

# Comparación del nivel de acidez del café preparado mediante tres métodos y dos niveles de tueste

Daniela Batista Cárdenas<sup>1</sup>, Gabriel Naranjo Mora<sup>1</sup>, Hazel Corella Murillo<sup>1</sup>  
[daniela.batista@ucr.ac.cr](mailto:daniela.batista@ucr.ac.cr), [gabriel.naranjomora@ucr.ac.cr](mailto:gabriel.naranjomora@ucr.ac.cr), [hazel.corella@ucr.ac.cr](mailto:hazel.corella@ucr.ac.cr)

## RESUMEN

El motivo del presente estudio fue analizar el efecto que produce preparar el café por medio de diversos métodos, y a su vez encontrar la combinación de método de preparación y tueste de café que produzca la mayor acidez. Se utilizaron 3 métodos de preparación del café: prensa francesa (método de inmersión), chorreador y coffee maker (métodos de goteo); y como tipo de tueste se usó el claro y oscuro. De la combinación de ambos factores de diseño se obtuvieron 6 tratamientos que se compararon con la finalidad de cumplir el motivo del estudio. Se utilizó un modelo mixto ponderado y a su vez, se encontró interacción entre ambos factores. Los resultados mostraron que el café preparado por la prensa francesa posee una menor acidez con respecto al café preparado en el chorreador y el del coffee maker; y a su vez, posee una diferencia que se considera relevante, en cada tueste.

**PALABRAS CLAVES:** parcelas divididas, modelo mixto ponderado, pH-metro, interacción.

## INTRODUCCIÓN

En este artículo se estudia por medio del nivel del pH, la acidez del café preparado, así como diferentes aspectos que lo pueden llegar a alterar, tales como los métodos de preparación y el tipo de tueste de su grano.

Desde su llegada a Costa Rica, entre finales del siglo XVIII y principios del siglo XIX, el café irrumpió como un producto de gran importancia para el país, siendo impulsado como un intento para dinamizar la economía y salir del estado de pobreza de los tiempos de la colonia. Rápidamente el café se volvió la principal exportación del país y logró que Costa Rica se posicionara en el mercado mundial, trayendo consigo cambios sociales y económicos, haciendo que la calidad de vida, especialmente en el Valle Central mejorara. En la actualidad el café sigue representando una parte importante de las exportaciones del país, un 2.06% de estas (INEC, 2021), ya que, con el pasar de los años, se ha logrado mantener como un producto consumido a nivel mundial gracias a la buena reputación internacional que tiene el café costarricense debido a su calidad, permitiendo que este se siguiera exportando incluso en tiempos de inestabilidad económica (Monroig, 1957; Vargas y Gómez, 2005; Rodríguez, 2014).

El aspecto más importante del café de Costa Rica es su calidad. La calidad del café se mide por medio de una serie de cualidades organolépticas, tales como el color, aroma o textura, siendo la acidez una de las más importantes, de acuerdo con Puerta (1996). Se considera que un café es de mayor calidad si es más ácido, especialmente cuando es de la especie arábica, especie de la cual se produce todo el café costarricense (ICAFE, 2008), ya que se espera que esa sensación sea más intensa en

<sup>1</sup> Estudiantes de Estadística de la Universidad de Costa Rica

comparación con otras especies como el café robusta (Caballero, 2019). Una de las formas más usadas para medir el ácido es el pH (potencial de hidrógeno), el cual mide la concentración compuestos ácidos y básicos que existen en una solución, siendo que a mayor acidez el pH desciende (Monte, 2016); por lo general el café toma valores de pH cercanos a 5 (García, Elizarraraz, Sosa, Gómez y Cerón, 2019).

