



**Validación de la aplicación de agua ozonizada en la
conservación del café pergamino húmedo comercializado
en la Cooperativa de Caficultores de Manizales del
municipio de Chinchiná.**

Andrés Felipe Trujillo Cosme

**Universidad del Valle
Ingeniería Agrícola, EIDENAR
Cali, Colombia
2015**

**Validación de la aplicación de agua ozonizada en la
conservación del café pergamino húmedo comercializado
en la Cooperativa de Caficultores de Manizales del
municipio de Chinchiná.**

Andrés Felipe Trujillo Cosme

**Trabajo de grado presentado para optar al título de:
Ingeniero Agrícola**

Director:

**Carlos Oliveros Tascón
Ingeniero Agrícola, Ph.D.**

Codirector:

**Jaime E. Díaz Ortíz
Ingeniero Agrícola, Ph.D.**

**Línea de Investigación:
Ingeniería Poscosecha**

**Universidad del Valle
Programa Académico de Ingeniería Agrícola
Escuela de Recursos Naturales y del Medio Ambiente EIDENAR
Santiago de Cali, Colombia
2015**

El arduo trabajo que implica llevar un café de calidad del árbol a la taza permite entender la importancia de todos los procesos donde interviene el caficultor para obtener una bebida con las características de calidad que distinguen al Café 100% Colombiano.

*La gente del café.
Federación Nacional de Cafeteros.*



AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar mis agradecimientos a todos aquellos que aportaron para la ejecución de este trabajo de investigación:

Al Centro Nacional de Investigaciones de Café (Cenicafé), por permitirme realizar mi tesis de pregrado y brindarme toda la ayuda para poder culminarla.

Mi más amplio agradecimiento para el Ingeniero Agrícola Ph. D. Carlos Oliveros, director de esta tesis, por su valiosa orientación y apoyo para la conclusión de la misma.

Al arquitecto Cesar Ramírez y al personal técnico de la disciplina de Ingeniería Agrícola, por los aportes que hicieron durante esta investigación y por compartir el conocimiento producto de la experiencia.

A mi familia, por darme una educación maravillosa, por creer en mí, por todos los consejos y el amor que me han brindado para ser una mejor persona cada día.

RESUMEN

Se realizó la evaluación de la aplicación diaria de agua ozonizada a una concentración de 0,2 mg/l para 10 muestras café pergamino húmedo recolectadas en una central de compra de café lavado. El agua utilizada fue previamente higienizada durante 10 min y empleando un módulo de aspersión se aplicó continuamente al café durante 3 min por cada 5 kg. En seguida se realizó el drenaje del líquido. De igual forma, se recolectaron muestras de café de la misma carga comercializada para ser almacenadas bajo agua, haciendo cambio de ésta diariamente. Al transcurrir 96 h de almacenamiento, el café de las muestras tratadas y sin tratamiento se secó hasta alcanzar una humedad entre 10% y 12% (b.h). El análisis de los resultados de la calidad sensorial en la escala de la Asociación de Café Especiales de América (SCAA), mostró una similitud en el puntaje final promedio para ambos grupos muestras, con solo una diferencia de 0.12 puntos a favor del café sin tratamiento. El análisis colorimétrico realizado a las almendras de café indicó que no existe diferencia significativa en el color de las muestras de café tratadas y las muestras de café sin tratar. Lo que indica que la aplicación de agua ozonizada funcionó para garantizar la calidad del café húmedo durante 96 h sin ser sumergido en agua durante el almacenamiento.

Palabras clave: Agua ozonizada, café pergamino húmedo, módulo de aspersión, almacenamiento, calidad física y sensorial.

CONTENIDO

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN.....	11
1.1 Importancia y justificación	13
1.2 Antecedente.....	15
1.3 Objetivos	16
1.3.1 Objetivo General.	16
1.3.2 Objetivo Específico.....	16
2. MARCO TEÓRICO.....	17
2.1 Generalidades del café	17
2.1.1 El fruto del café	17
2.1.2 Especies	18
2.1.3 Plantaciones.....	18
2.2 El benéfico del café.....	19
2.2.1 Recibo del café	19
2.2.2 Clasificación de la materia prima.....	19
2.2.3 El despulpado del café	20
2.2.4 Remoción del mucílago.....	20
2.2.5 Lavado del café	21
2.2.6 Clasificación del café lavado.....	22
2.3 Concepto de humedad en los granos	23
2.3.1 Secado en los granos	24
2.3.2 El secado del café.....	25
2.3.3 Secado solar del café.....	26
2.3.4 Secado mecánico del café.	26
2.4 La calidad del café	28
2.4.1 Factores que alteran la calidad del café	29
2.4.2 Riesgos para la inocuidad del café.....	30
2.5 Comercialización de café húmedo	31
2.5.1 Técnicas evaluadas para la conservación del café pergamino húmedo.	32

2.6	El ozono	33
2.6.1	Generación de ozono	34
2.6.2	Agua ozonizada concentración y estabilidad.....	34
2.6.3	Efecto microbicida del ozono.....	35
2.6.4	Uso del ozono en la industria alimentaría.....	36
2.6.5	Aplicación de ozono en granos.	37
2.6.6	Aplicación de ozono en el café.....	38
2.6.7	Adopción de la Tecnología del ozono	39
2.7	Fundamentos del color y su aplicación en la industria alimentaria.....	39
2.7.1	La colorimetría.....	39
2.7.2	Técnicas de medición en la Colorimetría.....	40
2.7.3	El espacio (CIELAB).....	41
2.7.4	El color en la industria alimentaria.....	42
2.7.5	Influencia del color en la calidad del café.	43
3.	METODOLOGÍA	44
3.1	Localización	44
3.2	Caracterización del café comercializado en Cooperativa de Caficultores	45
3.3	Muestreo y almacenamiento	45
3.3.1	Secado mecánico de las muestras de café.	46
3.4	Metodología utilizada para la aplicación de agua ozonizada al café húmedo	48
3.4.1	Materiales.....	48
3.4.2	Definición de la cantidad de agua	48
3.4.3	Higienización del agua	48
3.4.4	Aplicación de ozono al café pergamino húmedo	49
3.5	Almacenamiento del café pergamino seco.....	49
3.6	Análisis de calidad física y calidad sensorial	50
3.7	Análisis de la información	50
4.	ANÁLISIS FÍSICO, SENSORIAL Y COLORIMÉTRICO.....	51
4.1	Ambiente físico para el análisis.....	51
4.2	Equipo y materiales	51
4.3	Determinación de la calidad física.....	52
4.4	Preparación de las muestras para análisis sensorial	53

4.5	Evaluación de taza.....	53
4.6	Análisis colorimétrico.	54
5.	RESULTADOS.....	55
5.1	Resultados del análisis físico y sensorial	55
5.2	Resultados del análisis colorimétrico	57
6.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	58
6.1	Discusión de los resultados del análisis físico y sensorial.....	58
6.2	Discusión del análisis colorimétrico.....	60
7.	CONCLUSIONES.....	61
8.	RECOMENDACIONES	62
9.	REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS.....	63
10.	ANEXOS	70

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Propiedades físico químicas del ozono (Babor y Ibarz,1974)	34
Tabla 2. Rangos de calidad para el análisis físico del café pergamino seco.	52
Tabla 3. Escala de calificación (SCAA).	54
Tabla 4. Valores promedios de las propiedades físicas para las muestras de café tratadas con agua ozonizada y muestras testigos.	56
Tabla 5. Porcentajes de almendra sana para las muestras de café tratado con agua ozonizada y muestras testigos.....	56
Tabla 6. Puntaje total del análisis de calidad (SCAA) para las muestras tratadas con agua ozonizada y muestras testigos.....	57
Tabla 7. Coordenadas L*a*b* para las muestras de café tratado con agua ozonizada y muestras testigos.	57

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Curvas de humedad en equilibrio para diferentes temperaturas y actividad del agua para café pergamino variedad Caturra (Trejos et al., 1989).	26
Figura 2. Esquema de funcionamiento del secador de dos capas horizontal Silo-secador Cenicafé y Silo secador vertical.	27
Figura 3. Esquema tridimensional del espacio de color CIELAB.	41
Figura 4. Mapa político del departamento de Caldas y municipios proveedores de café a la Cooperativa de Caficultores de Manizales en Chinchiná.	44
Figura 5. Muestreo y almacenamiento del café húmedo en la central de compra.....	47
Figura 6. Procedimiento de la aplicación de agua ozonizada al café húmedo.	47
Figura 7. Ozonizador y kit determinador de la concentración de ozono en el agua. .	48
Figura 8. Sistema de lavado por aspersión para la ozonización de café.....	49
Figura 9. Almacenamiento de las muestras de café seco en ambiente controlado....	50
Figura 10. a. Calibración del Colorímetro konica Minolta. b. Muestra de almendras de café para análisis colorimétrico.....	55
Figura 11. Intervalos de confianza para el porcentaje de almendra sana en el café tratado con agua ozonizada y el café testigo.	59
Figura 12. Intervalos de confianza para el puntaje total en el café tratado con agua ozonizada y el café testigo.	59
Figura 13. Distribución en el espacio CIELab del color de las muestras tratadas con agua ozonizada y muestras testigos.....	60

LISTA DE ABREVIATURAS

BECOLSUB: Beneficiadero Ecológico y manejador de Subproductos

c.p.s: Café Pergamino Seco

Cenicafé: Centro Nacional de Investigaciones de Café

CEPAL: Comisión Económica para América Latina y el Caribe

CIB: Departamento de Investigación de la Industrial del Café de Jamaica

CIE: Comisión Internacional de Iluminación

DBO: Demanda Biológica de Oxígeno

DQO: Demanda Química de Oxígeno

ECOMILL[®]: Tecnología de bajo impacto ambiental para el lavado del café

FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura,

FNC: Federación Nacional de Cafeteros de Colombia

GRAS: Generalmente Reconocidos como Seguros

ITDI: Instituto de Diseño e Innovación Tecnológica

OIC: Organización Internacional del Café

OMS: Organización Mundial de la Salud

OTA: Ocratoxina A

SCAA: Asociación de Cafés Especiales de América

SENAT: Senado de Francia

SHTTS: separador hidráulico de tolva y tornillo sinfín

1. INTRODUCCIÓN

El Café de Colombia es una denominación que se le otorga al café 100% arábico producido en las regiones cafeteras del país, sus características organolépticas de excelente calidad lo han posicionado a través de los años en el mercado internacional, alcanzando en el 2013 la producción de 11 millones de sacos, convirtiendo a Colombia en el cuarto productor de café del mundo (OIC, 2013). La caficultura representa el 0,5% del PIB nacional y el 15,2% del PIB agrícola (FNC, 2013), cifras que reflejan la importancia de esta actividad para la economía del país y la constante disciplina institucional de la Federación Nacional de Cafeteros en el desarrollo de estrategias consistente, de largo plazo para mejorar el rendimiento en la producción y la calidad con el propósito de contribuir al bienestar de las familias cafeteras y mantener el reconocimiento mundial del producto.

La calidad del café Colombiano está determinada genéticamente e influenciada por muchos factores, como las condiciones del cultivo, las prácticas agronómicas, el tipo y control del proceso de beneficio o poscosecha, finalizando con la preparación de la bebida (Roa *et al.*, 1999). El mantenimiento y la mejora de la calidad son cruciales para sostener el consumo, agregar valor al producto y garantizar el cumplimiento de los requisitos de la seguridad alimentaria internacional, lo que contribuye a un equilibrio saludable entre la oferta y la demanda global (OIC, 2010).

Apropiarse de las buenas prácticas en el procesamiento y almacenamiento para asegurar la calidad de la bebida, es tarea de la comunidad cafetera colombiana. Cenicafé por su parte, en el marco del proyecto “Evaluación de Técnicas para la Conservación de Café Pergamino Húmedo Durante la Comercialización”, viene desarrollando distintos estudios para la protección de los granos contra los microorganismos contaminantes durante el almacenamiento. Tal fue el caso de la caracterización y evaluación de la técnica de lavado del café pergamino húmedo con agua ozonizada, donde se emplearon cosechas provenientes de la Estación Central Naranjal de Cenicafé, para demostrar el efecto microbicida del ozono en la conservación de las propiedades sensoriales y físicas del café, utilizando una

apropiada concentración de la sustancia disuelta en el agua para prolongar la calidad del producto (Pabón, 2014).

En busca de mejorar las condiciones del café durante la comercialización, en la presente fase del proyecto se realiza la validación de la técnica de ozonización, utilizando el café pergamino húmedo que compra la Cooperativa de Caficultores de Manizales, ubicada en el municipio de Chinchiná, para comprobar el efecto del ozono en la protección de la calidad final del grano recolectado por los caficultores federados de la región.

Se realizaron 15 unidades experimentales retardando en el inicio del secado 96 horas. Se tomaron muestras de 20 kg de café pergamino húmedo que ingresa a la cooperativa en el proceso de comercialización, a su vez se simuló el almacenamiento en los tanques de recibo utilizando un recipiente para la obtención de una muestra testigo de 20 kg, con el fin de representar las temporadas críticas donde el café es almacenado durante prolongado tiempo antes de iniciar la etapa de secado mecánico. Las muestras fueron trasladadas a las instalaciones de Cenicafé, donde se llevó a cabo el procedimiento experimental y la extracción de la humedad, posteriormente, se recolectaron muestras representativas del café tratado con ozono y del testigo para realizar un análisis físico y organoléptico medido con la calidad en taza, porcentaje de almendras sanas y la variación en el color de las almendras.

1.1 Importancia y justificación

La caficultura en Colombia abarca más de 850 mil hectáreas con 563 mil productores (FNC, 2010). Esta actividad agrícola aporta un flujo importante de recursos que actúan como dinamizadores de la economía nacional. Por tal razón, consolidar el desarrollo productivo y social de la familia cafetera, garantizando la sostenibilidad de la caficultura y el posicionamiento del café colombiano como el mejor del mundo, se ha convertido en la misión de la Federación Nacional de Cafeteros. La competitividad, innovación y la comercialización sostenible con valor agregado, son razones para seguir generando desarrollos científicos y tecnológicos oportunos y pertinentes, asimismo, fortalecer los nuevos mercados para fomentar el consumo del café de Colombia (FNC, 2012).

La inestabilidad de los precios es el reto de los países productores de café ante la evolución del mercado mundial. El surgimiento de países exportadores provoca una sobreoferta, con fuertes incidencias en el deterioro de los ingresos de los caficultores (CEPAL, 2002). Ante este panorama, la Organización Internacional del Café, adoptó mediante la Resolución 407 (2002), la aplicación del Programa de Mejoras de Calidad del Café, para una mayor diferenciación de los productos y acceso a sellos de calidad e innovación, donde el consumidor esté dispuesto a pagar más por un café sostenible de mejor aroma y sabor.

Asumir las exigencias actuales del mercado y los riesgos para la salud de los consumidores conlleva a aplicar sistemas de aseguramiento de la calidad más precisos y documentados, que contribuyan a la reducción y prevención de enfermedades, para cumplir con las expectativas públicas de protección sanitaria. Actualmente se reconocen normas internacionales que aplican a la agroindustria del café, como la ISO9000 de gestión y aseguramiento de la calidad de los procesos de las empresas, o la norma ISO22000 que describe los requerimientos internacionales para el manejo inocuo de los alimentos en el campo y la industria. Adecuarse a estas normas contribuye a la competitividad de Colombia como productor de café y al bienestar de los caficultores, al igual que permite definir, analizar y controlar los procesos de café que se desarrollan en cada segmento de su cadena productiva.

La comercialización de café húmedo se ha realizado en diferentes departamentos del país por más de 25 años. Diversos motivos como la necesidad de liquidez, la falta de secador, los altos costos de secado, han hecho que el 30% del café se comercialice en este estado, con la amenaza del deterioro de la calidad física, organoléptica y de la inocuidad del producto final por agentes físicos, químicos o biológicos (Oliveros *et al.*, 2009). Las aguas contaminadas, los residuos orgánicos o impurezas, agroquímicos, las malas prácticas en el beneficio, daños físicos en el grano, la broca y el gorgojo, hongos y sustancias químicas peligrosas como la Ochratoxina A, son fuente de contaminación y pueden causar efectos adversos a la salud pública (Puerta, 2006).

El café recolectado y beneficiado por los caficultores para ser comercializado en estado húmedo, se deposita usualmente bajo agua durante varios días y presenta remociones incompletas de mucílago y pulpa, que sumado con el almacenamiento en las centrales de compra con grandes volúmenes de agua, se convierten en el medio ideal para la multiplicación de los microorganismos patógenos, fuente de contaminación para el medio ambiente e inapropiado uso de los recursos. Por otro lado, esta forma de almacenamiento genera pérdidas de materia seca que se traduce en pérdidas económicas, aumento en los costos de transporte y baja posibilidad de venta de café especial (Peñuela y Oliveros, 2013).

Para conservar la calidad del café durante las etapas críticas de la cadena productiva, conviene dar continuidad a la investigación en el desarrollo de técnicas viables de fácil aplicación para el caficultor. La implementación de ozono como sustancia desinfectante en el procesamiento de los alimentos vegetales, ha mostrado resultados positivos con respecto al costo operativo, efectividad en la eliminación de microorganismos y oxidación de compuestos orgánicos (Suslow, 2004). Investigaciones recientes de Cenicafé evaluaron la técnica de lavado de café con agua ozonizada como alternativa para el manejo del café pergamino húmedo. Se verificó que la aplicación de esta técnica de conservación permite controlar el crecimiento microorganismos durante el almacenamiento del café, razón por la cual, se debe considerar hacer una validación de la técnica empleando el grano comercializado en las centrales de compra (Pabón, 2014).

1.2 Antecedente

Con el objetivo de conocer en detalle el comercio del café lavado e identificar aspectos críticos en este proceso, se llevó a cabo el Primer Encuentro de Comercialización de Café Húmedo (2009), donde Cenicafe y el Servicio de Extensión realizaron un sondeo para iniciar la documentación de esta práctica y estructurar propuestas de acuerdo a las necesidades encontradas durante el proceso. Como una recomendación a largo plazo, se propuso iniciar investigaciones para desarrollar tecnologías que sean de fácil aplicación en las Centrales de Secado.

