



## Efecto de la altitud en la calidad del café (*Coffea arabica* L.): comparación entre secado mecánico y tradicional

### Effect of altitude on coffee (*Coffea arabica* L.) quality: comparison between mechanical and traditional drying

Guevara-Sánchez, Maricely<sup>1,\*</sup>; Bernales del Águila, Carlos Ivan<sup>1</sup>; Saavedra-Ramírez, Jorge<sup>2</sup>; Owaki-López, Johnny Jakson<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Asociación de productores Selva Nor Oriental-Aproselvanor.

<sup>2</sup> Universidad Nacional de San Martín-UNSM.

<sup>3</sup> Programa Nacional de Innovación Agraria-PNIA.

Received May 7, 2019. Accepted November 17, 2019.

#### Resumen

El café es una de las bebidas de mayor consumo en el mundo entero. El proceso de secado para el almacenamiento de los granos de café es determinante para las características físicas y sensoriales del producto final. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de dos tipos de secado (mecánico y tradicional) en cinco altitudes sobre la calidad del café. La investigación se realizó en el valle del Alto Mayo, región San Martín, Perú. Se seleccionaron cinco fincas a diferentes altitudes (873, 1079, 1248, 1348, 1430 m.s.n.m.). El prototipo utilizado funciona mediante un sistema de túneles de calor térmico, construido con un mica solar y calaminas. Fueron extraídas 150 muestras de 1 kg cada una. Las variables evaluadas fueron las características físicas y organolépticas del grano seco y el número de días de secado. Los resultados mostraron que no existieron diferencias significativas para ningún parámetro evaluado entre las altitudes seleccionadas. No obstante, existieron diferencias significativas para los parámetros de humedad y grano de primera categoría donde el secado mecánico fue superior. También, para el caso de la calidad organoléptica, el secado mecánico se presentó como mejor opción, indicando que su uso puede optimizar la calidad organoléptica del café.

**Palabras clave:** secador solar; pos-cosecha; arábica; San Martín; paneles solares.

#### Abstract

Coffee is one of the most widely consumed beverages in the whole world. The drying process for the storage of coffee beans is decisive for the physical and sensory characteristics of the final product. The objective of this study was to evaluate the effect of two types of dryers (mechanical and traditional) at five altitudes on coffee quality. The research was conducted in the Alto Mayo valley, San Martín region, Peru. Five farms were selected at different altitudes (873, 1079, 1248, 1348, 1430 m.a.s.l.). The prototype used works through a system of thermal heat tunnels, built with solar mica and calamine. 150 samples of 1 kg were extracted. The variables evaluated were the physical and organoleptic characteristics of the dry grain, as well as the number of drying days. The results showed that there were no significant differences for any parameter evaluated between the selected altitudes. However, there were significant differences for the parameters of humidity and amount of first category grain, where mechanical drying was superior. Also, in the case of organoleptic quality, mechanical drying was presented as the best option, indicating that its use can optimize the organoleptic quality of coffee.

**Keywords:** solar dryer; post-harvest; Arabica; San Martín; solar panels.

#### 1. Introducción

El café es una de las bebidas no alcohólicas de más amplio uso y mayor distribución en el mundo entero (Haile y Hee Kan, 2019). Perú es uno de los principales países exportadores de café (ICO, 2018), debido a

que sus diferentes pisos altitudinales, el clima y la calidad del suelo crean condiciones favorables para la producción de café de alta calidad. Los cafés especiales con altos niveles de exigencia en taza (>84 puntos) cada vez son más requeridos en el

#### How to cite this article:

Guevara-Sánchez, M.; Bernales, C.; Saavedra-Ramírez, J.; Owaki-López, J. 2019. Efecto de la altitud en la calidad del café (*Coffea arabica* L.): comparación entre secado mecánico y tradicional. *Scientia Agropecuaria* 10(4): 505-510.

\* Corresponding author

E-mail: [aproselvanor@hotmail.com](mailto:aproselvanor@hotmail.com) (M. Guevara-Sánchez).

