

APLICACIÓN DE AGUA OZONIZADA COMO MÉTODO DE CONSERVACIÓN DEL CAFÉ PERGAMINO HÚMEDO DURANTE SU COMERCIALIZACIÓN

Andrés Felipe Trujillo Cosme*; Carlos Eugenio Oliveros Tascón*; Cesar Augusto Ramírez Gómez*

TRUJILLO C., A.F.; OLIVEROS T., C.O.; RAMÍREZ G., C.A. Aplicación de agua ozonizada como método de conservación del café pergamino húmedo durante su comercialización. Revista Cenicafé 68 (1): 7-14. 2017

Se evaluó el efecto de la aplicación de agua ozonizada en la calidad física y sensorial de café pergamino húmedo comercializado durante 4 días en una Central localizada en el municipio de Chinchiná (Caldas). Diariamente se tomó una muestra de 5 kg del café comercializado, la cual se lavó con agua ozonizada a una concentración de $0,2 \text{ mg.L}^{-1}$ de O_3 durante 15 min., utilizando un volumen de agua conforme a la porosidad del café (tratamiento). En forma simultánea se almacenaron durante 96 h, bajo agua, 20 kg del café comercializado, con cambios de agua cada 24 h (testigo). El café húmedo obtenido del tratamiento y el testigo se secó hasta un contenido de humedad del 10% al 12% (base húmeda), utilizando aire con temperatura de $50 \pm 2^\circ\text{C}$. Como variables de respuesta se tuvieron el puntaje total en la escala de SCAA y el porcentaje de almendras sanas y como variables complementarias el color de las almendras en el espacio $\text{CIEL}^*a^*b^*$ y la demanda química de oxígeno del agua utilizada. No hubo diferencia en la calidad del café obtenido con el tratamiento y el testigo, para las variables física y sensorial y en la coloración de las almendras. En las primeras 24 h de almacenamiento de las muestras se observó la reducción del 55% en la demanda química de oxígeno (DQO) utilizando agua ozonizada.

Palabras clave: Calidad sensorial, Calidad física, Demanda química de oxígeno.

OZONATED WATER APPLICATION AS A CONSERVATION METHOD OF WET PARCHMENT COFFEE DURING ITS COMMERCIALIZATION

The effect of ozonated water application on the physical and sensorial quality of wet parchment coffee commercialized for 4 days at a plant located in the municipality of Chinchiná (Caldas) was evaluated. A 5 kg sample of the commercialized coffee was taken daily and washed with ozonated water at a concentration of $0.2 \text{ mg.L}^{-1} \text{ O}_3$ for 15 min., using a volume of water according to the porosity of the coffee (treatment). Simultaneously, 20 kg of the commercialized coffee were stored for 96 h under water, with water changes every 24 h (control). The wet coffee obtained from the treatment and the control were dried until a moisture content of 10% to 12% (wet basis) was obtained, using air with a temperature of $50 \pm 2^\circ \text{C}$. The response variables were the total score in the SCAA scale and the percentage of healthy green coffee beans; the complementary variables were the color of the beans in the $\text{CIEL}^*a^*b^*$ space and the chemical oxygen demand of the water used. There was no difference between the quality of the coffee obtained with the treatment and that obtained with the control regarding the physical and sensorial variables and the color of the beans. In the first 24 h of sample storage, a 55% reduction in chemical oxygen demand (COD) using ozonated water was observed.

Keywords: Sensorial quality, Physical quality, Chemical Oxygen Demand.

* Practicante de Investigación, Investigador Principal e Investigador Científico I, respectivamente. Disciplina de Poscosecha. Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé. Manizales, Caldas, Colombia.

El café pergamino húmedo es el producto resultante del proceso de lavado en el beneficio húmedo del café. Por su elevado contenido de humedad (53% b.h.) y actividad de agua (0,97-0,98) presenta alto riesgo de contaminación por microorganismos, que pueden alterar su calidad e inocuidad (13).

La comercialización del café húmedo es una actividad ejercida en la industria del café de Colombia por más de 30 años, debido a los altos costos del secado, la necesidad de liquidez, la falta de infraestructura e inseguridad en las fincas¹. En algunas regiones del país el 30% del café es comercializado bajo esta modalidad. Sin embargo, la falta de control durante el beneficio, transporte y comercialización representa un riesgo para la calidad física, organoléptica e inocuidad del producto (14).