En el proyecto “Evaluación de Técnicas para la Conservación del Café Pergamino húmedo” se han evaluado, a nivel de laboratorio, el empleo de bajas temperatura de almacenamiento (refrigeración), Secado a niveles intermedios de humedad y la aplicación de agua ozonizada, para disminuir el crecimiento microbiano en los granos de café durante el almacenamiento y proteger su calidad e inocuidad. En secado a niveles intermedios de humedad (45%, 40% y 35%) y con aplicación de agua ozonizada se consideraron cuatro tiempos de almacenamiento (24, 48, 72 y 96 horas); con empleo de refrigeración se almacenó café durante 24, 48 y 144 horas. Se tomaron como variables de respuesta, la cantidad de aerobios mesófilos, coliformes totales, mohos y levaduras; el puntaje total en la escala de SCAA, y el porcentaje de tazas limpias; y las pérdidas de materia seca. Los resultados en la calidad sensorial mostraron que el 95% de las muestras obtenidas de la aplicación de la técnica de agua ozonizada, recibieron el 100% de taza limpia, en las muestras de secado intermedio 82% y 87,5% en las muestras obtenidas de refrigeración (Pabón, 2014)

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos con la aplicación de agua ozonizada al café húmedo, con concentración de 0,2 mg/L y la facilidad de implementación de esta técnica se consideró viable para utilizarla como una alternativa en las centrales de compra de café húmedo, que almacenan el producto en tanques bajo agua por periodos indefinidos de tiempo, sin necesidad de realizar cambios drásticos en las instalaciones (Pabón, 2014).

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General.

- Contribuir a la conservación de la calidad sensorial y física del café en el proceso de comercialización en húmedo.

1.3.2 Objetivo Específico.

- Evaluar el efecto en la calidad sensorial y física de la aplicación de agua ozonizada al café húmedo comercializado en la Central de la Cooperativa de Caficultores de Manizales.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Generalidades del café

El café es el nombre de la planta de cafeto y de la bebida que se fabrica a partir de las semillas tostadas y molidas de sus frutos. Los cafetos son arbustos de las regiones tropicales del género *Coffea*, de la familia de los rubiáceos.

Es fundamental conocer el tipo de materia prima o café verde que se utilice para la obtención de la bebida. Ninguna técnica conocida actualmente puede mejorar la calidad de la materia prima original, lo que se espera con los procesos de poscosecha utilizados es protegerla (FNC, 2010). Es por ello que conocer la calidad y el origen del café es fundamental para satisfacer las expectativas de los consumidores.

2.1.1 El fruto del café

El fruto de cafeto es una drupa poliesperma, carnosos y de color verde, pero al madurar rojo, púrpura o amarillo, llamado cereza de café. La semilla consta de dos núcleos, cada uno de ellos con un grano de café con forma plana-convexa, el grano de café está encerrado en un casco semirrígido transparente, de aspecto apergaminado, que corresponde a la pared del núcleo rodeada del mucílago o mesocarpio, sustancia viscosa de color marrón. El grano ya verde tiene una piel plateada adherida, que corresponde al tegumento de la semilla. La pulpa envuelve todas las partes del fruto.

La composición química del grano de café depende de la especie, la variedad, el estado de desarrollo del fruto y el ambiente o condiciones de producción, entre otros factores. Los contenidos de los compuestos como cafeína, lípidos, ácidos clorogénicos, alcaloides oligosacáridos y polisacáridos tienen relación con las características organolépticas de la bebida (Bolívar, 2009). Un grano de café lavado tiene entre un 50 y 55% de agua, en estado verde tiene entre 10 y 12% de agua y tostado hasta el 5% de humedad.

2.1.2 Especies

Las especies de café que tienen importancia económica, propiedades botánicas y calidad de taza, en base a las exigencias del mercado internacional, son: *Coffea arábica*, *Coffea liberica* y *Coffea canéfora*. El 75% de la producción mundial corresponde a la especie *C. arabica*, esta produce un café fino y aromático, se cultiva en tierras altas de montaña, entre 900 y 2000 msnm. La *Coffea canephora* o Cafeto robusta ofrece una bebida rica en cafeína, fuerte y más ácida, usualmente empleado para la fabricación de café soluble o instantáneo y mezclas. El robusta se adapta a terrenos llanos, con rendimientos más elevados.

En la década de los 80 fue desarrollada en Cenicafé la variedad Colombia proveniente de la variedad Caturra y el Híbrido de Timor, la primera con altas densidades de siembra, mayores producciones por unidad de superficie, y la segunda posee factores de resistencia específica contra la roya. Posteriormente, en mayo del 2005 la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, mediante Resolución del Comité Directivo No. 03 del 13, entregó oficialmente a los caficultores la variedad Castillo, compuesta por la mezcla de los mejores materiales resultante del proceso de selección por atributos agronómicos (Alvarado *et al.*, 2009).

2.1.3 Plantaciones

La producción mundial de café proviene alrededor de un 70% de explotaciones principalmente familiares de superficie inferior a diez hectáreas, y en gran mayoría por debajo de cinco hectáreas (SENAT, 2005). La cosecha requiere un tiempo de mano de obra importante que constituye la parte fundamental del coste de producción.

Para no limitar el desarrollo de la planta se requiere que el cultivo de café se encuentre entre los 500 y 1700 msnm, temperaturas entre 17 y 23 °C, con precipitaciones mínimas 1000 mm de lluvia anual y humedades relativas promedias menores al 85%. El cafeto joven necesita de tres a cuatro años para comenzar a producir frutos, alcanzando su mayor productividad a los seis u ocho años. El arbusto puede vivir numerosas décadas, pero es comercialmente viable sólo hasta los veinticinco o treinta años (Arcila *et al.*, 2007)

2.2 El benéfico del café

El proceso del benéfico del café consiste en una serie de operaciones para transformar los frutos de café, en café pergamino seco de alta calidad física y en taza. Puede realizarse por vía húmeda o seca. Este proceso en su gran mayoría es realizado por los caficultores en instalaciones denominadas beneficiaderos, donde se realizan operaciones, tales como: recibo, despulpado, remoción del mucílago, lavado, diversas clasificaciones y secado. Cuando se conserva la calidad exigida por las normas de comercialización, evitando pérdidas del producto y eliminando procesos innecesarios, lográndose además aprovechamiento de los subproductos y la mínima alteración del agua estrictamente necesaria, se habla del benéfico ecológico del café por vía húmeda. (Roa *et al.*, 1999).

2.2.1 Recibo del café

Para recibir el café procedente del campo y comenzar el proceso de beneficio se emplean tolvas de recibo, que pueden ser húmedas o secas, siendo preferible las tolvas que no requieran agua para el tránsito del café. Cuando se utiliza para transportar los frutos de café hasta las despulpadoras, en las tolvas húmedas se manejan consumos de agua superiores 5 L/kg c.p.s; en las tolvas secas se utiliza la gravedad y ángulos de 45° para lograr ese propósito (FNC, 2013).

2.2.2 Clasificación de la materia prima

El tipo de materia prima es muy variable, se pueden encontrar frutos en todos los estados de maduración en diferentes proporciones, frutos defectuosos provenientes de plantas con enfermedades o deficiencias nutricionales, frutos atacados por insectos, lo mismo que impurezas pesadas y livianas.

La clasificación del café puede realizarse por tamaño, por densidad y por el color del fruto, a través de dispositivos mecánicos como la zaranda cilíndrica de varillas o por sistemas electrónicos de identificación.

Realizar una clasificación por densidad en agua de la materia prima para lograr una mejor calidad en taza, es recomendable antes de pasar al despulpado, estudios realizados por peñuela (2010) demostraron que alrededor del 23 % de las muestras de café sin clasificación por densidad antes del despulpado, presentaron defecto en

taza. *El Separador Hidráulico de Tolva y Tornillo Sinfín* (SHTTS) desarrollado en Cenicafé, es un sistema continuo para la clasificación por densidad y remover simultáneamente los frutos livianos y las impurezas densas y duras (Oliveros *et al.*, 2007).

2.2.3 El despulpado del café

Es la fase mecánica del proceso donde el fruto maduro es sometido a la eliminación de la pulpa, a través de máquinas despulpadoras que aprovechan la cualidad lubricante del mucílago del fruto para que los esfuerzos cortantes y la compresión separen los granos de la pulpa. En busca de reducir el consumo de agua en esta etapa, Cenicafé adelantó un estudio que permitió concluir que el fruto de café maduro tiene el agua suficiente para efectuar el despulpado en máquinas de cilindro horizontal sin requerir agua adicional (Álvarez, 1991). La clasificación del café despulpado por tamaño es una actividad que contribuye a la retención de frutos secos y verdes, mientras que el café despulpado pasa a través de una zaranda, siempre que su espesor sea inferior al ancho de las aberturas.

2.2.4 Remoción del mucílago

El mucílago es una película que se encuentra adherida al pergamino, tiene una composición gelatinosa es decir una alta capacidad de retención de agua, el café recién despulpado tiene humedad entre 89 y 96% (Rodríguez, 2009). La primera razón por la que el mucilago debe ser retirado es la denominación del café colombiano como suave lavado, seguido de su naturaleza viscosa que impide el flujo de la humedad al exterior durante el secado, y por último, la remoción del mucílago está relacionado con la inocuidad del producto, puesto que se reduce la carga microbiana presente en el grano. (FNC, 2013)

Existen diversos medios para retirar el mucílago del café despulpado, la manera más sencilla y tradicional es la fermentación natural, debido que su composición rica en azúcares y agua se convierte en un ambiente ideal para que levaduras, mohos y bacterias lo degraden generando sustancias solubles en el agua como alcoholes y ácidos facilitando el lavado. El uso de enzimas pectinolíticas es también una alternativa para agilizar el tiempo de este proceso, activando reacciones que suelen

ser lentas en condiciones naturales, siendo posible obtener una remoción de mucílago mayor al 98% en un tiempo de tres horas, cuando se aplica enzima a una concentración de 100 mg/kg (miligramos de enzima por cada kilogramo de café despulpado) (Peñuela *et al.*, 2011).

El mucílago puede ser removido por medios mecánicos usando agitadores a altas velocidades que causan efectos cortantes a la masa de café despulpado y colisiones entre los mismos granos y las paredes de la máquina para realizar, este método es denominado “Demucilaginado mecánico del café”. Oliveros *et al.* (1994) desarrollaron la Tecnología Deslim, un equipo para el desprendimiento lavado y limpieza del mucílago que recubre el café despulpado sin necesidad de su degradación por otros medios (FNC, 2013).

2.2.5 Lavado del café

El lavado es la etapa en la cual se retira el mucílago de los granos de café, si este proceso no se realiza correctamente o se utilizan aguas contaminadas se obtiene café pergamino manchado de baja calidad con sabor sucio o fermento (Roa *et al.*, 1999). El uso del agua en esta etapa es necesaria, pero la cantidad que se utilice en el proceso depende básicamente de la forma como se realice la operación.

Existen diferentes tecnologías para lavar café, las cuales difieren principalmente en la infraestructura disponible y en los volúmenes de agua que se utilizan.

- Agitación manual en tanque tina: tanque con bordes redondeados donde se emplean de tres a cuatro enjuagues cubriendo totalmente la masa de café con agua limpia y retirando los granos que flotan de inferior calidad. El consumo específico de agua es 4,2 L/kg c.p.s.
- Canal de correteo: estructura hidráulica de sección transversal y ligeramente pendiente empleada para lavar y clasificar el café, en este método el agua utilizada no se recircula. Se depositan los granos en un tramo del canal, se cubre con una lámina de agua y se agita con una paleta, la corriente arrastra los granos de mayor densidad al fondo del canal y los de menor densidad a la superficie. El consumo específico de agua es 20 L/kg c.p.s.

- Motobomba sumergible: el café se pasa de un tanque a otro con ayuda de una motobomba sumergible. Esta técnica permite la remoción del material flotante y la posibilidad de transportar el café a los secadores, pero el costo de la bomba y el consumo específico de agua es relativamente alto. El consumo específico de agua es 9 L/kg c.p.s.
- Módulo BECOLSUB: el Beneficiadero Ecológico y Manejador de Subproductos (BECOLSUB) es una tecnología desarrollada en la década de los noventa para el beneficio ecológico del café, integra el uso de despulpadoras convencionales para el despulpado del café sin agua, el uso del módulo DESLIM para el desprendimiento del mucílago, el lavado, clasificación parcial del café pergamino, y uso de un tornillo sinfín para la mezcla y transporte mecánico de los subproductos (Roa *et al.*, 1999). El consumo específico de agua es 1 L/kg c.p.s.
- Tecnología ECOMILL[®]: En Cenicafé se desarrolló en los últimos años una tecnología para el lavado ecológico del café, denominada ECOMILL[®]. El lavado mecánico del café, con mucílago degradado en el proceso de fermentación natural o con aplicación de enzimas, se logra con este moderno método utilizando una reducción notoria en el volumen específico de agua (VEA), por tal razón, las aguas residuales de lavado altamente concentradas se pueden mezclar con la pulpa del café, reteniendo más del 95% del volumen adicionado y controlando hasta el 100% de la contaminación generada en el proceso. Actualmente, se tienen tres modelos con capacidad para 500, 1500 y 3000 kg/h de café lavado. (Oliveros *et al.*, 2013). El consumo específico de agua es 0,3 L/kg c.p.s.

2.2.6 Clasificación del café lavado

En el proceso del beneficio húmedo del café se utilizan dispositivos como el canal de correteo, el canal semisumergido y el Hidrociclón para retirar los granos vanos y las impurezas del café previamente lavado. Los altos consumos de agua del canal semisumergido dificultan y encarecen el manejo ecológico de los afluentes, extienden el tiempo de operación y ocasionan pérdidas económicas para el caficultor.

El hidrociclón es un recipiente de sección circular con fondo cónico donde la suspensión agua-café rota alrededor del eje longitudinal y permite apartar los granos de café en buen estado de los restos de pulpa y café brocado o en mal estado (Aristizábal *et al.*, 1998).

2.3 Concepto de humedad en los granos

La fuerza de retención del agua en el interior del grano es importante desde dos puntos de vista: por la función de solvente biológico de reacciones químicas del metabolismo del grano y por la facilidad de extracción durante el proceso de secado (Yanucci, 2000). El agua no se encuentra repartida uniformemente dentro del grano, básicamente se presenta bajo dos formas distintas en función de la naturaleza de las uniones físico-químicas inherentes entre los componentes de la materia y las moléculas de agua en relación con los niveles de hidratación del producto, el agua ligada y agua libre (Fennema, 2000). La primera está constituida por una capa ligada a ciertos grupos moleculares de la materia y fuertemente polarizados, además no es congelable ni evaporable y su capacidad disolvente es nula. Mientras que el agua libre ocupa posiciones más alejadas de los constituyentes no acuosos, es decir, predominan los enlaces agua-agua, su flujo es macroscópico y capaz de evaporarse cuando el grano desea alcanzar su equilibrio higroscópico.

El término general "sorción" se usa para denotar la interacción agua-sustancia absorbente. También se puede utilizar, el término "equilibrio higroscópico". Los términos absorción y desorción se usan especialmente para el proceso de ganar o perder agua por medio de sorción.

Una pequeña capa de granos con un contenido de humedad o presión de vapor elevada expuesta a una atmósfera con baja presión de vapor o humedad relativa, cederá vapor de agua al ambiente hasta que ambas presiones de vapor se equilibren. A la inversa, si la presión de vapor del ambiente es mayor que la correspondiente al contenido de humedad de los granos, estos absorberán humedad del ambiente hasta que se logre el equilibrio. Cuando ambas presiones de vapor son equivalentes y no existe diferencia se denomina "humedad de equilibrio".

El conocimiento del contenido de humedad de equilibrio de los granos tiene implicancias prácticas en los procesos de secado. La composición química de los granos afecta al contenido de humedad de equilibrio. (Badiali *et al.*, 2003).

La actividad de agua es la humedad relativa de equilibrio del entorno que rodea al producto expresada en decimal. Indica la disponibilidad potencial de agua para participar en reacciones químicas, biológicas y el desarrollo de hongos. La actividad de agua está relacionada con el tipo de producto, su composición química y con la temperatura de los granos (FNC, 2013).

El máximo contenido de humedad permisible para el almacenaje seguro de los granos depende de sus propiedades higroscópicas. Cuando se almacena una masa de granos, la humedad del aire intergranos alcanza rápidamente el equilibrio con el contenido de humedad de los granos. Si la humedad relativa del aire intergranos es lo suficientemente baja, los microorganismos no se multiplican. Con la actividad de agua mayor a 0,7 inicia la proliferación de microorganismos (Badiali *et al.*, 2003)

2.3.1 Secado en los granos

El secado es un proceso de gran importancia en la cadena de producción de alimentos, ya que el contenido de humedad es la característica más importante para determinar si el alimento corre riesgo de deteriorarse durante el almacenamiento. En los granos el secado se realiza para inhibir la germinación, reducir el contenido de humedad, y evitar las reacciones de deterioración. Una definición completa de secado es: "método universal de acondicionar los granos por medio de la eliminación del agua hasta un nivel que permita su equilibrio con el aire ambiente, de tal forma que preserve su aspecto, sus características de alimento, su calidad nutritiva o la viabilidad de la semilla"(FAO, 1993).

Con los métodos tradicionales de producción de granos de los pequeños agricultores se presentan considerables pérdidas antes y durante el almacenamiento. En la mayoría de los países de América Latina, el contenido de humedad de los granos para un almacenamiento seguro comprende un rango de 11% a 13% base húmeda, para los principales tipos de granos. (FAO, 1993). Una de las principales fuentes de

pérdidas es la falta de un secado adecuado, debido que muchos agricultores deja secar sus productos en el campo, expuestos a la intemperie y sujetos al ataque de insectos. A pesar de las pérdidas, los pequeños agricultores continúan empleando este método por su bajo costo y también debido al desconocimiento técnico.

Se recomienda cosechar los granos al llegar a la maduración y secarlos tan pronto como sea posible para obtener un mayor porcentaje de materia seca, disminuir pérdidas debidas al ataque de depredadores, aumentar el porcentaje de germinación y minimizar la contaminación e infestación de los productos en el campo (buena calidad para el almacenamiento), de esta manera maximizar el rendimiento de la producción.

Se entiende por secado natural aquél en que el movimiento del aire de secado se debe a la acción de los vientos, y la energía para evaporar la humedad proviene de la capacidad de secado del aire y de la incidencia directa de la energía solar. Los sistemas para el secado artificial de granos están constituidos por un ventilador que mueve el aire y que lo fuerza a pasar por la masa de granos, una cámara para contener el grano y un quemador que permite aumentar la temperatura del aire de secado.