© 2019 All rights reserved

DOI: [10.17268/sci.agropecu.2019.04.07](https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2019.04.07)

mercado mundial. Por ello, el proceso de producción a nivel de fincas debe cumplir con los requerimientos mínimos exigidos tales como: variedad, altitud, cosecha y post cosecha (despulpado, fermentado, lavado, secado, almacenado y transporte) (Tolessa *et al.*, 2019). Además, la calidad del café está asociada directamente a la altitud ya que pueden exhibir puntos de taza por encima de los 88 puntos como fue demostrado por Ramos *et al.* (2016), por lo que la altitud es un factor clave a considerar.

Si bien es cierto que todas las actividades del procesamiento del café son muy importantes, en Perú existen otras que aún no se han desarrollado adecuadamente por falta de innovación tecnológica como es el caso del secado. El secado es un proceso por el cual el grano se deshidrata para evitar su deterioro y, por tanto, conservar su calidad durante el almacenamiento (Zactiti *et al.*, 2004; Ventura-Cruz *et al.*, 2019). Es considerado como una etapa crítica que requiere control, ya que es determinante para la calidad organoléptica de la bebida por su repercusión directa en la calidad sensorial (Borém *et al.*, 2014; Tolessa *et al.*, 2018; Ventura-Cruz *et al.*, 2019).

El contenido de humedad de la cereza del café está entre el 50 y el 60% del peso total, dependiendo del tipo de fruto y sus condiciones. Las cerezas ya secas, contienen entre 15 y 25% de humedad. Para que el grano de café pueda ser almacenado, y posteriormente comercializado, se recomienda una humedad entre 10,5 a 12%. Por encima del 12,5% de humedad existe riesgo de deterioro microbiológico, daño físico y pérdida de calidad de la bebida (Puerta, 2006). De manera que el principal factor que influye en la calidad del café almacenado es la humedad. El secado del café depende, entre otros factores, de las condiciones ambientales predominantes durante el proceso. En climas tropicales, debido a las constantes lluvias, se deteriora hasta el 50% durante la época de cosecha. Esto disminuye el valor del mercado y genera pérdidas económicas para el productor. Por eso, el secado es una etapa crítica que requiere control. Además, La tendencia de alza de precios de los combustibles fósiles y la incertidumbre acerca de su futura disponibilidad, contribuyen a que el secado solar de productos agrícolas se convierta en una alternativa más rentable y eficiente, siendo además una energía limpia que no contamina el medio ambiente (Fudholi *et al.*, 2018). Las principales ventajas de un secador solar son: bajo costo de instalación, estructura

simple y adaptabilidad a casi cualquier tipo de ambiente (Siagian *et al.*, 2018). El secador solar para café puede proporcionar estas ventajas y, a su vez, mejorar el proceso de secado contribuyendo al incremento de la calidad del producto final (Henaó, 2015).

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de dos tipos de secado (mecánico y tradicional) en cinco altitudes sobre la calidad del café en el valle del Alto Mayo, departamento de San Martín.

## 2. Materiales y métodos

### Área de estudio

El departamento de San Martín se encuentra en la zona septentrional-central de Perú, en territorio esencialmente de selva alta. La fisiografía irregular de la región da como resultado la presencia de condiciones climáticas heterogéneas que varían principalmente con la altitud, la precipitación y la época del año. La zona de Alto Mayo se ubica en sectores de colinas altas donde el clima es ligeramente húmedo y semi-cálido con una temperatura promedio anual de 24°C y precipitaciones que sobrepasan los 1500 mm/año (UNODC, 2014).

La investigación se desarrolló en cinco fincas localizadas en las provincias de Moyobamba, Rioja y Lamas, Departamento de San Martín (Tabla 1).

**Tabla 1**  
Fincas seleccionadas y altitudes en m.s.n.m.

FINCA	ALTITUD (m.s.n.m.)
Soritor	873
Cordillera Andina	1079
Creación 2000	1248
La Victoria	1348
La Primavera	1430

### Metodología

La recolección de café en cerezo fue realizada por medio de cosecha selectiva, en las cinco fincas seleccionadas. Los cafés vanos se descartaron por rebalse. El café se despulpó en despulpadora limpia y calibrada y, posteriormente, se dejó fermentar por un periodo de 18 horas. Se realizó el lavado, eliminando el mucilago y la melaza. Se obtuvieron 204,7 kg. granos de café pergamino por finca, los cuales fueron divididos en subparcelas y sometidos a dos tipos de secado: mecánico y tradicional.