Solo en el 2014, las compras de café pergamino húmedo realizadas por la Cooperativa de Caficultores de Manizales, ubicada en Chinchiná, fueron equivalentes a 2.955 toneladas de café pergamino seco. En este lugar, el café es almacenado en tanques bajo agua, que también se emplea para transportar el café a los secadores, con recirculación, alcanzado una carga contaminante en DQO de hasta 4.640 ppm, que debe ser tratada antes de descargarse a las fuentes de agua para disminuir el impacto en los ecosistemas. El proceso de secado inicia cuando se obtiene la masa de café húmedo requerida para la operación del secador (5.000 kg), lo que puede tardar hasta 4 días en épocas de bajo flujo de café.

Los largos períodos de almacenamiento del café en estado húmedo y la actividad metabólica de los granos contribuyen a la proliferación de microorganismos como mohos y levaduras, que pueden causar daños en la calidad del café (2, 3, 7, 12, 13). Adicionalmente, cuando el retraso en el inicio del proceso de secado es de 96 h se presentan pérdidas de materia seca que pueden variar entre 3,34% y 3,65%, dependiendo si el café es almacenado con o sin agua². Igualmente, cuando se hacen mezclas en un mismo tanque de café de varios días de despulpado, aunque se deje con agua, pueden originarse cafés de inferior calidad³(15). Con el fin de proteger la calidad del café cuando se comercializa en húmedo, en Cenicafé se han evaluado las siguientes alternativas para su manejo, sin observar cambios con relación a muestras con inicio inmediato del proceso de secado:

- Secado a niveles entre 45% y 35% (b.h.) y almacenamiento de hasta 96 h, con temperatura y humedad relativa de 23°C y 75% en promedio, respectivamente (8).
- Almacenamiento a temperaturas de 3 y 7°C hasta 144 h².
- Aplicación al café húmedo de agua ozonizada con concentración de 0,2 mgO₃.L⁻¹ y almacenamiento con temperatura de 20±2°C de hasta 96 h (9).

El uso del ozono (O₃) en la industria alimentaria ha sido evaluado sobre diferentes productos, su capacidad oxidante reduce eficientemente las poblaciones bacterianas

¹ OLIVEROS T., C.E.; PEÑUELA M., A.E.; SANZ U., J.R.; RAMÍREZ G., C.A. En: Encuentro nacional de comercialización de café húmedo. 21 de Agosto de 2009: Chinchiná. Cenicafé, 2009. 31p.

² PUERTA Q., G.I. 2004. Efecto de los retrasos en las etapas del beneficio en la calidad y la inocuidad del café. Informe anual de actividades de investigación 2003-2004. Disciplina Química Industrial. Cenicafé. Chinchiná- Colombia.

³ PUERTA Q., G.I. 2004. Efecto de los retrasos en las etapas del beneficio en la calidad y la inocuidad del café. Informe anual de actividades de investigación 2003-2004. Disciplina Química Industrial. Cenicafé. Chinchiná- Colombia.

y las esporas de hongos. El ozono es generalmente reconocido como seguro, debido a la descomposición rápida en oxígeno (O_2) sin dejar residuo. La aplicación de agua ozonizada en frutas y verduras reduce la carga microbiana y prolonga el tiempo en la vida útil de algunos de estos productos (1, 4, 16).

La aplicación del ozono para la disminución de carga microbiana en muestras de café despulpado ha sido evaluada en Brasil, observando reducción significativa en el conteo de coliformes, en comparación con el tratamiento testigo de fermentación natural, además no se encontró alteración en la calidad sensorial de los granos (6).

El efecto de la aplicación de agua ozonizada en café lavado, en la carga microbiana y calidad, fue evaluado utilizando concentración de $0,2 \text{ mg.L}^{-1}$ de O_3 y tiempo de residencia de 15 min. (9). Se observó una carga de aerobios mesófilos, coliformes totales y mohos y levaduras en UFC/g similar a la registrada en café secado inmediatamente después del lavado. La calidad sensorial del café, puntaje total en la escala de SCAA y porcentaje de tazas limpias, se conservó después de 96 h de almacenamiento, en cuarto con temperatura de $20 \pm 2,0^\circ\text{C}$ y humedad relativa de $80 \pm 3,0\%$, con aplicación diaria de agua ozonizada.