2.3.2 El secado del café

El agua corresponde a las dos terceras partes de la masa total del café cereza. Para disminuir su contenido de humedad de aproximadamente del 67%(b.h), el proceso más adecuado consiste inicialmente en retirarle la pulpa y el mucílago, de esta forma es posible obtener el café pergamino húmedo con un contenido de humedad de 50% (b.h). Posteriormente, dada las normas vigentes para la comercialización del café pergamino seco, el contenido de humedad debe llevarse entre el 10% y el 12%, puesto que humedades superiores al 13%, es decir con actividad de agua en el café mayor a 0,67, causan un deterioro considerable en el grano, presentándose ataque de hongos, aspecto mohoso y manchas en el pergamino (Trejos et al.,1999).

Durante el proceso de secado se disminuye la actividad de agua, inhibiendo el crecimiento de microorganismos y la actividad enzimática, es decir que se conserva la calidad y estabilidad del producto (Puerta, 2006).

El siguiente grafico presenta curvas de humedad en equilibrio para café pergamino variedad Caturra que permiten conocer las variaciones del contenido de humedad dependiendo de las condiciones de humedad relativa y de temperatura a que sean sometidos durante un largo periodo de tiempo.

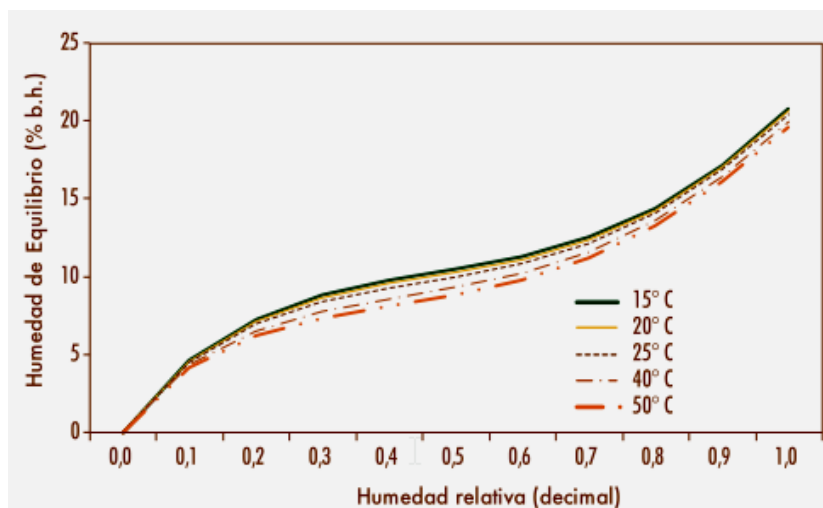


Figura 1. Curvas de humedad en equilibrio para diferentes temperaturas y actividad del agua para café pergamino variedad Caturra (Trejos et al., 1989).

2.3.3 Secado solar del café

En el secado solar los intercambios de energía y de humedad ocurren en la superficie del grano de forma natural, siendo necesario remover constantemente la masa de café para permitir que los otros granos aprovechen la radiación solar y de esta forma obtener un producto con humedad final más uniforme. Para la zona cafetera colombiana se considera que 100 metros cuadrados pueden albergar una producción de 3400 kg de café seco al año secado al sol (Roa et al., 1999). Cenicafe ha desarrollado tecnologías que permiten mejorar la eficiencia de los secadores solares con estructuras de bajo costo y fáciles de construir (Ramírez et al., 2003), al igual que herramientas diseñadas especialmente para revolver café. (Oliveros et al., 2006).

2.3.4 Secado mecánico del café.

Se recomienda para fincas con producciones anuales superiores a 5700 kg de café pergamino seco. El secado mecánico del café se hace en cámaras en la cuales se introduce aire caliente a máximo 50°C, impulsado por un ventilador. El aire se calienta

utilizando principalmente cascarilla o cisco de café y gas propano, en equipos de menor capacidad (Oliveros *et al.*, 2009). En silos con ventiladores bien seleccionados y supervisión adecuada, el secado demora normalmente entre 18 y 24 horas.

Es importante la implementación de un sistema de control del caudal de aire y la temperatura, con el fin de disminuir el consumo de combustible y energía eléctrica durante el secado de cantidades menores a la nominal del secador, incidiendo positivamente en la economía del caficultor, en la calidad del café y en el medio ambiente (FNC, 2013).

Existen diferentes equipos utilizados para el secado mecánico del café en Colombia, tales como:

Silo-secador Cenicafé: Consta de una unidad de calentamiento del aire de secado, un ventilador y dos cámaras en las cuales se deposita el grano. Las cámaras se encuentran una al lado de la otra, una de ellas destinada al secado y la otra al presecado, cuando operan simultáneamente. Las capacidades de secado varían entre 60 y 500 arrobas de café pergamino seco (FNC, 2004).

Silo-secador vertical: La cámara de presecado está localizada sobre la cámara de secado. En este secador, el aire que sale de la cámara inferior pasa a la cámara superior, realizando el presecado en forma ascendente. Cuando el café de la cámara inferior ha alcanzado el contenido de humedad deseado se retira y el café que se encuentra en la cámara superior se deja caer a la cámara inferior, para terminar su proceso de secado.

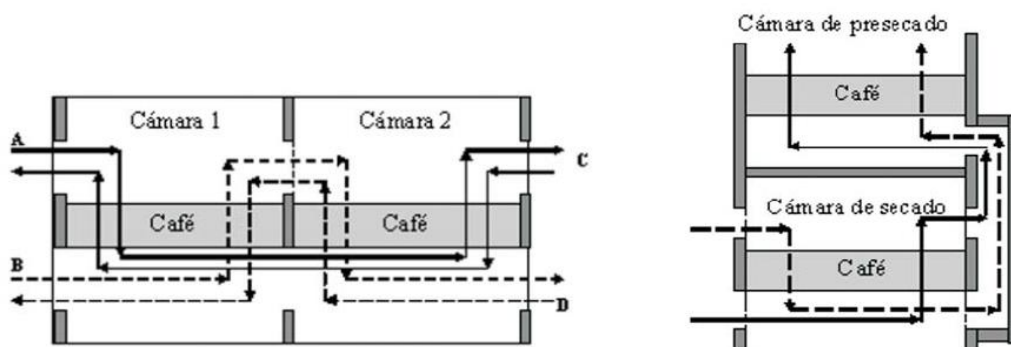


Figura 2. Esquema de funcionamiento del secador de dos capas horizontal Silo-secador Cenicafé y Silo secador vertical.

2.4 La calidad del café

Para ser competitivo en el mercado mundial, hay que participar con una mejor calidad de los productos, esto implica cumplir con las normas internacionales para la comercialización de alimentos a través de la aplicación y establecimiento de sistemas de aseguramiento de la calidad e inocuidad (FNC, 2006). La calidad del café es el resultado de un conjunto de procesos que permiten la expresión, desarrollo y conservación de las características físico – químicas propias del café hasta el momento de su transformación y consumo. Se define por su estado en la prueba de taza, al reunir cualidades organolépticas balanceadas sin sustancias contaminantes.

El fruto de café de buena calidad es sano y maduro, el grano pergamino tiene apariencia homogénea, olor fresco característico a café, color amarillo claro y una humedad entre el 10% y 12%. El café en almendra tiene apariencia homogénea y sana, olor fresco, color verde azulado, humedad entre el 10 y el 12% y su tamaño varía según la variedad. Actualmente en las cooperativas de todo el país se incentiva al caficultor por la calidad del café vendido cuando más del 75% de almendra sana (Puerta, 2003).

La calidad de la bebida del café comprende cualidades organolépticas o sensoriales. El aroma: intensidad del olor que indica la frescura del café y permite reconocer los procesos de manejo de plagas, beneficio y almacenamiento; la acidez: indicador de los procesos de fermentación; el amargor: es característico del café y su intensidad dependen del grado de tostación; el cuerpo: es una sensación táctil que se siente en la lengua debido a los sólidos solubles del café ; el sabor : es la integración de las sensaciones percibidas al probar una bebida de café (FNC, 2004).

La impresión global se refiere a la calificación de una bebida de café según su calidad, el método usado para medirlo es la catación, mediante la vista el olfato y el gusto se sienten, perciben, identifican, analizan, comparan y valoran la calidad del café (SCAA, 2004). Las evaluaciones del café son objetivas y consistentes cuando son efectuadas por catadores expertos en laboratorios en condiciones controladas, utilizando equipos calibrados y análisis de resultados estandarizados. Para valorar la calidad del café se dispone de varios tipos de escala un ejemplo es la escala de la Asociación de Café Especiales de América (SCAA)

2.4.1 Factores que alteran la calidad del café

La calidad del café está determinada genéticamente e influenciada por muchos factores, como las condiciones de clima, suelo, manejo del cultivo, los cuidados sanitarios y las prácticas agronómicas en general, así como la calidad de la cosecha, el tipo y control durante el proceso de beneficio o poscosecha, la trilla, la torrefacción y la preparación de la bebida (Roa *et al.*, 1999).

Los efectos de las malas prácticas en el beneficio húmedo del café se presentan en cada una de sus etapas, partiendo con la cosecha inadecuada por la recolección de frutos defectuosos como granos negros, sobre maduros o inmaduros que ocasionan sabores y aromas extraños. En lo relacionado con el despulpado se presentan defectos por el retraso o por la separación incompleta de la pulpa de los granos lo que origina aroma a fermento, por otro lado un mal ajuste de la despulpadora provoca granos mordidos y cortados. La remoción parcial del mucílago por cualquiera de los métodos causa una sobre fermentación y sabor “stinker”. Los mayores defectos que se ocasionan en la etapa de lavado se clasifican como pergamino manchado y sabor a sucio, por el uso de aguas contaminadas. El lavado parcial del grano dejando parte de mucílago o de los ácidos formados durante la fermentación, causa también el defecto fermento. Los defectos más grandes ocasionados durante la etapa de secado se originan por no iniciarlo inmediatamente después de lavado y por amontonamiento del café pergamino húmedo. Si se almacena café con humedad superior al 12% bajo condiciones de humedad relativas superiores 70% y temperaturas por encima de 20° se favorece el deterioro rápido del producto, dando como resultado sabores a reposo, viejo y fenol (Puerta, 1999).

Para disminuir la ocurrencia de los defectos en el café y reducir las pérdidas económicas y en la calidad se recomienda aplicar las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) en la finca, y las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) en las otras etapas de producción de café. Así todos los procesos de café se deben efectuar en condiciones higiénicas y además deben controlarse sus etapas críticas (Puerta, 2006). Sin dejar atrás la disposición integral de los residuos producidos en el procesamiento del café (manejo y disposición de los subproductos y de las aguas residuales).

2.4.2 Riesgos para la inocuidad del café

Los riesgos en el procesamiento de alimentos se refieren a un agente físico, químico o biológico que ocasione la pérdida de la calidad o inocuidad, y por siguiente cause efectos adversos a la salud de los consumidores. La calidad del café se encuentra vulnerable durante toda la cadena de producción y comercialización a agentes contaminantes y riesgos que afectan su inocuidad (Puerta, 2008).

Los riesgos físicos hacen referencia a objetos extraños, como piedras, vidrios, trozos de madera o metal que afecten a los frutos y granos durante el proceso pero no pasan a la bebida. Entre los riesgos biológicos se encuentran los insectos como la broca del café, los hongos como *Aspergillus ochraceus*, *A. Fumigatus*, *Penicillium crysogenum*, también animales como los roedores, además de bacterias en presencia de aguas contaminadas o poca higiene del personal. Los riesgos químicos comprenden los residuos de funguicidas, insecticidas y herbicidas, emisiones de humo, metales pesados y micotoxinas (FNC, 2013).

Ocratoxina A (OTA)

La ocratoxina A (OTA) es una micotoxina producida por el metabolismo secundario de muchas especies de hongos, especialmente *Aspergillus* y *Penicillium*, especies filamentosas. La FAO y la OMS han establecido un límite máximo tolerable para los humanos de 100 milmillonésimos de gramos por kilogramo de peso corporal a la semana. El café se contamina a través de pergamino de granos dañados y otros vegetales, o cuando se almacena y se transporta con humedades mayores a 12% en ambientes húmedos (humedad relativa mayor a 75%) , a altas temperaturas en (mayor a 25°) en sitios carentes de higiene y ventilación (Puerta,2003; puerta *et al.*,1999). En 2004, la Unión Europea estableció límites máximos admisibles para la OTA de 5 ppb en el café tostado y molido, y 10 ppb en el café instantáneo. No se han anunciado límites para el café verde (FAO, 2006). La presencia de aerobios mesofilos mohos y levaduras advierte e indica un manejo inadecuado o contaminación, la detección y control de este tipo de microorganismos tiene como ventaja el enfoque adecuado de la prevención de riesgos (Pascual y Calderón, 1999).

2.5 Comercialización de café húmedo

La comercialización de café húmedo es un proceso donde intervienen diferentes actores(productor, transportador, comprador), con alto riesgo de deterioro de la calidad física, organoléptica y de la inocuidad del producto final (Oliveros et al., 2009).

El café pergamino producido en las fincas de Colombia es vendido en las Cooperativas y a los puntos de compra ubicados en los municipios cafeteros, utilizando camiones, camionetas o animales de carga para transportar este material. El comercio de café húmedo es una actividad con más de 25 años, se estima que el 30% del café producido es comercializado de esta manera (Puerta, 2008). La falta de recursos económicos y conocimiento técnico, así como carencia de unidades de secado, son las principales razones por la que esta práctica ha tomado fuerza en la caficultora del país.

Duque *et al.* (2001) afirman que la comercialización de café en húmedo genera pérdidas económicas si se compara con la venta del mismo material en seco. Es decir cuando este producto se comercializa seco permite obtener una menor conversión, lo que conduce a vender mayores cantidades de café, además se puede lograr mejores precios de venta por las primas otorgadas por la calidad del producto.

La realización de prácticas inadecuadas en el café destinado a la venta húmedo ocasiona la pérdida de la calidad e inocuidad de los granos. Los factores de riesgo que se incluyen en la comercialización del café húmedo son: utilización de agua contaminada para el lavado del café; mezclas de los granos de café despulpados, desmucilaginados o lavados; irregular clasificación del café defectuosos e impurezas, dejar los granos de café durante varios días en tanques con agua y por lo general con residuos de pulpa y frutos, en algunos casos no se cambia el agua diariamente; falta de higiene en los empaques y medios de transporte, contenidos de humedad superiores a 13% por tiempos prolongados, fallas en los controles en el recibo del café húmedo en los sitios de comercialización, retrasos para iniciar el secado (Puerta,2008).

Ante este panorama y con el fin de conocer en detalle el comercio del café lavado, al igual que proponer actividades de corto y largo plazo, se llevó a cabo en el 2009 el Primer Encuentro de Comercialización de Café Húmedo, con la participación de los profesionales encargados del Servicio de Extensión del área de Beneficio, de los departamentos de Antioquia, Caldas, Huila, Quindío, Risaralda, Tolima y Valle del Cauca, técnicos de las plantas de secado del municipio de Manizales e investigadores de Cenicafe. En este encuentro se evidenció que la principal razón por la que se ha implementado esta forma de comercialización es la necesidad de liquidez económica (39,59%), seguido de la falta de secador (30,2%), la capacidad del secador (12,7%), la seguridad (7,8%) y por último costos de secado y definición del punto de secado con el 6,8% y 2,9%, respectivamente (Oliveros *et al.*, 2009).

Con el fin de controlar los riesgos por la comercialización del café húmedo y conservar la calidad e inocuidad del producto es necesario aplicar las buenas prácticas agrícolas durante el cultivo y el beneficio del café, al igual que estandarizar y adoptar procedimientos de recibo del café húmedo al momento de su recibo en los puntos de compra. Se debe evaluar la apariencia, el color el olor de los granos húmedos, revisar las condiciones del empaque, registrar la trazabilidad de la calidad del café procedente de la finca y adoptar procedimiento de secado inmediato (Puerta, 2008).

2.5.1 Técnicas evaluadas para la conservación del café pergamino húmedo.

En el transcurso del proyecto “Evaluación de técnicas para la conservación del café pergamino húmedo”, se ha demostrado el efecto de la aplicación de agua ozonizada, la refrigeración y el secado intermedio para inhibir la multiplicación de microorganismos en el café pergamino húmedo.

Para el caso de la técnica de refrigeración se evaluaron dos temperaturas 3,0°C y 7,0°C 144 horas de almacenamiento. Los resultados arrojaron una menor carga de aerobios mesófilos, mohos y levaduras a una temperatura de 3,0°C, sin embargo la técnica no tuvo efecto para controlar los coliformes fecales. En cuanto a la calidad se obtuvo un máximo porcentaje de almendras sanas de 77% y un puntaje total promedio de 80,7% de taza limpia, con valores de hasta 3% en pérdida de materia seca (Pabón, 2014).

En el secado intermedio se tomaron muestras de 10,0 kg, con testigo secado inmediatamente. Se consideraron tres humedades intermedias, 45%, 40% y 35%, en base húmeda, y cuatro tiempos de espera para el inicio del secado (24, 48, 72 y 96 h). Los resultados mostraron en el análisis sensorial un máximo de 80 puntos, y en la escala de la SCAA siete tratamientos la calificación promedia fue superior, descriptivamente, a la obtenida para el testigo. Las menores pérdidas de materia seca se obtuvieron con humedad inicial del 35% en los tiempos de almacenamiento evaluados.

La implementación de agua ozonizada evidencio los mejores resultados para la conservación del café pergamino, se trabajó con agua sin modificación de pH y temperatura promedio de 21°C. Con una concentración de ozono en promedio de 0,245mg/L y un tiempo de permanecía de la sustancia diluida en agua de 15 minutos. La carga microbiana en los tratamientos con agua ozonizada mostró una reducción considerable a medida que transcurrió el tiempo de almacenamiento, de igual forma sucedió para los mohos y levaduras. El mayor porcentaje de almendra sana fue 79,8%, en la calidad sensorial el 95% de las tazas obtuvieron calificación de taza limpia, el puntaje total fue de 81,7 y la mayor cantidad de materia seca perdida corresponde a 1,74% (Pabón, 2014).