El secado mecánico fue realizado en base a un prototipo de secador solar (Figura 1) construido para optimizar el proceso de secado. El prototipo de túnel de secado tipo invernadero fue construido con madera, calamina poli carbonada transparente, malla metálica, clavos y focos para generar calor en el interior del túnel.

El sistema además contó con un panel solar, baterías secas, cables, convertidor, sensor de humedad y temperatura y un medidor de humedad en grano. Las dimensiones fueron de 4,56 m. de ancho y 8,00 m. de largo, con un área total de 36,48 m<sup>2</sup>. Las bandejas de secado fueron distribuidas en tres líneas y dos niveles. Cada bandeja de secado fue de 1 m<sup>2</sup> y contó con malla reforzada como soporte para el grano de café. Este sistema de generación de calor proviene de la captación de la energía solar. Se usó un convertidor de energía y un sistema de baterías para su almacenamiento. Esta energía fue utilizada durante la noche para el funcionamiento de los focos que generaban calor en el interior del túnel de secado.



**Figura 1.** Prototipo de secado de café utilizando energía fotovoltaica.

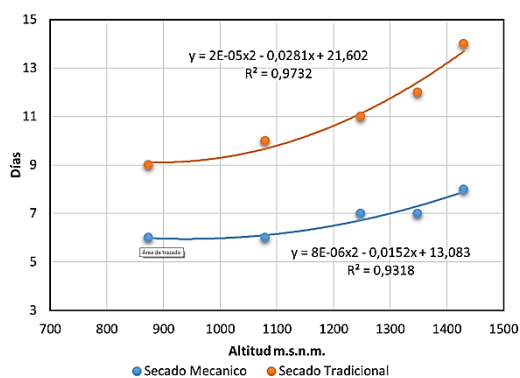
Por otro lado, el secado tradicional consistía en disponer los granos de café húmedos encima de sacos de propileno de primer uso y exponerlos al sol con remociones cada hora hasta lograr el grado de humedad requerido por el comprador.

Se tomaron 15 muestras de granos de café secados en el secado de forma mecánica (prototipo) y 15 del secado de forma tradicional, y de cada módulo por piso altitudinal, en total 150 muestras. Éstas se colocaron en bolsas herméticas transparentes, que fueron codificadas en función de su origen (productor, altitud, tipo de secado, variedad, peso). Un catador profesional evaluó las características organolépticas (sabor, fragancia, acidez, cuerpo) de cada muestra. Adicionalmente se midió la humedad en el grano seco. La calidad física del grano de café se midió con el uso de mallas de clasificación, calculando la proporción de granos de primera, segunda y tercera calidad. También se contabilizó la cantidad de días de secado para cada altitud y cada tipo de secado. Para el análisis de datos se utilizó estadística descriptiva y ANOVA.

### 3. Resultados y discusión

#### Tiempo de secado

Los resultados del tiempo de secado por sistema de secado (tradicional y mecánico) son presentados en la **Figura 2**. Donde es posible observar que para las observaciones realizadas el tiempo de secado en el sistema mecánico fue menor en comparación al sistema de secado tradicional. No obstante, fue posible observar que a medida que aumentaba la altitud de instalación del sistema, aumentaba el tiempo de secado, que puede ser explicado por las condiciones climáticas presentes en cada ecosistema en particular. Además, a medida que incrementa la altitud, la radiación incidente disminuye por lo que la transferencia de calor es menor, aumentando el tiempo de secado de los granos de café.



