

DESHIDRATADO DEL CAFÉ EN EL SECADOR SOLAR AUTÓNOMO Y TRADICIONAL – TARMA

DEHYDRATION OF COFFEE IN THE AUTONOMOUS AND TRADITIONAL SOLAR DRYER - TARMA

Bécquer Frauberth Camayo Lapa^{a*}, Galia Mavel Manyari Cervantes^b, Erika Amelia De La Cruz Porta^c,
Lizzeth Mariella Place Rojas^d, Marisol Gavilán Mallma^d, Miguel Ángel Quispe Solano^e

^a Facultad de Ciencias Aplicadas – Tarma / Universidad Nacional del Centro del Perú

^b Universidad Nacional Autónoma Altoandina de Tarma

^c Universidad Nacional del Centro del Perú

^d Egresada en Ingeniería Agroindustrial / Universidad Nacional del Centro del Perú

^e Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias / Universidad Nacional del Centro del Perú

* Autor corresponsal: bcamayo@uncp.edu.pe

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue determinar el efecto del método de secado de tendal (tradicional) con el método de secado solar autónomo del café de Pichanaki en su calidad química y organoléptica del café de la variedad Catimor. Para ello, se secaron los granos de café con una humedad inicial de $46.170\% \pm 0.428$, en caso del método de secado tendal los granos de café fueron tendidos de 8:00 a.m. a 5:00 p.m. condicionado a guardar por las precipitaciones y en el secado solar autónomo se realizó a 3 temperaturas de 30, 40 y 50 °C, para luego ser tostadas y molidas a fin de realizar el análisis químico y organoléptico con 3 catadores certificados por Q-Grader. Los resultados evidencian que el método de secado solar autónomo permite menores tiempos de secado y que a la temperatura de 40°C los catadores presentaron mayor preferencia en los atributos de sabor, acidez, cuerpo y fragancia. Concluyendo que, el secado solar autónomo a 40 °C, permiten obtener un café de mayor calidad organoléptica y cumple con el parámetro de control de humedad inferior al 12%, de modo que es una gran opción para el desarrollo económico, social y ambiental del lugar y los caficultores.

Palabras clave: catimor, secador indirecto, calidad organoléptica y secado tendal

ABSTRACT

The objective of the research was to determine the effect of the drying method (traditional) with the autonomous solar drying method of Pichanaki coffee on its chemical and organoleptic quality of the coffee of the Catimor variety. For this, the coffee beans were dried with an initial humidity of $46.170\% \pm 0.428$, in the case of the tendal drying method the coffee beans were laid from 8:00 a.m. at 5:00 pm conditioned to be stored due to rainfall and in the autonomous solar drying it was carried out at 3 temperatures of 30, 40 and 50 °C, to then be roasted and ground in order to carry out the chemical and organoleptic analysis with 3 certified tasters by Q-Grader. The results show that the autonomous solar drying method allows shorter drying times and that at a temperature of 40 °C the tasters showed greater preference in the attributes of flavor and fragrance. Concluding that, autonomous solar drying at 40 °C, allows to obtain a coffee of higher organoleptic quality and complies with the humidity control parameter of less than 12%, so that it is a great option for the economic, social and environmental development of the place and coffee growers.

Key Words: catimor, indirect dryer, organoleptic quality and line drying

1. INTRODUCCIÓN

El proceso de secado del café es un punto crítico de control que define la calidad del producto, permitiendo la conservación de su aspecto, valor nutritivo, a su vez evita la proliferación de microorganismos (hongos y ocratoxina A) e insectos que dañan y reducen el tiempo de vida, ello se logra disminuyendo el contenido de agua hasta niveles de equilibrio con el ambiente (Hernández-Díaz, et al., 2013). Este equilibrio según Norma Técnica Peruana esta dado con un 12% de humedad del café deshidratado.

Todo el proceso estará condicionado por la temperatura, si estas son superiores a los 65°C durante el oreado - presecado y mayor a 60°C durante el secado, dañan irreversiblemente el embrión provocando la muerte del grano, ocasionando así el ya conocido *springer*. También se ve afectado por la velocidad de aire durante el secado, características morfológicas del producto, porcentaje de humedad, actividad de agua, etc.