2.6 El ozono

El ozono es un gas que se forma cuando el oxígeno es expuesto a una alta intensidad de luz ultravioleta o a un campo de alta energía llamado Descarga Corona, capaz de disociar los dos átomos que lo componen y dar lugar a una nueva molécula triatómica de oxígeno. El ozono es un potente agente oxidante, desinfectante y desodorizante (Zeynep *et al.*, 2004). La alta inestabilidad de la molécula de ozono hace que sea necesario generarlo in situ (Majchrowicz, 2004). Las propiedades de mayor interés del ozono son su solubilidad en agua y su estabilidad en medio líquido y gaseoso, ya que son las que permiten llevar adelante su aplicación como desinfectante (Yannuzzi, 2006).

Tabla 1. Propiedades físico químicas del ozono (Babor y Ibarz ,1974)

Fórmula molecular	O ₃
Temperatura de ebullición	-112°C
Temperatura de congelación	-251°C
Calor de formación	-34,41 Kcal/mol
Estado físico	Gas azul pálido, irritante y picante
Densidad (0°C, 760 mm)	2,144 g/L
Densidad relativa respecto al aire	1,658
Solubilidad en agua a 12°C y 1 atm	20 cm ³ /L agua

2.6.1 Generación de ozono

Existen diversas tecnologías para generar ozono, las dos de mayor aplicación son: Irradiación UV y Descarga Corona. Esta última, logra una mayor concentración del ozono en aire u oxígeno y por ende la más conveniente en los generadores industriales. En el proceso de generación se hace circular el gas conteniendo oxígeno por un espacio de tiempo en donde se aplicará un fuerte campo eléctrico. Esa energía produce la disociación del O₂ que se recombina con nuevas moléculas para formar O₃. (Beutelspacher *et al.*,2005)

2.6.2 Agua ozonizada concentración y estabilidad.

El ozono tiene una vida media más larga en el estado gaseoso que en solución acuosa, sin embargo, el lavado con agua ozonizada es cada vez más popular debido a su amplio espectro biocida sin contaminar el medio ambiente (Dhillon *et al.*, 2009). El efecto del agua ozonizada ha sido evaluado sobre diferentes productos por medio de lavados, utilizando aspersores y por inmersión en tanques o canales de lavado. En estos casos el agua puede ser ozonizada previamente o se puede emplear una corriente del gas mediante difusores. De cualquier forma, se debe siempre garantizar las concentraciones y tiempos de contacto necesarios para efectuar la oxidación, dado que la cinética de descomposición del ozono en el agua hace que su concentración sea inestable, además de estar en función de la temperatura y pH del medio. (Dhillon *et al.*, 2009). El ozono es progresivamente más soluble en agua fría entre 0- 30 °c y su descomposición es más rápida a altas temperaturas (Rice, 1986)

La cantidad de ozono en solución a una temperatura dada es linealmente proporcional a la presión parcial del gas. Por lo tanto la concentración de saturación de ozono disuelto en el agua bajo condiciones ideales sigue la Ley de Henry, $C_s = \beta M \times P_\gamma$ donde la concentración de saturación de ozono, está expresada en $[\text{kgO}_3/\text{m}^3]$; β es el coeficiente de absorción. M: volumen de la masa de ozono $[\text{kg}/\text{m}^3]$. P_γ : presión parcial del ozono en la fase gaseosa.

Para realizar la medición de la concentración de ozono en medio acuoso se emplean las unidades de mg/L o partes por millón (ppm). Existen diferentes métodos para la determinación de la concentración, el más fiable es el uso de un analizador de ozono, los otros métodos se basan en el potencial oxidante del ozono, donde la capacidad oxidativa es proporcional a la concentración (ITDI, 2007). En el método yodométrico por ejemplo, se mezcla una muestra de líquido a medir con la solución de KI, lo que produce tiosulfato de sodio $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, la concentración de ozono puede ser calculada por el consumo de tiosulfato de sodio. Por el Método colorimétrico de índigo el ozono decolora el trisulfonato de índigo, y en el método colorimétrico DPD (N, N-dietil – p – fenilendiamina), el ozono al oxidar reacciona con el DPD dando un producto de color rosa.

2.6.3 Efecto microbicida del ozono

Se considera al ozono como un desinfectante gran eficiencia microbicida que requiere tiempos de contacto bastante cortos para eliminar bacterias, virus y esporas de hongos. Esto debido a que el ozono forma radicales oxidados capaz de penetrar y actuar en la membranas celulares (Kim, 2012). Este proceso conocido como destrucción de células por lisina, produce la ruptura del citoplasma, causando la fuga de los orgánulos celulares y la oxidación de enzimas y grupos aldehídos, lo que provoca la muerte de microorganismo (Kim *et al.*, 1999). En los virus, el ozono modifica su estructura y le impide reconocer el punto de anclaje a las células huéspedes, causándole la incapacidad de reproducirse y su inactivación. En el caso de los hongos y levaduras, al contacto con ozono, presentan mayor resistencia que las bacterias (Das y Kim, 2010; Pascual, 2007).

El ozono es una barrera eficaz contra la contaminación como un esterilizador y desinfectante, es utilizado en procesos de producción de alimentos o para el lavado y desinfección de materiales, equipos, superficies o instrumentos. (Ricaurte Galindo, 2006). Ofrece una serie de ventajas sobre los tratamientos químicos convencionales, como el cloro, debido a que la disociación rápida del oxígeno no deja residuos o subproductos después del tratamiento. Se probó que ozono en concentraciones entre 0,5ppm y 0,8ppm tienen mayor defecto desinfectantes que 100ppm de cloro en 1 minuto con 0.7pH. (Kim, 2012). Además, es una opción recomendada para productos sensibles a la exposición de vapor y calor comunes en los procedimientos de descontaminación (Beuchat y Fett, 2002). Renumarn *et al.* (2014) compararon los efectos microbicidas de los desinfectantes agua clorada, agua electrolizada y agua ozonizada en tiempos de contacto de 90 y 180 segundos para el lavado de brócoli, siendo el ozono la sustancia que causó una mayor disminución de bacterias aeróbicas totales y los recuentos de placas de coliformes, sin alterar el color de las flores de brócoli.

La susceptibilidad de los microorganismos al ozono varía con el estado fisiológico del cultivo, pH del medio, temperatura, humedad y la presencia o no de aditivos (Alexandre *et al.*, 2011)

2.6.4 Uso del ozono en la industria alimentaria

El ozono es uno de muchos desinfectantes de alimentos y procesos que está siendo usado en varios países para prolongar y mejorar la inocuidad de los alimentos. Declarado como “Generally Recognized as Safe” (GRAS) por la Administración de Alimentos y Drogas de América (FDA) y aprobado por el Departamento de Agricultura de Estados Unidos, para uso en el procesamiento de alimentos (USDA, 1997).

Hay numerosas áreas de aplicación del ozono en la industria alimentaria, desde el saneamiento de la planta de procesamiento de alimentos (Zeynep *et al.*, 2004), hasta el tratamiento y la reducción de la demanda biológica de oxígeno (DBO) y la demanda química de oxígeno (DQO) de las aguas residuales de dicha planta (Terry, 2010). Pero sin duda el mejor papel que ha desempeñado el ozono es el de agente descontaminante, capaz de aumentar la vida útil de los productos alimenticios, debido a que no deja residuos y se descompone rápidamente. Kim y otros (1999) probaron

ozono en el procesamiento de lechuga y reportaron una reducción de los recuentos de la microflora natural de en el rango de 2 a 3 log₁₀ CFU / g. La eficacia del ozono para reducir las poblaciones bacterianas en componentes de los alimentos, también han sido evaluada en manzanas inoculadas con *Escherichia coli* (Achen y Yousef, 2001), y en cremas de almidón ozonizando a 0,4 ppm durante 10 min (Zeynep *et al.*, 2004). Con el empleo de un sistema de duchas y concentraciones de 1,5 mg/L de ozono disuelto en una planta procesadora de ajos, fueron reportadas reducciones entre un 20% y 30% en conteos de mesófilos aerobios (Rice, 2005).

La calidad sensorial y física de alimentos no tiene grandes alteraciones con el tratamiento con ozono, a menos que estén expuestos a largos periodos de tiempo o altas concentraciones. Frijoles verdes y pimentones cortados en pequeños trozos expuestos durante 180 minutos a 2 ppm de ozono disuelto, conservaron el color pero su textura se vio afectada después de 40 minutos (Alexandre *et al.*, 2004). Se evidencio que en apio fresco cortado y tratado con agua ozonizada a una concentración de 0.18 ppm, se logra una retardo en el metabolismo de los microorganismos conservando la calidad sensorial del alimento, pero causo alteraciones significativas en el contenido de vitamina C, en comparación con una concentración de 0,8ppm (Zhang, 2005).

2.6.5 Aplicación de ozono en granos.

El modo de acción del ozono en los granos es por medio de la oxidación de las moléculas orgánicas presentes en su paso, esto le permite la eliminación de olores causados por compuestos volátiles, siendo en la actualidad la única tecnología que permite desodorizar los granos almacenados (Llanes, 2013). Por otro lado, se ha determinado que el ozono puede eliminar los insectos sin dañar la calidad culinaria e industrial de los granos o los alimentos tratados, su efecto se evidencia en bajas dosis, pero es aun objeto de estudio. Se cree que su principal causa de daño se da a nivel del tracto intestinal y respiratorio del insecto (McDonough *et al.*, 2011).

El tratamiento con ozono incluye dos aplicaciones: en la primera el ozono se mueve lentamente a través de la masa de granos ya que reacciona con las impurezas de la superficie, lo que degrada muy rápidamente al ozono. En la segunda aplicación el ozono se mueve muy rápidamente ya que la superficie está limpia y este gas

reacciona con los insectos causándole la muerte. Son necesarias concentraciones de 50 ppm para realizar esta labor y cuanto mayor sea la proporción de material, el frente de reacción del ozono avanzará más lentamente y el consumo de gas será mayor (Purdue University, 2003).

Es importante mencionar que el ozono no traspasa la barrera que ofrece la cubierta del grano, por lo que no permite un control de estadíos inmaduros de plagas primarias que se desarrollan en el interior, es decir, que solo serviría como método de control para los insectos de infestación secundaria o plagas externas. Su efecto controla la contaminación de esporas de hongos y toxinas, siempre y cuando estén fuera del grano. (Campabadal *et al.*, 2009)

Dhillon *et al.* (2009) caracterizaron el proceso de lavado con agua ozonizada para el lavado de granos de trigo. En el control del ataque microbiano encontraron que el conteo de bacterias se redujo de 4,3 Log UFC/g a 3,8 Log UFC/g, comparando el lavado con agua ozonizada a una concentración de 16,5 mgO₃/L con el lavado utilizando agua destilada. En otro caso, se utilizó agua ozonizada para medir la validez de 100 semillas de alcachofa en un periodo de 48 horas a 30°C, como resultado el porcentaje de germinación fue 84.8%(Beuchat y Fett, 2002).

2.6.6 Aplicación de ozono en café

La contaminación en el procesamiento del café se ve reflejada en la calidad sensorial del producto final, por esta razón, se requiere la búsqueda de procesos que eliminen o reduzcan los microorganismos causantes de defectos y algunos de enfermedades o poderosas toxinas que atentan con la salud de los consumidores. El estudio de la aplicación de ozono en café no ha sido muy amplio, en Brasil se reportó el uso de ozono y ultrasonido como técnicas para la disminución de carga microbiana a muestras de café en proceso de fermentación con el objetivo de controlar la inocuidad final del grano. En el experimento se utilizó un generador de ozono con flujo de aire de 5 L/min a una concentración de 6,88 g/h durante 30 minutos y temperatura de 22,3°C, los resultados indicaron una 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 (Nascimento *et al.* 2008). Pabón (2014) halló resultados similares en el control del crecimiento de coliformes

totales, mohos y levaduras de café pergamino húmedo almacenado durante cuatro días, las aplicación de agua ozonizada se realizó a una concentración de 0,245mg/L en periodos de 24 horas.

2.6.7 Adopción de la Tecnología del ozono

Para adoptar la tecnología de ozono de forma segura, se debe considerar los siguientes aspectos antes realizar cualquier inversión: Comprender el flujo del proceso y tener conocimiento exacto de la etapa donde actuara el ozono; realizar pruebas piloto, porque las aplicaciones de ozono son variables y la eficiencia se ve afectada por muchos factores , tales como, temperatura , pH y la composición de los productos; conocer los parámetros de calidad del agua de la planta y de aguas residuales; aceptar asesoría de una compañía de generación de ozono con experiencia en la industria; realizar análisis de costo ; proveerse de equipos confiables que alcance la concentración de ozono necesario para efectuar la tarea; y por último, revisar los aspectos reglamentarios y de seguridad ambiental y de salud pública para el uso del ozono.

2.7 Fundamentos del color y su aplicación en la industria alimentaria

La luz es un tipo de radiación electromagnética que se presenta en diferentes longitudes de onda. Un objeto absorbe parte de la luz de la fuente luminosa y refleja la luz restante, esta luz reflejada entra en el ojo humano y la estimulación resultante de la retina es reconocida como el "color" por el cerebro. Cada objeto absorbe y refleja luz de diferentes partes del espectro y en distintas cantidades, estas diferencias en la absorbancia son las que hacen diferentes los colores de los distintos objetos. El estímulo cromático está compuesto por tres efectos: el tono es el atributo que nos permite diferenciar un color; la luminosidad es la característica por la que un color es más claro u oscuro. La saturación es la intensidad de un matiz específico.

2.7.1 La colorimetría

La ciencia que estudia la medida de los colores y que desarrolla métodos para su cuantificación es llamada colorimetría. Esta disciplina se basa en la determinación de

la absorción y reflectancia de la luz visible a partir de una muestra, que puede ser una sustancia sólida o una disolución específica. La información sobre los valores numéricos del color obtenidos en un análisis colorimétrico se basan en un espacio vectorial de tres dimensiones denominado Espacio Triestímulo, en el que cada estímulo de color es la expresión de las cantidades proporcionales de cada uno de los estímulos primarios rojo (R), verde (G) y azul (B), y al ser normalizados en la curva espectral de respuesta del fotoreceptor suministra la información sobre los valores numéricos del color. (Konica Minolta, 2003). A partir del concepto original de espacio triestímulo y de las ecuaciones colorimétricas básicas, la C.I.E (Comisión Internacional de Iluminación) propuso un sistema colorimétrico que conforman la base de los espacios de color de la CIE tales como el espacio de color $L^*a^*b^*$, Hunter Lab, y el CIELAB.

En la evaluación instrumental, el color de los objetos se expresa mediante las coordenadas de color que se obtienen a partir de los valores triestímulo X, Y y Z.

$$X = K \bar{x} \sum_{380}^{780} (\lambda) \cdot R(\lambda) \cdot \Delta\lambda \quad Y = K \bar{y} \sum_{380}^{780} (\lambda) \cdot R(\lambda) \cdot \Delta\lambda \quad Z = K \bar{z} \sum_{380}^{780} (\lambda) \cdot R(\lambda) \cdot \Delta\lambda$$

Donde $\bar{x}(\lambda)$, $\bar{y}(\lambda)$, $\bar{z}(\lambda)$ son las funciones de mezcla o valores triestímulo espectrales, $R(\lambda)$ es la radiancia reflejada o transmitida por el objeto, $\Delta\lambda$ es el intervalo con el que se realiza la sumatoria y K es una constante establecida que corrige los valores triestímulo de tal manera que Y valga entre 0 (blanco) y 100 (negro). Las longitudes de onda del espectro visible van desde 380 a 780 nm. (Universidad de Sevilla, 2014).

2.7.2 Técnicas de medición en la Colorimetría

La medición del color de un objeto puede hacerse de manera instrumental, aquellos dispositivos que miden directamente los valores triestímulo son llamados colorímetros, y los que miden la magnitud fotométrica son conocidos como espectrofotómetros. El uso de cámaras digitales y el procesamiento de los píxeles bajo condiciones de luminosidad controlada, es también una técnica que permite calcular el color total y la apariencia del objeto.

Los colorímetros de reflectancia miden la energía radiante reflejada por un objeto, la cual pasa a través de los filtros triestímulos e incide una fotocélula, provocando una respuesta proporcional correspondiente de la combinación objeto-fuente. Por medio de un microprocesador los valores X, Y y Z son calculados y pueden convertirse a otros espacios de color. El colorímetro reproduce la respuesta de un observador patrón a determinado ángulo y un iluminante estándar preestablecido.

El Iluminante D65 es un iluminante estándar de uso común definido por la Comisión Internacional de la Iluminación. La distribución de la energía espectral del iluminante D65 corresponde aproximadamente a un sol de mediodía y representa una temperatura de color de 6504°K. Por otra parte, los ángulos de observación que definió la CIE fueron de 2° y de 10°, su diferencia radica en el alcance visual a una misma distancia, a mayor ángulo más amplio el campo de vista,

2.7.3 El espacio (CIELAB)

El espacio de Color CIE $L^*a^*b^*$ (CIELAB) permite especificar los estímulos de color en un espacio tridimensional. El eje L^* es el de luminosidad y va de 0 (negro) a 100 (blanco). Los otros dos ejes de coordenadas son a^* y b^* , y representan variación entre rojizo-verdoso, y amarillento-azulado, respectivamente

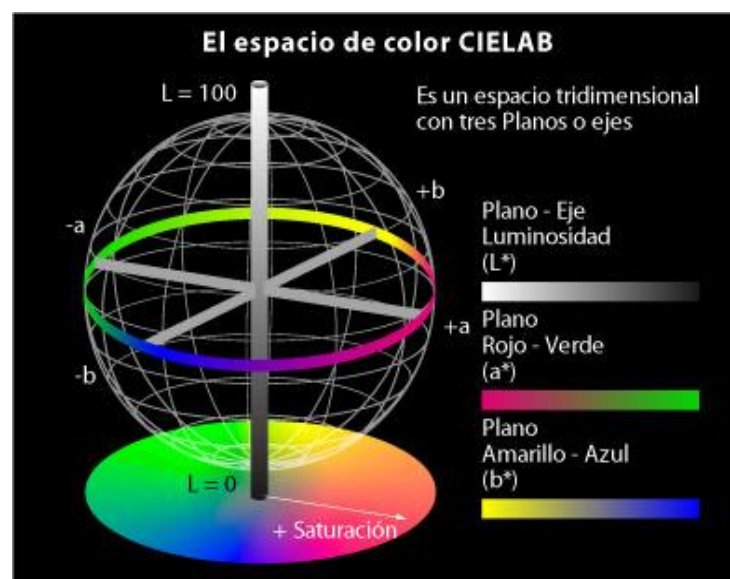


Figura 3. Esquema tridimensional del espacio de color CIELAB.