Existen una gran cantidad de factores que influyen en la acidez del café, siendo uno de los más importantes, el grado de tueste de su grano (proceso indispensable para que el café se considere bebible), ya que durante este el grano va ganando volumen y perdiendo componentes ácidos, por lo que granos con un menor tueste presentaran niveles de pH menores (Giner, 2018). Los tipos de tueste del grano de café por lo general se categorizan en claro, medio y oscuro; siendo el tueste claro el grano que fue menos tostado y el oscuro el que más se tostó. Por otra parte, también hay otros factores que no dependen del grano del café pero que de igual manera alteran el nivel de pH del producto final. Uno de estos factores es el método con el que se prepara, este proceso consiste en disolver los compuestos químicos del café en agua (Ortega, Caballero y Maldonado, 2014). Existen una gran cantidad de formas para preparar el café, desde manuales hasta mecanizadas; cada una contando con sus respectivas características que generan diferencias en la composición química de la infusión final (Solano, 2020). Estas diferencias fueron observadas en el estudio llevado a cabo por Ormaza, Díaz y Rojano (2022), en el cual se obtuvieron valores de pH mayores en métodos de goteo que en los de inmersión.

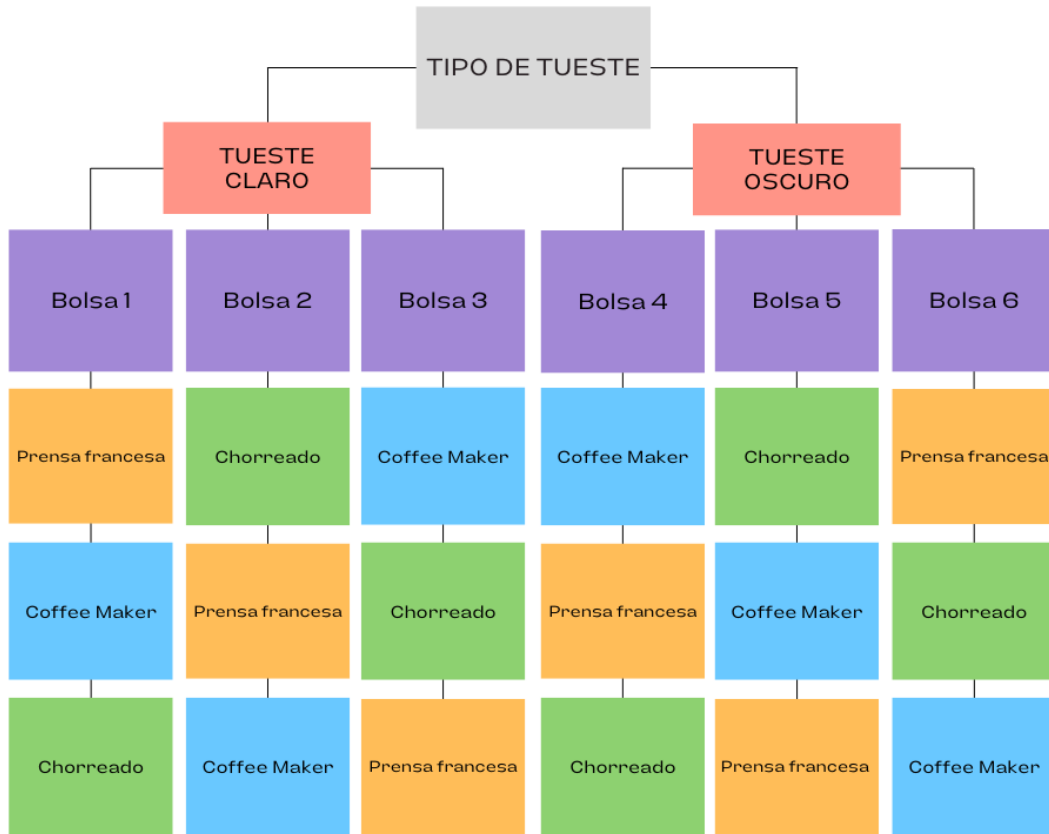
Teniendo presentes los artículos previamente mencionados, se puede esperar que un tueste más claro, así como una preparación por inmersión, produzcan un menor pH en el café, por lo que se deduce que la forma en la que se prepara y el tipo de tueste son factores determinantes en el nivel de acidez de un café. Por lo tanto, el objetivo principal de este estudio es analizar el efecto que producen tres métodos de preparación en el nivel pH del café. Por otra parte, el objetivo específico establecido es encontrar la combinación de método de preparación y tueste de café que produzca la mayor acidez (menor pH).

