

# EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE AGUA OZONIZADA COMO TÉCNICA DE CONSERVACIÓN DEL CAFÉ PERGAMINO HÚMEDO

Jenny Paola Pabón Usaquén\*, Aída Esther Peñuela Martínez\*

---

**PABÓN U., J.P.; PEÑUELA M., A.E. Efecto de la aplicación de agua ozonizada como técnica de conservación del café pergamino húmedo. Revista Cenicafé 67 (1): 63-72. 2016**

En este estudio se evaluó el efecto de la aplicación de agua ozonizada como técnica de conservación de café pergamino húmedo sobre su calidad física y sensorial. El estudio contó con un diseño experimental completamente aleatorizado 2x4+1 con dos factores (enjuague con agua ozonizada y sin ozonizar), cuatro tiempos de espera antes del secado (24, 48, 72 y 96 h) y un testigo. Las variables de respuesta fueron el porcentaje de almendra sana, pérdida de materia seca, puntaje total en taza y porcentaje de taza limpia. Se realizó una ANAVA al 95% y la prueba DMS de Fisher al 5% con cada una de las variables evaluadas. No hubo diferencias significativas en el porcentaje de almendra sana y en la pérdida de materia seca, ni en las variables asociadas a la calidad en taza: porcentaje de taza limpia y puntaje total, que se obtuvieron en los tratamientos en los que no se aplicó ozono. Se determinó que cuando se aplica agua ozonizada diariamente en una concentración de 0,2 mg.L<sup>-1</sup> por 15 min., se controla la calidad sensorial del café húmedo durante el almacenamiento.

**Palabras clave:** Calidad física, calidad sensorial, materia seca, taza limpia.

---

## EFFECT OF OZONATED WATER APPLICATION AS A CONSERVATION TECHNIQUE OF WET PARCHMENT COFFEE

In this study, the effect of the application of ozonated water as a conservation technique of wet parchment coffee on physical and sensory quality was evaluated. The study had a completely randomized design 2x4+1 with two factors (rinsing with ozonated water and rinsing with non-ozonated water), four waiting times before drying (24, 48, 72 and 96 h) and a control. The response variables were percentage of healthy cherries, dry matter loss, total cup score and percentage of clean cup. An ANOVA 95% and a Fisher's LSD test were done at 5% with each of the evaluated variables. There were no significant differences in the percentage of healthy cherries and loss of dry matter or variables associated with cup quality: percentage of clean cup and total score obtained in the treatments in which no ozone was applied. It was determined that when ozonated water is applied daily at a concentration of 0.2 mg.L<sup>-1</sup> 15 min., the sensory quality of wet coffee is controlled during storage.

**Keywords:** Physical quality, sensory quality, dry matter, clean cup.

---

\* Asistente de Investigación e Investigador Científico I, respectivamente. Ingeniería Agrícola. Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé. Manizales, Caldas, Colombia.

La calidad del café es el criterio fundamental en el proceso de comercialización y se define por medio de dos factores: físico y sensorial del producto (6, 9). Entre los atributos que se evalúan en la calidad física, se encuentran la humedad final del pergamino seco y los defectos físicos presentes en el café almendra. La calidad sensorial se determina por medio de una prueba denominada prueba de taza, en la cual un panel de catación entrenado evalúa las características organolépticas de la bebida y califica la muestra dependiendo de la escala utilizada en la evaluación (26). No obstante, la calidad final del café está determinada por la interacción de varios factores, que van desde la variedad de semilla sembrada, las condiciones climatológicas y las prácticas agrícolas durante el cultivo, el tipo y las prácticas de beneficio utilizadas, y el proceso de tostación, entre otros (19, 22, 25). El caficultor en cada finca, se encarga de realizar el beneficio hasta obtener el café pergamino seco que vende a centrales particulares ó las Cooperativas de Caficultores, las cuales se encargan de continuar con el proceso de trilla y posterior comercialización (8); sin embargo, en los últimos años se ha venido incrementado la venta del café lavado (18), con una humedad aproximada de 52% (15). Por lo anterior algunas centrales de compra y cooperativas implementaron instalaciones de recibo y almacenamiento para el café húmedo y acondicionaron silos para realizar el secado y disminuir la humedad a valores en los cuales sea seguro el almacenamiento (7). En este estado la actividad de agua es de aproximadamente 0,97 (23), valor propicio para la proliferación de microorganismos, los cuales afectan la inocuidad y la calidad física que se ve reflejada en la pérdida de materia seca y la calidad sensorial del café (21). Por lo anterior, se hace necesario evaluar técnicas de conservación, complementarias

al secado, que sean factibles para ser utilizadas en las centrales de compra y mantener la inocuidad y la calidad del café durante el almacenamiento.

