos variables estimados de secado por tratamiento.

	Precio	Cantidad	Sol		Sombra	
			Cama	Patio	Cama	Patio
Mano de Obra (Construcción)	\$14.00	2	\$28.00	\$28.00	\$28.00	\$28.00
Mano de Obra/día	\$7.00		\$105.00	\$105.00	\$210.00	\$210.00
Malla (m)	\$7.00	6	\$42.00	-	\$42.00	-
Clavos (lb)	\$1.25	2	\$2.50	-	\$2.50	-
Plástico negro (m)	\$2.00	6	-	-	\$12.00	\$12.00
Total			\$177.50	\$133.00	\$294.50	\$250.00

4. CONCLUSIONES

- La exposición de luz (sol/sombra) produjo cambios de la luminosidad en el análisis de color y de fibra en el análisis proximal del grano oro/verde.
- A nivel sensorial no existieron diferencias entre tratamientos entre panelistas ni entre tratamientos, pero en promedio los panelistas internacionales asignaron calificaciones más altas.
- La implementación de café secado calculado para 2272 kg de café pergamino bajo sombra en cama resultó \$56.50 y en patio \$44.50 más caro que el secado expuesto al sol en ambas superficies.

5. RECOMENDACIONES

- Realizar análisis de humedad relativa, perfil de azúcares, compuestos volátiles, análisis microbiológico a mucílago, análisis sensorial más extenso y vida anaquel del grano.
- Evaluar otras alternativas para evaluar la humedad del café inicial.
- Comparar los tratamientos con diferentes variedades de café y con secado mecánico.

6. LITERATURA CITADA

- American Chemical Society, s.f. Why does your coffee taste and smell delicious?. [internet] [Consultado 2016 septiembre 27]. <https://www.acs.org/content/dam/acsorg/pressroom/reactions/infographics/why-does-your-coffee-taste-and-smell-delicious.pdf>
- Anacafé s.f. (Asociación Nacional del Café) Control de la calidad de café. [internet] [Consultado 2016 septiembre 5]. https://www.anacafe.org/glifos/index.php/Caficultura_ControlCalidad
- Ávila D. s.f. Proceso de secado [internet] [Consultado 2016 septiembre 8]. p 60. http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lim/davila_n_jr/capitulo4.pdf
- Aznar S. 2011. Determinación analítica de la cafeína en diferentes productos comerciales. [internet] [Consultado 2016 junio 19]. p 18 <http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/11148/Mem%C3%B2ria.pdf>
- Barberá P. s.f. Como catar el café. Forum del café [internet] [Consultado 2016 agosto 13]. http://www.forumdelcafe.com/pdf/F_02-Cata.pdf
- Belitz H., Grosch W., Schieberle P. 2009. Food Chemistry [internet]. [Consultado 2016 septiembre 6]. https://books.google.hn/books?id=RT_zCAAQBAJ&pg=PA876&dq=green+coffee+bean+composition&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwi4xp_yy_7OAhXG6xoKHVOFA-8Q6AEIYZAI#v=onepage&q=green%20coffee%20bean%20composition&f=false
- Bertrand B., Vaast P., Etienne H., Charmetant P. 2006. Comparison of bean biochemical composition and beverage quality of Arabica hybrids involving Sudanese-Ethiopian origins with traditional varieties at various elevations in Central America. 11 p.
- CAC s.f. (Centro Agroecológico del Café) Clasificación de defectos físicos del café. [Consultado 2016 septiembre 6]. <http://cafecol.mx/documentos/TabloideDefectos.pdf>
- CSC (Consejo Salvadoreño del Café) 2013. El cultivo del café en El Salvador. Obtenido de Consejo Salvadoreño del Café. [internet] [Consultado 2016 febrero 16]. http://www.consejocafe.org/nuevo_sitio/