## **METODOLOGÍA**

La unidad experimental fue la taza de café hecha con café de la marca Café 1820. En el experimento se usó un diseño de parcelas divididas, donde cada bolsa de café fue una parcela, estas parcelas se clasificaron dependiendo de su tipo de tueste (factor de parcela) y con café de cada bolsa se realizaron todos los métodos de preparación (factor de subparcela); siendo que cada taza de café que se preparó con el contenido de una misma bolsa de café, pero con un método diferente fuera una subparcela.

Se utilizó como factor de diseño el método de preparación que tuvo 3 niveles: prensa francesa (método de inmersión), chorreador y coffee maker (métodos de goteo). Para el factor de parcela se tenía el tipo de tueste y se plantearon los niveles: tueste claro y tueste oscuro. Así, en total se tenían 6 tratamientos: prensa francesa-tueste claro, coffee maker-tueste claro, chorreador-tueste claro, prensa francesa-tueste oscuro, coffee maker-tueste oscuro y chorreador-tueste oscuro. Se hicieron 3 réplicas por cada método de preparación en cada tipo de tueste (Figura 1).

Figura 1. Diseño del experimento



En total se prepararon 18 tazas de café, a partir de 6 bolsas de café molido de la marca 1820, cada taza se elaboró con aproximadamente 15 gramos de café y 240 mililitros de agua, con temperatura entre 90 y 96 grados Celsius. Para los métodos de preparación se tenían un Coffee Maker marca Black and Decker, un chorreador con bolsa de tela y una prensa francesa marca Britt de vidrio. Cada persona preparó 6 tazas de café utilizando un método diferente.

La variable de respuesta fue el valor pH del café, el cual se midió por medio de un pH-metro con el electrodo calibrado en 5.07 que se considera próximo al valor ideal de la calibración inicial. El equipo utilizado para medir el pH de las muestras de café fue proporcionado por el Centro de Investigaciones Agronómicas de la Universidad de Costa Rica y se contó con el apoyo del PhD. Carlos Henríquez. Las mediciones se realizaron al café que fue preparado y dejado enfriar a temperatura ambiente. El pH puede tomar valores entre 0 y 14, pero como se mencionó anteriormente el café toma valores aproximados a 5, generalmente entre 4.9 y 5.2 (García, Elizarraraz, Sosa, Gómez y Cerón, 2019). En esa misma línea, se realizó la consulta a la experta en Ingeniería de Alimentos Catalina Chaves Solano y estableció que, para observar una diferencia relevante entre las medias de dos tratamientos, la diferencia en el nivel de acidez promedio del café medido por el pH debe ser de  $\pm 0.2$ .

El modelo para el experimento fue un modelo mixto:

$$\mu_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \gamma_k$$

Donde:

$\mu$  : media general del pH

$\alpha_i$  : efecto de los distintos tipos de tueste

$\beta_j$ : efecto de los distintos métodos de preparación

$(\alpha\beta)_{ij}$  : efecto de la interacción entre los distintos tipos de tueste y los métodos de preparación

$\gamma_k$  : efecto aleatorio de la bolsa de café

Se realizó un análisis descriptivo sobre la variabilidad de los bloques, para ello se decidió elaborar un gráfico en el que se mostró la media general de cada bolsa y las medias dentro de los 3 tratamientos. Luego, se verificó si se estaba cumpliendo primeramente el supuesto de homocedasticidad, para la verificación se utilizó la prueba Barlett, sin embargo, debido a la presencia de heterocedasticidad probar el supuesto de normalidad se dificulta. Después se procedió a comprobar si existía interacción entre ambos factores. Para todas las pruebas de este experimento se usó un nivel de significancia del 5%.