La aplicación de agua ozonizada es una técnica que ha sido utilizada como desinfectante y ha obtenido óptimos resultados en diferentes productos agrícolas como tomates(13), fresas (24), manzanas (11) y granos de trigo (4), entre otros. Esta técnica se caracterizó y se evaluó como desinfectante sobre el café sometido a almacenamiento; sin embargo, se desconoce el efecto que tenga sobre la calidad del producto. Este trabajo tuvo como objetivo determinar el efecto de la aplicación de agua ozonizada en la conservación de café pergamino húmedo durante el almacenamiento sobre su calidad física, sensorial y pérdida de materia seca. Adicionalmente, se estimó la carga orgánica del efluente determinando la demanda química de oxígeno en los tratamientos evaluados, debido al consumo de agua en la aplicación de la técnica propuesta.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizó café Variedad Castillo® proveniente de la Estación Experimental Naranjal ubicada en la vereda la Quebra de Chinchiná (Colombia) y el procesamiento se realizó en el beneficiadero experimental del Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé, ubicado en Manizales, a una altitud de 1.310 m, con un promedio de temperatura anual de 21,2°C. En el módulo para procesar semilla se realizaron los siguientes procesos: clasificación hidráulica de los frutos, despulpado, clasificación por tamaño y limpieza del café despulpado. La remoción del mucílago se llevó a cabo en canecas plásticas, donde se adicionó enzima pectinolítica con el objetivo de obtener el café listo para lavar, en un tiempo aproximado de 3,0 h (20). El lavado y clasificación se

realizó en el canal de correteo. Del café lavado se tomaron tres muestras de forma aleatoria, una se secó de forma inmediata (testigo) y las otras dos, de 15 kg cada una, se depositaron en una caneca plástica con capacidad de 50 L para iniciar con el tiempo de espera antes del secado, el cual se realizó en el laboratorio de la disciplina de Ingeniería Agrícola, con una temperatura controlada por medio de un sistema de aire acondicionado a  $20 \pm 2,0^\circ\text{C}$  y humedad relativa de  $80\% \pm 3,0\%$ . Los valores de humedad relativa y temperatura del cuarto se registraron y almacenaron por medio de un registrador de datos digital. Se aplicó un diseño experimental completamente aleatorizado  $2 \times 4 + 1$ , con dos factores (enjuague con agua ozonizada y sin ozonizar), cuatro niveles (tiempos de espera antes del secado) y un testigo, se realizaron cinco repeticiones de cada tratamiento. Para los tratamientos uno al cuatro se aplicó la técnica de agua ozonizada diariamente, con una concentración de  $0,2 \text{ mg.L}^{-1}$  de ozono, por un tiempo de 15 min.; para producir el ozono se utilizó un generador Bionic (Bionic®, Tecnología en bioseguridad y medioambiente, Colombia) el cual se aplicó durante 10 min. a 5,0 L de agua para obtener agua ozonizada para lavar el café pergamino húmedo cada 24 h hasta 96 h, según el tratamiento. Cada vez que se aplicó el ozono al agua, se verificó de forma rápida la concentración con el *kit* OZ-2 marca Hach®. El secado de las muestras obtenidas en todos los tratamientos se realizó en un secador parabólico hasta que la humedad final estuviera en el rango de 10% al 12%. Para verificar el contenido de humedad final, se utilizó el medidor de humedad para granos portátil marca Kett® PM 410, con una precisión de  $\pm 0,5\%$ .

**Calidad:** Las muestras de café pergamino seco se enviaron al Laboratorio Ritual del Café del Comité Departamental de Cafeteros de Caldas, ubicado en el Recinto

del Pensamiento de Manizales, Caldas, donde se realizaron los análisis físicos y sensoriales, después de mínimo 30 días de almacenamiento. El panel estaba compuesto por tres catadores certificados con Q-grader. Los análisis se realizaron siguiendo el protocolo establecido por la Asociación de Cafés Especiales de América, SCAA (por sus iniciales en inglés).