Café de Colombia. 2011 Aumento del consumo de café gourmet, una tendencia a pesar de la incertidumbre económica. [internet] [Consultado 2016 septiembre 28]. http://www.cafedecolombia.com/bb-fnc-es/index.php/comments/aumento_del_consumo_de_cafe_gourmet_una_tendencia_a_pesar_de_la_incertidumb/

Café Siboney s.f. Especies: Arábica vs Robusta [internet] [Consultado 2016 junio 17]. <http://www.cafesiboney.com/loesencial/arabicavsrobusta/>

Catleya Coffee 2011. Pacamara. La historia de una joya peculiar [internet] [Consultado de 2016 Febrero 22]. <https://catleyacoffee.wordpress.com/2011/12/07/pacamara-la-historia-de-una-joya-peculiar/>

Caravela coffee 2015. Innovating for the quality of coffee. [internet] [Consultado 2016 agosto 13]. <http://www.caravela.coffee/blog/2015/1/14/innovating-for-the-quality-of-coffee>

Carle R. y Schweiggert R. 2016 Handbook on Natural Pigments in Food and Beverages. Industrial Applications for Improving Food Color. [internet] [Consultado 2016 octubre 7]. <https://books.google.hn/books?id=zIsNCgAAQBAJ&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>

Chuchuca G., Dick A., Peñafiel J. 2012. Implementación y validación de una metodología económica para la medición de color aplicada en alimentos. 96 p.

Coffee IQ s.f. Procesos del café: lavado, natural y honey. [internet] [Consultado 2016 agosto 13]. <http://www.coffeeiq.co/procesos-del-cafe-lavado-natural-y-honey/>

Córdoba N. y Guerrero J. s.f. Evaluación del pH en los procesos de fermentación de café, [internet] p334-335.

Consejo Salvadoreño del Café (CSC) 2016. Estadísticas cafetaleras. Precio “C” del contrato Spot. [internet] [Consultado 2016 septiembre 27]. http://www.consejocafe.org/nuevo_sitio/index.php?option=com_phocadownload&view=category&id=12:precios-del-cafe&Itemid=56

Díaz A. y Perdomo A. 2015. Caracterización físico-química y sensorial de dos variedades de café (*Coffea arabica*) en el occidente de Honduras. [Tesis] Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano-Honduras. 51 p.

Díaz P. s.f. Efectos de la latitud sobre la calidad de café torrefactado (*Coffea arábica* L. Var. Colombia) producido en los municipios de Buesaco y la Unión – Nariño, pertenecientes al Ecotopo E – 220 A [internet] p 58. <http://repository.unad.edu.co/bitstream/10596/2598/1/1085260903.pdf>

FAO s.f. Análisis proximales Weende. [internet] [Consultado 2016 septiembre 1]. <http://www.fao.org/docrep/field/003/AB489S/AB489S03.htm>

Farah A. s.f. Coffee constituents 2012. Institute of Food Technologists [internet] [Consultado 2016 agosto 30]. p 33. http://www.ift.org/~media/Knowledge%20Center/Publications/Books/Samples/IFTPressBook_Coffee_PreviewChapter.pdf

Federación de cafeteros de Colombia s.f. ¿Qué son los cafés especiales? [internet] [Consultado 2016 septiembre 28]. http://www.federaciondecafeteros.org/clientes/es/nuestro_cafe/cafes_especiales/que_son/

Fratello coffee 2013. The effects of coffee drying speeds at origin. [internet] [Consultado 2016 agosto 13]. <http://www.fratellocoffee.com/coffee-drying-speeds/>

Finn H. 2016. Spectrophotometric color evaluation of green coffee beans for optimal quality and consistency. [internet] [Consultado 2016 septiembre 27]. <http://www.hunterlab.com/blog/color-food-industry/spectrophotometric-color-evaluation-of-green-coffee-beans-for-optimal-quality-and-consistency/>

Ghosh P. y Venkatachalapathy N., 2014. Processing and drying of coffee. International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT) [internet] [Consultado 2016 septiembre 8]. p 788. https://www.researchgate.net/publication/269986518_Processing_and_Drying_of_Coffee_-_A_Review