Con el modelo resultante, se observó la significancia de las diferencias del pH entre pares de métodos de preparación para cada tueste, aplicando el ajuste de Bonferroni. Posteriormente, en los casos en los que se encontraron diferencias significativas, se procedió a calcular el límite inferior de los intervalos de confianza (cota inferior), usando un 95% de confianza, con el fin de analizar si estas diferencias eran verdaderamente relevantes, al observar si estas cotas eran de por lo menos  $\pm 0.2$  en la escala de pH.

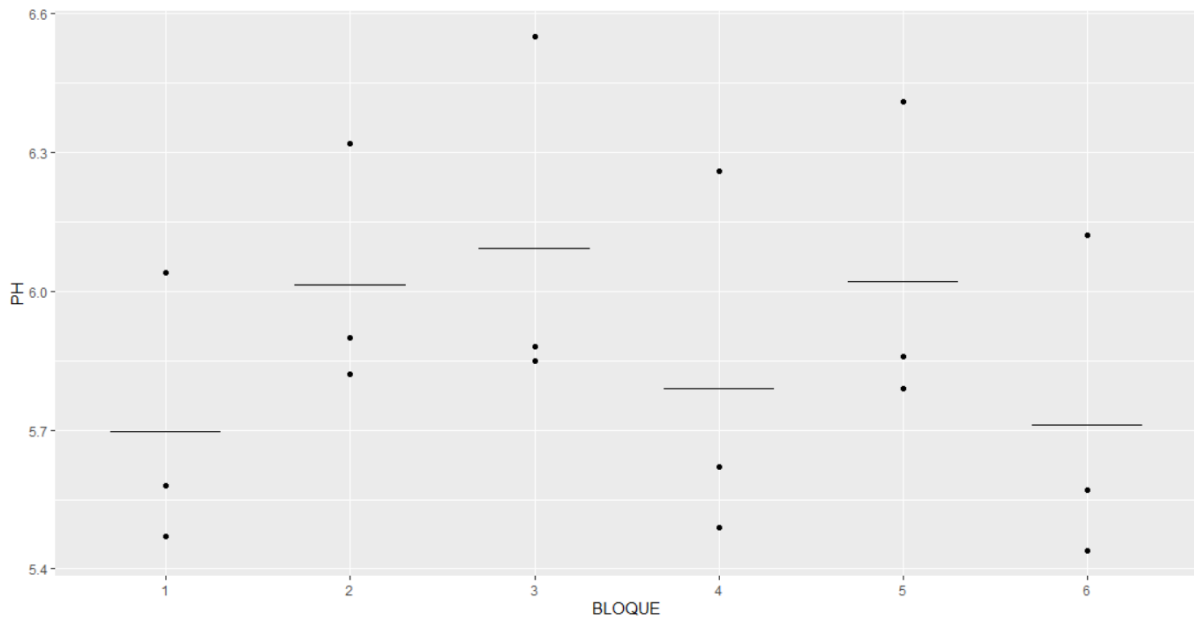
Para concluir con el análisis, se procedió a calcular la potencia de la prueba, la cual indica la probabilidad de encontrar diferencias de  $\pm 0.2$  o más entre dos niveles de pH, en caso de que existan. Para probar la potencia se establecieron medias poblacionales hipotéticas de manera de que se tuviera en cuenta la diferencia relevante y la interacción existente entre factores, y se utilizaron las varianzas dentro los tratamientos debido a que hay heterocedasticidad. Se realizaron 1000 repeticiones del modelo del mixto ponderado y del análisis de varianza (ANOVA) se extrajo el estadístico F asociado al término de interacción entre los factores, a partir del valor F se calcularon las probabilidades teniendo 2 grados de libertad en el numerador y 8 grados de libertad en el denominador, en cada iteración se almacenó la probabilidad asociada, con el fin de obtener la potencia de la prueba al calcular la proporción de veces en las que esta probabilidad fue menor a un nivel de significancia del 5%.

Para la elaboración de las pruebas y los análisis de los datos se realizó con ayuda del lenguaje de programación estadístico R (R Core Team, 2020), versión 4.0.3 junto con las librerías ggplot2 (Wickham, 2016), lme4 (Bates, Maechler, Bolker y Walker, 2015) y readxl (Wickham y Bryan, 2019).