**Calidad física:** Para el análisis físico se tomó una submuestra de 250 g de café pergamino seco, se evaluó la humedad final, posteriormente se trilló para obtener el café almendra, en el cual se seleccionaron los defectos presentes y por relación de pesos, se obtuvo el porcentaje de almendra sana, el porcentaje de granos brocados y pasillas.

**Calidad sensorial:** Para la evaluación de la calidad en taza la SCAA considera los siguientes atributos: fragancia/aroma, sabor, sabor residual, acidez, cuerpo, balance, uniformidad, taza limpia y dulzor. A cada característica se le asigna un valor entre una escala de 0-10 y el puntaje total corresponde a la sumatoria la calificación obtenida en cada una de las características (26).

**Pérdida de materia seca:** Se determinó por medio de balance de masa y estimando la humedad en cada tratamiento. Para determinar la humedad inicial del café pergamino húmedo y la de cada tratamiento, se utilizó el método de la estufa a  $105^\circ\text{C}$  por 16 h, según Norma ISO (14).

**Carga orgánica del efluente:** Se tomaron muestras de agua obtenidas en todos los tratamientos y se determinó la DQO por el método de reflujos cerrado, método colorimétrico desarrollado por la HACH (12), utilizando un espectrofotómetro HACH referencia DR-2000 y una longitud de onda de 620 nm para los viales de rango

de 0 a 1.500 mg.L<sup>-1</sup> (12). Adicionalmente, se midió el pH, utilizando un pH metro digital marca Schott® (Schott® Instruments®, Alemania).

**Análisis de la información:** Las variables de respuesta fueron: porcentaje de almendra sana, porcentaje de taza limpia, puntaje total en taza, porcentaje de pérdida de materia seca y demanda química de oxígeno. Se realizó un análisis de varianza con un nivel de confianza del 95% seguido por una prueba de diferencias mínimas significativas (DMS) de Fisher para establecer la existencia de diferencias en las variables evaluadas. Se utilizó el programa Statgraphics versión 5.1 (STATGRAPHICS®, EUA).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Calidad del café

**Calidad física:** La humedad final del café fue de 11,25% en promedio, con un valor máximo de 12,0% y un mínimo de 10,1%, valores que cumplen con el criterio establecido para la comercialización del café pergamino seco (17). En promedio, la cantidad granos negros y vinagres fue de 0,4% para el testigo, de 0,31% para los tratamientos en los cuales el café se lavó diariamente con agua ozonizada y de 0,43% para los tratamientos en los que no se utilizó ozono (Tabla 1), todos los valores de granos negros y vinagres cumplen con el criterio establecido, al no ser mayores al 1,5%.

El análisis de varianza no presentó efecto de tratamientos (valor *p*: 0,7833), es decir, no hubo diferencias significativas entre los valores promedio de almendra sana obtenidos en los tratamientos. Sin embargo, la apariencia y el olor desagradable que presentaron los tratamientos 6, 7 y 8, se controló cuando se aplicó la técnica de agua ozonizada durante

los 4 días de almacenamiento, debido a las propiedades desodorizantes que tiene el ozono (1).

**Calidad sensorial:** En las muestras del café testigo se obtuvo el 100% de taza limpia, lo que se debe principalmente al adecuado proceso de beneficio e inicio del secado de forma inmediata, varios autores reportan que de esta forma logra controlarse la calidad final del producto (2, 3, 19, 25). El análisis de varianza presentó efecto del tratamiento en las variables porcentaje de taza limpia (valor *p*: 0,0482) y puntaje total en taza (valor *p*: 0,0366). El tratamiento en el cual no se utilizó agua ozonizada y se almacenó por 72 h, obtuvo el menor valor para las dos variables, con presencia de los defectos fenol, terroso e inmaduro, asociados a malas prácticas de almacenamiento. Sin embargo, como se observa en la Figura 1, en los tratamientos en los cuales se utilizó ozono durante el almacenamiento, los valores del porcentaje de taza limpia son más estables que cuando no se aplica agua ozonizada, es decir, se mantiene la calidad sensorial durante el almacenamiento del café pergamino húmedo.

En los tratamientos donde se almacenó el café por 24 h y se aplicó agua ozonizada y sin ozonizar, la calificación obtenida para el puntaje total entre las dos prácticas fue igual (Figura 2), lo que se explica debido a que la aplicación de los tratamientos inició después de 24 h de almacenamiento.