Otras ventajas en el empleo de O_3 han sido documentadas para la desinfección de superficies y equipos en las plantas de procesamiento de alimentos y la reducción de la carga contaminante de las aguas residuales en procesos industriales o domésticas (10, 17).

En esta investigación se evaluó el efecto en la calidad física y sensorial de la aplicación de agua ozonizada con concentración de $0,2 \text{ mg.L}^{-1}$ de O_3 en café húmedo comercializado en la Central de la Cooperativa de Caficultores de Manizales

en Chinchiná (Caldas). Adicionalmente, se realizó un análisis colorimétrico en almendras de café del tratamiento y el testigo con el fin de determinar posibles variaciones en su color, en el espacio CIEL *a*b* (Commission Internationale de L'éclairage o Comisión Internacional de Iluminación, por sus siglas en Francés), por las diferentes condiciones de almacenamiento. Finalmente, se evaluó el efecto de esta práctica en la demanda química de oxígeno del agua utilizada para almacenamiento y el transporte del café a los secadores, con el propósito de integrar las propiedades ambientales del ozono en el beneficio ecológico del café.

MATERIALES Y MÉTODOS

El procedimiento experimental se realizó en el Centro Nacional de Investigaciones de Café –Cenicafé, en Manizales (Caldas, Colombia), a una altitud de 1.310 m, temperatura media de $21,5^\circ\text{C}$ y humedad relativa media de 79,5%. Las muestras de café se tomaron entre los meses de mayo y julio del 2015, en la central de compra de la Cooperativa de Caficultores de Manizales en Chinchiná (Caldas).

Cada 24 h y durante 4 días, se tomaron 25 kg del café húmedo comercializado en la Central de la Cooperativa de Caficultores de Manizales, de los cuales 20 kg se depositaron en un recipiente con capacidad de 250 L y se cubrieron con agua limpia reemplazada diariamente. Los 5 kg restantes del café húmedo se transportaron al Laboratorio de Poscosecha de Cenicafé para la aplicación de agua ozonizada con concentración de ozono de $0,2 \text{ mg.L}^{-1}$ de O_3 (Figura 1a) durante 15 min., siguiendo el procedimiento empleado por Pabón (9). Al transcurrir las 96 h se obtuvieron 20 kg de café lavado diariamente con agua ozonizada y 80 kg del café almacenado bajo agua, del cual se

extrajo una muestra de 20 kg como testigo (Figura 1b). El procedimiento anterior se repitió durante 10 semanas.

Para la aplicación de agua ozonizada al café se construyó el dispositivo presentado en la Figura 1a, el cual consta de un tanque fabricado en acero inoxidable calibre 18, de 45 cm de altura y 42 cm de diámetro, una bomba sumergible de caudal de 100 L.h⁻¹ y tres aspersores con boquilla tipo abanico, ubicados en el borde superior a 120° de distancia. La ozonización del agua se realizó utilizando un generador comercial marca Bionic® con capacidad para producir 1,0 g.h⁻¹ de O₃. Para verificar que se conservara la concentración de ozono, se utilizó un kit comercial OZ-2 marca Hach®, el cual mide el residual oxidante de DPD (N,N-dietil-p-fenilendiamina) y genera un cambio de color que indica la presencia del ozono en el agua.

El volumen de agua requerido en cada tratamiento se calculó teniendo en cuenta la porosidad del café lavado, 36,5% para Variedad Castillo®⁴. Las muestras correspondientes al testigo y al tratamiento se secaron en un equipo de capa estática, con temperatura del aire de 50±2°C, hasta contenido de humedad entre el 10% y el 12% (b.h). El café pergamino seco se empacó en bolsas de cierre hermético y se llevó a almacenamiento con temperatura de 20±2°C y humedad relativa de 75%±2% hasta su envío al panel de Catación del Comité de Cafeteros de Caldas, en el Recinto del Pensamiento (Manizales), para los análisis de calidad física y sensorial.