## RESULTADOS

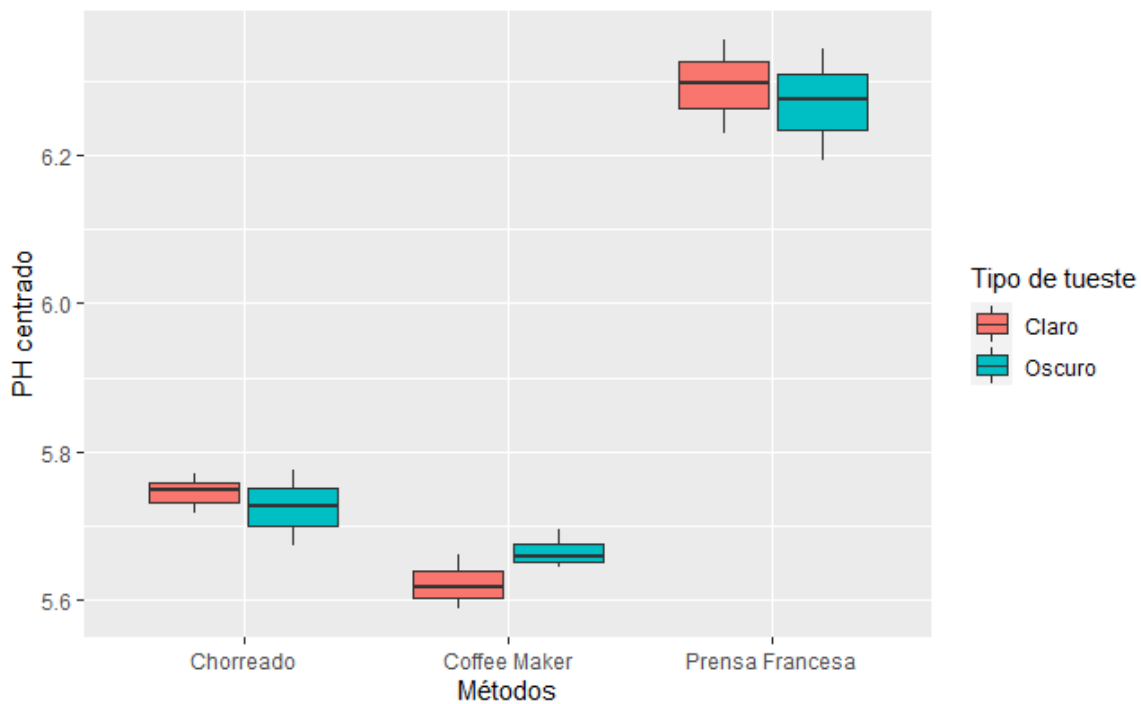
Primeramente, se realizó un análisis descriptivo para visualizar la variabilidad de los bloques, que correspondían a las bolsas de café. Como se puede mostrar en el Gráfico 1, la variabilidad entre las bolsas 2, 3 y 5 estuvo parecida entre ellas, mientras que la bolsa 1, 4 y 6 también estuvieron parecidas entre sí. Además, se pudo visualizar que las bolsas 1 y 5 son las que presentaron menor variabilidad, mientras que en la bolsa 3 es la que presenta mayor variabilidad.

