

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



**EFECTO DEL ALMACENAMIENTO DEL CAFÉ
PERGAMINO VARIEDAD BOURBON (*Coffea arabica* L.) EN
LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y SENSORIALES**

TESIS

PRESENTADA POR:

RIGOBERTO PELAYO AÑAMURO PAMPAMALLCO

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

PUNO – PERU

2015

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS****ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL****EFFECTO DEL ALMACENAMIENTO DEL CAFÉ PERGAMINO VARIEDAD
BOURBON (*Coffea arabica* L.) EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y
SENSORIALES****TESIS**

PRESENTADA POR:

Bach. RIGOBERTO PELAYO AÑAMURO PAMPAMALLCO

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

APROBADO POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:

PRESIDENTE

:
Ing. M.Sc. Luis Alberto JIMENEZ MONROY

PRIMER MIEMBRO

:
Ing. M.Sc. Florentino V. CHOQUEHUANCA CÁCERES

SEGUNDO MIEMBRO

:
Ing. Whany QUISPE CHAMBI

DIRECTOR DE TESIS

:
Dr. Wenceslao Teddy MEDINA ESPINOZA

ASESOR DE TESIS

:
Ing. Saïre Roenfi GUERRA LIMA

PUNO – PERÚ

2015

Área: Ingeniería y tecnología**Tema: Propiedades físicas y estructurales**

DEDICATORIA

A mis padres,

Juan Luis y Aurora.

A mis hermanos/as,

Pilar, Graciela, Holger y Omar.



AGRADECIMIENTOS

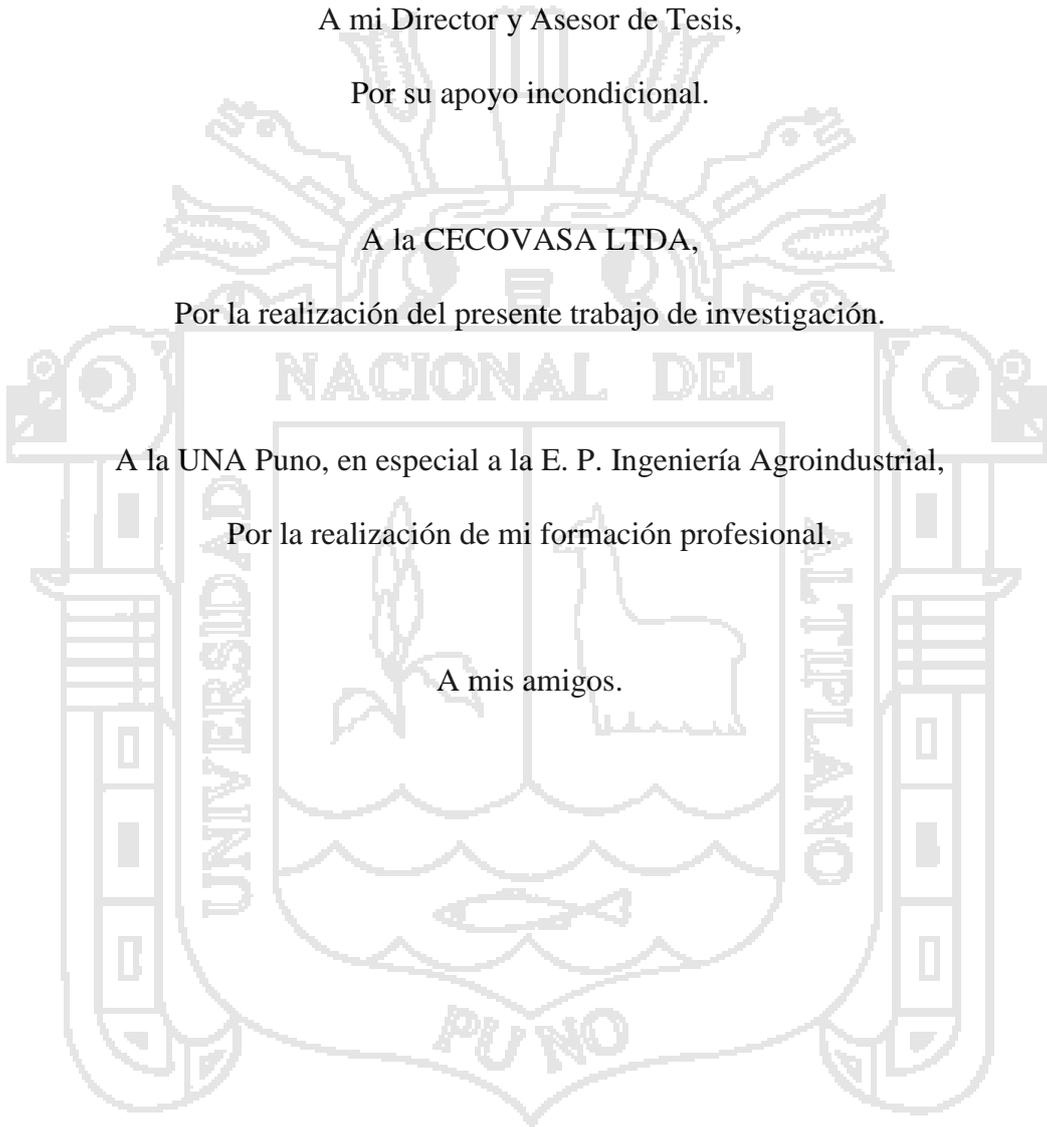
A Dios, un padre celestial,
Gracias por sus múltiples bendiciones.

A mi Director y Asesor de Tesis,
Por su apoyo incondicional.

A la CECOVASA LTDA,
Por la realización del presente trabajo de investigación.

A la UNA Puno, en especial a la E. P. Ingeniería Agroindustrial,
Por la realización de mi formación profesional.

A mis amigos.



ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE ANEXOS

ÍNDICE DE SIGLAS

RESUMEN.....	1
I. INTRODUCCIÓN.....	3
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	5
2.1. El Café (<i>Coffea arabica</i> L.).....	5
2.1.1. Generalidades.....	5
2.1.2. Descripción.....	5
2.1.3. Especies y Variedades.....	6
2.1.3.1. Coffea Arábica: Café Arábica.....	6
2.1.3.2. Coffea canephora: Café Robusta.....	7
2.1.4. Taxonomía.....	8
2.1.5. Composición química del café.....	8
2.1.6. Producción y exportación de café en el Perú.....	9
2.2. Procesamiento de Café (Beneficiado).....	11
2.2.1. Método vía seca.....	12
2.2.2. Método vía húmeda.....	13
2.3. Características sensoriales del Café.....	15
2.3.1. Análisis sensorial.....	15
2.3.2. Perfil de taza.....	15
2.3.3. Panelistas y/o jueces.....	15

2.3.3.1. Catadores Q Grader.....	16
2.3.4. Importancia del análisis sensorial.....	16
2.4. Características físicas del café.....	16
2.4.1. Color.....	16
2.4.1.1. Factores que influyen en la pérdida de color inicial.....	17
2.4.1.2. Procesamiento digital de imágenes.....	18
2.4.1.3. Etapas de procesamiento de imágenes.....	19
2.4.1.4. Pre procesamiento de imagen.....	20
2.4.1.5. Segmentación de imágenes.....	20
2.4.1.6. Extracción de características: Color.....	20
2.4.2. Densidad aparente.....	24
2.4.3. Contenido de humedad.....	26
2.4.3.1. Contenido de humedad del café.....	26
2.4.3.2. Método para la determinación del contenido de humedad.....	27
2.5. Almacenamiento de los granos de café.....	27
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	29
3.1. Lugar de ejecución.....	29
3.2. Material experimental.....	29
3.3. Materiales y equipos.....	30
3.3.1. Materiales.....	30
3.3.2. Equipos de laboratorio.....	30
3.3.3. Panel de jueces.....	31
3.3.4. Software.....	31
3.4. Metodología experimental.....	32
3.4.1. Diagrama de flujo y descripción del beneficiado húmedo del café bourbon...32	

3.4.2.	Procedimiento de almacenamiento.....	34
3.4.3.	Proceso de elaboración del café pergamino a café verde para el análisis físico y sensorial.....	37
3.5.	Métodos de análisis.....	39
3.5.1.	Determinación del contenido de humedad de los granos de café.....	39
3.5.2.	Determinación de la densidad aparente de los granos de café.....	39
3.5.3.	Evaluación del color de los granos de café.....	39
3.5.4.	Evaluación sensorial de los granos de café.....	40
3.6.	Unidades de análisis y observaciones.....	41
3.6.1.	Unidades de estudio.....	41
3.7.	Diseño de investigación.....	41
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	44
4.1.	Efecto de los factores condicionantes de almacenamiento sobre el contenido de humedad de los granos de café.....	44
4.2.	Efecto de los factores condicionantes de almacenamiento sobre la densidad aparente del café.....	50
4.3.	Efecto de los factores condicionantes de almacenamiento sobre el color de los granos de café.....	55
4.3.1.	Cambios de parámetro de luminancia (L*).....	55
4.3.2.	Cambios de parámetro a*.....	59
4.3.3.	Cambios de parámetro b*.....	62
4.4.	Efecto de los factores condicionantes de almacenamiento sobre la puntuación final en la evaluación sensorial.....	66
	CONCLUSIONES.....	71
	RECOMENDACIONES.....	72