**Figura 2.** Relación del tiempo de secado con la altitud.

#### Calidad física

Los valores de tamaño de malla (13,14 y 15) y humedad, relacionados con la calidad del café, en dos métodos de secado, son presentados en la **Tabla 2**. Donde es posible observar que no existió diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) entre las diferentes alturas evaluadas para todas las variables físicas estudiadas. De la misma forma en Etiopia no fueron encontradas diferencias entre la calidad física del café y la altitud (Esteves y Oliveira, 1973). Así, en Minas Gerais, Brasil, Silva et al. (2013), no encontró relación entre la altitud y la calidad física del café. Para el caso del tamaño del grano de café en forma general se observaron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ), con excepción de la malla 15 donde no se presentaron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ). En forma general, los granos que pasaron por el proceso de secado mecánico tuvieron una mayor cantidad de granos que pasaron por la malla 13 y malla 14. No obstante la Specialty Coffee Association of America - SCAA (2015), indica que no se debe sobrepasar el 5% de

los granos que pasen de la malla 14, por lo que podría ser un indicador que el secado mecánico podría estar promoviendo una disminución de tamaño por mayor secado de grano. Sin embargo, para los dos casos el café estudiado cumple el requisito del SCAA (2015), por el que más del 50% de los granos pasan la malla 15, indicando que cumple con los requisitos de calidad necesarios para su exportación. Lara (2016), en Honduras, evaluó el efecto de diferentes sistemas de secado sobre la calidad de café, donde encontró que no existieron diferencias significativas pero sí sobre la humedad.

Para el caso de humedad, es posible observar que existieron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre los tratamientos observados, siendo los granos que pasaron por el tratamiento de secado mecánico, en promedio 2,68% más secos que los que fueron procesados mediante el método tradicional. Estos resultados indican que el tratamiento mediante secado mecánico fue más eficiente en secar el grano de café en comparación al método tradicional. Además, tomando en consideración los parámetros de calidad establecidos por el SCAA (2015), solo los granos que fueron secados mecánicamente cumplen, en promedio, con el estándar requerido para la exportación pues presentan menos del 13% de humedad. Además, Gonzalez *et al.* (2007) y Ventura-Cruz *et al.* (2019), indican que la calidad de grano se puede deteriorar si la humedad es mayor al 12%, porque la actividad bioquímica del café genera sabores no deseables. No obstante, Riaño-Luna (2013) estudiando el efecto de la humedad sobre la calidad organoléptica del grano de café indicó que si los granos de café con más de 13% de humedad son correctamente almacenados, la calidad organoléptica no se ve afectada.

En la **Tabla 3** se presentan los valores promedios de calidad física relacionada con el rendimiento y descarte del producto, donde es posible observar que no existen diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) entre las alturas estudiadas. Además, no existen diferencias significativas entre el rendimiento en ambos métodos, por lo que obtuvieron niveles similares de producción de cascarilla a pesar de que el método mecánico presentó una menor humedad en relación al método tradicional. Para el caso de la cantidad obtenida de grano de primera calidad (“Grano Oro”), se presentaron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) para el método de secado aplicado, siendo el método mecánico superior al método tradicional. Además, consecuentemente, el método tradicional obtuvo un mayor rendimiento de grano de segunda calidad en relación al mecánico. También en Honduras, al evaluar el rendimiento del grano en relación a dos métodos de secado no se obtuvo diferencias significativas en la calidad (Lara, 2016). De la misma forma, Henao (2015), en Colombia, utilizó diferentes métodos de secado donde observó que el método de secado mecánico fue el mejor promoviendo las características físicas del grano de café. De la misma forma, Ventura-Cruz *et al.* (2019) utilizó un nuevo sistema de secado donde redujo la cantidad de granos rechazados en más del 50%, promoviendo una mayor calidad del grano. Finalmente, para el parámetro descarte fueron observadas diferencias significativas ( $p < 0,05$ ), donde el método mecánico fue mejor para disminuir la tasa de descarte en el tratamiento post-cosecha del cultivo de café, permitiendo una mayor cantidad de grano exportable y de mayor calidad que podría mejorar los ingresos de los pequeños productores dedicados a esta actividad.