Gráfico 1. Análisis de la variabilidad entre los bloques



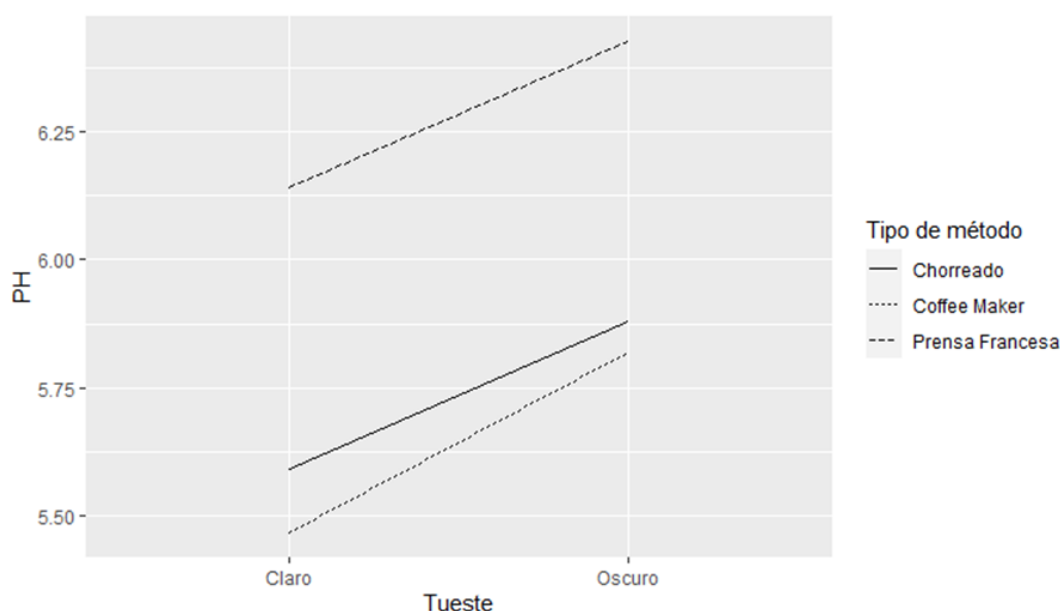
Seguidamente, se procedió a evaluar el cumplimiento de la homocedasticidad, se visualizó la variabilidad dentro de los tratamientos para observar si esta era similar entre ellos, para esto se hizo un gráfico de los datos centrados para todos los tratamientos (Gráfico 2) ahora sí, pero claro que están viendo variabilidad dentro de tratamientos, en este se puede ver que el café preparado con prensa francesa presenta mayor variabilidad que los otros dos métodos, lo cual es un indicio de heterocedasticidad. Posteriormente se realizó la prueba Barlett, y debido a que se obtuvo una probabilidad de 0.026 se concluyó que el modelo presenta heteroscedasticidad. Como consecuencia a lo anterior, se decidió utilizar un modelo mixto ponderado para considerar la presencia de heteroscedasticidad. Como ponderaciones se usaron los inversos de las varianzas de cada tratamiento con respecto a los residuales del modelo mixto. Debido a la presencia de heterocedasticidad, y de que la cantidad de datos en cada tratamiento es pequeña, comprobar la normalidad por medio de una prueba formal se dificulta como se mencionó anteriormente, por lo tanto, se asume que los residuales tienen un comportamiento normal.

Gráfico 2. Datos centrados para cada tratamiento



A continuación, se analizó la existencia de interacción entre el tipo de tueste y el método. Para empezar, se graficaron los promedios de los tratamientos, separándolos por tipo de tueste, para ver si hay diferencias entre las distancias de estos en los dos tuestes (Gráfico 3). En este caso se puede observar que hay una mayor diferencia, en el nivel de pH, entre café chorreado y el hecho en coffee maker cuando el tueste es claro que cuando el tueste es oscuro, lo que es señal de existencia de interacción. Por lo tanto, se procedió a hacer un análisis de varianzas (ANOVA) para analizar si realmente existía una interacción, y se concluyó que hay suficiente evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula de que el efecto de interacción entre el tipo de tueste y el tipo de método es igual a cero, en vista de la probabilidad asociada ( $p=0.038$ ). Es decir, se encontró que existe interacción entre el tipo de tueste y el método de preparación del café.

Gráfico 3. Análisis de interacción entre el tueste y el método



Dado que se encontró interacción, se pasó a verificar si existían diferencias en los promedios del nivel de pH entre los distintos métodos para cada tipo de tueste, por lo cual, se procedió a realizar los contrastes de los métodos dentro de cada tipo de tueste. Los contrastes se realizaron comparando, por pares, el método con el promedio de pH más alto contra el más bajo para cada tipo de tueste.