Existen generalmente dos formas de secado del café: natural (*tendal*) o mecánica (equipos). Sin embargo, en el Perú la carencia de innovación tecnológica hace que en su mayoría para los caficultores de zonas rurales; este proceso se realice de manera convencional “el secado natural”, que consiste en la exposición directa de granos de café a los rayos solares. Los granos de café son esparcidos habitualmente en pisos de cemento por un periodo de 8 a 15 días, removidos cada cierto tiempo hasta lograr el 12% de humedad (Quintanar y Roa, 2017). Si bien es cierto es un proceso de bajo costo y simple, ello, no permite el control de temperatura, velocidad de aire y humedad, sumado a la exposición de lluvias o cambios climáticos y a la gran exposición de agentes contaminantes (Arcila et al., 2007). Asimismo, Hernández-Díaz (2013) mencionan que el secado por *tendal* es un método que no controla la humedad final del producto, produciendo inclusive rehumidificación por el contacto con el piso, además si el porcentaje de humedad es mayor a 12%, pierde calidad e incrementa el riesgo a contaminación microbiana y si es menor a 12%, el agricultor pierde peso, por ende, reducción de utilidades.

La forma mecánica con secadores solares indirectos es otra alternativa, con mejores condiciones eliminando todo inconveniente no controlado por el secado al natural. Aquí el producto se encuentra exento a la exposición solar directa. Estos equipos poseen colectores solares que convierten los rayos solares en calor, cabina para la recepción de producto

a deshidratar, reflectores solares y para el control interior de la velocidad de aire una chimenea (Besora, n.d.). Con ello, lograríamos extender el tiempo de vida útil del producto, sin embargo, es necesario la estandarización del proceso a una temperatura adecuada de secado en estos equipos, de modo que conserve sus atributos sensoriales y nutricionales (Hernández-Díaz, 2013),

Diversas investigaciones se vienen realizando en métodos de secado, por ejemplo: Quintanar y Roa (2017) evaluaron térmica y financieramente la reducción de humedad de granos de café verde en un deshidratador solar tipo *invernadero*, Alanya (2018) deshidrataron a 46°C muestras de pulpas de café en un secador convectivo, Guevara-Sánchez et al. (2019) secaron granos de café en un equipo túnel tipo *invernadero*, Prada et al. (2019) desarrollaron un secador solar tipo *invernadero* con sistema de flujo de aire inducido por energía fotovoltaica también en San Martín y Torres-Valenzuela, et al. (2019) investigaron las condiciones de secado de pulpa de café, modelizaron la ecuación matemática y evaluaron el efecto en sus características fisicoquímicas.

Por todo lo expuesto, la investigación tiene como objetivo: determinar el efecto del método de secado de *tendal* (tradicional) con el método de secado solar autónomo del café de Pichanaki en sus calidad química y organoléptica del café de la variedad *catimor*.

2. METODOLOGÍA

Materia prima y lugar de ejecución

Los granos de café *pergamino* de la variedad *Catimor* fueron adquiridos de comerciantes de la provincia de Satipo (11°15'15" de latitud Sur y 74°38'17" de longitud Oeste), Departamento de Junín, Perú, está ubicado a 631 m.s.n.m. y es uno de los mayores productores de café. Su clima es tropical (temperatura promedio de 24,1°C), con la mayoría de los meses marcados por lluvias (precipitación promedio de 1652 mm). El secado de café y los análisis experimentales fueron llevados a cabo en los laboratorios de la Escuela Profesional Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional del Centro del Perú (UNCP), Filial Tarma.

Método tradicional (tendal)

Se secaron 5 kg de granos café *pergamino* de la variedad *Catimor* expuestos directamente al sol,

tendidos en tolderas de primer uso y removidos suavemente cada 60 minutos con rastrillo de madera, evitando quitar la cáscara del grano, debido que perjudica la calidad del producto (Guevara-Sánchez et al., 2019). Las muestras fueron expuestas al sol de 8:00 a.m. a 5:00 p.m., guardadas durante la noche y ante la presencia de lluvias hasta alcanzar un porcentaje de humedad entre 10% a 12%.

Método de secado solar autónomo

Se secaron 15 kg de granos de café pergamino de la variedad Catimor en el secador solar autónomo indirecto (figura 1) a diferentes temperaturas de secado (30°C, 40°C y 50°C). Para ello, se fraccionaron cada 5 kg de granos de café por cada temperatura de secado. Las muestras fueron secadas hasta alcanzar un porcentaje de humedad entre 10% a 12%.

Secador solar autónomo indirecto

El secador solar autónomo indirecto, tiene por finalidad la optimización del proceso de secado de productos agropecuarios. Es un equipo conformado por tres elementos que están separados: el colector solar, la cabina de secado del producto y el sistema de control.