Las proporciones de L^* , a^* y b^* se obtienen de los valores triestímulos de acuerdo con las siguientes transformaciones:

$$L^* = 116 \left(\frac{Y}{Y_N} \right)^{\frac{1}{3}} - 16$$

$$a^* = 500 \left[\left(\frac{X}{X_N} \right)^{\frac{1}{3}} - \left(\frac{Y}{Y_N} \right)^{\frac{1}{3}} \right]$$

$$b^* = 200 \left[\left(\frac{Y}{Y_N} \right)^{\frac{1}{3}} - \left(\frac{Z}{Z_N} \right)^{\frac{1}{3}} \right]$$

Donde X_N , Y_N , y Z_N son los respectivos valores de X , Y y Z con el que se haya usado para obtener los valores de la muestra. (Leon *et al.*, 2003)

2.7.4 El color en la industria alimentaria

Cuando se trata de alimentos, el color y la apariencia son las primeras impresiones más importantes, tanto en alimentos frescos como en procesados, por esta razón son adoptadas cada vez más las tecnologías instrumentales de medición del color, mejorando el control en la calidad de los productos. El color representa un indicador de calidad de forma inmediata, por su medición objetiva y repetible durante el proceso de producción hasta el producto final. (Konicaminolta, 2010).

La industria de alimentos Welch Foods, Inc. observó que la variabilidad de los cultivos y procesamiento de uvas de Concord y uvas Niagra influenciaba la calidad en el color final de los productos, empacados en botellas transparentes. Utilizando la espectrofotometría los tecnólogos de Welch determinaron la metodología de evaluación óptima en la medición de los colores, estableciendo las especificaciones y tolerancias del color en cada etapa del proceso de fabricación del producto. Otro ejemplo en la aplicación de la medición del color es reportado por la empresa de sistemas atmosféricos controlados TransFRESH, la cual inició un programa utilizando un colorímetro de Konica Minolta para trazar el proceso de maduración bajo varias condiciones atmosféricas controladas sobre duraciones del transporte de alimentos perecederos, (Konicaminolta, 2010)

2.7.5 Influencia del color en la calidad del café.

El color es una característica muy importante en el análisis de calidad en el proceso del café, desde su cosecha hasta la obtención de la bebida. Carvajal *et al.* (2011), estudiaron la colorimetría del fruto de café durante su desarrollo y maduración. En el café tostado los colorímetros se basan en una clasificación visual del nivel de tueste del café. En el café verde se exige uniformidad en el color y la ausencia de defectos que pueden identificarse por el color de los granos (Ospina, 2007). Los colores aceptados para la Asociación de Cafés Especiales de América son el verde azulado y verdes (SCAA, 2009). Los colores extraños en las almendras son indicadores de problemas durante el proceso del beneficio, un color desigual suele ser la consecuencia de técnicas de secado incorrectas. La amarillos y blancura se producen con el tiempo y son generalmente indicativos de la disminución de la calidad (CCI, 2007). La decoloración de color marrón se asocia generalmente a la fermentación excesiva o café manejado en forma impropia. Los granos vinagres presentan un color crema o carmelita, el aspecto cristalizado es debido a secados con temperaturas mayores a 50°C, los granos veteados se deben al re humedecimiento (FNC, 2010)

El almacenamiento prolongado también puede ser otro factor de la pérdida de color y calidad. Al respecto, el Instituto de Desarrollo Mesoamericano (IDM) llevó a cabo experimentos en Costa Rica donde almacenó café verde en capullos herméticos y luego se comparó con la calidad de ese café del mismo lote almacenado de manera convencional. Se determinó que el café con tecnología hermética retiene mucho mejor el color y su calidad en taza aun por periodos prolongados. (Steve., 2005).

Un estudio elaborado por el Departamento de Investigación de la Industrial del Café de Jamaica (CIB), llamado “Uso de la colorimetría como técnica analítica para la evaluación de la calidad del café” realizó la evaluación de color para determinar las coordenadas CIELAB en muestras con diferentes proporciones de granos verdes, verduscos y granos blanqueados. El estudio concluyó que el color de los granos de café verde es una combinación de tonalidades, sugiriendo que esta tecnología puede ser utilizada para describir y clasificar los granos de café verde basada en mediciones de color. Las coordenadas CIELAB para el 100% de café verde según el estudio mencionado son L: 51,29; *a: +1,30, *b: +5,15. (CIB, 2005).

3. METODOLOGÍA

3.1 Localización.

El proyecto “Evaluación de Técnicas para la Conservación de Café Pergamino Húmedo Durante la Comercialización” es llevado a cabo en las instalaciones de la disciplina de Ingeniería Agrícola del Centro Nacional de Investigación del Café – Cenicafé, ubicado en el municipio de Chinchiná, departamento de Caldas a una altitud de 1,310 msnm, temperatura media de 21.5°C y humedad relativa media de 79.5%. Este departamento con 88.971 ha de café sembradas, produce anualmente alrededor de 9 millones de arrobas de café pergamino seco (FNC, 2013).

El muestreo y almacenamiento del café se realizó en la Cooperativa de Caficultores de Manizales. El café húmedo que se comercializa provenia de los municipios de Chinchiná, Palestina, Neira, Manizales y Manzanares. Para el cálculo de las variables de respuesta, el proyecto cuenta con el apoyo de los laboratorios de calidad de café del Comité Departamental de Cafeteros de Caldas.

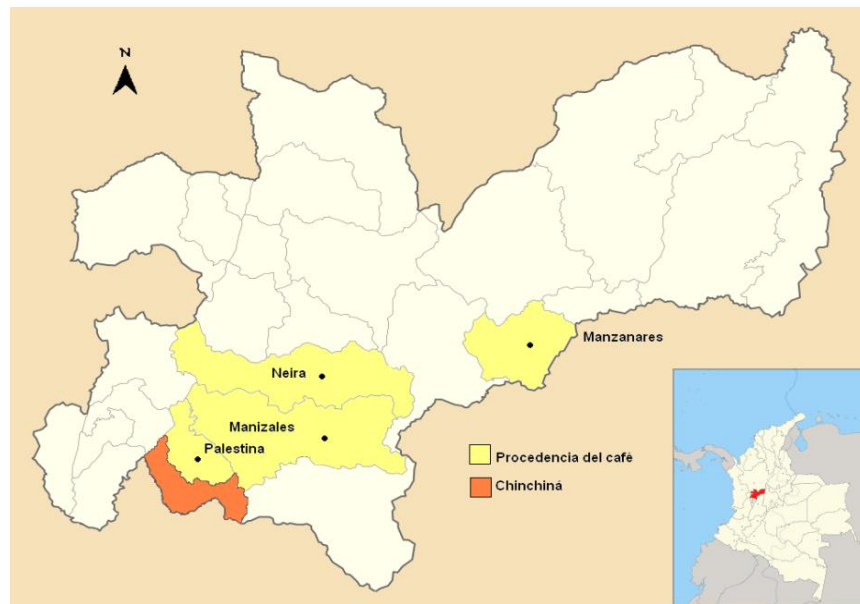


Figura 4. Mapa político del departamento de Caldas y municipios proveedores de café a la Cooperativa de Caficultores de Manizales en Chinchiná.

3.2 Caracterización del café pergamino húmedo comercializado en la Cooperativa de Caficultores

El café que es comercializado en forma húmeda es altamente perecedero y presenta una intensa actividad microbiológica por su alto contenido de humedad (53% b.h) (Montilla *et al.*, 2008), con tiempos de espera de 1 a 5 días antes de comenzar el proceso de secado, lo que puede alterar la calidad e inocuidad del producto. Además se generan pérdidas de materia seca que alcanza en solo 96 horas entre 3.34% y 3.65% del peso inicial. Sumado a esto la falta de higiene en el transporte y empaque contamina al café, otorgando sabores y olores indeseables que pueden ser causa de rechazo en su compra (Puerta, 2008). Para determinar el precio de compra se utiliza la metodología desarrollada por el Ingeniero Fernando Fajardo, teniendo en cuenta el porcentaje de almendras sanas, el precio del café y el costo del secado. Básicamente se separan y se pesan el café sano, el café brocado, mordido trillado y manchado, el café sin despulpar y la pulpa. De los valores anteriores y teniendo en cuenta la relación húmedo/seco de cada componente, se estima el peso seco de la muestra y del porcentaje de almendras sanas y de pasillas (Oliveros *et al.*, 2009).

3.3 Muestreo y almacenamiento

En la aplicación de la metodología se emplea el procedimiento presentado en la Figura 5, básicamente consiste en:

Recibo del café pergamino húmedo: Durante 4 días consecutivos se toman 25 kg del café pergamino húmedo en el proceso de comercialización de la Cooperativa.

Vertiente n°1

Recipiente (tanque recibo): en un recipiente de 250 litros ubicado a un costado de los tanques de recibo de la Cooperativa, se depositan 20 kg del café pergamino húmedo, para establecer mayor control de los tiempos de almacenamiento, que suelen variar dependiendo de las temporadas, alta o baja comercialización de café.

Almacenamiento: el café depositado en el recipiente es sumergido en agua, ésta debe ser remplazada diariamente.

Carga completa: se considera una carga completa cuando el recipiente de recibo contenga aproximadamente 80 kg correspondientes al café almacenado durante los 4 días recolectados. En caso de no estar completa la carga, se debe repetir el procedimiento.

Toma de muestra A: se toma una muestra compuesta de 20 kg del café almacenado en el recipiente, correspondiente a la muestra testigo.

Vertiente n°2

Muestra caneca: los 5 kg de café restantes se depositan en una caneca y se transportan al laboratorio de Ingeniería Agrícola de Cenicafe

Aplicación de agua ozonizada: conjunto con el café recolectado de los días anteriores, se realiza el tratamiento con agua ozonizada para los 5 kg de café pergamino húmedo que fueron depositados en la caneca.

Almacenamiento: se debe drenar el agua de los espacios intergranulares del café y almacenar en un recipiente a temperatura ambiente.

Muestra B: corresponde al café pergamino tratado con agua ozonizada y compilado diariamente durante 96 horas

3.3.1 Secado mecánico de las muestras de café.

Secado mecánico: después de 96 horas de almacenamiento, el secado se realiza para ambas muestras en un secador estático con temperatura del aire a $50^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, hasta lograr un contenido de humedad en los granos entre 10% y 12% (base húmeda), que generalmente se alcanza en 24 horas. Las muestras de café se colocan en una sola capa, evitando mezclarlas y la impregnación de olores ajenos a la muestra. También es importante evitar el sobresecado debido a que se puede presentar alteración en los análisis de calidad.



Figura 5. Muestreo y almacenamiento del café húmedo en la central de compra.

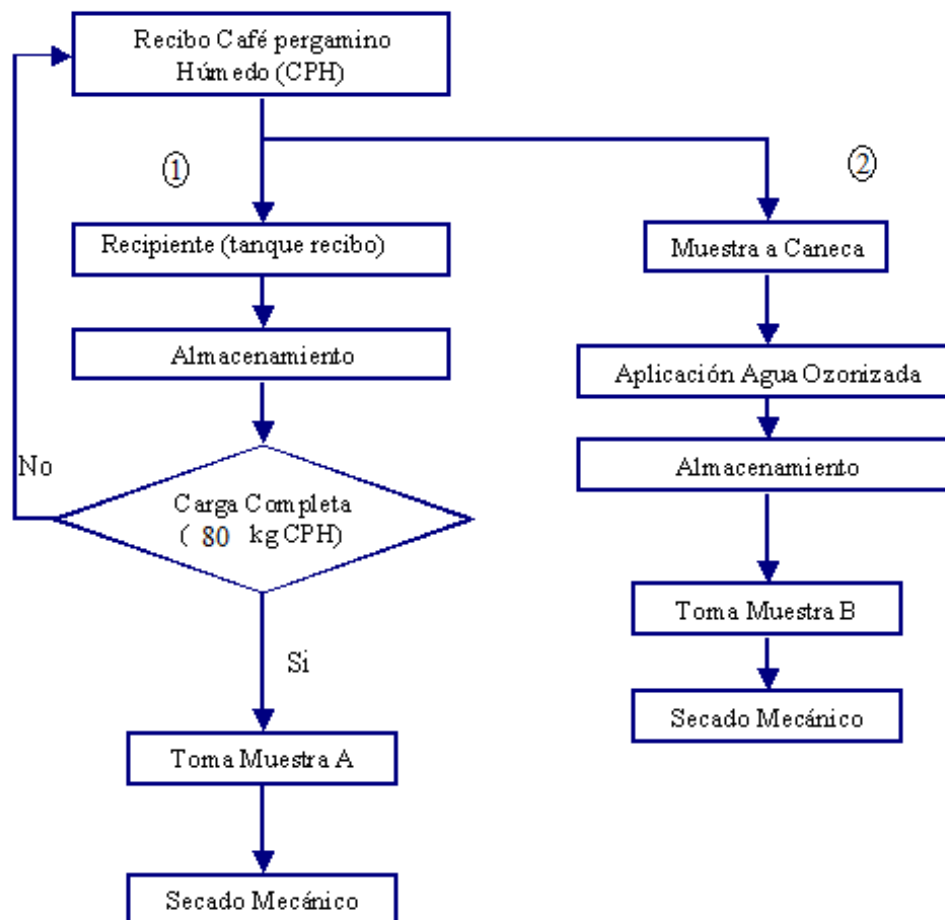


Figura 6. Procedimiento de la aplicación de agua ozonizada al café húmedo.

3.4 Metodología utilizada para la aplicación de agua ozonizada al café pergamino húmedo

3.4.1 Materiales

- Equipo ozonizador marca *Bionic*[®] (capacidad: 1,0 g O₃.hora⁻¹)
- Sistema de aspersión con agua ozonizada (62.345 cm³).
- Balanza electrónica (Mettler Toledo; modelo SR3200; capacidad: 32100 g)
- *Kit* de concentración de ozono
- Rejilla plástica (28.275 cm³)

3.4.2 Definición de la cantidad de agua

Como la porosidad del café lavado es 36,5% (Peñuela *et al.*, 2012), se define el siguiente parámetro para calcular la cantidad mínima de agua a utilizar:

$$\text{Agua requerida (Kg)} = \text{Cantidad de café (kg)} * 0,36$$

3.4.3 Higienización del agua

La cantidad de agua a utilizar se trabaja sin modificación del pH, en promedio este valor fue de 7,65 y la temperatura alrededor de 21°C. El agua es higienizada antes de ser utilizada para el lavado del café, aplicando ozono con el generador durante 10 minutos para alcanzar una concentración de 0,2 mg/L (Pabón, 2014). El *kit* de ozono permite verificar la concentración adecuada por medio del Método colorimétrico DPD (N, N-dietil – p – fenilendiamina).



Figura 7. Ozonizador y kit determinador de la concentración de ozono en el agua.

3.4.4 Aplicación de ozono al café pergamino húmedo

Se diseñó y fabricó un dispositivo para la aplicación uniforme de agua ozonizada en el café pergamino húmedo. Básicamente consiste de un tanque cilíndrico fabricado en acero inoxidable calibre 18 de 45 cm de altura y 42 cm de diámetro, con 3 aspersores separados a 120°, colocados en la parte superior y en su base una boquilla que permite el drenaje del fluido. En un recipiente externo se ozoniza el agua y por medio de una bomba con caudal de 100 L/h se provee la recirculación del líquido durante la aplicación. Para evitar taponamientos el café se deposita en una rejilla plástica de 30 cm de radio. El café es asperjado con agua ozonizada utilizando una relación de 3 minutos por cada 5 kg, para lograr el mayor contacto posible del fluido con los granos (Pabón, 2014). Este procedimiento se realizó cada 24 horas, hasta iniciar el proceso de secado mecánico

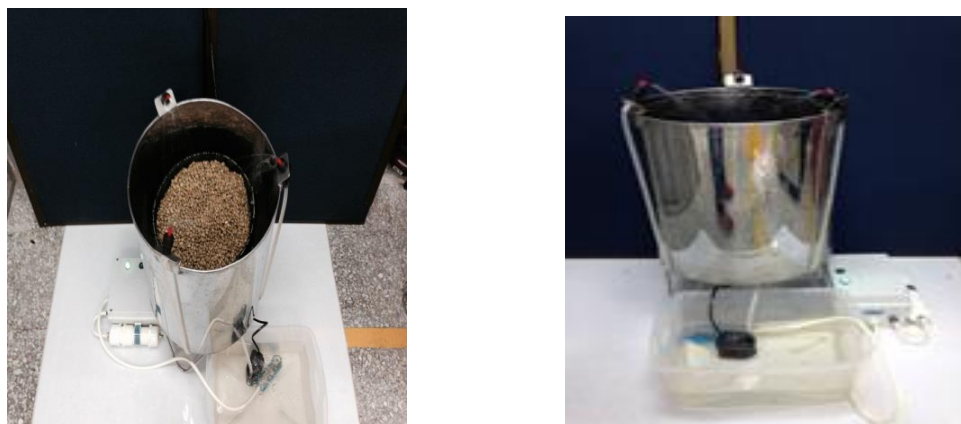


Figura 8. Sistema de lavado por aspersión para la ozonización de café.

3.5 Almacenamiento del café pergamino seco

Después del proceso de secado el café es seleccionado, retirando los granos negros, parcialmente secos, vinagres, flojos, mordidos, sin pergamino, inmaduros, aplastados e impurezas. Los granos sanos son empacados en bolsas de cierre hermético debidamente rotuladas con fecha y código y almacenados en un cuarto con temperatura a 20° C y humedad relativa menor a 75%. Por cada unidad experimental se obtuvo una muestra testigo y una muestra tratada con ozono de 500 g de café pergamino seco cada una, las cuales son enviadas al Comité de Cafeteros de Caldas

en Manizales para su respectivo análisis. El café restante se devuelve a la Cooperativa de Caficultores de Manizales.



Figura 9. Almacenamiento de las muestras de café pergamino seco en ambiente controlado.