BIBLIOGRAFÍA.....73

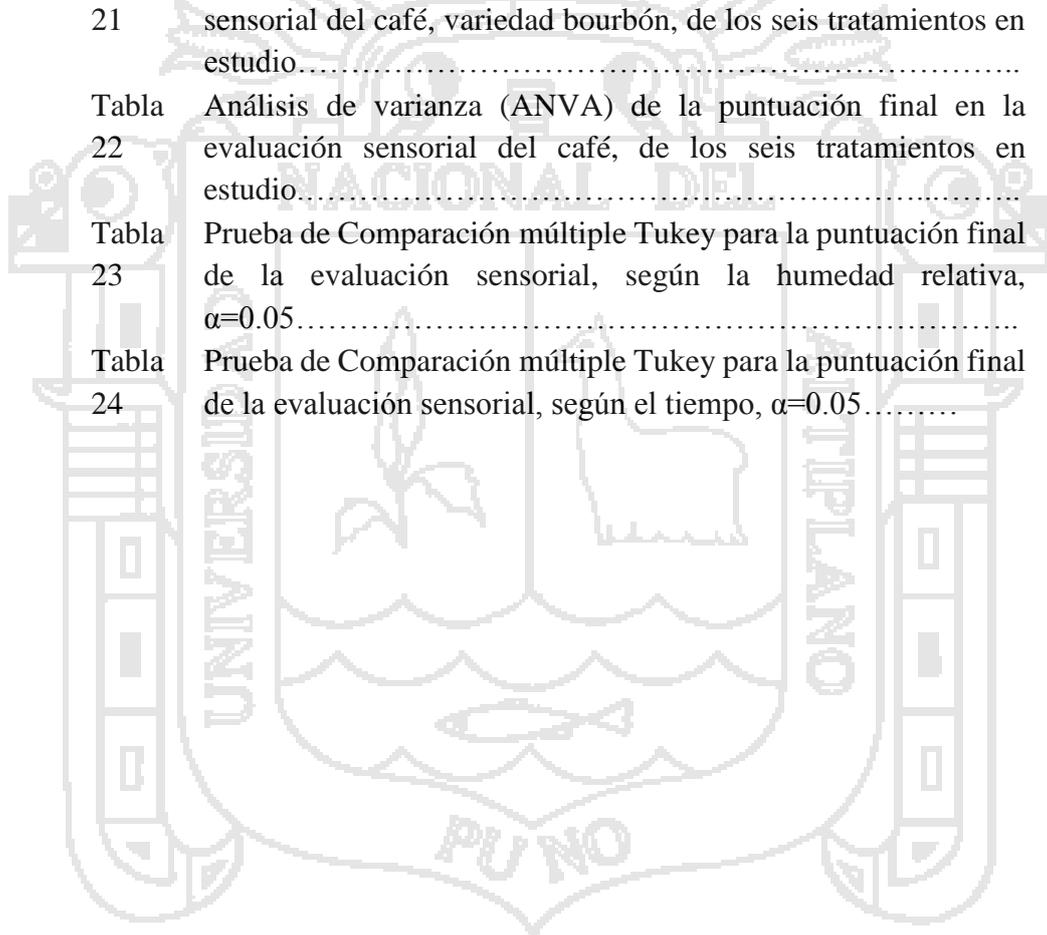
ANEXOS.....78



ÍNDICE DE TABLAS

		Pág.
Tabla 1	Clasificación taxonómica del cultivo de café.....	8
Tabla 2	Composición química del café (Oro).....	9
Tabla 3	Producción total de café, campaña agrícola 2011/12.....	11
Tabla 4	Valores de las coordenadas en cubo de color.....	22
Tabla 5	Propiedades físicas del café (Las muestras pertenecen a la variedad Colombia).....	25
Tabla 6	Soluciones salinas utilizadas para el control de la humedad relativa constante del ambiente del almacenamiento experimental a diferentes temperaturas ensayadas.....	36
Tabla 7	Formato para la recolección de datos.....	43
Tabla 8	Comparación entre los contenidos de humedad de equilibrio obtenidos en el presente trabajo de investigación, con la utilización de la Ecuación de Roa.....	46
Tabla 9	Análisis de varianza (ANVA) para el contenido de humedad de los granos de café, de diferentes humedades relativas, temperaturas y tiempos de almacenamiento.....	47
Tabla 10	Prueba de Comparación múltiple Tukey para el contenido de humedad, según la humedad relativa, $\alpha=0.05$	48
Tabla 11	Prueba de Comparación múltiple Tukey para el contenido de humedad, según el tiempo, $\alpha=0.05$	49
Tabla 12	Análisis de varianza (ANVA) para la densidad aparente de los granos de café verde, de diferentes tratamientos, en diferentes condiciones de almacenamiento y diferentes tiempos de almacenamiento.....	52
Tabla 13	Prueba de Comparación múltiple Tukey para la densidad aparente del café verde, según la humedad relativa, $\alpha=0.05$	53
Tabla 14	Prueba de Comparación múltiple Tukey para el contenido de humedad, según el tiempo, $\alpha=0.05$	54
Tabla 15	Análisis de varianza (ANVA) de CIE L* en el color del café, de diferentes tratamientos, en diferentes condiciones de almacenamiento y diferentes tiempos de almacenamiento.....	57

Tabla 16	Prueba de Comparación múltiple Tukey para CIE L* del café verde, según la humedad relativa, $\alpha=0.05$	58
Tabla 17	Análisis de varianza (ANVA) de CIE a* en el color del café, de diferentes tratamientos, en diferentes condiciones de almacenamiento y diferentes tiempos de almacenamiento.....	61
Tabla 18	Prueba de Comparación múltiple Tukey para CIE a* del café verde, según la humedad relativa, $\alpha=0.05$	62
Tabla 19	Análisis de varianza (ANVA) de CIE b* en el color del café, de diferentes tratamientos, en diferentes condiciones de almacenamiento y diferentes tiempos de almacenamiento.....	64
Tabla 20	Prueba de Comparación múltiple Tukey para CIE b* del café verde, según la humedad relativa, $\alpha=0.05$	65
Tabla 21	Resultados promedio de la puntuación final de la evaluación sensorial del café, variedad bourbón, de los seis tratamientos en estudio.....	66
Tabla 22	Análisis de varianza (ANVA) de la puntuación final en la evaluación sensorial del café, de los seis tratamientos en estudio.....	68
Tabla 23	Prueba de Comparación múltiple Tukey para la puntuación final de la evaluación sensorial, según la humedad relativa, $\alpha=0.05$	69
Tabla 24	Prueba de Comparación múltiple Tukey para la puntuación final de la evaluación sensorial, según el tiempo, $\alpha=0.05$	70



ÍNDICE DE FIGURAS

		Pág.
Fig. 1	Composición de la cereza de café.....	12
Fig. 2	Elaboración de las cerezas de café y de los granos de café verde.....	14
Fig. 3	Escala de coloración de café verde según la SCAA.....	17
Fig. 4	La coloración de los granos de café después de 360 días de almacenamiento envasados en envases herméticos, sacos de yute, y Grain Pro.....	18
Fig. 5	Representación de una imagen digital.....	19
Fig. 6	Representación del espacio de color RGB como cubo unitario. Los colores primarios rojo (R), verde (G) y azul (B) constituyen los ejes coordenadas. Los colores puros rojo (R), verde (G) y azul (B), cyan (C), magenta (M) y amarillo (A) se encuentran ubicados en las esquinas del cubo de color. Todos los valores de intensidad de grises, tal como (K) se ubican sobre la diagonal trazada de (N) a (W).....	23
Fig. 7	Variación de la densidad aparente promedio por altitudes.....	26
Fig. 8	Diagrama de flujo y descripción del beneficiado húmedo del café bourbón.....	32
Fig. 9	Disposición de los granos de café pergamino dentro de las latas de aluminio cilíndrico para la realización del almacenamiento experimental del café pergamino.....	35
Fig. 10	Procedimiento del almacenamiento de los seis tratamientos.....	35
Fig. 11	Proceso de elaboración de los granos de café pergamino a café verde.....	37
Fig. 12	Diagrama de flujo para la evaluación sensorial del café.....	38
Fig. 13	Determinación del color RGB.....	40

Fig. 14	Variación del contenido de humedad de los granos de café para tres tratamientos de estudio, a 10°C de temperatura con interacción de 43, 61 y 78% de humedad relativa.....	44
Fig. 15	Variación del contenido de humedad de los granos de café para tres tratamientos de estudio, a 18°C de temperatura con interacción de 43, 61 y 78% de humedad relativa.....	45
Fig. 16	Variación de la densidad aparente de los granos de café verde almacenados a temperatura 10°C, para diferentes humedades relativas.....	50
Fig. 17	Variación de la densidad aparente de los granos de café verde almacenados a temperatura 18°C, para diferentes humedades relativas.....	51