Como variable de respuesta se consideró la calidad sensorial expresada en la calificación total, resultante de la sumatoria de los parámetros fragancia, sabor, sabor residual, acidez, cuerpo,



Figura 1. a. Dispositivo utilizado para la aplicación de agua ozonizada al café; b. Recolección de muestra (testigo) después de 96 h de almacenamiento bajo agua

⁴ PEÑUELA A., OLIVEROS C. 2013. Caracterización de la calidad física, sensorial y microbiológica del café pergamino húmedo. Fase 1. p 2 – 9. En: Cenicafé. Primer Informe Científico del Proyecto Estudio de técnicas para la conservación del café pergamino húmedo durante la comercialización. Chinchiná: Cenicafé. p38.

balance, uniformidad, taza limpia, dulzor y puntaje del catador. La calificación de estos parámetros se basó en la prueba QDA (Análisis Cuantitativo Descriptivo) el cual utiliza una escala de cero a diez. Se consideró como segunda variable de respuesta la calidad física, expresada en el porcentaje de almendras sanas del tratamiento y el testigo. Además, se realizó un análisis colorimétrico de las almendras de café en el espacio CIEL*a*b, para determinar posibles diferencias en su color entre el tratamiento y el testigo.

El dispositivo utilizado para determinar cuantitativamente el color de las almendras fue un colorímetro Konica Minolta CR-400, el cual utiliza una lámpara de xenón pulsado como fuente de luz, graduado con el iluminante estándar D65 y un ángulo de observador de 2°, previamente calibrado sobre una superficie plana (Referencia blanco, $Y=87,1$, $x=0,3184$, $y=0,3357$) (Figura 2a). Las mediciones del color se realizaron en diez muestras, de 25 g cada una (Figura 2b), del tratamiento y el testigo, bajo la misma condición de luminosidad.

Se determinó la demanda química de oxígeno (DQO) mediante la aplicación de ozono a 18 L del agua empleada para el almacenamiento del café, al transcurrir 24 h. Este procedimiento se realizó durante 30 min., alcanzado una concentración de ozono disuelto de $0,2 \text{ mg.L}^{-1}$ de O_3 . Además, se estimó la carga contaminante en DQO y los sólidos suspendidos totales (SST) de las aguas utilizadas para el transporte de café a los secadores.

La determinación de la DQO se realizó por el método de reflujo cerrado, método colorimétrico desarrollado por la empresa HACH y aprobado por la U.S.EPA (HACH, 1988), utilizando un espectrofotómetro HACH referencia DR-6000 y una longitud de onda de 420 nm. Para la calibración del método se utilizó un estándar o patrón con un valor de DQO conocido (ftalato ácido de potasio).

Para el análisis estadístico se estimaron el promedio, la desviación estándar y el coeficiente de variación en los datos de calidad física, sensorial y colorimétricos; además, se aplicó la prueba de diferencia



Figura 2. a. Calibración del colorímetro Konica Minolta CR-400; **b.** Muestra de almendras para análisis de color.

mínima significativa al 5% y se estimó el porcentaje de reducción de la DQO.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Calidad sensorial. Los resultados del análisis sensorial para las muestras de café correspondientes al tratamiento y al testigo se presentan en la Tabla 1. El 70% de las muestras de café del tratamiento y el testigo presentaron calificación superior o igual a 80, que corresponde en la escala de SCAA (Specialty Coffee Association of America) a café con calidad especial. La muestra del testigo número 1 y la muestra del tratamiento número 8 recibieron una calificación de 0 puntos en taza limpia, debido a la presencia del defecto vinagre, con una calificación total de 53 puntos en la escala de SCAA.

De acuerdo con la prueba de diferencia significativa mínima (LSD) no hubo diferencia en la calidad sensorial del café tratado con agua ozonizada, a una concentración de 0,2 mg.L⁻¹ de O₃, y el testigo con cambio diario de agua. El resultado obtenido con el testigo puede

atribuirse a la buena calidad del café recibido en la Central en los días de realización de los ensayos, generalmente de fincas cercanas. Sin embargo, estos resultados pueden ser diferentes cuando se realiza el beneficio sin la aplicación de las buenas prácticas para el beneficio húmedo y secado recomendadas por Puerta (12).

Calidad física. Los promedios y la desviación estándar obtenidos para las muestras sometidas al tratamiento y el testigo fueron similares. El 80% de las muestras evaluadas, tanto en el tratamiento como en el testigo, presentaron porcentajes de almendras sanas superiores o iguales al 75%, que corresponden a café bonificado por su calidad física en el proceso de comercialización en Colombia. En la Tabla 2 se presentan los resultados obtenidos para la variable de respuesta porcentaje de almendras sanas, para el tratamiento y el testigo.