Graham H. 2014. Cocoa and coffee fermentation. [internet] [Consultado 2016 septiembre 1]. P 393 https://books.google.hn/books?id=oyPOBQAAQBAJ&pg=PA393&dq=coffee+drying&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwjK1Ojwye_OAhXC4yYKHQXfAHMQ6AEIPDAD#v=onepage&q=coffee%20drying&f=false

Griffin M. 2006.a Coffee drying. Coffee Research Institute [internet] [Consultado 2016 febrero 22]. <http://www.coffeeresearch.org/agriculture/drying.htm>

Griffin M. 2006.b Coffee drying. Other machinery for drying coffee. Coffee Research Institute [internet] [Consultado 2016 agosto 12]. <http://www.coffeeresearch.org/agriculture/drying.htm>

Gómez J. s.f. Fermentación del café. Academia. [internet] [Consultado 2016 septiembre 8]. https://www.academia.edu/9550138/Fermentacion_del_cafe

Hannah Instruments. The role of total dissolved solids in coffee. [internet] [Consultado 2016 septiembre 29]. <http://blog.hannainst.com/the-role-of-total-dissolved-solids-in-coffee/>

Instituto Hondureño del Café 2004a. Requisitos de calidad del café para su comercialización nacional e internacional. p 6.

Instituto Hondureño del Café 2004b. Requisitos de calidad del café para su comercialización nacional e internacional. p 4-6.

Kingston L. 2015. How to make coffee, The science behind the bean. p 46.

Konica Minolta Sensing s.f. Entendiendo el espacio del color CIE L*a*b*, [internet] [Consultado 2016 septiembre 27]
<http://sensing.konicaminolta.com.mx/2014/09/entendiendo-el-espacio-de-color-cie-lab/>

Martins S., Jongen W. y van Boekel M. 2001. A review of Maillard reaction in food and implications to kinetic modelling. [internet] [Consultado 2016 septiembre 8]. p 1.
<http://ucanr.edu/datastoreFiles/608-648.pdf>

MIG (Ministerio de Agricultura y Ganadería) 2010. Manual de buenas prácticas de manufactura en el beneficiado de Bio café oro de Tarrazú, S.A. [internet] [Consultado 2016 septiembre 8]. p 14-17.
http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual/bibliotecavirtual/a00205.pdf

Oblitas S., Brizuela L., Montilla G., Bianco H., López A. 2014. Evaluación de las características físico-químicas de calidad del café verde y molido. [internet] [Consultado 2016 Septiembre 8]. p 7.
<http://www.postgradovipi.50webs.com/archivos/agrollania/2014/agro1.pdf>

Ortega J., Caballero L., Maldonado L. 2014. Evaluación del rendimiento de la extracción de café tostado molido comercial. [internet]. [Consultado 2016 septiembre 6] p 43.
http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:QrT4RLRzJOsJ:ojs.unipamplona.edu.co/ojs_viceinves/index.php/ALIMEN/article/download/923/649+&cd=7&hl=es-419&ct=clnk&gl=hn

Parra J. 2016. Experimento secado Finca Santa Rosa, Chalatenango. 1 p [Evaluación sensorial]

Peralta A. 2011. Revisión del estudio de volátiles en café (*Coffea arabica*) por microextracción en fase sólida. [internet]. [Consultado 2016 septiembre 8]. p 1.
<http://alimentos hoy.acta.org.co/index.php/hoy/article/viewFile/55/53>

Preedy V. 2014. Coffee in health and disease prevention. Department of Food Science, University of Guelph.[internet]. [Consultado 2016 septiembre 1] p 247.
<https://books.google.hn/books?id=cFECBAAAQBAJ&pg=PA247&dq=agtron+coffee+scale&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwjfq4a4w-7OAhXB6iYKHaaICr4Q6AEIHTAA#v=onepage&q=agtron%20coffee%20scale&f=false>