Tabla 1. Contrastes de los tipos de métodos dentro de cada tipo de tueste y la cota inferior para los contrastes significativos

Contraste	Tueste Claro		Tueste Oscuro	
	Probabilidad Asociada	Cota Inferior	Probabilidad Asociada	Cota Inferior
Chorreado - Coffee Maker	$p < 0.001$	0.0988	$p < 0.001$	0.0184
Prensa Francesa - Chorreado	$p < 0.001$	0.4405	$p < 0.001$	0.4230
Prensa Francesa - Coffee Maker	$p < 0.001$	0.5622	$p < 0.001$	0.4864

Fuente: Elaboración propia

Tras aplicar la corrección de Bonferroni se logró encontrar diferencias significativas entre todas las comparaciones que se hicieron, ya que las probabilidades asociadas a cada diferencia fueron menores a  $0.05/3$  (entre 3 debido a que son 3 contrastes por tipo de tueste). Posteriormente se procedió a calcular las cotas inferiores, en las cuales se logró apreciar que, tanto en el tueste oscuro como en el claro, la diferencia promedio entre el pH del café preparado en coffee maker y el chorreado no es relevante, por lo que no se puede asegurar que entre estos métodos el nivel del pH cambie considerablemente. Por el contrario, en las otras cuatro comparaciones sí se observaron diferencias relevantes, ya que entre el café preparado en la prensa francesa y el chorreado las diferencias son de

al menos 0.4405 en el tueste claro y de 0.4230 en el oscuro; mientras que entre el café hecho en coffee maker y el de la prensa francesa se observaron que estas diferencias son de mínimo 0.5622 y 0.4864, en el tueste claro y oscuro respectivamente. En los cuatro casos relevantes se logró apreciar que, en todas las comparaciones, fue el café preparado en prensa francesa el que presentó un menor nivel de acidez. También se observó que el tratamiento que produjo el menor pH fue coffee maker-tueste claro, aunque, como se mencionó anteriormente, este no fue relevantemente diferente a chorreado-tueste claro.

Para finalizar, se calculó la potencia del experimento para verificar la probabilidad de que se encontraran diferencias relevantes entre los niveles de pH de dos métodos de preparación, lo cual dio como resultado una potencia mayor a 90% al ser tan alta indicó que se contaba con una cantidad adecuada de observaciones para encontrar diferencias si verdaderamente existían.

## CONCLUSIONES

Según el análisis realizado se encontró que tanto el método como el tueste tienen un efecto sobre el nivel de pH del café, corroborando lo dicho tanto por Giner (2018) como por Ortega, Caballero y Maldonado (2014). Añadido a esto, en este estudio se encontró que existe un efecto al combinar ambos factores, es decir, se determinó que existen diferencias en los promedios del nivel de pH entre los distintos métodos para cada tipo de tueste. Sin embargo, considerando la opinión de la experta se detectó que dos diferencias no resultaron relevantes, que fueron las del café preparado en coffee maker y el chorreado para ambos tipos de tueste.

Por otro lado, la hipótesis del estudio fue que se esperaba que un tueste más claro, así como una preparación por inmersión produjeran un nivel de pH menor, lo cual implica que tiene mayor acidez y calidad del café bebible, pero se concluyó lo contrario con respecto al método, pues la combinación de factores que produjo una mayor acidez fue un método de goteo (coffee maker) con tueste claro. Esta contradicción puede deberse a que en este estudio solo se tomó en cuenta un método de inmersión.

Se halló que el método que produce mayores niveles de pH en ambos tipos de tueste fue la prensa francesa, opuesto a las conclusiones de Ormaza, Díaz y Rojano (2022). Lo anterior, puede deberse a que la preparación del café por los autores mencionados fue mediante métodos de inmersión que conllevan mayor tiempo de contacto del café con el agua, pues el tiempo aproximado que dejaron filtrando el café fue de 24 horas.