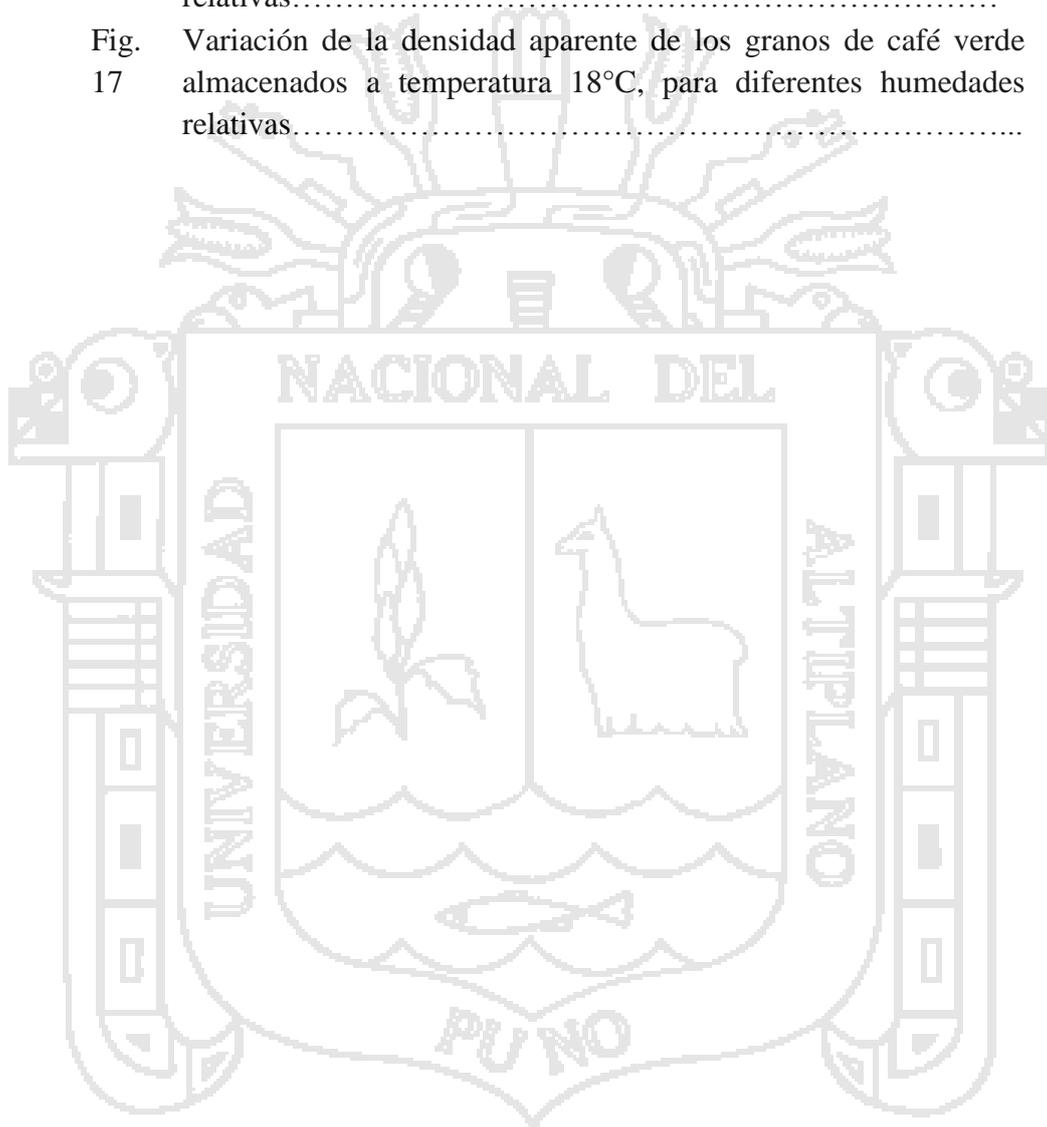
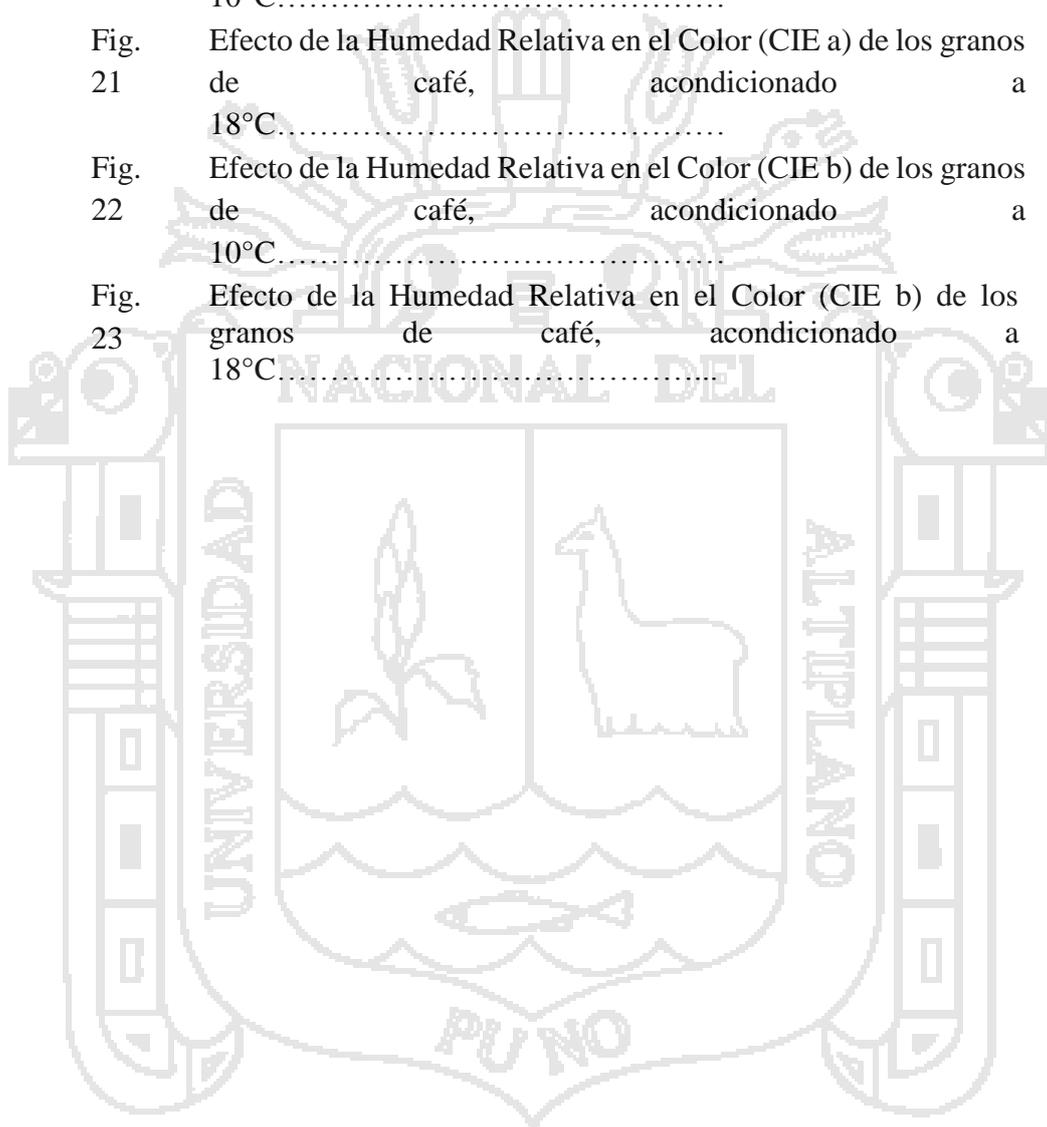


Fig. 18	Efecto de la Humedad Relativa en el Color (CIE L*) de los granos de café, acondicionado a 10°C.....	55
Fig. 19	Efecto de la Humedad Relativa en el Color (CIE L*) de los granos de café, acondicionado a 18°C.....	56
Fig. 20	Efecto de la Humedad Relativa en el Color (CIE a) de los granos de café, acondicionado a 10°C.....	59
Fig. 21	Efecto de la Humedad Relativa en el Color (CIE a) de los granos de café, acondicionado a 18°C.....	60
Fig. 22	Efecto de la Humedad Relativa en el Color (CIE b) de los granos de café, acondicionado a 10°C.....	62
Fig. 23	Efecto de la Humedad Relativa en el Color (CIE b) de los granos de café, acondicionado a 18°C.....	63



ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO I	
Formulario de catación (Evaluación Sensorial) de cafés especiales SCAA.....	79
ANEXO II	
Características de la plancha perforada de las zarandas con aperturas redondas.....	80
ANEXO III	
Resultados de valores obtenidos en las evaluaciones de: análisis sensorial, contenido de humedad, densidad aparente, y color.....	81
ANEXO IV	
Protocolos de Catación de la SCAA.....	83
ANEXO V	
Control de la humedad relativa y temperatura del almacenamiento experimental, de los seis tratamientos de estudio.....	94
ANEXO VI	
Panel de Fotografías.....	96

ÍNDICE DE SIGLAS

ANVA	: Análisis de Varianza
CENICAFÉ	: Centro Nacional de Investigaciones de Café (Colombia)
CIE Lab	: Commission Internationale d'Eclairage / Luminosidad (L) y color (a : rojo/verde, b : azul/amarillo).
CQI	: Coffee Quality Institute
FAO	: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
IDIAF	: Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales
IICA	: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura
ITC	: Centro de Comercio Internacional
JNC	: Junta Nacional del Café
LED	: Light Emitting Diode Technology
MINAG	: Ministerio de Agricultura
NTP	: Normas Técnicas Peruanas
OIC	: Organización Internacional del Café
RGB	: Red (R), Green (G) y Blue (B)
SCAA	: Asociación Americana de Cafés Especiales (Specialty Coffee Association of America)
VTC	: Variación Total del Color

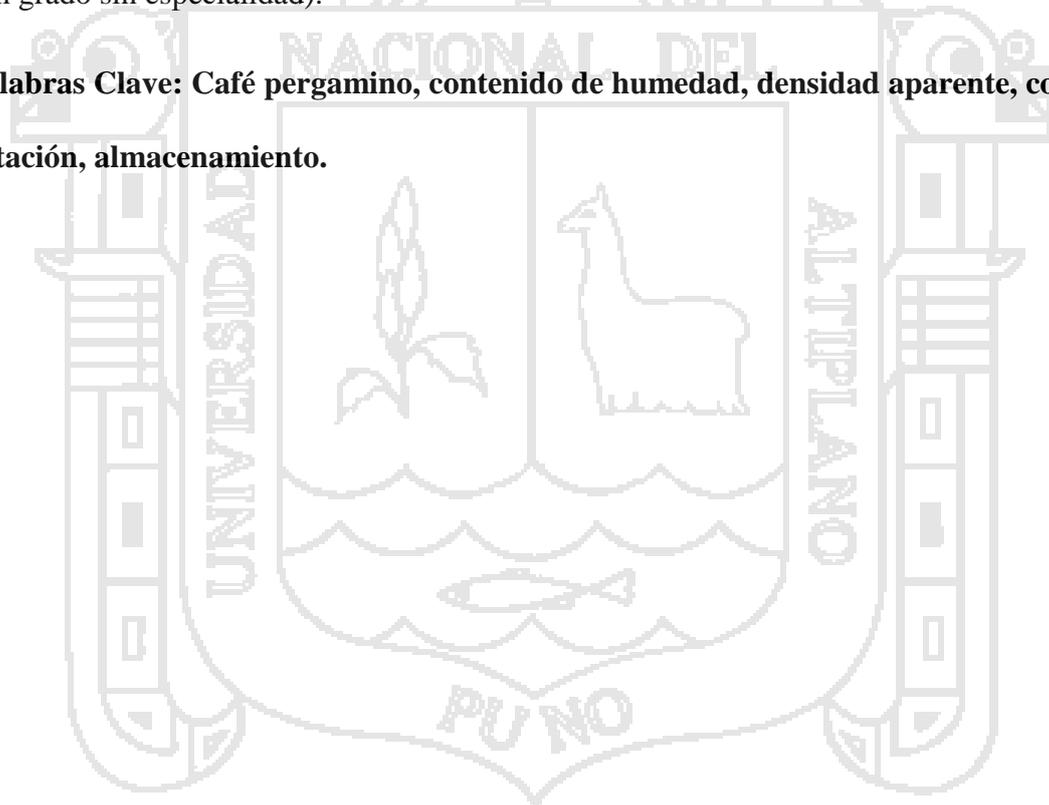


RESUMEN

El café es un producto que ha adquirido una importancia muy grande en estos últimos tiempos. En el mercado del consumo del café, la demanda de bebidas de calidad con diferentes orígenes ha crecido. El Perú en los últimos años es un referente de calidad a nivel mundial, las variedades, el piso altitudinal, la latitud y los microclimas únicas hacen que en los valles de Inambari y Tambopata de la región Puno, se produzcan cafés de alta calidad física y sensorial. La cosecha, pos cosecha y el almacenamiento se han convertido fundamentales en la comercialización de los granos del café. El objetivo general del presente estudio fue evaluar el efecto del almacenamiento del café pergamino variedad bourbon (*Coffea arabica* L.) en sus propiedades físicas y sensoriales. Se realizaron seis tratamientos de estudio con sub muestreo, para ello se utilizó dispositivos simuladores de almacenamiento con interacciones de humedades relativas de 43, 61 y 78%, temperaturas de 10 y 18°C y los tiempos de 0, 60, 120 y 180 días para evaluar sus propiedades físicas (contenido de humedad, densidad aparente y color) y sensoriales (Puntuación Final – Formulario de Catación SCAA). Las evaluaciones de las unidades experimentales y/o sub muestras iniciaron con el café pergamino seco con 11.4% de contenido de humedad. Los resultados obtenidos indican que las humedades relativas del almacenamiento tienen un efecto significativo en el contenido de humedad de los granos de café, este efecto se asocia a la higroscopia que presenta los granos de café. La densidad aparente de los granos de café tuvo una relación directa con el contenido de humedad de los granos de café y la humedad relativa del almacenamiento. Las pérdidas del color inicial se presentaron para todos los tratamientos acondicionados en el almacenamiento, la humedad relativa baja de almacenamiento tuvo efectos en decoloraciones significativas (amarillento pálido), mientras las altas humedades relativas de almacenamiento presentaron efectos de coloraciones indeseadas (Azul verde moteado).