3.6 Análisis de calidad física y calidad sensorial

Para el análisis de calidad física se consideró el porcentaje de almendras sanas decoloradas y la variación en color de las almendras del café tratado con agua ozonizada y el café testigo, medido con los valores numéricos del espacio de color $L^*a^*b^*$ (L^* :Luminosidad ; a^* : coordenadas rojo/verde ; b^* :coordenadas amarillo/azul). Los análisis de calidad sensorial se realizan en los laboratorios de calidad de café del Comité Departamental de Cafeteros de Caldas, utilizando la escala de la Asociación de Cafés Especiales de América (SCAA).

3.7 Análisis de la información

Se obtuvieron 10 unidades experimentales (10 muestras de café tratado con agua ozonizada y 10 muestras de café testigo). Con la información de las variables de respuesta se estimó el promedio, la desviación estándar, la confiabilidad al 95%y se aplicó la prueba de diferencia mínima significativa al 5% para el tratamiento y el testigo.

4. ANÁLISIS FÍSICO, SENSORIAL Y COLORIMÉTRICO

Para lograr una caracterización de las 10 muestras de café tratadas con agua ozonizada y de las 10 muestras testigos, de tal forma que se puedan identificar sus condiciones físicas y los defectos presentes en la bebida, se realizó el análisis físico y sensorial aplicando los estándares de la Asociación de Cafés Especiales de América (SCAA) en el Laboratorio de calidad del Comité Departamental de Cafeteros de Caldas

4.1 Ambiente físico para el análisis.

Se deben establecer un mínimo de requisitos técnicos para garantizar que las influencias de agentes externos puedan ser controladas, de esta manera asegurar la exactitud y confiabilidad de los ensayos. Los factores a controlar son: iluminación, temperatura ambiente, extracción del aire, contaminación visual, olores extraños, instalaciones hidráulicas, ubicación de los equipos y tablas informativas sobre el procedimiento.

4.2 Equipo y materiales

- Trilladora para muestras en pergamino capacidad 250 g.
- Tostador de uno o más cilindros, eléctrico o de gas.
- Molino Grindmaster 810 con 8 graduaciones de molienda.
- Balanza Scout Pro SP601/capacidad 600 g, resolución 0,1 g.
- Medidor de humedad digital Kett PM450
- Vasos y teteras para la infusión.
- Cucharas para catación, ancho: 41mm/ profundidad: 10mm
- Estufa con ventilación forzada.
- Agua potable, se debe usar siempre la misma calidad de agua.
- Bandejas para mínimo de 350 g de café verde.
- Termómetro digital con capacidad de medición hasta 110° centígrados.
- Tamizador manual de café molido.
- Lija #100 de hierro para desgastar granos fermentados y mohosos.

4.3 Determinación de la calidad física

Las muestras de café pergamino seco deben tener una humedad entre el 10% y 12% (b.h) para iniciar el proceso de trilla y su transformación a café verde en almendra, también llamado café de exportación. En la trilla se obtiene como subproducto pergamino y película plateada, los cuales proporcionan un rendimiento preliminar conocido como porcentaje de la merma. Posteriormente se toma una muestra de 250 g para determinar la calidad física de los granos, se seleccionan las pasillas, los granos defectuosos y brocados. El porcentaje en masa de cada categoría de materia extraña se reporta empleando la siguiente ecuación:

$$Mc = \frac{m_1}{m_0} \cdot 100$$

Dónde:

m_1 = masa en gramos de la materia extraña en cuestión

m_0 = masa en gramos de la muestra.

Tabla 2. Rangos de calidad para el análisis físico del café pergamino seco.

% Humedad (b.h)	Entre 10 y 12%
% de Merma	Menor a 20%
% de Pasillas	Menor a 5,5%
% de Granos Negros y Vinagres	Menor a 1,5%
% de Broca	Menor a 1,0%
% de Almendra Sana	Mayor a 75%

El porcentaje de almendra sana se obtuvo después de retirar los granos defectuosos e impurezas, con este valor se determinó la calidad física del café tratado con agua ozonizada y el café testigo. Si el rendimiento de almendra sana es mayor al 75% recibe una bonificación por calidad especial según el sistema de comercialización del Comité Departamental de Cafeteros de Caldas.

4.4 Preparación de las muestras para análisis sensorial

Tostado: se debe estabilizar la tostadora verificando que la temperatura se encuentre entre los 200°C y 240°C, se tuestan de 100 g a 300 g hasta que alcancen un color castaño, el tiempo de tostión no debe ser mayor a 12 min, ni menor a 8 min. El grano aumenta de volumen, entre un 30 y un 50%.

Molienda: el café molido debe tener un tamaño que permita el paso del 70% a 75% de las partículas a través de un filtro (malla) tamaño 20 (850 micrómetros).

Porción de ensayo y preparación de la bebida: se pesa una cantidad de muestra que corresponda a una razón de 7,0 g $\pm$ 0,1 g de café por cada 100 cm³ de agua. Se calienta el agua en la estufa hasta punto de ebullición, después se vierte en la taza, dejando decantar la infusión durante 5 min y agitando el contenido dejando enfriar la bebida hasta una temperatura no mayor de 55°C.

4.5 Evaluación de taza

El objetivo de la catación es evaluar las características, atributos, defectos, contaminaciones, etc., en una taza de café, como también definir la limpieza de la misma. Para llevar a cabo una catación que valore los atributos específicos debe considerarse escalas de medición numéricas, de tal manera que sea posible la tabulación, análisis y conclusión estadística de los datos obtenidos durante las evaluaciones.

La hoja de catación de la Asociación de Cafés Especiales de América (SCAA) es también utilizada para los análisis científicos. Se evalúan 10 aspectos en un rango de 6 a 10 puntos, estos son: fragancia/aroma, acidez, cuerpo, sabor, sabor residual, balance, puntaje catador, taza limpia, dulzura y uniformidad. En el caso de percibirse defectos, se restan los puntos obtenidos por el producto de las tazas defectuosas y la intensidad de la misma. (*Defectos = Intensidad x # Taza*). Para darle un valor numérico universal se propone utilizar una escala con un total posible de 100 puntos.

Tabla 3. Escala de calificación (SCAA).

6,00 - Bueno	7,00 - Muy Bueno	8,00 - Excelente	9,00 - Extraordinario
6,25	7,25	8,25	9,25
6,50	7,50	8,50	9,50
6,75	7,75	8,75	9,75

Puntaje Total	Descripción de la Especialidad	Clasificación
90 - 100	Excepcional	Especialidad Rara
85 – 89,99	Excelente	Origen Especial
80 – 84,99	Muy Bueno	Bueno Especial
< 80.00	Debajo de Calidad Especial	Debajo de especial

4.6 Análisis colorimétrico.

Con el objetivo de evaluar el efecto en el color de la almendra causado por condiciones diferentes de almacenamiento en estado húmedo, se realizaron mediciones colorimétricas en coordenadas L^*a^*b para las muestras de café tratado con agua ozonizada y las muestras del café testigo.

El dispositivo utilizado para determinar cuantitativamente el color de las almendras fue un colorímetro Konica Minolta CR-400, el cual funciona reconociendo las ondas de luz reflectadas y su proyección en un sistema de coordenadas tridimensional. El colorímetro utiliza una lámpara de xenón pulsado como fuente de luz, el iluminante estándar empleado fue D65 con ángulo de observador de 2° previamente calibrado sobre una superficie plana (Referencia blanco, $Y= 87,1$, $x= 0,3184$, $y= 0,3357$) y se usó el software SpectralMagic™NX para el procesamiento de los datos obtenidos.

Las mediciones del color se realizaron a 25 g de cada muestra, bajo la misma condición de luminosidad. Con los resultados obtenidos se determinó si el color sobre las almendras expuestas a diferentes tratamientos es estadísticamente igual, a través de la prueba de diferencia mínima significativa al 5% en las coordenadas L^* , a^* y b^* .

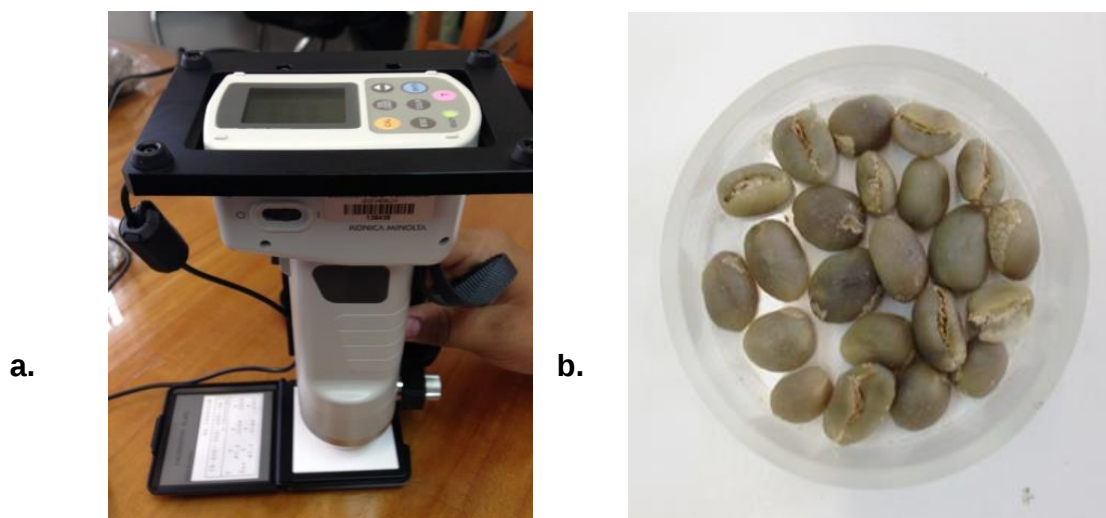


Figura 10. a. Calibración del Colorímetro konica Minolta. **b.** Muestra de almendras de café para análisis colorimétrico.

5. RESULTADOS

5.1 Resultados del análisis físico y sensorial

Los resultados del análisis físico presentan los promedios obtenidos por los aspectos físicos de la calidad del café (Tabla No.4) (Anexo No.1 - detalles de calidad física para cada muestra en particular). Se considera el porcentaje de almendras sanas como el criterio más importante para la evaluación de la calidad física de los granos en proceso de comercialización (Tabla No.5)

Tabla 4. Valores promedios de las propiedades físicas para las muestras de café tratadas con agua ozonizada y muestras testigos.

Propiedad de calidad física	Tratamiento (%)	Testigo (%)
Humedad (b.h)	10,37	10,47
Merma	18,58	18,32
Pasillas	3,71	3,33
Granos negros y vinagres	0,01	0,05
Broca	2,43	3,66

Tabla 5. Porcentajes de almendra sana para las muestras de café tratado con agua ozonizada y muestras testigos.

N° de la muestra	Porcentaje de almendra sana del café tratado con agua ozonizada (%)	Porcentaje de almendra sana muestras testigo (%)
1	73,52	71,52
2	75,00	77,24
3	79,40	76,20
4	75,16	73,24
5	78,52	75,28
6	74,84	75,88
7	76,88	77,48
8	77,40	79,6
9	76,04	78,92
10	79,56	80,00
Media	76,88	76,53
D.E	2,06	2,72

El puntaje total es el valor utilizado para analizar la calidad sensorial de las muestras (Tabla No.6). La sumatoria de los 10 aspectos que componen el puntaje total se presenta en el anexo No.2.

Tabla 6. Puntaje total del análisis de calidad (SCAA) para las muestras tratadas con agua ozonizada y muestras testigos.

N° de la muestra	Puntaje del café tratado con agua ozonizada (puntos)	Puntaje del café testigo (puntos)
1	80	53
2	80	81
3	80	76
4	80	79
5	81,5	80,5
6	78	80,5
7	81,5	80,25
8	53	81
9	80,5	80
10	77	81,5
Media	77,15	77,27
D.E	8,59	8,67

5.2 Resultados del análisis colorimétrico

Tabla 7. Coordenadas L*a*b* para las muestras de café tratado con agua ozonizada y muestras testigos.

N° de Muestra	Coordenadas de muestras tratadas			Coordenadas de muestras testigo		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
1	35,66	1,65	12,7	31,49	1,03	11,45
2	32,3	0,43	11,56	35,8	0,99	10,61
3	33,73	1,21	11,22	34,14	0,86	11,37
4	33,37	0,21	13,02	29,56	0,93	12,13
5	31,33	1,69	9,52	31,93	1,3	12,03
6	32,88	0,72	10,7	33,74	1,04	12,25
7	29,32	0,72	10,75	31,41	1,32	11,35
8	28,58	0,99	10,94	33,79	0,84	11,76
9	31,08	0,65	11,5	38,12	1,19	11,95
10	34,29	0,28	12,37	37,27	1,51	11,34
Media	32,25	0,85	11,42	33,725	1,101	11,624
D.E	2,2	0,52	1,052	2,73	0,22	0,49

6. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1 Discusión de los resultados del análisis físico y sensorial.

Los resultados obtenidos en el análisis físico para las muestras tratadas con agua ozonizada y las respectivas muestras testigos presentan calidad física admisible para los porcentajes de humedad, merma, granos negro y vinagres, y almendra sana, según los estándares de calidad establecidos por Almacafé para la compra de café en Colombia. Aunque el defecto por broca en ambos casos es mayor al 1%, el 80% de las muestras analizadas en ambos casos presentaron valores superiores a 75% en el porcentaje de almendra sana, por lo cual el café recibiría bonificación si fuese comercializado.

Los resultados del análisis sensorial indican que el 70% de las muestras tienen una calificación igual o superior a 80 puntos, tanto para el café tratado como para el testigo, es decir que son considerados café de calidad especial en la escala SCAA. Se percibió el defecto inmadurez en la primera muestra del café testigo y el defecto vinagre en la octava muestra del café tratado. Los defectos se detectaron en 5 de 10 tazas con una intensidad de grado 2 para ambos casos, como consecuencia las muestras obtuvieron las puntuaciones más bajas, correspondientes a 53 puntos. .

Utilizando la media y la desviación estándar se realizó la prueba de diferencia mínima significativa (LSD) al 5%, el resultado obtenido demostró que los porcentajes de almendra sana para el café tratado con agua ozonizada y las muestras testigo son estadísticamente iguales, del mismo modo los puntajes totales en taza no presentaron diferencia estadística. La prueba de confiabilidad determinó una probabilidad del 95% de hallar valores de porcentaje almendra sana en el intervalo (78,11 - 75,15) de las muestras tratadas y en el intervalo (78,48 - 74,58) de las muestras testigo. Para el mismo nivel de confianza, el intervalo de las puntuaciones es en las muestras tratadas es de (82,13 - 72,17) y en la muestras testigo (82,30 - 72,26). Es posible observar en las figuras 11 y 12 que los intervalos de confianza se traslapan, es decir que el valor de la media en cada caso puede ser considerada la misma, tanto para el tratamiento como para el testigo.

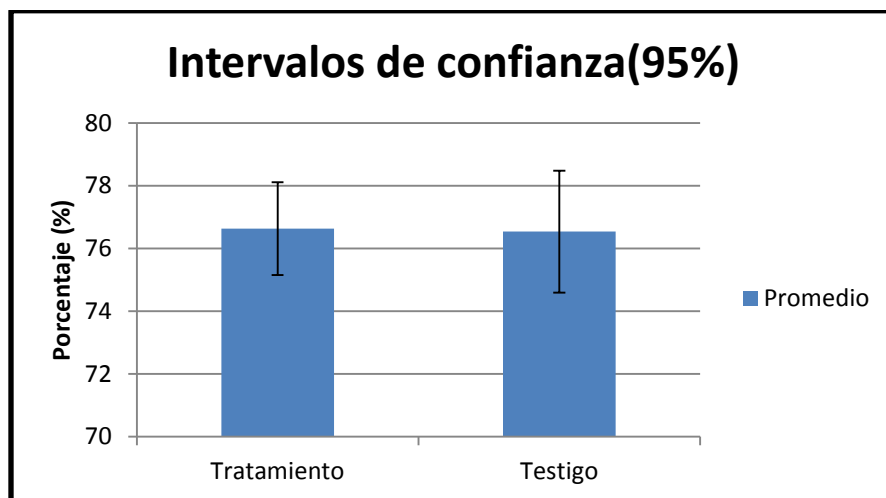


Figura 10. Intervalos de confianza para el porcentaje de almendra sana en el café tratado con agua ozonizada y el café testigo.

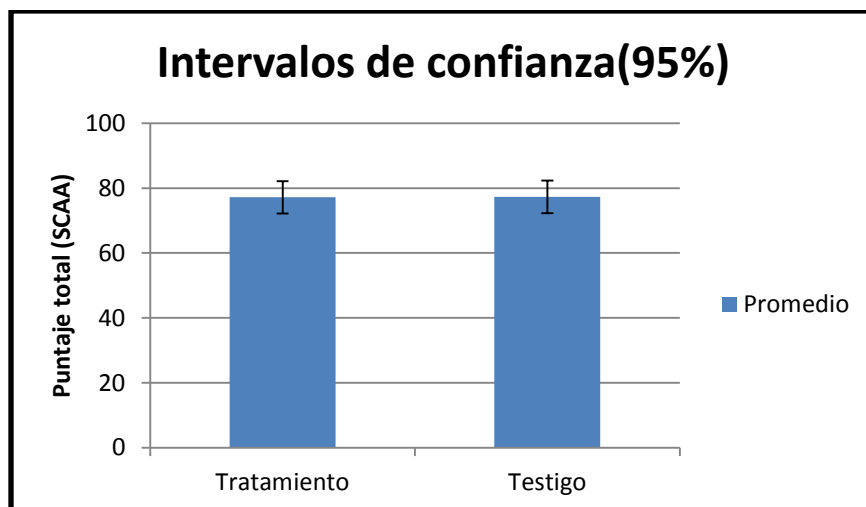


Figura 11. Intervalos de confianza para el puntaje total en el café tratado con agua ozonizada y el café testigo.

6.2 Discusión del análisis colorimétrico.

Por simple inspección visual el color de las almendras en las muestras analizadas tiene la misma tonalidad. La cromaticidad en el eje a^* varía entre 0,21 y 1,69, estos valores indican un tonalidad verde rojiza, y en el eje b^* los valores entre 9,52 y 13,02 indican coloración azulosa en las almendras.

Al realizar la prueba de diferencia mínima significativa (LSD) al 5% entre las coordenadas L^* , a^* y b^* de las muestras tratadas y las muestras testigos se comprobó igualdad en el color de las almendras. Referirse al anexo No 3. – Intervalos de confianza al 95% para las coordenadas L^* , a^* y b^* .