Por último, este diseño experimental se realizó con tres métodos de preparación, dos de goteo y uno de inmersión, se recomienda estudiar una mayor y más diversa cantidad de métodos de preparación, para tener mayor capacidad de análisis, así como realizarlo con otras marcas de café y poder realizar comparaciones con resultados de este estudio.



## BIBLIOGRAFÍA

- Caballero Benitez, M. Y. (2019). *Determinación de los Factores Extrínsecos e Intrínsecos que Afectan la Calidad del Café de Inversiones Galavis en el 2018–2019*.  
<https://repositorio.udes.edu.co/bitstream/001/4122/1/DETERMINACI%c3%93N%20DE%20LOS%20FACTORES%20EXTR%c3%8dNSECOS%20E%20INTR%c3%8dNSECOS%20QUE%20AFECTAN%20LA%20CALIDAD%20DEL%20CAF%c3%89%20DE%20INVERS.pdf>
- Caballero, L. A. P., Ortega, J. C., & Maldonado, L. Y. M. (2014). EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE LA EXTRACCIÓN DE CAFÉ TOSTADO MOLIDO COMERCIAL. @ *limentech, Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 12(1).  
[https://revistas.unipamplona.edu.co/ojs\\_viceinves/index.php/ALIMEN/article/download/923/649](https://revistas.unipamplona.edu.co/ojs_viceinves/index.php/ALIMEN/article/download/923/649)
- García-García, J. F., Elizarraraz-Guerra, M., Sosa-Morales, M. E., Gómez-Salazar, J. A., & Cerón-García, A. (2019). Caracterización colorimétrica y propiedades fisicoquímicas en bebidas a base de café soluble. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 4.  
<http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume4/4/10/129.pdf>
- Giner, J. (2018). *El Tueste de Café*. Fórum Café.  
[https://www.forumdelcafe.com/sites/default/files/biblioteca/f-37\\_tueste\\_de\\_cafe.pdf](https://www.forumdelcafe.com/sites/default/files/biblioteca/f-37_tueste_de_cafe.pdf)
- Instituto del Café de Costa Rica. (2015). *El Mejor Café del Mundo*. ICAFE.  
<http://www.icafe.cr/nuestro-cafe/el-mejor-cafe-del-mundo/>
- Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2020). *Estadísticas de Comercio Exterior 2019*.  
<https://www.inec.cr/sites/default/files/documentos-biblioteca-virtual/recomex-preli2021.pdf>
- Monroig Inglés, M. F. (1957). *BREVE HISTORIA DEL CAFÉ EN EL MUNDO*.  
[https://academic.uprm.edu/mmonroig/HTMLobj-1788/HISTORIA\\_DEL\\_CAFÉ\\_EN\\_EL\\_MUNDO.pdf](https://academic.uprm.edu/mmonroig/HTMLobj-1788/HISTORIA_DEL_CAFÉ_EN_EL_MUNDO.pdf)
- Ormaza-Zapata, A. M., Díaz-Arango, F. O., & Rojano, B. A. (2022). Efecto de la preparación fría de café (*Coffea arabica* L. var. Castillo) sobre la capacidad antioxidante y la calidad sensorial. *Información tecnológica*, 33(1), 57–70. <https://doi.org/10.4067/s0718-07642022000100057>
- Puerta Quintero, G. I. (1996). *EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL CAFÉ COLOMBIANO PROCESADO POR VÍA SECA*. <https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/63/1/arc047%2802%2985-90.pdf>
- Rodríguez Chaves, A. (2014). COSTA RICA, HISTORIA DE CRISIS CON AROMA Y SABOR A CAFÉ. *Tiempo y sociedad*, 5–33. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4726172.pdf>
- Solano, F. (2020). *Cafés filtrados: conceptos*. Soy Barista. <https://www.soybarista.com/cafes-filtrados-conceptos>
- Vargas-Zamora, J., & Gómez-Laurito, J. (2015). Algunas plantas en billetes, boletos de café y cafetales de Costa Rica (1836 – 2004). *Lankesteriana*, 5(2). <https://doi.org/10.15517/lank.v5i2.19806>