Las menores pérdidas de la coloración del café se presentaron para los tratamientos acondicionados a 61% y 18°C. Las temperaturas de estudio no tuvieron efectos significativos en la coloración de los granos de café del presente estudio. La Puntuación Final de los atributos sensoriales (Formulario de catación SCAA) se relacionó con el tiempo y la humedad relativa de almacenamiento; durante los 180 días de almacenamiento, todos los tratamientos mostraron pérdidas de calidad sensorial. Siendo el tratamiento acondicionado a 61% de humedad relativa y temperatura de 10°C la que mostró menores pérdidas de calidad, mientras la el tratamiento a 78% de humedad relativa y a temperatura de 18°C se reflejó una mayor pérdida de calidad sensorial (Café con grado sin especialidad).

Palabras Clave: Café pergamino, contenido de humedad, densidad aparente, color, catación, almacenamiento.



I. INTRODUCCIÓN

El café es un producto muy importante en la agroindustria global, en el mercado del consumo de café, crece la demanda de bebidas de calidad con diferentes orígenes y métodos de preparación (Malta *et al.*, 2003). El sabor y el aroma que se forman durante la torrefacción de café, se derivan de los precursores que se encuentran en las judías verdes, son los atributos primarios de la calidad de la bebida. La formación y la presencia de estos precursores en los granos de café dependerán de los factores genéticos, ambientales, y los factores tecnológicos (Alpizar y Bertrand, 2004). Para producir cafés de primera calidad, la atención durante los procedimientos de cosecha y pos cosecha, como el procesamiento, secado y almacenamiento, se ha convertido fundamental en la comercialización de los granos de café verde (Favarin *et al.*, 2004).

El color del grano de café está relacionado con la calidad de la bebida y es un factor importante en la valoración del producto. La variación del color en los granos de café verde es un fuerte indicio de la aparición de los procesos oxidativos y transformaciones bioquímicas enzimáticas naturales que va alterar la composición de los precursores responsables del sabor y el aroma de los granos, disminuyendo la calidad inicial de la bebida (Correa *et al.*, 2003). El contenido de humedad, la densidad aparente de los granos de café tienen una relación directa con la calidad final de la bebida, así mismo con los factores de almacenamiento; las altas y bajas humedades relativas del almacenamiento determinarán la ganancia y/o pérdida de humedad (Puerta, 2006)

Preservar los atributos sensoriales deseables esencialmente depende de las condiciones de conservación del café, y una gran parte del café que se produce pasa a través de un periodo de almacenamiento. Debido a que el almacenamiento es uno de los pasos que sigue a la producción, pero precede de la comercialización de los granos de café, el almacenamiento es considerado uno de los pasos más importantes en el

mantenimiento de la calidad del producto final. Dependiendo de las condiciones de almacenamiento, las características iniciales del café tienden a sufrir cambios físicos, químicos y sensoriales; dependientemente del periodo de almacenamiento, y los diferentes factores de almacenamiento (Ribeiro *et al.*, 2011)

Estudios recientes (Puerta, 2006) han demostrado la viabilidad de los factores ambientales de almacenamiento apropiados para preservar la calidad física, química y sensorial del café. Sin embargo, la difusión y la aplicación de las nuevas tecnologías de almacenaje del café requieren una validación de los resultados de un laboratorio en una amplia escala con referencia al mercado internacional.

Los objetivos del presente trabajo de investigación fueron:

Evaluar el efecto de la humedad relativa (43, 61 y 78%) y temperatura (10 y 18°C) de almacenamiento de los granos de café variedad bourbón en el contenido de humedad, densidad aparente y el color del café verde a diferentes tiempos de almacenamiento (0, 60, 120 y 180 días).

Evaluar el efecto de la humedad relativa (43, 61 y 78%) y temperatura (10 y 18°C) de almacenamiento de los granos de café variedad bourbón en la puntuación final (Formulario de catación SCAA) a diferentes tiempos de almacenamiento (0, 60, 120 y 180 días).

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. El Café (*Coffea arabica* L.)

2.1.1. Generalidades

La historia de cómo se extendió por todo el mundo el cultivo y el consumo de café es una de las más atractivas y románticas historias que pueda haber. Esa historia empieza en el Cuerno de África, en Etiopía, donde el cafeto tuvo su origen probablemente en la provincia de Kaffa. Hay varios relatos, imaginativos pero poco probables, acerca de cómo se descubrieron los atributos del grano tostado de café. Cuenta uno de ellos que a un pastor de cabras etíope le asombró el animado comportamiento que tenían las cabras después de haber mascado cerezas rojas de café. De lo que no cabe duda es que el café se cultivaba en el Yemen ya en el siglo XV y es probable que mucho antes también. (OIC, 2013)

Los datos históricos registran la llegada de plantaciones de café a Lima en 1760 desde la ciudad de Guayaquil, cuando ésta formaba parte del Virreinato del Perú, pero dan cuenta de que ya existían algunas plantas en Huánuco, aunque sin fecha exacta ni lugar de procedencia. Nadie pudo dar cuenta de quién las sembró por primera vez. (JNC, 2013)

2.1.2. Descripción

El cafeto puede ser tan pequeño como un arbusto pequeño o tan alto como un árbol de tamaño mediano, dependiendo de la especie y cultivar. Pueden soportar hasta 8 metros de altura. La poda también puede empequeñecer variedades naturalmente más altos. La fruta o la cereza en la mayoría contienen dos semillas, las cuales constituyen el café pergamino. (SCAA, 2013)

2.1.3. Especies y Variedades

Las dos especies más importantes de café desde el punto de vista económico son el *Coffea arábica* (Café Arábica) – que supone más del 60% de la producción mundial – y el *Coffea canephora* (Café Robusta). (OIC, 2013)

2.1.3.1. *Coffea arábica*: Café Arábica

El *Coffea arábica* fue descrito por primera vez por Linneo en 1753. Las variedades más conocidas son: Típica y bourbón, pero a partir de éstas se han desarrollado muchas cepas y cultivares diferentes, como son el Caturra (Brasil, Colombia), el Mundo Novo (Brasil), el Tico (América Central), el San Ramón enano y el Jamaican Blue Mountain. El cafeto normal de Arábica es un arbusto grande con hojas ovaladas verde oscuro. Es genéticamente diferente de otras especies de café, puesto que tiene cuatro series de cromosomas en vez de dos. El fruto es ovalado y tarda en madurar de siete a nueve meses. Contiene habitualmente dos semillas aplastadas (los granos de café); cuando sólo se desarrolla una semilla se llama grano caracol. El Café Arábica es a menudo susceptible a plagas y enfermedades, por lo cual la obtención de resistencia es una de los principales objetivos de los programas de mejora vegetal. El café arábica se cultiva en toda Latinoamérica, en África Central y Oriental, en la India y un poco en Indonesia. (OIC, 2013)

Según MINAG (2014), el Perú dispone de condiciones favorables para la producción de cafés especiales por la disponibilidad de diversos pisos ecológicos con climas propicios para su cultivo. Además se puede aprovechar la experiencia de los agricultores en el cultivo de variedades de alta calidad como Típica y Bourbon. El Perú cuenta con cafés de tipo arábico como son: la Típica, Caturra, Bourbon y Pache, producidos bajo sombra y amigables con el medio ambiente.

Típica: Su origen, condiciones genéticas y las características externas que se toman en cuenta, han dado lugar a controversias entre los estudiosos de la sistemática del café. El café de Típica tiene una silueta de forma cónica. Es un arbusto de “Porte alto”, que mide de 3.5 a 4 metros de altura; tronco vertical único en la mayoría de los casos, con verticales secundarias que nacen de los nudos. Las ramas laterales son abundantes, forman un ángulo entre 50 y 70 grados con el eje central vertical; ésta abertura les da una forma ligeramente inclinada. Las hojas son oblongas, elípticas con la base y el ápice agudos, de textura lisa fina; los brotes u hojas nuevas terminales son de color bronceado.

Bourbón: Su silueta es de forma ligeramente cónica, menos acentuada que Típica. Es un arbusto de porte alto con ramas secundarias más abundantes que el de Típica; las ramas laterales tienen un ángulo más cerrado con entrenudos más cortos. Los brotes son de color verde, la hoja es más ancha que la de Típica y sus bordes son más ondulados, el fruto es de menor tamaño y un poco más corto. Se adapta a regiones con rangos altitudinales hasta 1,676.4 msnm.

Caturra: Es una mutación de Bourbón, descubierta en Brasil. Es de alta producción y buena calidad. Requiere buen manejo cultural y adecuada fertilización, en caso contrario puede agotarse rápidamente. Se adapta bien en las diferentes condiciones regionales del país.

2.1.3.2. Coffea canephora: Café Robusta

El término “Robusta” es en realidad el nombre de una variedad de esta especie ampliamente cultivada. Es un arbusto o pequeño árbol robusto que puede crecer hasta alcanzar 10 metros de altura y tiene una raíz poco profunda. El fruto es redondeado y tarda hasta 11 meses en madurar; la semilla es de forma alargada y más pequeña que la

del café arábica. El café Robusta se cultiva en África Central y Occidental, en todo el Sudeste de Asia y un poco en Brasil, donde se le llama Conillón. (OIC, 2013)

2.1.4. Taxonomía

El café pertenece al género *Coffea* con aproximadamente 100 especies (Ver Tabla 1). No obstante, únicamente tres de estas se mencionan como cultivadas comercialmente, destacándose las dos primeras según el orden siguiente: *Coffea arábica* L., *C. canephora* Pierre ex – Froehner y *C. liberica* Bull ex –Hiem.

Tabla 1. Clasificación taxonómica del cultivo de Café

TAXONOMÍA	NOMBRE
Reino	<i>Plantae</i>
División	<i>Magnoliophyta</i>
Sub – División	<i>Angiospermae</i>
Clase	<i>Magnoliata</i>
Sub – Clase	<i>Asteridae</i>
Orden	<i>Rubiales</i>
Familia	<i>Rubiaceae</i>
Género	<i>Coffea</i>
Especie (s)	<i>arábica, canephora, liberica, etc.</i>

Fuente: Alvarado y Rojas (2007)

2.1.5. Composición Química del Café

El café arábico y canépora, son cualitativa y cuantitativamente diferentes en composición química. Todos los constituyentes que están presentes en los granos de café son transformados durante el proceso de tostado y una gran variedad de compuestos pueden ser extraídos y encontrados en las infusiones de café. Algunos constituyentes de

los granos de café se presentan en la Tabla 2, las que pueden ser destruidas durante el tostado, originando nuevos compuestos presentes en las infusiones o sustancias volátiles.