Proctor D., s.f. Natural and solar drying. Grain storage techniques [internet] [Consultado 2016 septiembre 8]. <http://www.fao.org/docrep/t1838e/T1838E00.htm#Contents>

- Puerta G. 2008. Riesgos para la calidad y la inocuidad del café en el secado. Centro Nacional de Cafeteros de Colombia [internet] [Consultado 2016 febrero 22]. <http://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/399/1/avt0371.pdf>
- Puerta G. 2011. Composición química de una taza de café. Centro Nacional de Cafeteros de Colombia [internet]. [Consultado 2016 agosto 12]. p 2. <http://www.cenicafe.org/es/publications/avt04142.pdf>
- Puerta G. 2012. Factores, procesos y controles en la fermentación de café. Centro Nacional de Cafeteros de Colombia [internet]. [Consultado 2016 agosto 12] 12 p. <http://www.cenicafe.org/es/publications/avt0422.pdf>
- Puerta G. 2013. Cinética química de la fermentación del mucílago de café a temperatura ambiente. Centro Nacional de Cafeteros de Colombia [internet]. [Consultado 2016 octubre 27] 18 p. [http://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/525/1/arc064\(01\)42-59.pdf](http://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/525/1/arc064(01)42-59.pdf)
- Puerta G., Mejía J., Betancur G. 2012 Microbiología de la fermentación del mucílago de café según su madurez y selección. Centro Nacional de Cafeteros de Colombia [internet]. [Consultado 2016 octubre 6] 21 p. [http://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/536/1/arc063\(02\)58-78.pdf](http://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/536/1/arc063(02)58-78.pdf)
- Rhinehart R. 2009. What is specialty coffee?. Specialty Coffee Association of America. [internet] [Consultado 2016 febrero 15]. <http://scaa.org/?page=RicArtp2>
- Rojas K. 2009. Caracterización de cafés (*Coffea arabica*) en los departamentos de Comayagua, El Paraíso, La Paz y Ocotepeque. Biblioteca digital. [Tesis] Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano-Honduras. 42 p.
- Ruiz A. 2015. Mitos sobre el mejor secado del café especial: al sol ó en equipos mecánicos. Obtenido de Don Ruiz Coffee Shop [internet] [Consultado 2016 febrero 23]. <http://www.donruizstore.com/blog/mitos-sobre-el-mejor-secado-del-cafe-especial-al-sol-o-en-equipos-mecanicos>
- SCAA (Specialty Coffee Association of America) 2009a. SCAA Protocols, Grading Green Coffee [internet]. [Consultado 2016 junio 17]. <http://www.scaa.org/PDF/resources/grading-green-coffee.pdf>
- SCAA (Specialty Coffee Association of America) 2009b. SCAA Protocols, Cupping [internet]. [Consultado 2016 junio 17]. <http://www.scaa.org/PDF/resources/grading-green-coffee.pdf>
- SCAA SCAA (Specialty Coffee Association of America) 2014. Uniformity of Extraction Evaluation Procedure. [internet] [Consultado 2016 de octubre 27] <https://www.scaa.org/PDF/SCAA-Uniformity-of-Extraction-Procedure.pdf>

SCL (Specialty Coffee Lab) 2010. Instrumentos para Laboratorio de Café, Té, Cocoa y la Industria Agrícola [internet]. [Consultado 2016 junio 19]. <http://specialtycoffeelab.homestead.com/SINARAP6060spanish.html>

Utah University s.f. Temperature-Moisture Relationship. [internet] [Consultado 2016 octubre 27] http://ocw.usu.edu/Forest__Range__and__Wildlife_Sciences/Wildland_Fire_Management__and__Planning/Unit_4__Temperature-Moisture_Relationship_4.html

Valencia F. s.f. Cafés Especiales. [internet] [Consultado 2016 septiembre 20]. p 234 <http://www.cenicafe.org/es/documents/LibroSistemasProduccionCapitulo10.pdf>

Wilson P. y Bloom H. 2016. Caffeine consumption and cardiovascular risks: little cause for concern. [internet] [Consultado 2016 septiembre 8]. <http://jaha.ahajournals.org/content/5/1/e003089.full>

World Coffee Research 2016. Las variedades de café de Mesoamérica y del Caribe [internet]. [Consultado 2016 julio 20]. varieties.worldcoffeeresearch.org

7. ANEXOS

Anexo 1. Grados brix y pH del café al inicio y final de la fermentación.