De acuerdo con la prueba de diferencia significativa mínima (LSD) no se observó diferencia en el porcentaje de almendras sanas en las muestras de café obtenidas con el tratamiento y el testigo.

Tabla 1. Puntaje total de las muestras (puntuación máxima: 100 puntos).

Número de muestra	Tratamiento	Testigo
1	80,0	53,0
2	80,0	81,0
3	80,0	76,0
4	80,0	79,0
5	81,5	80,5
6	78,0	80,5
7	81,5	80,3
8	53,0	81,0
9	80,5	80,0
10	77,0	81,5
Promedio	77,2	77,3
D.E.	8,6	8,7

D.E.: Desviación estándar.

Tabla 2. Porcentaje de almendra sana.

Muestra	Tratamiento	Testigo
1	73,5	71,5
2	75,0	77,2
3	79,4	76,2
4	75,2	73,2
5	78,5	75,3
6	74,8	75,9
7	76,9	77,5
8	77,4	79,6
9	76,0	78,9
10	79,6	80,0
Promedio	76,63	76,53
D.E.	2,08	2,73

D.E.: Desviación estándar.

Análisis colorimétrico. De acuerdo con la Tabla 3, no hubo diferencias en luminosidad (L) y en valores de coloración entre rojo-verde

(a*) y amarillo-azul (b*), los cuales fueron más uniformes entre almendras de café con aplicación de agua ozonizada y el testigo.

Tabla 3. Coordenadas de color CIE L*a*b* obtenidas para las muestras de café.

	Agua ozonizada			Testigo		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
Media	32,25	0,86	11,43	33,73	1,10	11,62
LI	30,67	0,48	10,67	31,77	0,94	11,27
LS	33,83	1,23	12,18	35,68	1,26	11,98
D.E.	2,21	0,52	1,05	2,73	0,22	0,50

LI: Límite inferior; LS: Límite superior; D.E.: Desviación estándar.

Impacto en la DQO. Los resultados muestran en promedio una reducción del 55,10% de la DQO en las primeras 24 h (Tabla 4), atribuible a la reacción del ozono con el carbono de la materia orgánica contenida en el agua utilizada para producir CO₂ (5). Además, se evidenció el cambio de color de amarillo a tonalidad rojiza (Figura 3). Las aguas utilizadas en el proceso de transporte del café húmedo a los secadores, presentaron valores de DQO y SST correspondientes a 5.483 ppm y 2.416 ppm, respectivamente, con un consumo específico de 0,2 L.kg⁻¹ cps.

Puede concluirse que la aplicación diaria de agua ozonizada, con concentración de 0,2 mg.L⁻¹ de O₃ por un tiempo de 15 min. permite conservar la calidad sensorial del café pergamino húmedo almacenado hasta por 4 días; con esta práctica se obtuvo un porcentaje de almendras sanas y puntaje total en la escala de SCAA igual que en el café bajo agua, con cambio diario de ésta, como se realiza en sitios de compra de café húmedo. No se observó diferencia en el color de las almendras de café en el espacio CIEL*a*b* después de 96 h de almacenamiento bajo agua y con aplicación de agua ozonizada. En las primeras 24 h se presenta reducción de la DQO (55,1%) en el agua ozonizada aplicada al café. La técnica

Tabla 4. Resultados de DQO (ppm) para el agua usada en el almacenamiento del café durante 24 h sin tratar (testigo) y ozonizada (0,2 mg.L⁻¹ de O₃).

Número de muestra	Testigo	Agua ozonizada	Disminución de DQO (%)
1	610	350	42,62
2	1.690	550	67,46
3	1.110	380	65,77
4	600	110	81,60
5	1.110	910	18,02
Promedio	1.024	460	55,11%
D.E.	449,87	296,48	25,01

D.E.: Desviación estándar.