Cuando se aplica agua ozonizada diariamente, en una concentración de 0,2 mg.L<sup>-1</sup> y con un tiempo de aplicación de 15 min., se logra mantener la calidad sensorial del café pergamino húmedo durante 4 días de almacenamiento. Nascimento *et al.* (16), aplicaron agua ozonizada a café despulpado durante el proceso de fermentación natural, en una concentración de 3,5 mg.L<sup>-1</sup> durante 30

**Tabla 1.** Valores promedio, mínimo y máximo de los atributos de la calidad física de las muestras de café obtenidas en los tratamientos y el testigo.

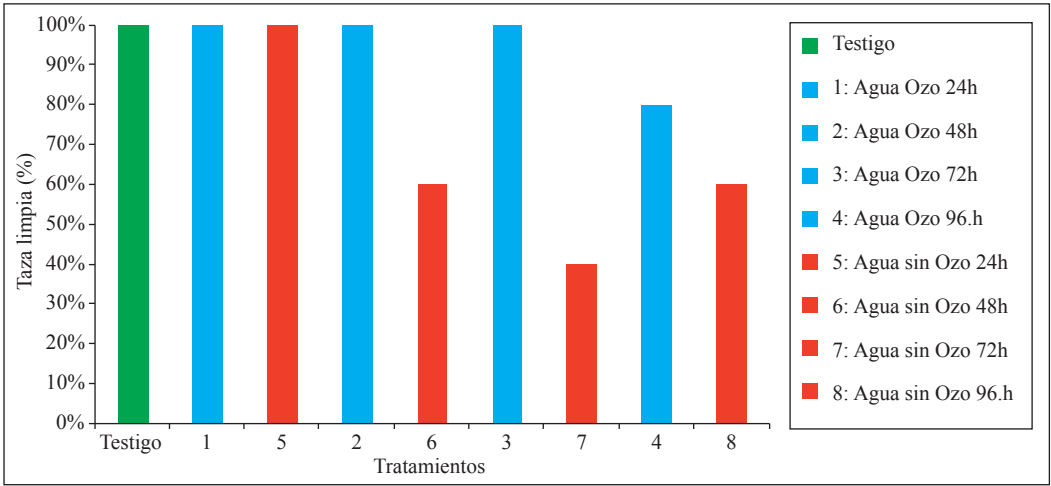
Atributo	Rangos de referencia	Tratamientos								
		Testigo			Aplicación agua ozonizada			Aplicación agua sin ozonizar		
		Prom.	Mín.	Máx.	Prom.	Mín.	Máx.	Prom.	Mín.	Máx.
Contenido de humedad (%)	10%-12%	11,28%	10,9%	11,6%	11,3%	10,1%	11,9%	11,2%	10,2%	12%
Pasillas (%)	<5,5%	6,7%	5,2%	8,4%	6,6%	3,3%	9,9%	6,9%	10,0%	5,1%
Grano negro y vinagre (%)	<1,5%	0,4%	0%	0,9%	0,3%	0,0%	1,7%	0,4%	0,0%	2,2%
Broca (%)	<1,0%	3,1%	0,24%	7,8%	3,0%	0,0%	10,7%	4,0%	0,5%	13,6%

**Tabla 2.** Valores promedio, máximo y mínimo obtenidos para el porcentaje de almendra sana en el testigo y los tratamientos.