El colector solar cuenta con dos reflectores planos que son espejos planos y forman el sistema de captación térmica. Se encargan de capturar la radiación solar y transformarla en energía térmica (calor) mediante la conversión de la radiación solar incidente global en calor obtenida de los dos reflectores planos, este calor calienta el aire que se encuentra dentro del colector solar.

Figura 1

Secador solar autónomo indirecto de la Facultad de Ciencias Aplicadas de la Universidad Nacional del Centro del Perú – Filial Tarma



En la cabina de secado no incide la radiación solar, el aire caliente proveniente del colector solar pasa a la cabina de secado lugar donde se encuentra el producto, ello también, cuenta con sensores de temperatura, humedad, peso y 3 ventiladoras que funcionan con la tercera parte del sistema de control. La cabina de secado permite secar hasta 20 kg de producto y cuenta con un sistema de ventilación incorporado (3 ventiladores), sensores de humedad, peso, ambos monitoreados por medio de un display electrónico acoplado al secador. A través del display, un sistema permite manipular la temperatura en la cabina de secado, de acuerdo con la temperatura de secado requerida, para cada producto según las normas técnicas de calidad. Esta programación de temperatura tiene un rango de 20,0°C a 70,0°C. Todos estos sistemas funcionan a través de un panel fotovoltaico instalado en un lateral del secador Figura 2.

Figura 2

Parte posterior del secador solar autónomo indirecto de la Facultad de Ciencias Aplicadas de la Universidad Nacional del Centro del Perú – Filial Tarma



El sistema de control consta con energía almacenada en una batería proveniente de la energía fotovoltaica producida por el panel solar y para los controles cuenta con un tablero de control. Esta alternativa energética depende de la radiación solar para calentar el aire y dar electricidad solar a los controles por lo que se dice que es autónomo.

Para tener control del sistema, una placa del circuito de control fue diseñado e implementado mediante el software Proteus (Versión 8.9, Inglaterra).

Además, fueron instalados de sensores en la cabina de secado, en la chimenea y en el colector solar. Cuanta con un algoritmo que registra en tiempo real el peso del producto, la temperatura de cabina y humedad del producto en el display.

2.5 Calidad química de los granos de café secados por dos métodos:

Se determinó mediante el contenido de humedad por el método de capacitancia de acuerdo a la NTP-ISO 1446:2017 (IICA, 2010).

2.6 Calidad organoléptica

La evaluación de calidad organoléptica del café de la variedad Catimor, se realizó mediante catación con 3 especialistas certificados por Q-Grader. La metodología para la catación fue de acuerdo a la Asociación Americana de Café Especial (SCAA, 2015), haciendo uso de la ficha de catación de la SCAA, en el cual detalla los atributos a evaluar: acidez, sabor, cuerpo, sabor residual, fragancia/aroma, balance, uniformidad, taza limpia y dulzor con una escala de 0 a 10 puntos por atributo. Para ello, los granos de café fueron tostados a una temperatura de 185°C por un tiempo de 10 minutos considerando el nivel de tueste medio (color marrón) con valores de 55 a 65 Agtron y luego molidas. El café se preparó a una temperatura de 92°C, adicionado agua hervida a chorros vertiginosamente para una disolución completa del café molido, luego de un reposo de 5 minutos se separa la espuma como sobrenadante y se pasa a evaluar el aroma de las muestras y al cumplirse 10 minutos de reposo; se evalúan los demás atributos sin exceder un tiempo de evaluación de 30 a 45 minutos.

2.7 Análisis de datos

Los datos se reportaron de los valores promedios de 3 muestras y su respectivo \pm error estándar. Se realizó el análisis de varianza (ANOVA) con un valor- p de 0.05 y se evaluaron la diferencia de los valores promedios a través de un post-hoc de Tukey a través del software "SPSS V.25". También, se presentan gráficos con el uso de software como el Microsoft Excel 2019.