**Tabla 2**

Valores promedios y desviación estándar de las características físicas (tamaño y humedad) de calidad de café por altitud y tipo de secado aplicado en el experimento

Altitud (m.s.n.m.)	Tamaño			Humedad (%)
	Malla 15 (%)	Malla 14 (%)	Malla 13 (%)	
	-----Mecánico-----			
873	70,4±0,01	6,3±0,01	4,2±0,01	11,3±0,01
1079	70,3±0,01	6,3±0,01	4,2±0,01	11,2±0,01
1248	70,2±0,01	6,6±0,01	4,4±0,01	11,1±0,01
1348	70,7±0,01	6,5±0,01	4,4±0,01	11,3±0,01
1430	71,3±0,01	6,4±0,01	4,4±0,01	11,4±0,01
	-----Tradicional-----			
873	70,0±0,01	5,4±0,01	3,9±0,01	13,8±0,01
1079	70,7±0,01	5,3±0,01	3,8±0,01	14,2±0,01
1248	71,0±0,01	5,3±0,01	3,6±0,01	14,1±0,01
1348	70,7±0,01	5,5±0,01	3,7±0,01	13,5±0,01
1430	70,7±0,01	5,7±0,01	3,8±0,01	14,0±0,01
<i>p value</i>	ns	<0,05	<0,05	<0,05

\*ns=no significativo, valores menores a 0,05 presentaron diferencias significativas. No fueron observadas diferencias significativas entre las alturas estudiadas.

**Tabla 3**

Valores promedios y desviación estándar de las características físicas (tamaño y humedad) de calidad de café por altitud y tipo de secado aplicado en el experimento

Altitud (m.s.n.m.)	Calidad				
	Total (%)	Primera (%)	Segunda (%)	Descarte (%)	Cascarilla (%)
-----Mecánico-----					
873	80,9±0,01	70,2±0,01	3,5±0,01	7,1±0,01	19,1±0,01
1079	80,9±0,01	70,7±0,01	3,4±0,01	6,9±0,01	19,1±0,01
1248	81,2±0,01	72,3±0,01	3,0±0,01	6,0±0,01	18,8±0,01
1348	81,6±0,01	72,2±0,01	3,1±0,01	6,3±0,01	18,4±0,01
1430	82,1±0,01	73,0±0,01	2,9±0,01	6,1±0,01	17,9±0,01
-----Tradicional-----					
873	79,4±0,01	64,0±0,01	5,4±0,01	9,6±0,01	20,6±0,01
1079	79,8±0,01	64,4±0,01	4,6±0,01	9,7±0,01	20,2±0,01
1248	79,9±0,01	64,2±0,01	4,7±0,01	9,9±0,01	20,1±0,01
1348	80,0±0,01	65,7±0,01	4,4±0,01	8,7±0,01	20,0±0,01
1430	80,1±0,01	66,4±0,01	4,4±0,01	8,7±0,01	19,9±0,01
<i>p value</i>	Ns	<0,05	<0,05	<0,05	Ns

\*Ns=no significativo, valores menores a 0,05 presentaron diferencias significativas. No fueron observadas diferencias significativas entre las alturas estudiadas.

**Tabla 4**

Valores promedios y desviación estándar de las características organolépticas de Sabor, Fragancia, Acidez y Cuerpo por altitud y tipo de secado aplicado en el experimento

Altitud (m.s.n.m.)	Sabor	Fragancia	Acidez	Cuerpo
	-----Mecánico-----			
873	7,72±0,09	7,97±0,21	7,60±0,13	7,60±0,13
1079	7,75±0,01	7,83±0,12	7,63±0,12	7,60±0,13
1248	7,75±0,01	7,92±0,19	7,65±0,13	7,63±0,13
1348	7,75±0,01	8,00±0,21	7,63±0,13	7,67±0,12
1430	7,75±0,00	8,13±0,16	7,70±0,10	7,65±0,13
-----Tradicional-----				
873	7,42±0,12	7,58±0,24	7,43±0,18	7,37±0,19
1079	7,47±0,13	7,67±0,18	7,32±0,22	7,27±0,27
1248	7,50±0,09	7,72±0,21	7,43±0,18	7,43±0,22
1348	7,52±0,11	7,77±0,15	7,45±0,10	7,42±0,18
1430	7,50±0,01	7,77±0,06	7,52±0,06	7,40±0,18
<i>p value</i>	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05