Tabla 2. Composición química del Café (Oro)

COMPONENTE	VARIEDAD ARABICA	VARIEDAD ROBUSTA
	(%)	(%)
Cafeína	1,3	2,4
Minerales	4,5	4,7
Lípidos	17,0	11,0
Trigonelinas	1,0	0,7
Proteínas	10,0	10,0
Ácidos Alifáticos	2,4	2,5
Ácidos		3,1
Clorogénicos	2,7	
Carbohidratos	38,0	41,5
Aromas Volátiles	0,1	0,1
Melanoidinas	23,0	23,0

Fuente: Viani (1991)

2.1.6. Producción y exportación de café en el Perú

El café es el principal producto agrícola de exportación en el Perú. Su cultivo se concentra en el café arábico (*Coffea arabica*), en las variedades Típica, Bourbon, Pache, Caturra y Catimor. Su producción directa genera 43 millones de jornales al año, a los que se suman 5 millones de jornales generados por los servicios de comercio, industria y transporte, que participan en la cadena productiva del café.

Hoy en día, el café peruano se está posicionando favorablemente en el mercado mundial. Hace diez años ocupaba el puesto 15 en la contienda exportadora, pero en el

2006 subió hasta el puesto 6, actualmente ocupa el puesto 7 en la producción mundial de café (Ver Tabla 3). Estados Unidos fue históricamente el mayor comprador de café peruano, pero hace ocho años ha sido desplazado por Alemania, que ha adquirido el 32 por ciento de nuestro café, mientras que los estadounidenses compran el 22 por ciento. Los siguen Holanda, Bélgica y Francia. Estos cinco países se llevan el 74 por ciento de nuestro café. Sus compradores son medianos y grandes tostadores, cada vez más interesados en nuestro producto, que se viene distinguiendo por la calidad de taza (aroma, cuerpo y sabor), similar y hasta mejor que la de los cafés centroamericanos. Los factores ambientales (microclimas y altitud de plantaciones) y un mejor manejo de pos cosecha han sido determinantes para lograr la confianza del mercado.

En nuestro país operan 75 empresas exportadoras de café, de las cuales 28 componen a organizaciones de productores que ofertan cafés especiales. Hasta el momento 20 empresas concentran el 90% de las exportaciones, de las cuales las 10 primeras superan el 75% del valor exportado, mostrando una tendencia a la concentración en el negocio cafetero, en similitud al comercio mundial acaparado por 7 grandes empresas. (JNC, 2013).

Tabla 3. Producción Total de Café, campaña agrícola 2011/12.

PAIS	ESPECIE		%
	A: Arábica	(000 SACOS)/60 Kg	
	R: Robusta		
Brasil	A/R	43484	31.99
Vietnam	R/A	24058	17.70
Indonesia	R/A	8620	6.34
Colombia	A	7653	5.63
Etiopia	A	6798	5.00
Honduras	A	5903	4.34
Perú	A	5581	4.11
India	R/A	5233	3.85
México	A	4546	3.34
Guatemala	A/R	3840	2.82
Otros	A/R	20219	14.87
TOTAL		135935	100.00

FUENTE: OIC (2013)

2.2. Procesamiento de café (Beneficio)

Los granos de café son las semillas de frutos que parecen cerezas y tienen una piel roja (el exocarpio) cuando maduran. Por debajo de la pulpa (el mesocarpio), se encuentran dos granos aplanados el uno contra el otro, cada uno de ellos recubierto por una especie de pergamino (el endocarpio). Cuando el fruto está maduro, una capa delgada y viscosa de mucílago recubre el pergamino. Por debajo del pergamino los granos están recubiertos de otra membrana más delgada, una piel plateada (la semilla revestida). Cada cereza contiene en general dos granos de café; cuando hay sólo uno, toma una forma más redondeada y se llama caracol (Ver Figura 1). Hay que quitar los granos de café del fruto

y secarlos para poder tostarlos, y eso puede hacerse con dos métodos: el de vía seca y el de vía húmeda. Cuando se termina ese proceso, el grano de café sin tostar se llama café verde (OIC, 2013)

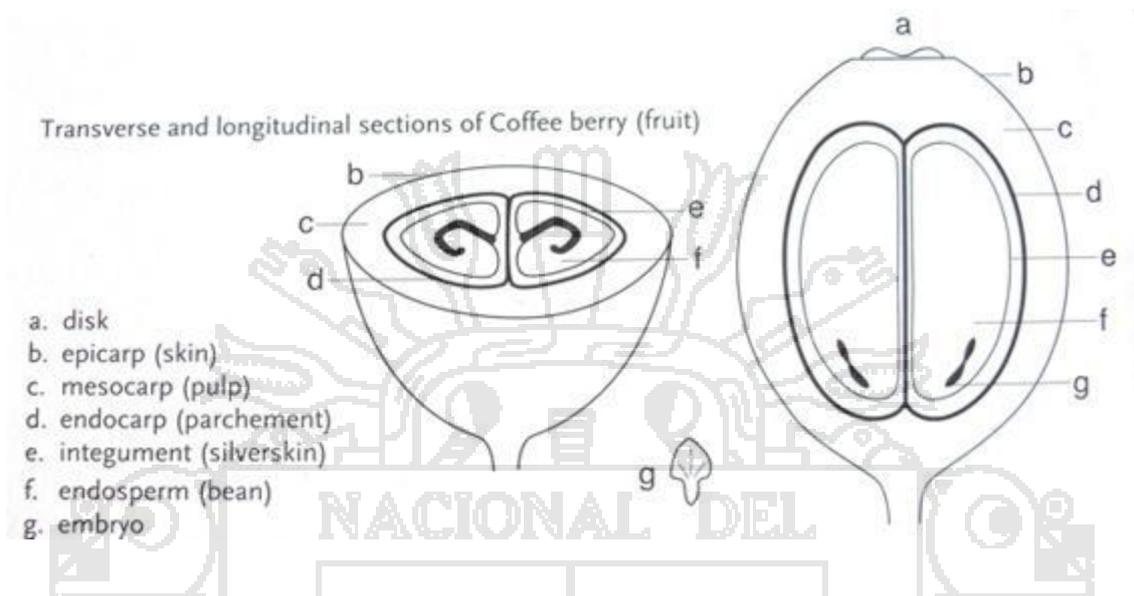


Figura 1. Composición de la cereza de café. (Verlag; citado por SCAA, 2014)

2.2.1. Método vía seca

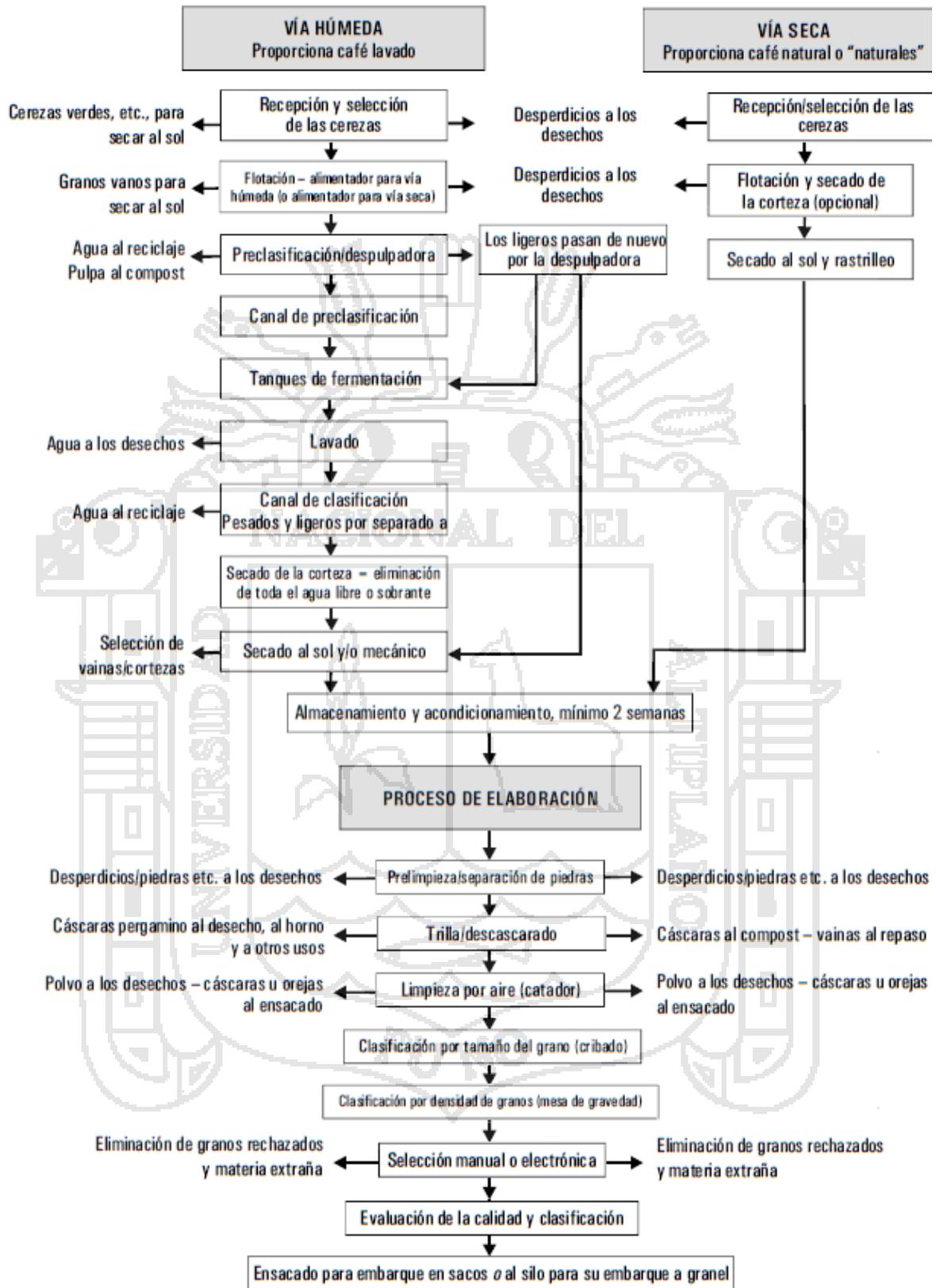
El método por vía seca (también llamado el método natural) es el más antiguo y el más sencillo y requiere poca maquinaria. Este método consiste en secar la cereza entera. Hay variaciones en cuanto a cómo se lleve a cabo el proceso, dependiendo del tamaño del cafetal, las instalaciones de que se disponga y la calidad final que se desee. Las tres etapas básicas de este método son: limpieza, secado y descascarillado (Ver Figura 2).

2.2.2. Método vía húmeda

El método de vía húmeda requiere el uso de un equipo concreto y cantidades considerables de agua. Cuando se hace bien, se consigue que los atributos intrínsecos del grano de café se conserven mejor y que el café verde sea homogéneo y tenga pocos granos defectuosos. De ahí que el café que se beneficia con este método se considere en general de mejor calidad y alcance precios más altos.