#Muestra	°Brix		pH	
	Inicial ± D.E.	Final ± D.E.	Inicial ± D.E.	Final ± D.E.
1	22.30 ± 0.57 ^{a(x)}	11.00 ± 1.00 ^{a(y)}	6.14 ± 0.00 ^{a(x)}	4.69 ± 0.02 ^{a(y)}
2	22.67 ± 0.57 ^{a(x)}	14.00 ± 1.00 ^{a(y)}	6.08 ± 0.01 ^{a(x)}	4.79 ± 0.03 ^{a(y)}
3	22.67 ± 1.15 ^{a(x)}	11.66 ± 0.57 ^{a(y)}	6.14 ± 0.03 ^{a(x)}	4.63 ± 0.70 ^{a(y)}
4	22.00 ± 1.73 ^{a(x)}	15.33 ± 1.15 ^{a(y)}	6.08 ± 0.01 ^{a(x)}	4.70 ± 0.41 ^{a(y)}
5	21.33 ± 0.57 ^{a(x)}	11.33 ± 0.57 ^{a(y)}	6.05 ± 0.02 ^{a(x)}	4.60 ± 0.15 ^{a(y)}
6	23.33 ± 0.57 ^{a(x)}	11.67 ± 0.57 ^{a(y)}	6.12 ± 0.02 ^{a(x)}	4.60 ± 0.18 ^{a(y)}
7	23.00 ± 1.00 ^{a(x)}	13.33 ± 0.57 ^{a(y)}	6.10 ± 0.01 ^{a(x)}	4.57 ± 0.12 ^{a(y)}
8	23.33 ± 1.52 ^{a(x)}	11.00 ± 0.00 ^{a(y)}	6.11 ± 0.01 ^{a(x)}	4.58 ± 0.12 ^{a(y)}
9	22.33 ± 0.57 ^{a(x)}	11.67 ± 0.57 ^{a(y)}	6.10 ± 0.02 ^{a(x)}	4.68 ± 0.13 ^{a(y)}
10	23.00 ± 1.00 ^{a(x)}	13.33 ± 0.57 ^{a(y)}	6.09 ± 0.01 ^{a(x)}	3.19 ± 0.02 ^{a(y)}
11	22.00 ± 1.73 ^{a(x)}	12.67 ± 0.57 ^{a(y)}	6.12 ± 0.04 ^{a(x)}	4.71 ± 0.03 ^{a(y)}
12	23.00 ± 1.00 ^{a(x)}	11.67 ± 0.57 ^{a(y)}	6.11 ± 0.02 ^{a(x)}	4.67 ± 0.07 ^{a(y)}
13	21.67 ± 2.08 ^{a(x)}	12.00 ± 0.00 ^{a(y)}	6.09 ± 0.01 ^{a(x)}	4.78 ± 0.08 ^{a(y)}
14	22.67 ± 0.57 ^{a(x)}	11.67 ± 0.57 ^{a(y)}	6.06 ± 0.02 ^{a(x)}	4.67 ± 0.19 ^{a(y)}
15	22.00 ± 1.00 ^{a(x)}	12.67 ± 0.57 ^{a(y)}	6.11 ± 0.02 ^{a(x)}	4.65 ± 0.19 ^{a(y)}
16	22.33 ± 0.57 ^{a(x)}	12.67 ± 1.15 ^{a(y)}	6.11 ± 0.03 ^{a(x)}	4.57 ± 0.02 ^{a(y)}
17	22.00 ± 1.00 ^{a(x)}	11.67 ± 0.57 ^{a(y)}	6.12 ± 0.02 ^{a(x)}	4.67 ± 0.09 ^{a(y)}
Promedio	22.45 ± 1.08 ^{a(x)}	12.31 ± 1.30 ^{a(y)}	6.10 ± 0.03 ^{a(x)}	4.66 ± 0.11 ^{a(y)}