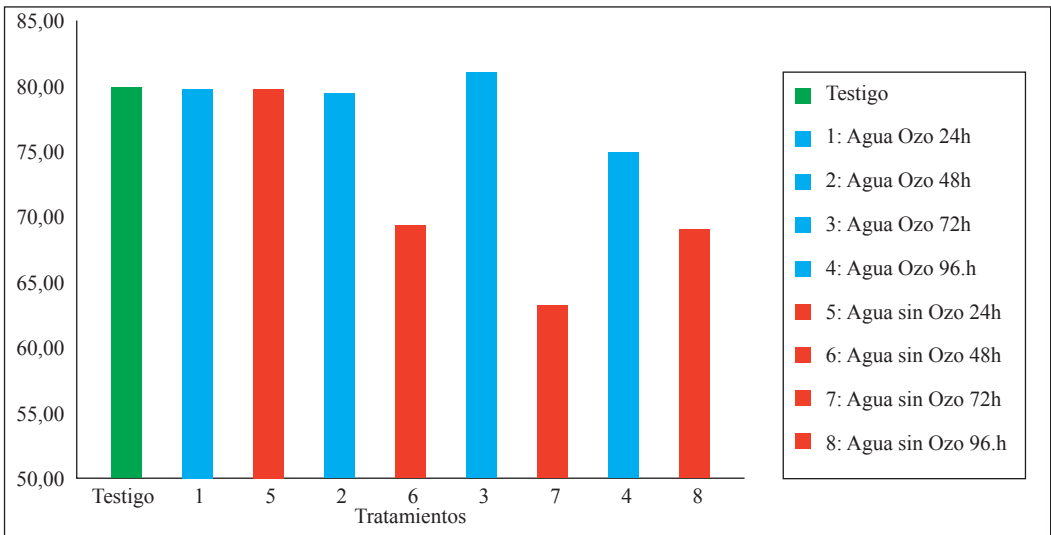
Tratamiento	Tiempos de almacenamiento (h)	Práctica	Mínimo	Promedio	Máximo
Testigo	-	Secado inmediato	68,60%	74,30%	78,24%
1	24	Agua ozonizada	69,80%	74,71%	79,80%
2	48		65,72%	73,43%	77,32%
3	72		67,12%	73,54%	77,68%
4	96		72,96%	76,90%	79,48%
5	24	Agua sin ozonizar	65,16%	72,30%	76,76%
6	48		66,40%	73,14%	78,00%
7	72		63,96%	72,45%	76,96%
8	96		73,56%	76,18%	77,36%

min., y no registraron diferencias significativas cuando compararon la calidad sensorial obtenida en el café con la aplicación de ozono y el café sin ozonizar. Lo anterior demuestra que además del efecto desinfectante, éste no deja residuos desagradables que afecten la calidad sensorial de la bebida. El 95% de las muestras obtenidas de los tratamientos donde se aplicó agua ozonizada hasta las 96 h de almacenamiento, obtuvieron un puntaje total mayor a 75 puntos, que clasifica al café como de calidad usual buena y la mayor proporción (65%) lo describe como muy bueno y lo clasifica para una bonificación. A diferencia de lo obtenido en los tratamientos donde no se le aplicó agua ozonizada al café

pergamino húmedo, solamente el 75% de las muestras tuvieron una calificación mayor a 75 puntos y una proporción de 35% que lo clasifica en el rango más bajo. Peñuela y Oliveros (21) reportaron resultados similares en muestras de café pergamino húmedo recolectados en diferentes puntos de compra de cuatro departamentos donde se realiza esta modalidad de comercialización, en este muestreo, el 32,4% de las muestras obtuvieron un puntaje total menor a 60 puntos. Para verificar si la calidad se mantenía después del almacenamiento del café pergamino seco, se realizaron pruebas de calidad sensorial, después de 45, 90 y 180 días, las muestras se almacenaron en el Laboratorio del Ritual del



**Figura 1.** Valores de porcentaje de taza limpia obtenidos para todos los tratamientos.



**Figura 2.** Puntaje total obtenido para el testigo y los tratamientos.

Café, a una temperatura promedio de 18°C, máxima de 24°C y mínima de 13°C, con humedad relativa de 78% en promedio. Sólo se repitieron los análisis a las muestras que no habían presentado defecto inicialmente. Se presentaron los defectos fermento y terroso

a los 90 y 180 días en los tratamientos 6 y 4, respectivamente. Con lo anterior se confirma que la aplicación de ozono, aunque es un potente oxidante no afecta la calidad sensorial del café hasta después de 180 días de almacenamiento del café pergamino seco.

**Pérdida de materia seca:** La pérdida de materia seca es un factor determinante para la estimación de pérdidas económicas durante el proceso de comercialización y es uno de los componentes más importantes en el deterioro del grano. La pérdida de materia seca se atribuye a la respiración que consume la composición interna del grano, en trabajos realizados previamente se ha estimado que durante el almacenamiento del café pergamino húmedo bajo agua o sin agua se tienen pérdidas de materia seca hasta del 3,0% (21). Los mayores valores en promedio se presentaron en los tratamientos donde se almacenó el café por 24 h, lo que puede explicarse porque en las primeras 24 h no se aplicó algún enjuague (Tabla 3). El análisis de varianza no mostró efecto de tratamientos (valor *p*: 0,1179), es decir, la aplicación de agua ozonizada no influyó en esta variable, debido principalmente a que la técnica es un desinfectante y todos los tratamientos fueron almacenados el mismo tiempo en las mismas condiciones.