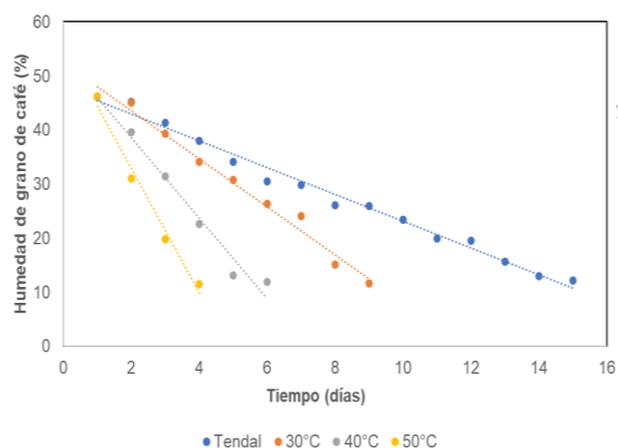
3. RESULTADOS

3.1 Tiempo de secado

Los granos de café de la variedad Catimor presentaron un contenido de humedad inicial de $46.170\% \pm 0.428$, los cuales al ser llevados a secado por los dos métodos, los resultados son expresados en la figura 3. Así, se observa las diferencias de tiempos de secado solar entre los tratamientos: método tradicional a temperatura ambiente y secador solar con el equipo autónomo indirecto a las temperaturas de 30°C, 40°C y 50°C.

Figura 3

Relación del tiempo de secado (días) vs la humedad del grano de café (%) secado por tendal (T° ambiente) y secado solar autónomo indirecto (T° 30°C, 40°C y 50°C)



Evidenciado que un secado con el equipo autónomo indirecto presenta menor tiempo de proceso a diferencia del método tradicional (tendal), asimismo que a mayor temperatura de secado menor será el tiempo para la obtención del producto deseado.

3.2 Calidad química

La calidad química del producto se determinó mediante el análisis de humedad, siendo un parámetro de control preponderante en los granos de café secados. Observándose en la tabla 1, que no hubo diferencia significativa entre los tratamientos con un p -valor de 0.05 y todas se encuentran con porcentajes de humedad óptimos para su conservación.

Tabla 1

Análisis humedad de los granos de café de la variedad Catimor secados por dos métodos

Análisis	Secado tendal	Secador Solar Autónomo		
		T° ambiente	30°C	40°C
Humedad (%)	12.215 ^{ns} ±0.191	11.585 ^{ns} ±0.317	11.977 ^{ns} ±0.278	11.532 ^{ns} ±0.388

Nota: ns=no significativo, denota que no hubo diferencias significativas entre los tratamientos, valores promedio de 3 repeticiones ± error estándar.

Es así que, de la figura 3 y la tabla 1 podemos referir que, en un secado por el método tradicional en la provincia de Tarma, con fecha del 20 de abril al 24 de abril del año 2021; haciendo un total de 15 días de secado permite alcanzar un contenido de humedad de 12.215%. Para el caso de secado solar con el equipo autónomo indirecto, a una temperatura de 30°C se alcanza un contenido de humedad de 11.585% con 9 días de secado con fecha con fecha de evaluación del 20 de abril al 28 de abril del 2021, en caso de la temperatura de secado a 40°C se alcanzó un contenido de humedad de 11.977% haciendo un total de 6 días de secado; evaluadas en las fechas del 29 de abril al 04 de mayo del 2021 y a una temperatura de secado de 50°C se alcanzó un contenido de humedad del 11.532% con 4 días de secado, siendo realizadas del 11 al 14 de mayo del 2021.

3.3 Calidad organoléptica

La calidad organoléptica de los granos de café secados por dos métodos de la variedad Catimor en taza evaluadas por 3 catadores, los promedios y error estándar se presentan en la tabla 2.

Tabla 2

Análisis organoléptico de los granos de café secados por dos métodos de la variedad Catimor en taza

Tratamientos	Análisis organoléptico de café en taza			
	Fragancia	Sabor	Cuerpo	Acidez
Tendal	6.40 ^d ±0.10	6.96 ^{dc} ±0.14	6.92 ^d ±0.15	7.10 ^b ± 0,02
30°C	7.00 ^b ±0.15	6.93 ^d ± 0.11	7.25 ^b ±0.09	7.36 ^a ± 0,31
40°C	7.71 ^a ±0.08	7.47 ^a ±0.24	7.30 ^a ±0.03	7.40 ^a ±0.06
50°C	6.76 ^c ±0.07	6.89 ^{dc} ±0.04	7.23 ^c ±0.26	7.39 ^a ±0.08

Nota: Valores con diferentes letras dentro de cada columna denotan significancia en la post-hoc de Tukey test, valores promedio de 3 repeticiones ± error estándar.

De ello, se observa que para todos los atributos sensoriales (fragancia, sabor, cuerpo y acidez) existen diferencias significativas con un p-valor de 0.05 y el método de secado solar autónomo indirecto presenta mayores puntajes; siendo a la temperatura de 40°C la que conserva la mayor calidad y es evidente la reducción de la calidad el método de secado por tendal.