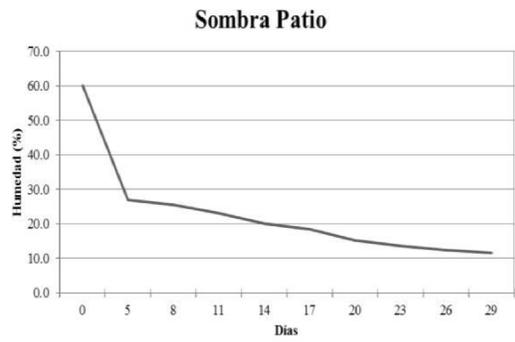
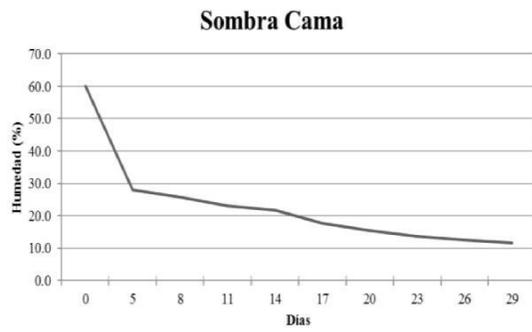
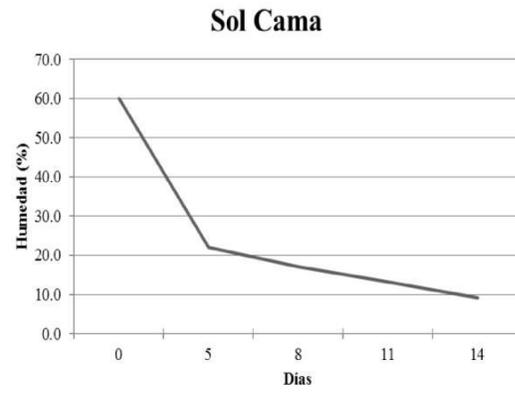
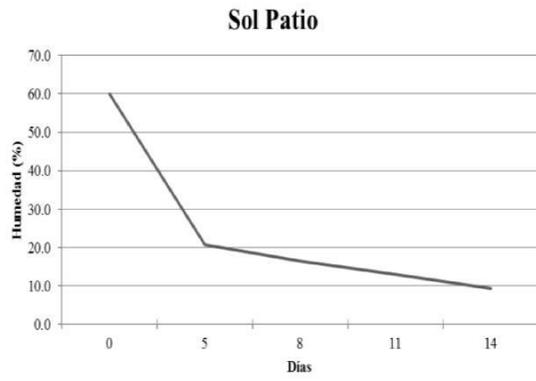
^{a-b} Los promedios seguidos con la misma letra en la columna no son estadísticamente diferentes.

^{x-y} Los promedios seguidos con diferente letra en la fila son estadísticamente diferentes.

Anexo 2. Conteo de defectos de café oro/verde en la categoría dos.

Tratamiento	Granos quebrados	Granos inmaduros	Granos concha	Granos blancos	Granos brocados	Granos negros
Cama Sol	23	3	1	1	-	-
Patio Sol	20	3	-	-	1	-
Cama Sombra	16	1	2	6	1	-
Patio Sombra	37	2	-	6	-	2

Anexo 3. Curvas de secado para cada tratamiento.



Anexo 4. Tabla de clasificación de defectos físicos del café.