**Carga orgánica obtenida en el agua:** El ozono es ampliamente utilizado en las últimas etapas del proceso para la desinfección del agua, gracias a su poder oxidante que destruye

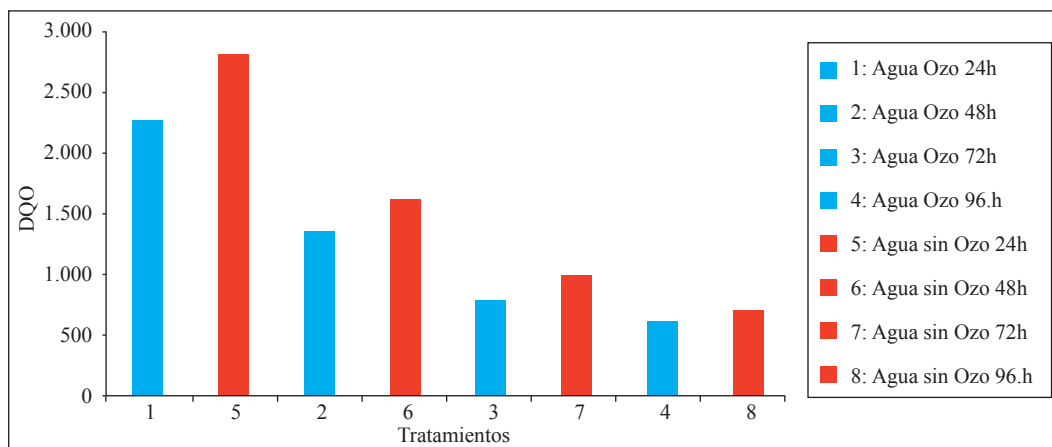
los microorganismos presentes en el agua (5, 10). En la Figura 3 se presentan los valores promedio para la demanda química de oxígeno del agua que se utilizó en todos los tratamientos.

El análisis de varianza mostró efecto de los tratamientos (valor *p*: 0,025). En la Tabla 4 se presentan los tratamientos que tuvieron diferencias significativas según el método DMS de Fisher. Los valores de carga orgánica disminuyeron a medida que transcurrió el tiempo de almacenamiento, debido al lavado diario del café y a que la aplicación de los tratamientos inició después de 24 h.

El pH del agua utilizada para los enjuagues de los tratamientos fue de 7,64 en promedio, con un máximo de 7,85 y un mínimo de 7,1. Los valores de pH del agua obtenidos después del enjuague de los tratamientos se presentan en la Tabla 5. El análisis de varianza mostró efecto entre los tratamientos (valor *p*: 0,003); cabe resaltar que los tratamientos en los que se almacenó café por 24 h lavando el café con agua ozonizada y sin ozonizar presentaron los valores más bajos de pH comparados con los otros tratamientos. Es decir, cuando se aplicó agua ozonizada

**Tabla 3.** Valores promedio, máximo y mínimo de porcentaje de materia seca obtenida durante el almacenamiento del café pergamino húmedo en cada tratamiento.

Tratamiento	Tiempos de almacenamiento (h)	Práctica	Pérdida de materia seca		
			Mínimo	Promedio	Máximo
1	24	Agua ozonizada	0,15%	1,54%	2,60%
2	48		0,42%	0,87%	1,46%
3	72		0,20%	0,66%	1,01%
4	96		0,14%	0,77%	1,33%
5	24	Agua sin ozonizar	0,29%	1,74%	3,28%
6	48		0,21%	0,77%	1,55%
7	72		0,03%	0,53%	1,55%
8	96		0,51%	1,29%	2,92%



**Figura 3.** Valores de la demanda química de oxígeno (DQO) obtenido para el agua utilizada en los tratamientos.

**Tabla 4.** Tratamientos que presentaron diferencias significativas en DQO según la prueba DMS de Fisher.

Comparación Tratamientos	Sig.	Diferencia (mg.L <sup>-1</sup> )	Conclusión
1 - 2	*	908,0	En el tratamiento 1 se obtuvo mayor DQO que en los tratamientos 2, 3, 4, 7 y 8
1 - 3	*	1.474,0	
1 - 4	*	1.637,0	
1 - 7	*	1.267,0	
1 - 8	*	1.560,0	
2 - 4	*	729,0	En el tratamiento 2 se obtuvo mayor DQO que en el 4
5 - 2	*	1.454,0	En el tratamiento 5 se obtuvo mayor DQO que en los tratamientos 2, 3, 4, 6, 7 y 8
5 - 3	*	2.020,0	
5 - 4	*	2.183,0	
5 - 6	*	1.192,0	
5 - 7	*	1.813,0	
5 - 8	*	2.106,0	
6 - 3	*	828,0	En el tratamiento 6 se obtuvo mayor DQO que en los tratamientos 3, 4 y 8
6 - 4	*	991,0	
6 - 8	*	914,0	