4. DISCUSIONES

En el Perú se estila el secado de los granos de café por el método tradicional (tendal), este proceso tiene por finalidad evitar el deterioro para extender el tiempo durante el almacenamiento y conservar la calidad nutricional, organoléptica e inocuidad (Ventura-Cruz et al., 2019). En la investigación, con el desarrollo de los 2 métodos de secado, se lograron alcanzar humedades entre 11.532% (secado a 50°C) a 12.215% (secado tendal) (tabla 1). Según Guevara-Sánchez et al. (2019) refieren que es recomendable secar el café hasta humedades del 10.5 al 12% y Puerta (2006) sostiene que a humedades superiores del 12.5% los granos de café están expuestos a deterioro tanto físico y microbiológico, asimismo afectará en la calidad de la bebida (Tolessa et al., 2018) de manera los granos de café obtenidos por ambos métodos de secado, estarían dentro de los parámetros que permiten almacenar y obtener un café de calidad y de acuerdo al SCAA (2015) dichos granos podrían ser exportados

por el cumplimiento de este parámetro considerado crítico para el control del café.

Con respecto al método de secado tradicional (tendal) Guevara-Sánchez et al. (2019) obtuvo una humedad promedio entre 13.8 y 14.2% en un tiempo de secado 9 a 14 días, valores inferiores a lo reportado en nuestra investigación, lo cual podría deberse al lugar donde se secaron las muestras, siendo estas en la región de San Martín cuya temperatura promedio es 24°C y altura sobre el nivel del mar son de 873 a 1430 m.s.n.m. (selva alta) diferente de la provincia de Tarma con temperatura promedio de 13°C a 18°C y 3050 m.s.n.m. (sierra), evidenciando así que las diferencias entre los ecosistemas influyen en el tiempo de secado.

Con respecto al método de secado solar con equipo autónomo indirecto Guevara-Sánchez et al. (2019) secó en un equipo túnel tipo invernadero, hallando tiempos de secado de 6 a 8 días con humedades de 11.1 a 11.4%; así también, Quintanar y Roa (2017) en la misma región estudiaron la eficiencia de un secador solar tipo invernadero en el que después de 5 días de secado los granos de café alcanzaron un 11% de humedad, al comparar con nuestros resultados; serían semejantes a lo reportado a las temperaturas de 40°C y 50° con tiempos de secado de 6 y 4 días respectivamente y al comparar las condiciones ecosistémicas, la eficiencia del secador solar autónomo indirecto sería mejor, lo cual podría deberse al diseño y materiales del equipo puesto que los colectores solares permiten una mejor captura de las radiaciones solares para su posterior conversión en calor dentro de la cabina de secado de material de acero inoxidable y que este equipo permite el control y permanencia de una temperatura constante de secado caso contrario a los invernaderos. Por otro lado, Prada et al. (2019) desarrollaron un secador solar tipo invernadero con sistema de flujo de aire inducido por energía fotovoltaica también en San Martín, con ello lograron un tiempo de secado de 5 días a 37.82°C y un contenido de humedad de 12.29%, así también, Barzola-Cárdenas et al. (2020) secaron la misma variedad de café "Catimor" en la provincia de Jaén, Cajamarca en un secador solar automatizado alimentado con energía fotovoltaica logrando alcanzar en 5 días un 12% de humedad a temperaturas de secado entre 40 y 50°C; resultados parecidos a lo obtenido en la investigación con ello, abriendo mayores opciones de uso para la mejora en el secado del café mediante la innovación tecnológica.

En referencia a la calidad organoléptica el café secado en tendal obtuvo menores puntuaciones tanto

en sabor, acidez, cuerpo y fragancia, resultados semejantes a lo reportado por Guevara-Sánchez et al. (2019) así como la preferencia de los catadores por el café secado mecánicamente, favorece en la conservación de sus atributos, ello podría deberse a que el café secado en tendal está expuesto a rehumidificación y Ventura-Cruz et al. (2019) señala que el café con humedad superior a 12% reduce su calidad por efecto de la actividad bioquímica expresadas en alteraciones del sabor.

En caso de variedades de café, el café robusta presenta 7.31 puntos en fragancia, sabor 7.23 puntos, acidez 7.27 puntos y cuerpo 7.23 puntos, valores semejantes al café secado a 40°C por método de secado solar autónomo evidenciando la preferencia de los catadores de taza de café y la conservación de la calidad del producto a consecuencia de que una materia prima que conserve su calidad química ofrece una taza de café de calidad organoléptica (Lindinger et al., 2008).