Figura 2. Elaboración de las cerezas de café y de los granos de café verde.



Fuente: Guía del exportador de café – Centro de Comercio Internacional (ITC, 2011)

2.3. Características sensoriales del café

2.3.1. Análisis sensorial

El análisis sensorial es una herramienta muy importante en la caracterización de diferentes tipos de café. La evaluación sensorial es uno de los métodos que se ha hecho hincapié en la evaluación de la calidad de las bebidas de los cafés especiales SCAA. Este método se basa en un análisis sensorial cuantitativo descriptivo de la bebida, que se realiza por un equipo de jueces seleccionados y entrenados. De acuerdo con esta metodología, los granos de café se puntúan de 0 a 10 puntos en la evaluación de los atributos principales que componen el perfil sensorial del café: fragancia: fragancia/aroma, sabor, sabor residual, cuerpo, acidez, balance, uniformidad, taza limpia, dulzura y el puntaje del catador (Ver el formulario de catación, anexo 1). La suma de las puntuaciones (0 a 10) individuales de todos los atributos constituye el resultado final, que representa la calidad general del café. Los cafés que puntúan mayores o iguales a 80 se consideran cafés especiales (Lingle, 1993)

2.3.2. Perfil de taza

El perfil de taza de café, se refiere al balance entre la acidez, el cuerpo y el aroma, y las características de sabores propias y únicas de los cafés especiales. Contrario a los defectos de taza (NTP 209.027) los cafés especiales se distinguen por presentar sabores y aromas agradables que lo distinguen del resto de cafés. Entre estos se puede citar, aromas y sabores florales, achocolatados, cítricos, acaramelados, y entre otros (NTP 209.027, 2003)

2.3.3. Panelistas y/o jueces

En una evaluación sensorial el jurado es un verdadero aparato de medida, donde cada juez es considerado una repetición de la medida. El registro de las respuestas sensoriales de muchos individuos permite integrar todas las performances individuales y

compensar las diferencias de sensibilidad entre los miembros de los jurados y que son inherentes a los factores biológicos y culturales que caracterizan al ser humano (Catania y Avagnina, 2007)

2.3.3.1. Catadores Q Grader

El catador Q Grader es el profesional que cuenta con un extenso entendimiento acerca de los procesos productivos, beneficio húmedo y seco, almacenamiento, comercialización y control de la calidad ya que todo esto determina, de acuerdo al resultado de las características evaluadas. Poseen un entrenamiento para la evaluación sensorial cuantitativa y descriptiva del café, utilizan los estándares y protocolos de la SCAA. (CQI, 2013).

2.3.4. Importancia del análisis sensorial

La bebida de café sigue siendo el determinante más importante de la utilidad y valor de un café. (ITC, 2011).

2.4. Características físicas del café

2.4.1. Color

Es un atributo de apariencia de los productos; su observación permite detectar ciertas anomalías y defectos (Abdullah y Col, 2004). Diversas industrias miden el color de sus productos: la industria del papel, la textil, de colorantes y pinturas, construcción automóbiles, medicamentos y alimentos. En la industria alimentaria el color es un parámetro en base al cual se realizan clasificaciones de productos, se evalúan materias primas, se hacen control de procesos y se miden indirectamente otros parámetros, como la capacidad de retención de agua en las carnes (CRA), cenizas en harinas, curado, oxidación o degradación de un producto, desverdización de cítricos (IIC), conservación en atmósferas controladas, tostación de café (Delmoro *et al*, 2010)

Según la SCAA (2011), estableció la escala de coloración del café verde (Ver Figura 3); los cafés sin tostar presentan coloraciones que van desde el azul verdoso al amarillo pálido dependiendo del origen, proceso o tiempo del almacenamiento.

Figura 3. Escala de coloración de café verde según la SCAA.

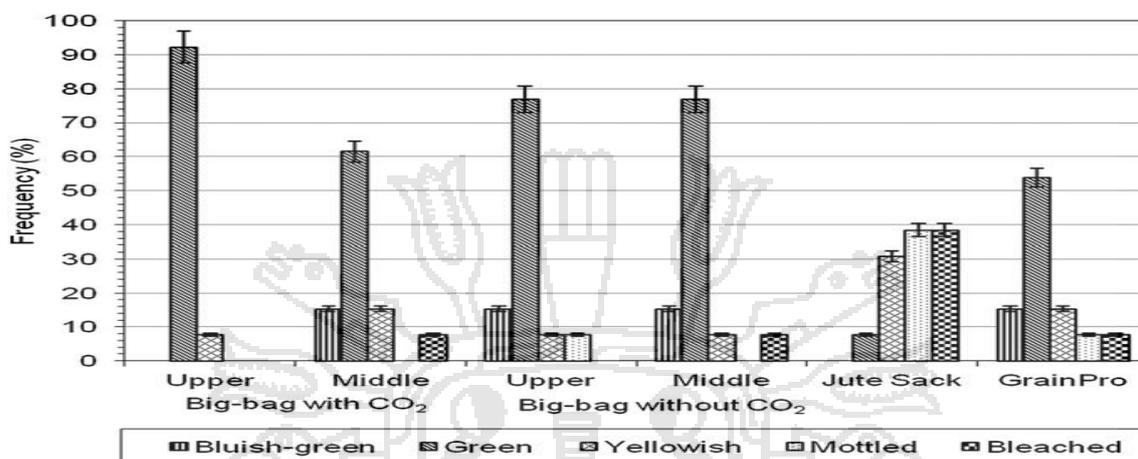


Fuente: Manual de defectos de café verde arábica (2011)

2.4.1.1. Factores que influyen en la pérdida del color inicial

Según Borém *et al* (2012), en la investigación que desarrollaron “Evaluación de la calidad sensorial de los granos de café almacenado en embalaje herméticos” durante los 360 días de almacenamiento, encontraron una mayor frecuencia del color verde para el café envasado en Big – Bag herméticos con inyección de CO₂, y la frecuencia más baja se encontró en el café envasado en los sacos de yute. Una mayor frecuencia de coloración denotada como amarillenta, con manchas se encontró en los sacos de yute. Los granos envasados en envases herméticos Big – Bag sin inyección de CO₂ y envasados los a Grain Pro tenían una frecuencia de color verde azulado de 15%. (Ver Figura 4). Silva *et al* (2011), y Coradi *et al* (2008) afirmaron que factores como la humedad relativa del almacenamiento, el secado durante el beneficio húmedo, exposición a la luz, el procesamiento mecánico determinan el blanqueamiento de los granos de café.

Figura 4. La coloración de los granos de café después de 360 días de almacenamiento envasados en envases herméticos, sacos de yute y GrainPro. Los datos mostrados son los valores de frecuencia \pm error estándar.



Fuente: Borém *et al* (2012)

2.4.1.2. Procesamiento digital de imágenes

El campo del procesamiento de imágenes deriva en dos áreas principalmente: mejorar la información pictórica para la percepción humana, incluyendo la impresión y transmisión, y procesar los datos de una escena para la percepción autónoma por una máquina. Una imagen digital se define como una imagen descrita por la función $f(x, y)$, donde x e y son las coordenadas espaciales y f representa la intensidad de esas coordenadas. Las coordenadas espaciales se relacionan con la resolución de la imagen entre mayor sea el valor que adquieran, mayor será la resolución. De esta forma $x \in [1, x^{max}]$ y $y \in [1, y^{max}]$. También puede considerarse como una matriz cuyos índices de fila y columna identifican un punto de la imagen y el valor correspondiente al elemento de la matriz indica el nivel de color en ese punto y los elementos de esa distribución digital se conocen como píxeles (Ver Figura 5). La cantidad de valores empleados para describir. Un pixel depende de cuanta información es empleada para representar el color de tales elementos de la imagen (Barrera, 2010).

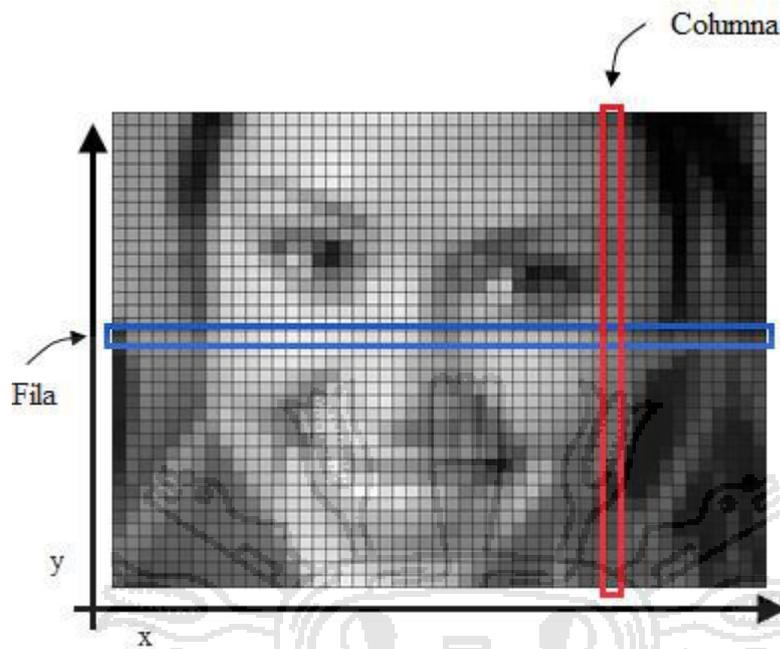


Figura 5. Representación de una imagen digital (García, 2010)

— Cuando las imágenes son en blanco y negro solo se requiere de una función y los valores de un píxel son 0 (negro) y 1 (blanco). En una imagen en escala de grises, permite 256 niveles de grises, donde, 0 es negro y 256 blanco. En cambio una imagen a color necesita de tres funciones independientes f_1 , f_2 y f_3 , en las cuales se representa la intensidad del píxel para cada componente (RGB) (Barrera, 2010; García, 2010).

2.4.1.3. Etapas de procesamiento de imágenes

El proceso de análisis de imágenes consta de cinco etapas descrito por Du y Sun (2004), las cuales son: (1) operaciones de adquisición de imagen para convertir imágenes en forma digital; (2) pre procesamiento operaciones para obtener una imagen mejorada con las mismas dimensiones como la imagen original; (3) las operaciones de segmentación de imagen para dividir en partes una imagen digital en 8 regiones disjuntas y poco imbricadas; (4) las operaciones de medida del objeto para medir las características de objetos, como el tamaño, la forma, el color y la textura; y (5) las operaciones de

clasificación para identificar objetos por ahí clasificarlos en grupos diferentes. (Mery y Pedreschi, 2005)

2.4.1.4. Pre procesamiento de imagen

A través del pre-procesamiento, la calidad de las imágenes digitales es mejorada antes de que sean analizadas. Algunas de las técnicas empleadas en el pre-procesamiento son eliminación de ruidos de la imagen y mejora del contraste a través del filtrado digital. Además, en esta etapa la imagen en color se convierte en una imagen en escala de grises, llamado intensidad de la imagen (Castleman, 1996).