Tratamientos: 1: Agua ozonizada 24 h; 2: Agua ozonizada 48 h; 3: Agua ozonizada 72 h; 4: Agua ozonizada 96 h; 5: Agua sin ozonizar 24 h; 6: Agua sin ozonizar 48 h; 7: Agua sin ozonizar 72 h; 8: Agua sin ozonizar 96 h. Sig.: significativa.

y sin ozonizar se presentó mayor acidez en las primeras 24 h de almacenamiento, debido a la carga orgánica que presentaba el café húmedo en el primer período de almacenamiento.

Finalmente, se determinó la calidad sensorial y física del café cuando se utiliza como técnica de conservación agua ozonizada sobre café pergamino húmedo. Se estimó que cuando se utiliza ozono, la calidad sensorial



**Tabla 5.** Valores promedio obtenidos para el pH después del enjuague para cada tratamiento.

Tiempos de almacenamiento (h)	Práctica	Tratamientos	Valor de pH
48	Agua ozonizada	1	5,80*
72		2	6,59
96		3	6,83
24		4	7,13
48	Agua sin ozonizar	5	5,81*
72		6	6,57
96		7	6,97
96		8	6,85

\*indica valores con diferencia significativa en relación con los promedios obtenidos en los tratamientos, según prueba OMS al 5%.

cuantificada por el puntaje total en taza y el porcentaje de taza limpia se mantiene hasta por 96 h de almacenamiento. Las variables porcentaje de almendra sana y pérdida de materia seca no presentaron diferencias significativas; es decir, la aplicación diaria de agua ozonizada con una concentración de 0,2 mg.L<sup>-1</sup> por un tiempo de 15 min., es efectiva para mantener la calidad sensorial del café pergamino húmedo almacenado hasta por 4 días, sin generar un aumento en la carga orgánica.

Se verificó que el ozono no tiene efectos perjudiciales que alteren la calidad sensorial del café hasta después de 90 días de almacenamiento del café pergamino seco. Por lo anterior, la técnica de ozonización del café podría utilizarse como una alternativa de conservación de este producto por tiempos de espera para el secado no mayor a 4 días, sin implicar mayores cambios en la infraestructura de las centrales de compra, dado que utilizan el almacenamiento bajo agua, con riesgos sobre la calidad.

### AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Centro Nacional de Investigaciones de Café- Cenicafé, y al Departamento Administrativo de Ciencia,

Tecnología e Innovación-Colciencias, por la financiación del proyecto. Igualmente, los autores expresan su agradecimiento a la doctora Carmen Dussán, profesora del Departamento de Matemáticas de la Universidad de Caldas por su asesoría estadística, a la ingeniera Valentina Osorio del Comité Departamental de Cafeteros de Caldas por la ejecución de las pruebas físicas y sensoriales del café, y al auxiliar Farid López por su colaboración durante la ejecución de las pruebas.

### LITERATURA CITADA

1. BELTRAN, D.; SELMA, M.; MARÍN, A.; GIL, M. Ozonated water extends the shelf life of fresh-cut lettuce. *Journal of agricultural and food chemistry* 53(14):5654-5663. 2005
2. CENICAFÉ. Fundamentos del beneficio del café. Manizales : Cenicafé, 1991. 257 p.
3. CLEVES S., R. Tecnología en beneficiado de café. 2a. ed. San José de Costa Rica : Cléves y Faith, 1998. 223 p.
4. DHILLON, B.; WIESENBORN, D.; WOLF H., C.; MANTHEY, F. Development and evaluation of an ozonated water system for antimicrobial treatment of durum wheat. *Journal of food science* 74(7): E396-E403. 2009.
5. EPA. Alternative disinfectants and oxidants: Guidance manual. [New York ] : EPA, 1999. 328 p.