Clasificación de defectos físicos del café SCAA / NMX-F-162-SCFI-2008

<p>1.- Grano Negro (Full Black)</p> <p>Descripción Física: Los granos negros se distinguen por su oscuro color opaco.</p>	<p>2.- Grano Agrio (Full Sour)</p> <p>Descripción Física: Los granos agrios se reconocen por su color amarillo pálido, amarillo intenso, carmelita o rojo. Generalmente el embolón* (ver foto) dentro del grano se nota negro. Si el grano se suspa o corta, este libera un olor agrio similar al vinagre. Una vez tostado y molido, un solo grano agrio puede contaminar una jara entera de café.</p>	<p>3.- Cereza seca (Dried Cherry or Pod)</p> <p>Descripción Física: La pulpa seca generalmente cubre parte o todo el pergamino, algunas veces con la presencia de manchas blancas, que son signo de formación de hongos que afectan la taza y el aspecto del café verde.</p>
<p>4.- Daño por Hongos, Cadenillo (Fungus Damage)</p> <p>Descripción Física: El grano afectado por hongos o Cadenillo como se le conoce comúnmente, se reconocen por las manchas de color amarillo - rojo cubiertas de un polvillo, que van creciendo en tamaño hasta cubrir completamente el grano. El grano afectado por hongos libera esporas que pueden contaminar otros granos.</p>	<p>5.- Materia Extraña, Impurezas (Foreign Matter)</p> <p>Descripción Física: La Materia extraña incluye todo objeto no originario del café encontrado en el café verde tal como piedras, palos, clavos, etc. Que le dan al café verde un mal aspecto y evidencian una pobre selección y clasificación. El material extraño puede dañar costosos equipos, principalmente los molinos de café.</p>	<p>6.- Grano Brocado o severo (Berry Borer)</p> <p>Descripción Física: Grano brocado, como se le conoce comúnmente, se distingue por las pequeñas y oscuras perforaciones de 0,1 a 0,5 mm en diámetro. Estos granos presentan ataques severos de tres o más perforaciones.</p>
<p>7.- Grano Negro Parcial (Partial Black)</p> <p>Descripción Física: Los granos negros parcial se distinguen por contener una parte oscura cobro opaco.</p>	<p>8.- Grano Agrio Parcial (Partial Sour)</p> <p>Descripción Física: Los granos agrios parcial se reconocen por tener una parte color amarillo pálido, amarillo intenso, carmelita o rojo.</p>	<p>9.- Pergamino (Parchment)</p> <p>Descripción Física: Son granos cubiertos parcial o totalmente por el pergamino.</p>
<p>10.- Flotador (Floater)</p> <p>Descripción Física: Los granos flotadores, son extremadamente blancos y decolorados que dan al café verde una apariencia desigual. Si hay alguna duda, coloque los granos en agua - flotan!</p>	<p>11.- Grano Inmaduro, Grano Verde - "Quaker" (en café tostado) (Immature Bean - Quaker (when roasted))</p> <p>Descripción Física: Los granos inmaduros se reconocen por su tamaño pequeño, de baja densidad, de forma cóncava y con bordes afilados. La tradicional película plateada o tegumento es generalmente de color pálido amarillento o verdoso y firmemente adherida al grano.</p>	<p>12.- Grano Avenado, Grano Arrugado (Withered Bean)</p> <p>Descripción Física: Los granos avenados son generalmente pequeños, de baja densidad, malformados y de superficie arrugada.</p>
<p>13.- Grano Partido, Mordido o Cortado (Broken, Chipped, Cut)</p> <p>Descripción Física: Los granos mordidos o cortados generalmente presentan una coloración roja oscura, debido a una oxidación del área cortada durante el proceso de desulpado. Esta cortada puede ser inicio de actividad bacteriana, fermentaciones y formación de hongos, resultando en una amplia gama de sabores defectuosos en taza. Los granos partidos o cortados por la máquina trilladora son fragmentos de granos limpios sin presencia de oxidaciones.</p>	<p>14.- Cáscara o Pulpa (Parchment)</p> <p>Descripción Física: La cáscara o pulpa, son fragmentos secos de cereza, de color rojo oscuro.</p>	<p>15.- Concha (Shell)</p> <p>Descripción Física: Las conchas son granos malformados que consisten de dos partes, que por fricción o golpes generalmente se separan. La parte externa tiene la forma de una concha de mar y la parte interna tiene forma cónica o cilíndrica.</p>
<p>16.- Grano Brocado leve (Berry Borer)</p> <p>Descripción Física: Grano Brocado leve, como se le conoce comúnmente, se distingue por las pequeñas y oscuras perforaciones de 0,1 a 0,5 mm en diámetro. Puede contener hasta 2 perforaciones.</p>	<p>17.- Veteado (Mottled bean)</p> <p>Descripción Física: Grano con vetas blancas de color irregular, verdoso o amarillento. Ocurre habitualmente por mal secado desigual o reblandecimiento del grano después del proceso de secado, secado desigual o por mal almacenamiento.</p>	<p>18.- Ambar</p> <p>Descripción Física: Grano liso color amarillento, generalmente semitransparente, causado por cereza pasada de madura y por condiciones de suelo pobres en hierro y alto en ph.</p>
<p>19.- Esponjoso (Faded vein)</p> <p>Descripción Física: Café blanqueado de cereza vieja, mal almacenado o por mal secado.</p>	<p>20.- Blanqueado</p> <p>Descripción Física: Grano con decoloración de la superficie debido a bacterias del género <i>Coccus</i> durante el almacenamiento o transporte, asociado con cultivo viejo.</p>	<p>21.- Fogueado</p> <p>Descripción Física: Grano de coloración blanca, producto del secado a altas temperaturas. Generalmente el embolón está muerto, notándose con un punto negro.</p>