2.4.1.5. Segmentación de imágenes

La segmentación subdivide una imagen en sus partes constituyentes u objetos, con el fin de separar las partes de interés del resto de la imagen, por lo tanto el nivel al que se lleva a cabo esta subdivisión depende del problema a resolver. En el proceso de detectar las partes en una imagen se identifican bordes de la imagen, o se segmenta está en regiones, líneas o curvas, etc. Otra definición considera a la segmentación como la clasificación de los puntos de la imagen (píxeles), indicando las clases a la que pertenecen los diferentes píxeles. Los atributos básicos de segmentación de una imagen son: la luminancia en imágenes monocromáticas, los componentes de color en imágenes en color, textura, forma, etc. (Gonzales y Woods, 1996).

2.4.1.6. Extracción de características: Color

El color y su uniformidad son componentes vitales de la calidad visual de los alimentos frescos y tienen un papel muy importante en la elección del consumidor. Sin embargo, pueden tener menos importancia a baja temperatura en el caso de las materias primas para el procesado. En los tratamientos a baja temperatura tales como el enfriamiento, la congelación o la liofilización, el color cambia poco durante el procesado,

y por ello el color de las materias primas representa una buena guía en cuanto a su utilidad para el procesado. En casos de procesos largos, el color cambia claramente durante la cocción. Por ejemplo algunas frutas pierden su color durante el enlatado, mientras que las peras adquieren un tinte rosado, las papas se pardean durante el tratamiento con calor debido a la reacción de Maillard. Por esto, algunos productos se prestan mejor a la fritura en la que el pardeamiento es deseable, que al enlatado en que el pardeamiento constituirá un gran problema (Brennan, 2008).

a) Imágenes RGB

Cuevas *et al.*, (2010), describen el modelo de color RGB, basándose en la combinación de los colores primarios rojo (R), verde (G) y azul (B) (ver Figura 6). El origen de este modelo se encuentra en la tecnología de la televisión y puede ser combinada como la representación fundamental del color en las computadoras, cámaras digitales y escáneres, así como en el almacenamiento de imágenes. La mayoría de los programas para el procesamiento de imágenes y de representación gráfica utilizan este modelo para la representación interna del color.

El modelo RGB es un formato de color aditivo, lo que significa que la combinación de colores se basa en la adición de los componentes individuales considerando como base el negro. Este proceso puede imaginarse como el traslape de 3 rayos de luz de colores rojo, verde y azul. La intensidad de los diferentes componentes de color determina tanto el tono como la iluminación de color resultante. El blanco y el gris o tonalidades de gris son producidos de igual manera a través de la combinación de los tres correspondientes colores primarios RGB.

El modelo RGB forma un cubo, cuyos ejes de coordenadas corresponden a 3 colores primarios R, G y B. los valores RGB son positivos y sus valores se encuentran

restringidos al intervalo de $[0, V_{max}]$, en donde normalmente $V_{max}=255$. Cada posible color C_i corresponde a un punto dentro del cubo RGB, con los componentes:

$$C_i = (R_i, G_i, B_i) \quad (\text{Ecuación 1})$$

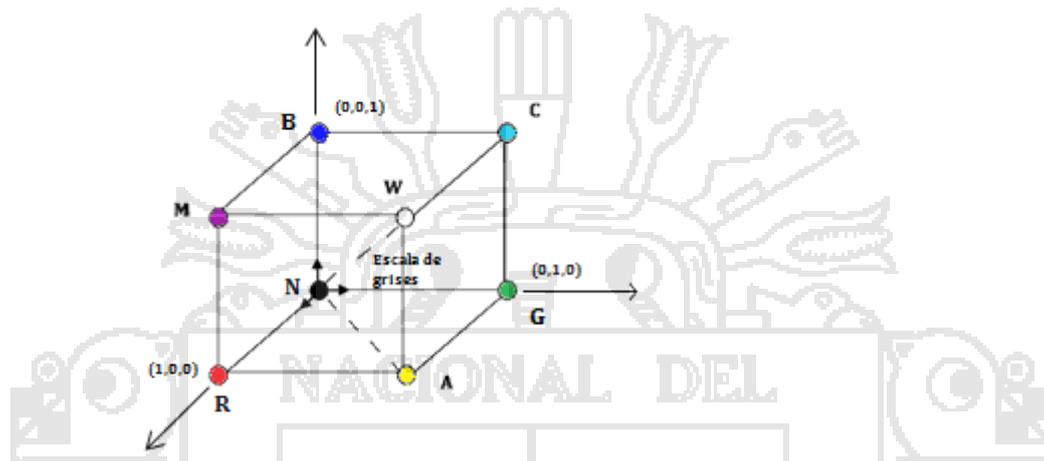
Dónde: $0 \leq R_i, G_i, B_i \leq V_{max}$. Normalmente el intervalo de valores de los componentes de color es normalizado al intervalo $[0, 1]$ como se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4. Valores de las coordenadas en cubo de color

Punto	Color	R	G	B
N	Negro	0	0	0
R	Rojo	1	0	0
A	Amarillo	1	1	0
G	Verde	0	1	0
C	Cyan	0	1	1
B	Azul	0	0	1
M	Magenta	1	0	1
W	Blanco	1	1	1
K	Gris	0.5	0.5	0.5

Fuente: Cuevas *et al.*, (2010).

Figura 6. Representación del espacio de color RGB como cubo unitario. Los colores primarios rojo (R), verde (G) y azul (B) constituyen los ejes coordenadas. Los colores puros rojo (R), verde (G) y azul (B), cyan (C), magenta (M) y amarillo (A) se encuentran ubicados en las esquinas del cubo de color. Todos los valores de intensidad de grises, tal como (K) se ubican sobre la diagonal trazada de (N) a (W) (Cuevas *et al.*, 2010).



b) Modelo de Color $L^*a^*b^*$

El sabor, la textura, olor y el color son atributos que los consumidores tienen presente para evaluar la calidad de los alimentos al momento de adquirirlos. El cambio en el color en frutas y hortalizas está relacionado con reacciones entre sus componentes como clorofilas, carotenoides, antocianinas, o por reacciones enzimáticas. Las reacciones de pardeamiento enzimático permiten el estudio de la evolución en el tiempo del cambio de color de un tejido vegetal por acción de la Polifenoloxidasa. De aquí, se deriva el cálculo de ciertos parámetros como L^* , a^* , b^* o la variación total del color (VTC), los cuales son útiles en la investigación del control del pardeamiento en frutas, al evaluar diferentes clases de antioxidantes (Pérez, 2007).

El espacio de color tridimensional, CIE $L^*a^*b^*$ está definido por tres coordenadas L^* , a^* y b^* . L^* es el eje vertical y representa la medida de la luminosidad de un color,

variando desde cero para un negro hasta 100 para un blanco (los colores fluorescentes pueden dar un valor de L^* mayor que 100). a^* es uno de los dos ejes horizontales y representa una medida del contenido de rojo o de verde de un color. Si un color tiene rojo, a^* será positiva, mientras que si a^* es negativa entonces el color tendrá cierta cantidad de verde. b^* es el otro eje horizontal, perpendicular al eje a^* . Valores positivos de b^* indican contenido de amarillo, mientras valores negativos de b^* indican contenido de azul (Mac Dougall, 2002).

También se utiliza la variación total del color (VTC). La variación total del color es siempre positiva y es estrictamente la medida de la diferencia total de color entre el estándar y la muestra (Malta, 2007).

$$VTC = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (\text{Ecuación 2})$$

2.4.2. Densidad aparente

Se define como la razón de la masa de café verde y el volumen que ella ocupa (masa por unidad de volumen) después que se ha permitido llenar libremente un recipiente de medición, bajo las condiciones específicas; a un contenido de humedad dado. Esta es expresada en gramos por litro. (IICA, 2010)

En esta densidad se tienen en cuenta los espacios vacíos que se forman entre los granos mientras se encuentran bajo condiciones de almacenamiento a granel y/o dentro de un empaque o embalaje; tomándose de esta manera tanto el peso total, como el volumen total del producto (Ver Tabla 5)

Según la ISO 6669: 1995, la densidad aparente se determinará mediante la siguiente ecuación:

$$\rho_a = \frac{m_2 - m_1}{V}$$

(Ecuación 3)

Donde:

m_1 = Es la masa, en gramos, del recipiente de medición, vacío.

m_2 = Es la masa, en gramos, del recipiente de medición, lleno de granos de café

V = Es la capacidad, en litros, del recipiente de medición

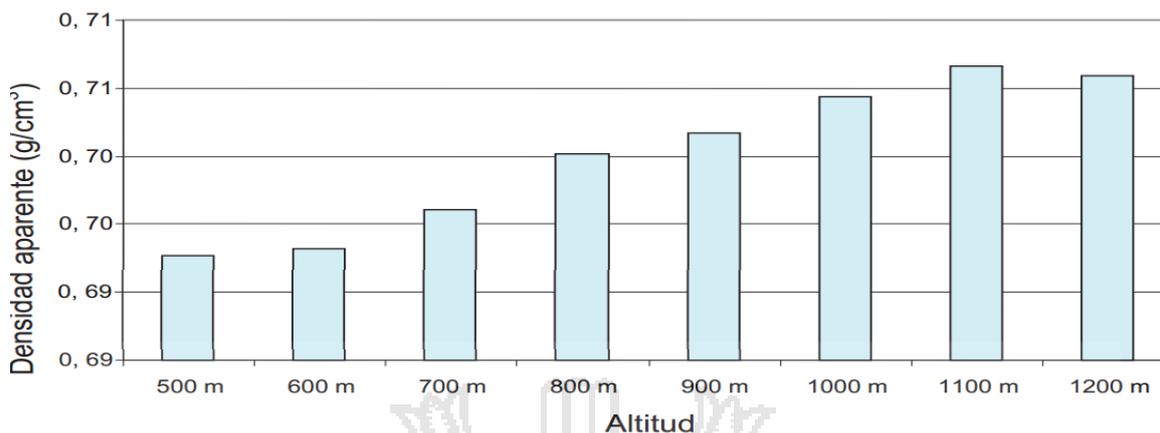
Tabla 5. Propiedades físicas del Café. (Las muestras pertenecen a la variedad Colombia)

	Uribe (1977)	Puerta (2006)	
		Seleccionado	Sin Seleccionar
Densidad Aparente (Kg/m³)			
Fruto	600	621.57	616.50
Pulpa fresca	270	299.74	298.20
Grano de Café lavado	650	701.87	693.66
Grano de café pergamino	380	391.41	385.75
Grano de café verde	680	709.99	707.31
Diámetro ecuatorial (mm)			
Fruto	Sin dato	14.37	13.99
Grano de café pergamino	Sin dato	8.55	8.43
Grano de café verde	Sin dato	7.11	7.04

Fuente: Puerta (2006)

Existen efectos significativos entre variedades y altitudes en la propiedad de densidad aparente (g/cc) de los granos de café verde, en la Figura 7, se observa que la densidad aparente aumenta en función de la altitud.