\*No fueron observadas diferencias significativas ( $P>0,05$ ) entre altitudes

**Tabla 5**

Valores promedios y desviación estándar de la taza por altitud y tipo de secado aplicado en el experimento

Tipo de Secado	Altitud (m.s.n.m)				
	873*	1079	1248	1348	1430
Mecánico	83,60 <sup>a</sup> ±0,31	83,68 <sup>a</sup> ±0,23	83,73 <sup>a</sup> ±0,22	84,03 <sup>a</sup> ±0,23	84,25 <sup>a</sup> ±0,28
Tradicional	81,67 <sup>b</sup> ±1,81	81,73 <sup>b</sup> ±0,86	82,22 <sup>b</sup> ±0,69	82,25 <sup>b</sup> ±0,59	82,47 <sup>b</sup> ±0,44
<i>p value</i>	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05

\*No fueron observadas diferencias significativas ( $P>0,05$ ) entre altitudes

### Calidad organoléptica

Para la calidad organoléptica se tomaron en consideración el sabor, la fragancia, la acidez y el cuerpo del café catado por los especialistas; los valores asignados, en promedio, son presentados en la [Tabla 4](#). Para todos los parámetros evaluados no hubo diferencias significativas entre las alturas estudiadas; sin embargo, se presentaron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) para todos los parámetros evaluados entre los tipos de secado aplicados a los granos de café. El proceso de secado mecánico fue el que obtuvo los mayores valores en comparación al método tradicional, lo que favorece su mayor puntuación de taza. Además, a pesar del efecto de la humedad y otros factores físicos sobre el grano, la calidad organoléptica está directamente relacionada con la calidad de la materia prima ([Lindinger et al., 2008](#)).

Los valores promedios de puntuación de taza por altitud y tipo de secado son presentados en la [Tabla 5](#), donde no se observaron diferencias significativas entre las altitudes estudiadas ( $p > 0,05$ ); sin embargo, fueron observadas diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre el tipo de secado utilizado para el tratamiento de los granos de café. No obstante, [Lara \(2016\)](#) y [Gonzalez et al. \(2007\)](#) no encontraron diferencias significativas en relación al tipo de secado y sus características organolépticas. Estos resultados difieren con lo reportado por [Ramos et al. \(2016\)](#) en un estudio en Brasil, logro identificar que los granos de mayores altitudes tenían una mayor calidad organoléptica en comparación a los de menor altitud.

Con estos resultados, el secado de tipo mecánico se presentó un mejor desempeño con valores de hasta 2% superiores en valores de taza, indicando que el uso de esta

tecnología sería adecuada para mejorar el manejo post-cosecha del cultivo de café en comparación del uso de tecnologías tradicionales.

#### 4. Conclusiones

El café es uno de los principales commodities que exporta el Perú y su precio depende de la calidad de la taza, que está directamente afectado por los tratamientos post-cosecha, especialmente el secado. Los resultados indicaron que no existieron diferencias significativas para ningún parámetro evaluado entre las altitudes seleccionadas. No obstante, existieron diferencias significativas para los parámetros físicos de humedad y cantidad de grano de primera categoría donde el secado mecánico fue superior. También, para el caso de la calidad organoléptica, el secado mecánico se presentó como mejor opción, indicando que su uso puede optimizar la calidad organoléptica del café. Se sugiere seguir investigando los efectos de altitudes y tipos de secado, pero en diferentes variedades de café, pues existe una alta variabilidad que podría afectar el tiempo de secado y calidad de café.

#### Agradecimientos

Los autores agradecen al Programa Nacional de Innovación Agraria por la financiación del proyecto de investigación, a los socios de APROSELVANOR por las facilidades de acceso e infraestructura necesaria para la realización de este proyecto.

#### Conflicto de interés

Los autores declaran que no tienen conflictos de interés.