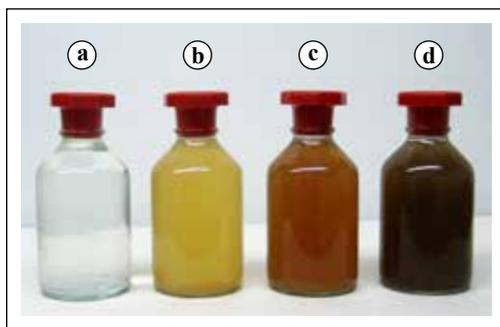


Figura 3. a. Agua limpia utilizada para almacenar café; b. Agua de almacenamiento de café durante 24 h; c. Agua de almacenamiento de café durante 24 h, ozonizada; d. Agua utilizada para el transporte de café a los secadores.

de ozonización podría utilizarse como una alternativa en las centrales de compra para la conservación del café húmedo por tiempos de espera no mayor a 4 días para el secado.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue apoyado por la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia y Colciencias. Los autores agradecen a la Cooperativa de Caficultores de Manizales con sede en Chinchiná por el apoyo ofrecido a la investigación y a la doctora Esther Cecilia Montoya por la asesoría en la planeación de la investigación y análisis de la información.

LITERATURA CITADA

1. BELTRÁN, D.; SELMA, M.V.; MARÍN, A.; GIL, M.I. Ozonated water extends the shelf life of fresh cut lettuce. *Journal of agricultural and food chemistry* 53:5654–5663. 2005.
2. BORÉM M., F.; RODRÍGUEZ R., C.H.; TAVARES A. E. Secagem do café. p. 214-215. En: Pós-colelita do café. Lavras : Universidade Federal de Lavras, 2008. 631 p.
3. FAVARIN, L.J.; GNACCARINI, A.L.; DUARTE, H.M.; CARMIGNANI, H.M.; COSTA, J.D.; DORADO, D.N. Qualidade da bebida de café de frutos cereja submetidos a diferentes manejos poscolheita. *Pesquisa agropecuaria brasileira* 32(2):187-192. 2002.
4. KIM, J.G.; YOUSEF, A.E.; CHISM, G.W. Applications of ozone for enhancing the microbiological safety and quality of foods: A review. *Journal of food protection* 62(9):1071-1087. 1999.
5. MUÑOZ, J.F.; ORTA, M.T. Efecto del ozono en la remoción de materia orgánica disuelta de un efluente secundario. *Escuela de ingeniería de Antioquia* 18:171-178. 2012.
6. 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.
7. NOGUEIRA, B.L.; CORRÊA, P.C.; CAMPO, S.C.; OLIVEIRA, G.H.; BAPTESTINI, F.M. Influência do teor de água e do estágio de maturação na taxa respiratória do café. Araxá : Simpósio de pesquisa dos cafés do brasil, 2011.
8. OLIVEROS T., C.E.; PABÓN U., J.P.; PEÑUELA M., A.E. Intermediate drying of coffee beans to protect and reduce dry matter losses in the wet coffee marketing. Montreal : ASABE, 2014.
9. PABÓN U., J.P. Efecto de la aplicación de agua ozonizada en la conservación de café pergamino húmedo durante el proceso de comercialización. Manizales : Universidad de Caldas, 2015. Tesis: Maestría en ingeniería de alimentos.
10. PASCUAL, A.; LIORCA, I.; CANUT, A. Use of ozone in food industries for reducing the environmental impact of cleaning and disinfection activities. *Trends in food science & technology* 18(1):S29-S35. 2007.
11. PEÑUELA M., A.E.; PABÓN U., J.P.; SANZ U., J.R. Método para identificar el momento final de la fermentación de mucílago de café. *Cenicafé* 63(1):120-131. 2012.
12. PUERTA Q., G.I. Buenas prácticas agrícolas para el café. Chinchiná : Cenicafé, 2006. 12 p. (Avances Técnicos No. 349).
13. PUERTA Q., G.I. La humedad controlada del grano preserva la humedad del café. Chinchiná : Cenicafé, 2006. 3 p. (Avances Técnicos No. 352).
14. PUERTA Q., G.I. Riesgos para la calidad por la comercialización de café pergamino húmedo. Chinchiná : Cenicafé, 2008. 4 p. (Avances Técnicos No. 373).
15. PUERTA Q., G.I. Buenas prácticas para la prevención de los defectos de la calidad del café: Fermento, reposado, fenólico y mohoso. Chinchiná : Cenicafé, 2015. 12 p. (Avances Técnicos No. 461).
16. 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.
17. TERRY, P. Application of ozone and oxygen to reduce chemical oxygen demand and hydrogen sulfide from a recovered paper processing plant. *International journal of chemical engineering* 2010:1-6. 2010.