Anexo 5. Valores del ángulo de matiz (Hue) y Croma para café oro/verde.

Tratamiento	H°	Croma
Cama Sol	97.90±4.90 ^a	15.80±3.70 ^b
Patio Sol	97.60±4.90 ^a	17.40±3.40 ^a
Cama Sombra	97.20±12.88 ^a	18.73±3.78 ^a
Patio Sombra	99.90±4.20 ^a	17.40±3.40 ^a
Coefficiente de variación (%)	7.73	20.71

Anexo 6. Valores del ángulo de matiz (Hue) y Croma para café tostado

Tratamiento	H°	Croma
Cama Sol	78.96±10.00 ^a	16.27±3.97 ^a
Patio Sol	68.52±8.86 ^a	13.05±3.63 ^a
Cama Sombra	72.69±9.34 ^a	13.98±3.34 ^a
Patio Sombra	71.09±4.21 ^a	10.80±3.19 ^a
Coefficiente de variación (%)	11.56	26.23

Anexo 7. Tabla Color Track, Coffee Color Selector.

ColorTrack Coffee Color Selector

COFFEE LABORATORY

				
				
ColorTrack - 30 Agtron - N/A LaB* - L:58, a:-2, B:14	ColorTrack - 15 Agtron - 80 LaB* - L:57, a:8, B:16	ColorTrack - 30 Agtron - 70-60 LaB* - L:42, a:5, B:15	ColorTrack - 50 Agtron - 50-55 LaB* - L:37, a:5, B:13	ColorTrack - 55 Agtron - 45-50 LaB* - L:31, a:4, B:9
				
				
ColorTrack - 60 Agtron - 40-45 LaB* - L:29, a:3, B:8	ColorTrack - 65 Agtron - 40-35 LaB* - L:32, a:3, B:8	ColorTrack - 70 Agtron - 35-30 LaB* - L:20, a:0, B:4	ColorTrack - 75 Agtron - 30-25 LaB* - L:18, a:0, B:4	ColorTrack - 80 Agtron - 25-15 LaB* - L:6, a:-2, B:3

Anexo 8. Tratamientos de secado en sombra y sol