#### Referencias bibliográficas

Borém, F.M.; Isquierdo, E.P.; Oliveira, P.D.; Ribeiro, F.C.; Siqueira, V.C.; Taveira, J.H. 2014. Efeito da secagem intermitente e do armazenamento na qualidade de café em pergaminho. *Biosciences Journal* 30(2): 609-616

Esteves, A.; Oliveira, J. 1973. Contribution a l'étude des caractéristiques des cafés d'Angola. *Café Cacao thé* 17: 46-52.

Fudholi, A.; Ridwan, A.; Yendra, R.; Devina, A.P.; Hartono, H.; Bin Mahajar Ali, M.K.; Suyono, T.; Sopian, K. 2018. Solar Drying Technology in Indonesia: an Overview. *International Journal of Power Electronics and Drive Systems* 9(4): 1804-1813.

Gonzalez, O.; Suarez, M.; Boulanger, R.; Barel, M.; Guyot, B.; Guiraud, J.; Schorr, S. 2007. Impact of "ecological" postharvest processing on the volatile fraction of coffee beans: II. Roasted coffee. *Journal of Food Composition and Analysis* 20: 297-307.

Haile, M.; Hee-Kang, W. 2019. The role of microbes in coffee fermentation and their impact on coffee quality. *Journal of Food Quality*: 1-7.

Henoa, J. 2015. Evaluación del proceso de secado del café y su relación con las propiedades físicas, composición química y calidad en taza. Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia. 100 pp.

ICO (International Coffee Organization). 2018. Total production by all exporting countries. London: UK. Disponible en: <http://www.ico.org/prices/po-production.pdf>.

Lara, C. 2016. Efecto del proceso de secado en las características físico-químicas y sensoriales del café especial (var. Pacamara). Tesis de Pregrado, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Guatemala. 43 pp.

Lindinger, C.; Labbe, D.; Pollien, P.; Rytz, A.; Juillerat, A.; Yeretizian, C.; Blank, I. 2008. When machine tastes coffee: instrumental approach to predict the sensory profile of espresso coffee. *Analytical Chemistry* 80: 1574-1581.

Puerta, G.I. 2006. La humedad controlada del grano conserva la calidad del café. CENICAFE, Colombia. 8 pp.

Ramos, M.F.; Ribeiro, D.E.; Cirillo, M. Â.; Borém, F.M. 2016. Discrimination of the sensory quality of the *Coffea arabica* L. (cv. Yellow Bourbon) produced in different altitudes using decision trees obtained by the CHAID method. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 96(10): 3543-3551.

Riaño-Luna, C. 2013. Efecto de la humedad del café crudo en las propiedades del café tostado. *Entramado* 18: 214-222.

Siagian, P.; Napitupulu, F.H.; Setyawan, E.Y.; Siagian, L.; Napitupulu, R.A.M.; Ambarita, H. 2019. The role of microbes in coffee fermentation and their impact on coffee quality. *Journal of Food Quality*: 1-6.

Silva, S.; Lima, J.; Bottega, E. 2013. Yield mapping of arabic coffee and their relationship with plant nutritional status. *J. Soil Sci. Plant Nutr.* 13(3): 556-564.

Specialty Coffee Association. 2015. Evaluación Sensorial de Café. New York. 37 pp.

Tolessa, K.; Duchateau, L.; Boeckx, P. 2018. Analysis of coffee quality along the value chain in Jimma zone, Ethiopia. *African Journal of Agricultural Research* 13(29): 1468-1475.

UNODC. 2014. San Martín: Análisis Económico del Impacto del Desarrollo Alternativo en Relación a la Deforestación y la Actividad Cocalera. 105 pp.

Ventura-Cruz, S.; Ramírez-Segura, O.; Flores-Alamo, N.; Ramírez-Gerardo, M.; Rodríguez-Ramírez, E. 2019. Optimización de un secador industrial de lecho vibrofluidizado, para secar café (*Coffea arabica* L.). *Revista mexicana de Ingeniería Química* 18(2): 501-512.

Zactiti, E.M.; Finzer, J.R.D.; Limaverde, J.R.; Banzatto, L.L. 2004. Comparação entre sistemas de secagem de café. *Science & Engineering Journal* 13(1): 19-23.