En la Figura 12 se observa que las mediciones colorimétricas en el espacio de color CIELab, no presentan una agrupación definida que permita diferenciar el tratamiento y el testigo por su tonalidad.

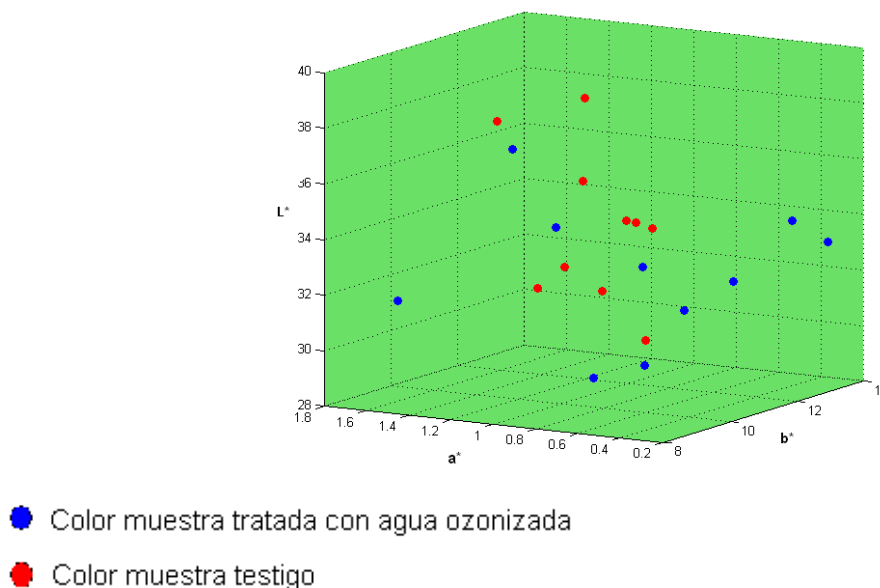


Figura 12. Distribución en el espacio CIELab del color de las muestras tratadas con agua ozonizada y muestras testigos.

7. CONCLUSIONES.

- La aplicación del gas ozono en agua a una concentración de 0,2mg/L, en café pergamino húmedo, mediante lavados de 3 minutos por cada 5 kg, cada 24 horas y drenando el agua utilizada, permite conservar la calidad física y sensorial del café durante 96 horas de almacenamiento. Este resultado es similar al obtenido por Pabón (2014).
- La implementación de la técnica de lavado de café pergamino húmedo con agua ozonizada tiene el mismo efecto en la conservación de los aspectos físicos y sensoriales del café, al compararse con la técnica habitual de almacenamiento en inmersión de agua.
- Transcurridas 96 horas de almacenamiento, el color de las almendras para las muestras del café tratado con agua ozonizada no presenta diferencia significativa con respecto al testigo. La variabilidad en el color de las almendras es posiblemente consecuencia de la mezcla del café de diferentes variedades y procedencias comercializado en la Central de compra.
- El requerimiento hídrico para el lavado con agua ozonizada puede considerarse menor al del almacenamiento por inmersión, debido que se utiliza estrictamente el agua necesaria para abarcar el espacio poroso de los granos, mientras que en la técnica convencional hay una sobre capa de agua por encima del nivel de la masa de café almacenado.
- Los buenos resultados físicos y sensoriales del café analizado se pueden atribuir a la buena calidad del café comercializado en la Cooperativa de Caficultores de Manizales, el cual es producido en fincas generalmente cercanas y debe presentar condiciones aceptables para su compra.

8. RECOMENDACIONES

- Es conveniente adaptar una metodología que valore las propiedades oxidantes y microbidas del ozono, tanto para la conservación de la calidad física y sensorial del café como para el tratamiento del agua utilizada durante el lavado, la cual contiene materia orgánica en suspensión que consume rápidamente el oxígeno del agua. De esta manera se busca que la utilización del ozono se integre de forma satisfactoria en el beneficio ecológico del café.
- Es oportuno en la etapa posterior a esta investigación, realizar estudios para determinar la eficiencia del agua ozonizada en cantidades mayores de café pergamino húmedo, con el fin de evaluar a escala real los tiempos de lavado y las concentraciones requeridas. Esto implica implementar dispositivos generadores de ozono con mayor capacidad de producción del gas y resistentes a largos periodos de funcionamiento.
- Considerar la aplicación de agua ozonizada como una alternativa viable en la conservación del café lavado que se puede realizar a diferentes escalas de almacenamiento, es decir, desde la producción de un caficultor que carece de las instalaciones para conservar café húmedo de manera tradicional, la saturación y falta de los secadores en las fincas, hasta una sobreoferta de café húmedo en puntos de compra estructuralmente limitados.
- Es necesario realizar la remoción completa del mucilago y la separación adecuada de la pulpa para prolongar la calidad e inocuidad del café pergamino húmedo durante el almacenamiento, esto se logra identificando el punto de lavado e implementado dispositivos como zarandas rotatorias y el separador hidráulico de tolva y tornillo sin fin.
- Durante el almacenamiento del café pergamino húmedo se deben implementar las Buenas Prácticas que se aplican en el proceso de postcosecha, al igual que reconocer que la calidad del café no se puede mejorar una vez se vea afectada.

9. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS

- Achen M., Yousef E. (2001). *Efficacy of ozone against escherichia coli o157:h7 on apples*. JFS: food microbiology and safety / Alex Majchrowicz (2004). Article: Food Safety Technology : A Potential Role for Ozone?. Economic Research Service. USDA.
- Alexandre C., Santos-Pedro M., Brandão S., Silva C.L.M. (2011). *Influence of aqueous ozone, blanching and combined treatments on microbial load of red bell peppers, strawberries and watercress*. Journal of Food Engineering, 105(2): 277-282.
- Alvarado G., Posada H., Cortina H.(1999). *Castilo: nueva variedad de café con resistencia a la roya*, Centro Nacional de Investigaciones de Café (Cenicafé). Avance técnico 337.
- Alvarez J. (1991). *Despulpado del café sin agua*, Centro Nacional de Investigaciones de Café (Cenicafé). Avance técnico 164.
- Arcila P., Farfán V., Moreno B., Argemiro M., Salazar G. Hincapié G.(2007). *Crecimiento y desarrollo de la planta de café*, Sistemas de producción de café en Colombia. Cenicafé, 22p.
- Aristizábal D., Oliveros C., Salazar A. (1998). Evaluación del desempeño del hidrociclón en el lavado y la clasificación del café pergamino. *cenicafé*. 49(1): 5-16. 1998.
- Asociación de Cafés Especiales de América (2009). Protocolos de clasificación verdes versión: 21nov2009.
- Babor A., Ibarz J. (1974). *Química General Moderna*. Ed, Marín, Barcelona. España
- Badiali J., Giambastiani G., Viciano C. (2003). Curso de Secado y Aireación de Granos, Cátedra de Cereales y oleaginosas. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Córdoba.
- Beuchat L., Fett W. (2002) *Inactivation Of Escherkhia Coli 0157:H7 On Inoculated Alfalfa Seeds With Ozonated Water Under Pressure*. department Of Agricultural And Biological Engineering Sciences Consortiumme Pennsylvania State University University Park, Pennsylvania 16802
- Beutelspacher S., Calderon J. (2005). Diseño y construcción de un generador de ozono para aplicaciones de purificación de agua. Facultad de Ingeniería, Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico: Cuernavaca de Morelos, México.
- Bolívar Claudia P.(2009). Monografía sobre el Galactomano del café, Universidad Tecnológica de Pereira. Monografía para optar por el título de Químico Industrial.

Campabadal C., Cardoso L., Bartosik R., (2009) Uso de Ozono como alternativa para control de plagas en granos almacenados. Universidad del Estado de Kansas,EEUU Proyecto de Eficiencia de Poscosecha,

Carvajal H., Aristizábal I., Oliveros C., Mejía J. (2011) Colorimetría del Fruto de Café (*Coffea arabica* L.) Durante su Desarrollo y Maduración. Rev.Fac.Nal.Agr.Medellín 64(2): 6229-6240.

Centro de Comercio Internacional (2007). La guía del café: Causas de un color pobre. <http://www.laguiadelcafe.org/guia-del-cafe/calidad-del-cafe/Causas-de-un-color-pobre/?menuID=3364>.

CEPAL. (2002). *Centroamérica: El impacto de la caída de los precios del café*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Rentabilidad, empleo e ingresos 31p.

Das, B.K & Kim, J.G.(2010) *Microbial quality and safety of fresh-cut broccoli with different sanitizers and contact times*. Journal of Microbiology and Biotechnology. 20(2): 363-369.

Departamento de investigación de la Industrial del Café de Jamaica (2005). Uso de la colorimetría como técnica analítica para la evaluación de la calidad del café. XXI Latin American Coffee Industry Symposium San Salvador, El Salvador

Dhillon B., Wiesenborn D., Wolf-Hall C., Manthey F. (2009). *Development and Evaluation of an Ozonated Water System for Antimicrobial Treatment of Durum Wheat*. Journal of Food Science, 74(7): E396-E403.

FAO. (2006). *Un café mas sano*, Organización de las naciones unidas para pa agricultura y alimentación. <http://www.fao.org/ag/esp/revista/0607sp1.htm>

Federación nacional de cafeteros (2010). Defectos del café verde. Resolución 05 de 2002 del Comité Nacional de Cafeteros.

Fennema, O.R. (2000). Química de los Alimentos. Tercera Edición. Zaragoza. España: Editorial Acribia. 1.258 p.

FNC. (2004). *La calidad del café*, Federación Nacional de Cafeteros, FNC. Comité Departamental de Cafeteros de Caldas.

FNC. (2004). *Secado del café pergamino*. Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, (FNC).Cenicafé, cartilla No. 21.

FNC. (2010).*La Gente del Café*. Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. La tierra del café. www.cafedecolombia.com/particulares

- FNC. (2010). *La Gente del Café*. Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. Industrialización del Café. www.cafedecolombia.com/particulares.
- FNC. (2012). *Principales Resultados del Reporte de Sostenibilidad*. Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. Plan estratégico para agregar valor a los cafeteros, 45p.
- FNC. (2013). *Manual del Cafetero Colombiano*, Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, (FNC). Tomo III, Recibo de café cereza en el beneficiadero, 13 p.
- FNC. (2013). *Manual del Cafetero Colombiano*, Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. Tomo III, calidad del café, 90p.
- FNC. (2013). *Manual del Cafetero Colombiano*. Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. Tomo I, 20 p.
- FNC. (2013). *Manual del Cafetero Colombiano*. Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. Tomo III, Remoción del mucilago del café, 24 p.
- FNC. (2013). *Manual del Cafetero Colombiano*. Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. Tomo III, Secado conceptos generales, 50p.
- ITDI: Implantación de tratamientos y Diseños industriales ,S.L., Ainia Centro Tecnológico (2007) *Manual de aplicaciones del ozono para el control de legionella*. Proyecto Ozoleg.
- Kim J., Yousef E., Dave S. (1999). *Application of ozone for enhancing the microbiological safety and quality of foods: A review*. J. Food Prot. 62, 1071-1078.
- Kim J. (2012) *Environmental Friendly Sanitation to Improve Quality and Microbial Safety of Fresh-Cut Vegetables* National Institute of Horticultural and Herbal Science,
- Kim J., Yousef E., Chism G. (1999). Use of ozone to inactivate microorganisms on lettuce. J Food Safety 19:17-34.
- Konica Minolta Sensing, Inc. (2003) Comunicación precisa de los colores. <http://www2.konicaminolta.eu/eu/Measuring/pcc/es/part1/index.html>
- Konica Minolta Sensing, Inc. (2010). Control De Color En La Industria Alimenticia La Calidad Del Color. <http://sensing.konicaminolta.com.mx/learning-center/case-studies/FoodIndustryApps.pdf>
- León K., Mery D., Pedreschi F., Leon J. (2004) Color measurement in L*a*b* b units from RGB digital image. Food Research International 39(10): 1084-1091
- Llanes O. (2013) *Aparato y método de aplicación de ozono en silos*. Google patent: WO 2013137706 A1

McDonough M., Masona L., Woloshukb C. (2011). *Susceptibility of stored product insects to high concentrations of ozone at different exposure intervals*. Department of Entomology, Purdue University.

Montilla J., Arcila J., Aristizabal M., Montoya E.C., Puerta G.I., Oliveros C., Cadena G. (2008). *Caracterización de algunas propiedades físicas y factores de conversión del café durante el proceso de beneficio húmedo tradicional*. Cenicafé, 59(2): 120-142.

Nascimento L.C., Lima L.C., Picolli R., Fiorini J., Duarte S., Silva J.M., Oliveira N., Veiga S. (2008). Ozonio e ultra-som: processos alternativos para o tratamento do café despolpado. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 28(2): 282-294.

OIC. (2010). *Estrategia de Desarrollo Cafetero*. International Coffe Organization (ICO). Consejo Internacional del Café, pdo. 105 de sesiones, 21 – 24 septiembre 2010, Londres.

OIC. (2010). *Resolución Número 420*. International Coffe Organization (ICO). Consejo Internacional del Café, pdo. 90 de sesiones, 19 - 21 mayo 2004 Londres.

OIC. (2013). *Estadísticas Comerciales; Producción total de los países exportadores*. Internacional Coffe organization. www.ico.org/prices/po.htm.

Oliveros C., Peñuela A., Sanz J.R., Ramírez C. (2009). *Primer Encuentro Nacional de Comercialización de Café Húmedo*, Cenicafé. 31

Oliveros C., Sanz J.R., Montoya E.C., Moreno E. (2007). *Dispositivo hidraulico de bajo impacto ambiental para la limpieza y clasificacion del café cereza*, Centro Nacional de Investigaciones de Café (Cenicafé), artículo: 60(3):229-238

Oliveros c., Sanz R., Ramirez A., Peñuela E.,(2009) *Aprovechamiento eficiente de la energía en el secado mecánico del café*. 2009, 8p. (Avances Técnicos N° 380).

Oliveros C., Sanz R., Tibaduiza C. (2013). *Tecnología de Bajo Impacto Ambiental para el Lavado del Café*, Centro Nacional de Investigaciones de Café (Cenicafé).Avance tecnino 432.

Ospina E.(2002). Características físico mecánicas y análsis de calidad de los granos. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de ingeniería. Departamento de ingeniería agrícola.

Pabón J . (2014). Evaluación de Técnicas para la Conservación del Café pergamino húmedo, Cenicafé. Informe Final de Actividades, fase III, Aplicación de Agua Ozonizada

Pabón J. (2015). *Efecto de la Aplicación de Agua Ozonizada en la Conservación de Café Pergamino Húmedo Durante el Proceso de Comercialización*. Universidad de Caldas. Tesis: Maestría en Ingeniería De Alimentos.

Pascual M.R., Calderón V. (1999). *Microbiología alimentaria: Metodología analítica para Alimentos y Bebidas*. 2 ed Ediciones Díaz de Santos: Madrid (España). 464 p.

Pascual, A., Llorca, I. & Canut, A. (2007). *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.

Peñuela A., Oliveros C. (2013). *Evaluación de Técnicas de Conservación del Café Húmedo. Primer Informe*. Cenicafé. 70.

Peñuela M. (2010). *Estudio de la remoción del mucilago de café a través de la fermentación natural*, Universidad de Manizales. Tesis: Maestría en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente.

Peñuela M., A.E.; Sanz U.; J.R.; Pabón U., J.P.; *Método para identificar el momento final de la fermentación de mucilago de café*. Cenicafé 63 (1): 120-131. 2012

Peñuela M., Pabón J., Oliveros C. (2011). *Enzimas: Una alternativa para remover rápida y eficientemente el mucilago del café*, Centro Nacional de Investigaciones de Café (Cenicafé). Avance técnico 406.

Puerta G. (2003) *Especificaciones de origen y buena calidad del café de Colombia*. Centro Nacional de Investigaciones de Café (Cenicafé). Avance técnico 316.

Puerta G. (2003). *Prevenga la ocratoxina A y mantenga la inocuidad y calidad del café*, Centro Nacional de Investigaciones de Café (Cenicafé). Avance técnico 317.

Puerta G. (2006) *La humedad controlada del grano preserva la humedad del café*. Centro Nacional de Investigaciones de Café (Cenicafé). Avance técnico 352

Puerta G. (2008) *Riesgos para la inocuidad y calidad en el café en el secado*, Centro Nacional de Investigaciones de Café (Cenicafé). Avance técnico 371.

Puerta G. (2008). *Riesgos para la calidad por la comercialización del café pergamino húmedo*, Centro Nacional de Investigaciones de Café (Cenicafé). Avance técnico 373.

Puerta G., Acevedo N., Arango M. (1999). *Informes de resultados del proyecto cuantificación de ocratoxina A en café verde y tostado*, Centro Nacional de Investigaciones de Café (Cenicafé). Informe anual de actividades, 1999.

Ramírez A., Oliveros C. (2003). *Construya el secador solar parabólico*. Cenicafé 2003.8p. avance técnico 305

Rennum P., Srilaong V., Uthairatanakij A., Kanlayanarat S., Jitareerat P., (2014). *The effects of immersion methods and concentration of ozonated water on the microbial counts and the quality and sensory attributes of fresh-cut broccoli*. International Food Research Journal 21(2): 533-539 (2014)

Ricaurte Galindo SL. (2006). *Ozonoterapia una opción para el sector agropecuario*. REDVET 7:1-16. / Rice G. (2005). *User successes with ozone for agricultural products and food treatment*. World Ozone Congress.

Rice, R. G. (1986). *Application of ozone in water and waste watertreatment*. In R. G. Rice, & M. J. Browning (Eds.), *Analytical aspects of ozone treatment of water and waste water* (pp. 7–26). Syracuse, NY: The Institute. Rural Development Administration. Suwon, Korea

Roa G., Oliveros C., Alvarez J., Cesar R., Sanz J., Alvarez Jairo R. Davila M., Zambrano D., Puerta G., Rodriguez N.(1999). *Beneficio Ecologico del Café*. Centro Nacional de Investigaciones de Café (Cenicafé). La Calidad del café, Cap. II, 18 p.

Roa G., Oliveros C., Alvarez J., Cesar R., Sanz J., Alvarez Jairo R. Davila M., Zambrano D., Puerta G., Rodriguez N.(1999). *Beneficio Ecologico del Café* , Centro Nacional de Investigaciones de Café (Cenicafé). Cap. III, 71 p.