5. CONCLUSIONES

Una de las etapas aún no desarrolladas apropiadamente es el secado del café considerado etapa crítica en el procesamiento del producto y carente de innovación tecnológica en el Perú, se estila el desarrollo del proceso mediante tendales que deja a exposición de contaminantes, pérdidas de calidad nutricional, organolépticas, entre otros, reduciendo el tiempo de vida en anaquel. De modo que el secado solar automático indirecto evidencia resultados favorables para la conservación del producto con tiempos de secado menor a los del método de secado tradicional, logrando un café de la variedad Catimor aceptable para los catadores y con posibilidades de exportación por el contenido de humedad inferior al 12% en cumplimiento de las normativas. Así también, se evidencia que el secador solar autónomo indirecto es una gran alternativa de fácil manejo para el desarrollo económico de la población rural sin posibilidad de contaminar sus ecosistemas con el aprovechamiento de fuentes de energías renovables.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alanya, J. N. (2018). Evaluar el efecto de la temperatura y la velocidad de aire en el secado convectivo de pulpa de café, Lima-2018 (tesis de título profesional) Universidad César Vallejo, Lima. Obtenido de <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/27950>

- Arcila, J. Farfán, F., Moreno, M., Salazar, F. e Hincapie, E. (2007). Sistemas de café en Colombia: Establecimiento de café Chinchiná, Colombia. Cenicafé.
- Barzola-Cárdenas, A., Quiñones-Huatangari, L., Vásquez-Ochoa, B., Pérez-Guevara, I., & Díaz-Torres, M. (2020). Estimación de humedad de café pergamino utilizando un secador solar automatizado, mediante modelos matemáticos en Jaén-Perú. *Tecnia*, 30(1), 107–113. <https://doi.org/10.21754/tecnica.v30i1.824>
- Besora, J. (n.d.). Informe técnico para la construcción de un secador solar de café. Ingeniería sin fronteras. Obtenido de <https://esf-cat.org/wp-content/uploads/2017/04/Informe-t%C3%A9cnico-secador-solar-de-caf%C3%A9.pdf>
- Guevara-Sánchez, M., Bernales del Águila, C. I., Saavedra-Ramírez, J., & Owaki-López, J. 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. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2019.04.07>
- Hernández-Díaz, W. N.; Hernández-Campos, F. J.; Vargas-Galarza, Z.; Rodríguez-Jimenes, G. C. y García-Alvarado, M. A. (2013). Optimización del secado de granos de café en un secador rotatorio. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 12 (2), 315-325.
- IICA. (2010). Protocolo de análisis de calidad del café. <http://repiica.iica.int/docs/B2063e/B2063e.pdf>
- Lindinger, C.; Labbe, D.; Pollien, P.; Rytz, A.; Juillerat, A.; Yeretjian, C.; Blank, I. (2008). When machine tastes coffee: instrumental approach to predict the sensory profile of espresso coffee. *Analytical Chemistry* 80. 1574-1581. <https://doi.org/10.1021/ac702196z>
- Prada, Á., Vela, C. P., Bardález, G., & Saavedra, J. (2019). Efectividad de un Proceso de Secado de Café usando Secadores Solares con Sistema de Flujo de Aire Continuo Impulsado por Energía Fotovoltaica, en la Región San Martín, Perú. *Informacion Tecnologica*, 30(6), 85–92. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642019000600085>
- Puerta, G.I. (2006). La humedad controlada del grano conserva la calidad del café. CENICAFE, Colombia. 8 pp.
- Quintanar, J. y Roa, R. (2017). Evaluación térmica y financiera del proceso de secado de grano de café en un secador solar activo tipo invernadero. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8 (2), 321-331.
- Specialty Coffee Asociation. (2015). Evaluación Sensorial de Café. New York.
- 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. <http://dx.doi.org/10.5897/AJAR2018.13118>
- Torres-Valenzuela, L., Martínez, K., Serna-Jimenez, J., & Hernández, M. (2018). Secado de Pulpa de Café: Condiciones de Proceso, Modelación Matemática y Efecto sobre Propiedades Fisicoquímicas. *Información Tecnológica*, 30(2), 189–200. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642019000200189>
- Ventura-Cruz, S.; Ramírez-Segura, O.; Flores- Alamo, N.; Ramírez-Gerardo, M.; Rodríguez- Ramirez, 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. <http://dx.doi.org/10.5897/AJAR2018.13118>