6. Federación Nacional de Cafeteros - FNC. La calidad del café: Federación nacional de Cafeteros. Manizales : Comité departamental de cafeteros de Caldas, 2004. 10 p.
7. Federación Nacional de Cafeteros - FNC. El comportamiento de la industria cafetera colombiana durante 2009. Bogotá : FNC, 2009. 61 p.
8. Federación Nacional de Cafeteros - FNC. Sostenibilidad en acción 1927-2010: Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. Bogotá : FNC, 2011. 175 p.
9. FREITAS, R.F. Fungos asociados a grãos de café (*Coffea arabica* L.) beneficiado de diversos municípios da região sul de Minas Gerais. Lavras : Universidad Federal de Lavras, 2000. 78 p.
10. GOTTSCHALK, C.; LIBRA, J.A.; SAUPE, A. Ozonation of water and waste water: A practical guide to understanding ozone and its applications. [New Jersey] : Wiley vch, 2009. 378 p.
11. GRAHAM, D.M. Ozone antimicrobial applications in food processing. California : Ozone III conference, 2002.
12. HACH COMPANY. DR/2000 Spectrophotometer: Procedures Manual. Colorado : HACH, 1988. 394 p.
13. HAMPSON, B.; MCLEAN, M. Impact of ozonation on the nutritional quality and microbial load of fresh-market tomatoes in IOA/PAG Vancouver : Conference Vancouver, 1998.
14. ISO. Green coffee determination of loss mass at 105°C. [Ginebra] : ISO, 1999. 4 p.
15. MONTILLA P., J.; ARCILA P., J.; ARISTIZABAL L., M.; MONTOYA R., E.C.; PUERTA Q., G.I.; OLIVEROS T., C.E.; CADENA G., G. Caracterización de algunas propiedades físicas y factores de conversión del café durante el proceso de beneficio húmedo tradicional. *Cenicafé* 59(2):120-142. 2008.
16. NASCIMENTO, L.C.; LIMA, L.C.; PICOLLI, R.; FIORINI, J.; DUARTE, S.; SILVA, J.M.; OLIVEIRA, N.; VEIGA, S. Ozonio e ultra-som: Processos alternativos para o tratamento do café despulpado. *Ciência e tecnologia de alimentos* 28(2):282-294. 2008.
17. OIC. Directrices para prevenir la formación de moho en el café. London : OIC, 2006. 28 p.
18. OLIVEROS T., C.E.; PEÑUELA M., A.E.; SANZ U., J.R.; RAMÍREZ, C. Primer encuentro nacional de comercialización de café húmedo. Manizales : Cenicafé, 2009. 31 p.
19. PEÑUELAM., A.E. Estudio de la remoción del mucílago de café a través de fermentación natural. Manizales : Universidad de Manizales, 2010. 81 p. Tesis maestría en desarrollo sostenible y medio ambiente.
20. PEÑUELA M., A.E.; PABÓN U., J.P.; OLIVEROS T., C.E. Enzimas: Una alternativa para remover rápida y eficazmente el mucílago del café. Manizales : Cenicafé, 2011. 8 p. (Avances Tecnicos No. 406).
21. PEÑUELAM., A.E.; OLIVEROS T., C.E. Evaluación de técnicas de conservación del café húmedo: Informe. Manizales : Cenicafé, 2013. 70 p.
22. PUERTA Q., G.I. El beneficio y la calidad del café. Manizales : Cenicafé, 1995. 45 p.
23. PUERTA Q., G.I. La humedad controlada del grano preserva la calidad del café. Manizales : Cenicafé. 2006. 8 p. (Avances Técnicos No. 352).
24. RICE, R.G.; GRAHAM, C. Ozone as antimicrobial agent for the treatment, storage and processing of food in the gas and aqueous phases supporting of data for a food additive petition. *World ozone congress* 15:29-32. 2001.
25. ROA M., G.; OLIVEROS T., C.E.; ALVAREZ G., J.; RAMIREZ G., C.A.; SANZ U., J.R.; DAVILA A., M.T.; ALVAREZ H., J.R.; ZAMBRANO F., D.A.; PUERTA Q., G.I.; RODRIGUEZ V., N. Beneficio ecológico del café. Manizales : Cenicafé, 1999. 273 p.
26. SCAA. El manual de catación del programa de cafés especiales de Colombia. California : Specialty coffee association of America, 2004. 30 p.