Roa G., Oliveros C., Alvarez J., Cesar R., Sanz J., Alvarez Jairo R. Davila M., Zambrano D., Puerta G., Rodriguez N.(1999). *Beneficio Ecologico del Café* , Centro Nacional de Investigaciones de Café (Cenicafé).Modulo BECOLSUB,Cap. III, 113 p.

Roa G., Oliveros C., Alvarez J., Cesar R., Sanz J., Alvarez Jairo R. Davila M., Zambrano D., Puerta G., Rodriguez N.(1999). *Beneficio Ecologico del Café* , Centro Nacional de Investigaciones de Café (Cenicafé).secado del café Cap IV, 147p.

Roa G., Oliveros C., Alvarez J., Cesar R., Sanz J., Alvarez Jairo R. Davila M., Zambrano D., Puerta G., Rodriguez N.(1999). *Beneficio Ecologico del Café* , Centro Nacional de Investigaciones de Café (Cenicafé). La Calidad del café, Cap. II, 18 p.

Rodríguez N. (1999).*Obtención de pectinas a partir de la pulpa del café*. Centro Nacional de Investigaciones de Café (Cenicafé). 90p

Sanz R., Oliveros C.(1994). *Desarrollo de un desmucilagador mecánico para el café*, Centro Nacional de Investigaciones de Café (Cenicafé).Informe anual de actividades de la disciplina de Ingeniería Agrícola.17p.

SCAA. (2004). El manual de catación del programa de cafés especiales de Colombia. *Specialty Coffee Association of America*: 30 p

SENAT.(2005).*Informe parlamentario del proyecto de ley que autoriza la aprobación del acuerdo internacional de 2001 sobre el café*, Senado Francés.

Steve A., Raul R., Rich T., Philippe V. (2005) Instituto de Desarrollo Mesoamericano. *Avance en Almacenamiento de Alta Calidad del Café*.

Suslow V, Trevor. (2004). *Ozone Applications for Postharvest Disinfections of Edible Horticultural Crops*. University of California Davis. Division of agricultural and natural resources, publication 8133.

Terry P. (2010). *Application of ozone and oxygen to reduce chemical oxygen demand and hydrogen sulfide from a recovered paper processing plant*. international journal of chemical engineering. Article ID 250235. University of Wisconsin-Green Bay,

Trejos R., Roa G. (1989). Humedad en equilibrio y calor latente de vaporización del café pergamino y del café verde. Centro Nacional de Investigaciones de Café (Cenicafé). 40(1) :515.

Universidad de Sevilla (2014). El Color: Fundamentos y Aplicaciones. Medidas visuales del color. Atlas de color. Lugar de impartición: Laboratorio de Color y Calidad de Alimentos.

Universidad Purdue (2003). Ozone may provide environmentally safe protection for grains. Noticia: Susan A. Steeves January 30, 2003.

USDA.(1997). Code of Federal Regulations, Title 9, Part 381.66—poultry products; temperatures and chilling and freezing procedures.

Yanucci D. (2000). *Granos & Poscosecha Latinoamericana, Domingo Yanucci*. Libro de Actualización N° 1, 201 p.

Zeynep B., Greene A., Seydim C. (2004). *Use of ozone in the food industry*. Swiss Society of Food Science and Technology. Published by Elsevier.

Zhang L., Zhaoxin L., Zhifang Y., Xiang Gao (2005). *Preservation of fresh-cut celery by treatment of ozonated water*. College of Food Science and Technology, Nanjing.

10. ANEXOS

Anexo 1. Detalles de calidad física para cada muestra en particular.

Tratamiento

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
% Humedad	10,20	10,30	10,60	10,50	10,20	10,20	10,10	10,50	10,80	10,30
% de Merma	18,52	17,28	17,36	19,00	17,92	18,44	19,20	18,32	19,16	18,28
% de Pasillas	2,65	2,37	2,66	3,41	2,34	4,27	4,11	4,80	5,10	2,25
% de Granos N.V.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
% de Broca	8,25	7,83	2,47	4,59	3,17	4,61	1,09	1,27	0,64	0,59
% de Almendra Sana	73,52	75,00	79,40	75,16	78,52	74,84	76,88	77,40	76,04	79,56

Testigo

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
% Humedad	10,10	10,90	11,10	10,40	10,20	10,20	10,20	11,00	10,70	9,90
% de Merma	18,04	17,4	18,52	19,04	18,28	18,2	18,80	18,00	18,56	18,2
% de Pasillas	7,03	1,94	3,53	3,90	3,38	4,60	2,91	2,54	2,36	1,08
% de Granos N.V.	0,05	0,00	0,00	0,00	0,15	0,00	0,00	0,00	0,15	0,10
% de Broca	6,93	5,96	4,22	6,27	5,29	2,55	2,51	0,73	0,74	1,37
% de Almendra Sana	71,52	77,24	76,2	73,24	75,28	75,88	77,48	79,6	78,92	80

Anexo 2. Sumatoria de los 10 aspectos que componen el puntaje total.

Tratamiento

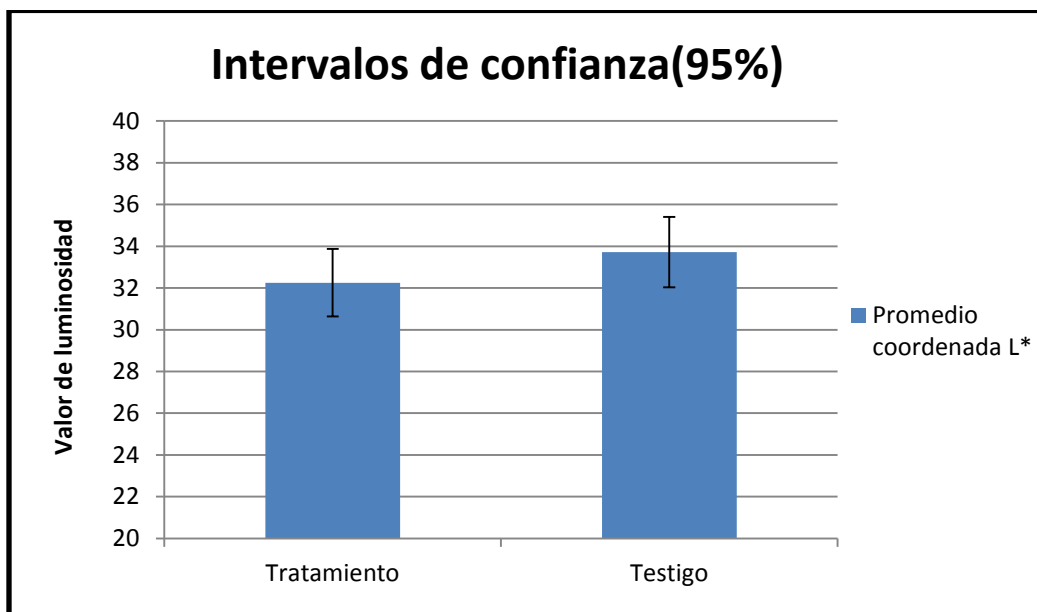
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Fragancia / Aroma	7,25	7,25	7,25	7,25	7,5	7	7,5	6	7,25	6
Sabor	7	7,25	7,25	7	7,25	7	7,25	6	7,25	6
Sabor Residual	7	7	7	7	7,25	6	7,25	6	7	7
Acidez	7,25	7,25	7,25	7,25	7,5	7	7,5	6	7,25	7
Cuerpo	7,25	7,25	7,25	7,25	7,25	7	7,25	7	7,25	7
Balance	7,25	7	7	7,25	7,5	7	7,25	6	7,25	7
Uniformidad	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Taza Limpia	10	10	10	10	10	10	10	0	10	10
Dulzor	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Puntaje del Catador	7	7	7	7	7,25	7	7,5	6	7,25	7
Defectos = Intensidad x # Tazas	0	0	0	0	0	0	0	-10	0	0
puntaje total	80	80	80	80	81,5	78	81,5	53	80,5	77

Testigo

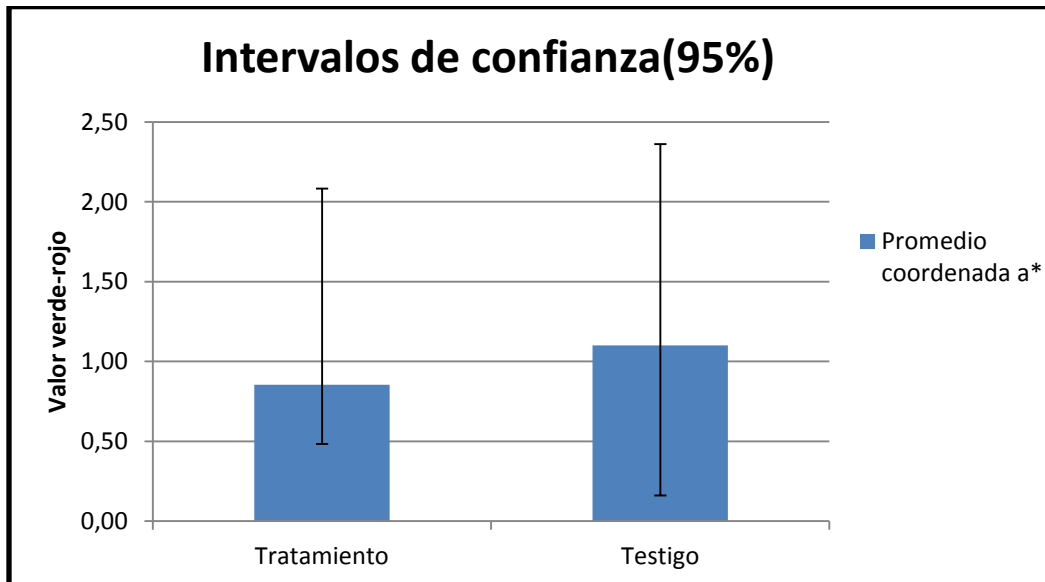
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Fragancia / Aroma	6	7,5	6	7	7,25	7,25	7,25	7,25	7,25	7,25
Sabor	6	7,25	6	7	7,25	7,25	7,25	7,25	7	7,5
Sabor Residual	6	7	6	7	7	7,25	7	7,25	7	7,5
Acidez	6	7,5	7	7	7,25	7,25	7	7,25	7,25	7,25
Cuerpo	7	7,25	7	7	7,25	7,25	7,25	7,25	7,25	7,25
Balance	6	7,25	7	7	7,25	7,25	7,25	7,5	7,25	7,25
Uniformidad	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Taza Limpia	0	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Dulzor	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Puntaje del Catador	6	7,25	7	7	7,25	7	7,25	7,25	7	7,5
Defectos = Intensidad x # Tazas	-10	0	0	0	0	0	0	0	0	0
puntaje total	53	81	76	79	80,5	80,5	80,25	81	80	81,5

Anexo 3. Graficas de intervalos de confianza para las coordenadas L* a y b* en las muestras de café tratado con agua ozonizada y café testigo.

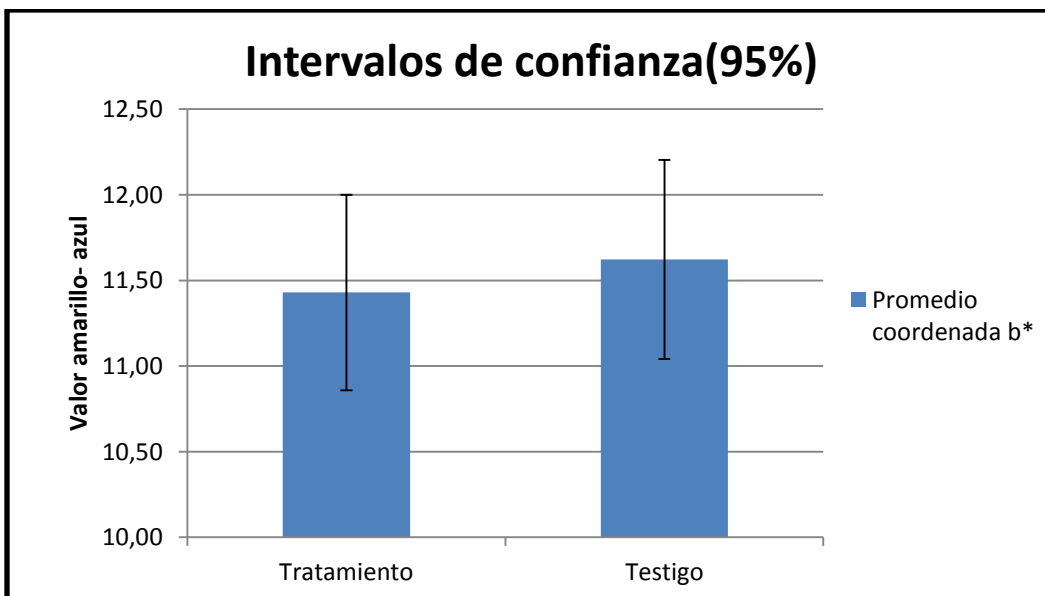
*Coordenada L**



Coordenada a^*



Coordenada b^*



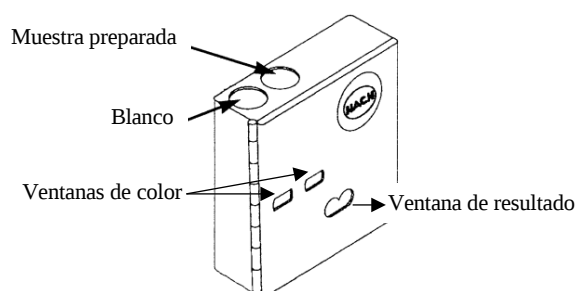
Anexo 4. Ficha técnica del generador de ozono y manejo del kit de concentración.

FICHA TÉCNICA DEL PRODUCTO	
Material de la caja	PVC
Dimensiones	30 cm * 25 cm * 20 cm.
Peso	700 grs
Tipo de producción de ozono	Ceramic plate ultima generacion
Producción de ozono (O3)	1 g/hora aire atmosférico 1.9 g/h oxígeno
Concentración de ozono	10 mg/Litro hasta 2000 L a 4ppmO3 disuel-
Alimentación	Aire atmosférico seco
Flujo de alimentación	Compresor tipo fuelle 3 L/min 25 PSI
Concentrador de oxígeno (opcional)	3.5 l/ minuto 85%
Compresor refrigeración núcleo	N/A
Refrigeración	Aire de alimentación corona
Voltaje alimentación	110V, AC, 60 Hz. o 12 V DC
Frecuencia salida	5-7 Khz
Voltaje de salida	3.1kv-6.5kv
Potencia	200 W, Amperios: 1,66 A
Vida útil	40.000 Horas
Sistema de mezcla	Difusor (incluido) o venturi (opcional)
Secador de aire	Silica-zeolita

Manejo del *kit* de concentración de ozono

1. Llene un tubo con 5 mL (primera marca) con el agua a ser evaluada
2. Rasgue un sobre del reactivo DPD, como se presenta en la siguiente figura. Adicionar el contenido en el tubo con el agua, mezclar.

Coloque el tubo con la muestra preparada en la abertura superior derecha, espere de 2 a 5 minutos que se desarrolle el color.



3. Llene el otro tubo con 5 mL de agua sin tratar, ponga el tubo en el espacio superior izquierdo.
4. Sostenga el implemento en una parte iluminada (una ventana o una lámpara). Rote el disco hasta obtener el color que se asemeje. Lea la concentración en mg/L en la escala de la ventana.

Anexo 5. Análisis estadístico en SAS/STAT® Software para puntaje total y porcentaje de almendra sana.

ANALISIS TRABAJO COLCIENCIAS - CARLOS OLIVEROS							
E2	Obs	TRAT	_TYPE_	_FREQ_	PUNTAJE	ALSANA	E1
	1	TESTIGO	0	10	77.275	76.536	2.74177
0.86025	2	TRATA	0	10	77.150	76.632	2.71932
0.65428							

ANALISIS TRABAJO COLCIENCIAS - CARLOS OLIVEROS

The GLM Procedure

Class Level Information

Class	Levels	Values
TRAT	2	TESTIGO TRATA

Number of Observations Read	20
Number of Observations Used	20

ANALISIS TRABAJO COLCIENCIAS - CARLOS OLIVEROS

The GLM Procedure

Dependent Variable: PUNTAJE PUNTAJE

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F
Value Pr > F				
Model	1	0.078125	0.078125	
0.00 0.9745				
Error	18	1342.081250	74.560069	
Corrected Total	19	1342.159375		

R-Square	Coeff Var	Root MSE	PUNTAJE Mean
0.000058	11.18319	8.634817	77.21250

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F
Value Pr > F				
TRAT	1	0.07812500	0.07812500	
0.00 0.9745				

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F
Value Pr > F				
TRAT	1	0.07812500	0.07812500	
0.00 0.9745				

ANALISIS TRABAJO COLCIENCIAS - CARLOS OLIVEROS

The GLM Procedure

Dependent Variable: ALSANA ALSANA

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F
Value Pr > F				
Model	1	0.0460800	0.0460800	
0.01 0.9302				
Error	18	105.1296000	5.8405333	
Corrected Total	19	105.1756800		

R-Square	Coeff Var	Root MSE	ALSANA Mean
0.000438	3.155645	2.416720	76.58400

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F
Value Pr > F				
TRAT	1	0.04608000	0.04608000	
0.01 0.9302				

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F
Value Pr > F				
TRAT	1	0.04608000	0.04608000	
0.01 0.9302				

ANALISIS TRABAJO COLCIENCIAS - CARLOS OLIVEROS

The GLM Procedure

t Tests (LSD) for PUNTAJE

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	18

Centro Nacional de Investigaciones de Café

Error Mean Square	74.56007
Critical Value of t	2.10092
Least Significant Difference	8.1129

Means with the same letter are not significantly different.

t Grouping	Mean	N	TRAT
A	77.275	10	TESTIGO
A			
A	77.150	10	TRATA

ANALISIS TRABAJO COLCIENCIAS - CARLOS OLIVEROS

The GLM Procedure

t Tests (LSD) for ALSANA

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise

error rate.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	18
Error Mean Square	5.840533
Critical Value of t	2.10092
Least Significant Difference	2.2707

Means with the same letter are not significantly different.

t Grouping	Mean	N	TRAT
A	76.632	10	TRATA
A			
A	76.536	10	TESTIGO