Figura 7. Variación de la densidad aparente promedio por altitudes



Fuente: IDIAF (2007)

2.4.3. Contenido de humedad

2.4.3.1. Contenido de humedad del café

El contenido de agua en los alimentos y los granos es uno de los criterios más importantes para la conservación de su calidad y su comercialización. Los alimentos en su estado natural están compuestos por materia seca y agua en cantidades específicas.

La humedad de un producto se expresa en forma porcentual en base húmeda (bh) o en base seca (bs), como la cantidad de agua contenida en el producto húmedo o seco respectivamente, así:

$$\text{Humedad en base húmeda} = \frac{\text{peso de agua}}{\text{peso de producto}} * 100 \quad (\text{Ecuación 4})$$

$$\text{Humedad en base seca} = \frac{\text{peso de agua}}{\text{peso de producto} - \text{peso de agua}} * 100 \quad (\text{Ecuación 5})$$

Los productos entonces se secan hasta un contenido de agua que permita su conservación. La humedad para cada tipo de alimento se establece a través de investigaciones que se basan en el valor en el cual se logre la estabilidad del producto, tanto biológica, como física y química. (Puerta, 2006)

2.4.3.2. Método para la determinación del contenido de humedad

Los aparatos eléctricos son de gran utilidad durante el almacenamiento de los granos porque, periódicamente y con gran facilidad, se puede determinar su contenido de humedad. Los instrumentos utilizados para medir la humedad de café deben calibrarse para granos de café periódicamente, al menos una vez al año. (FAO, 1986)

2.5. Almacenamiento de los granos de café

La mayoría de los granos, incluyendo al café son higroscópicos, es decir, su contenido de humedad varía de acuerdo con las condiciones de temperatura y humedad relativa del aire circundante donde se encuentran; en consecuencia, pueden ganar (adsorber) humedad o perderla (desorción) durante su almacenamiento. Es entonces mantener un equilibrio dinámico entre el agua del interior del grano de café y los factores ambientales en el lugar del almacenamiento, para poder preservar el producto por más tiempo en buenas condiciones.

La calidad de los granos de café pergamino sanos con contenido de humedad entre 10 y el 12% se conserva cuando se almacenan hasta por 10 meses en condiciones de temperatura de 8 a 15°C y una humedad relativa entre 65 y 70%.

Durante el almacenamiento se ha observado que el café trillado está más expuesto a deterioro que el café pergamino, ya que el pergamino y la película plateada son capas impermeables al agua que protegen la calidad del café almacenado.

Los hongos predominantes en el café almacenado corresponden a varias especies de *Penicillium*, y también se han encontrado *Aspergillus flavus*, *A. fumigatus*, *A. niger*, *A. ochraceus*, *A. tamarii*, *A. versicolor* y algunas especies de *Mucor*. (López *et al*, citado por Puerta, 2006). La mayoría de los daños producidos por estos hongos ocurren sin que estos agentes sean detectados inicialmente; solamente cuando el deterioro es muy

avanzado los tejidos invadidos se tornan de color amarillento o negruzco, además las esporas de hongos se hacen visibles y se notan como partículas pulverulentas en el grano. En este estado el ambiente se impregna de un olor fuerte a moho. Los defectos predominantes en la bebida de café por contaminación de hongo son: sucio, terroso, mohoso y fenol. (Puerta, 2006)



III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

El presente trabajo de investigación se ejecutó en el Laboratorio de Ingeniería, sección de adquisición de imágenes de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional del Altiplano Puno ubicado a una altitud de 3824 m.s.n.m. en la ciudad del mismo nombre, y en el Laboratorio de Control de Calidad de Cafés Especiales de la Central de Cooperativas Agrarias Cafetaleras de los Valles de Sandia (CECOVASA LTDA.) ubicado a una altitud de 3826 m.s.n.m. en la Ciudad de Juliaca.

3.2. Material experimental

Para el estudio se utilizó el café de especie arábica, variedad bourbon, proveniente de las fincas cafetaleras de los sectores de Buena Vista, Mancuari y Belén, distrito de Alto Inambari, Valle de Inambari – provincia de Sandia, comprendidas en altitudes entre 1500 – 1800 m.s.n.m., cosecha Octubre. Para su estudio experimental las muestras de café se procesaron por el método de beneficio húmedo, el cual comenzó con una cuidadosa recolección manual de solo cerezas maduras en el campo, seguido de una nueva selección manual en el beneficiadero. Se escogieron solo cerezas sanas y maduras para el proceso, el despulpado se hizo sin agua. La fermentación natural se llevó a cabo en baldes plásticos durante 17 a 19 horas (Dependientes de los sectores cafetaleras) hasta que el mucílago se desprendió del grano; el café se lavó cuidadosamente y se secó en secadores solares. Durante el proceso de secado, el café se revolvió continuamente hasta humedad final del café pergamino entre 11 a 12%.

3.3. Materiales y equipos

3.3.1. Materiales

- Dispositivos simuladores
- Termo higrómetros
- Cartulinas negras
- Balanza analítica digital marca AND FR-300, capacidad 0.0001 a 300 gr.

3.3.2. Equipos de Laboratorio

Laboratorio de Ingeniería (EPIA UNAP)

- Cámara fotográfica digital D7000 4F – S DX con objetivo micro Nikkor 40 mm marca Nikon; con sistema de iluminación de 4 LEDs ALGU103WCW de 3,1W 220-240V con una temperatura de color 6400°K.
- Computador Intel (R) Core (TM) i5-2600 CPU @ 3,40 GHz.

Laboratorio de Control de Calidad (CECOVASA)

- Tostador de muestra de 2 tambores, Marca Probat, capacidad de 100 gr. de café verde/tambor, cilindro cerrado, con sistema de calentamiento a gas, sistema de enfriamiento, y eléctrico.
- Molino de laboratorio, Marca Ditting Maschinnen AG, modelo KF 804, eléctrico y graduable (Turco – Fino)
- Discos de referencia de color, Agtron Roast Color Kit, para control de color de tostado.
- Termómetro, de resolución aproximada de 0 a 100°C.
- Medidores eléctricos de humedad, Marca GEHAKA 600, con precisión de décimas
- Probetas graduadas de plásticos, capacidad 250 ml.

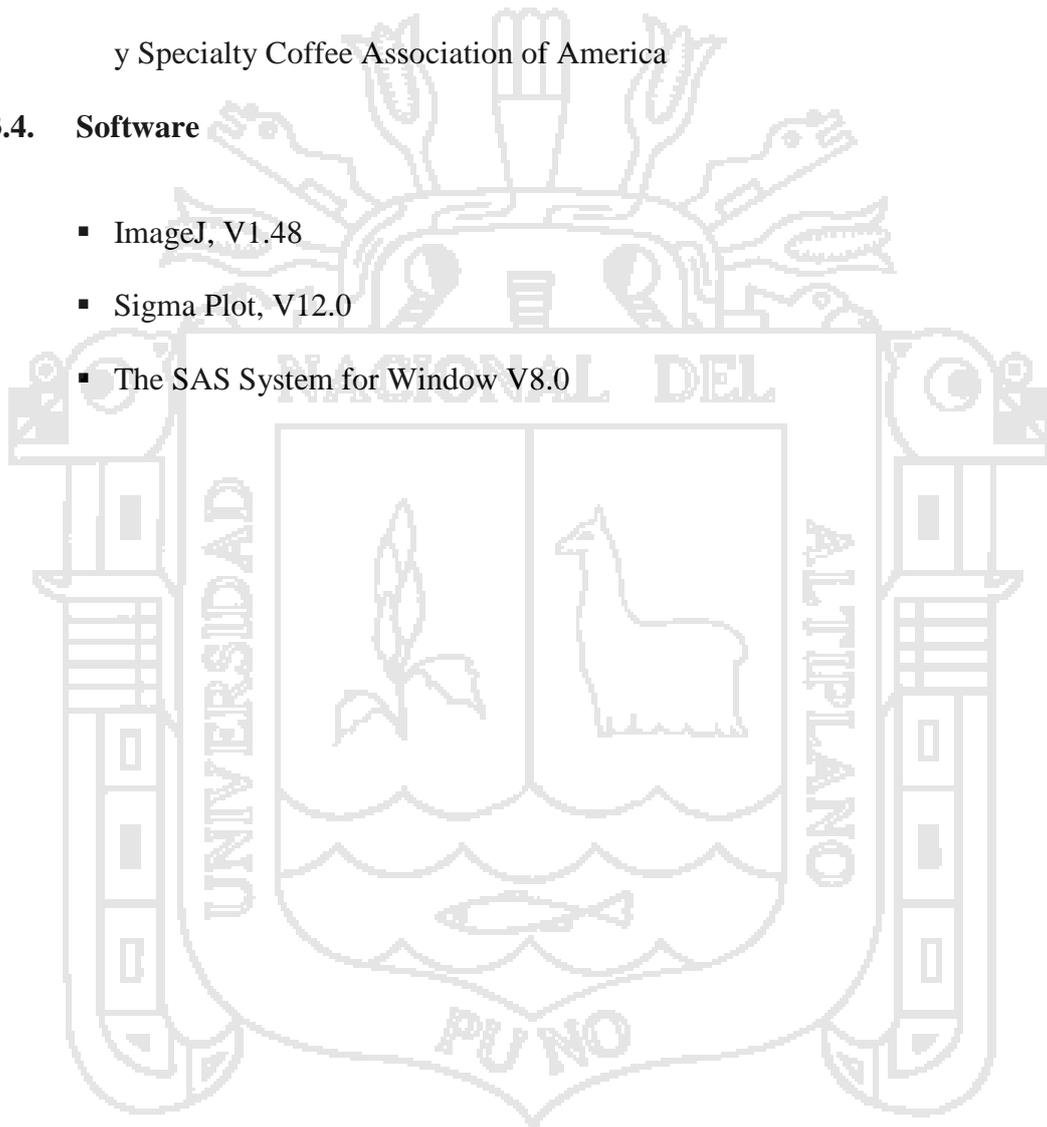
- Balanza analítica digital marca AND FR-300, capacidad 0.0001 a 300 gr.
- Bandejas de plástico.

3.3.3. Panel de jueces

- Catadores Q Grader con certificación otorgada por el Coffee Quality Institute y Specialty Coffee Association of America

3.3.4. Software

- ImageJ, V1.48
- Sigma Plot, V12.0
- The SAS System for Window V8.0

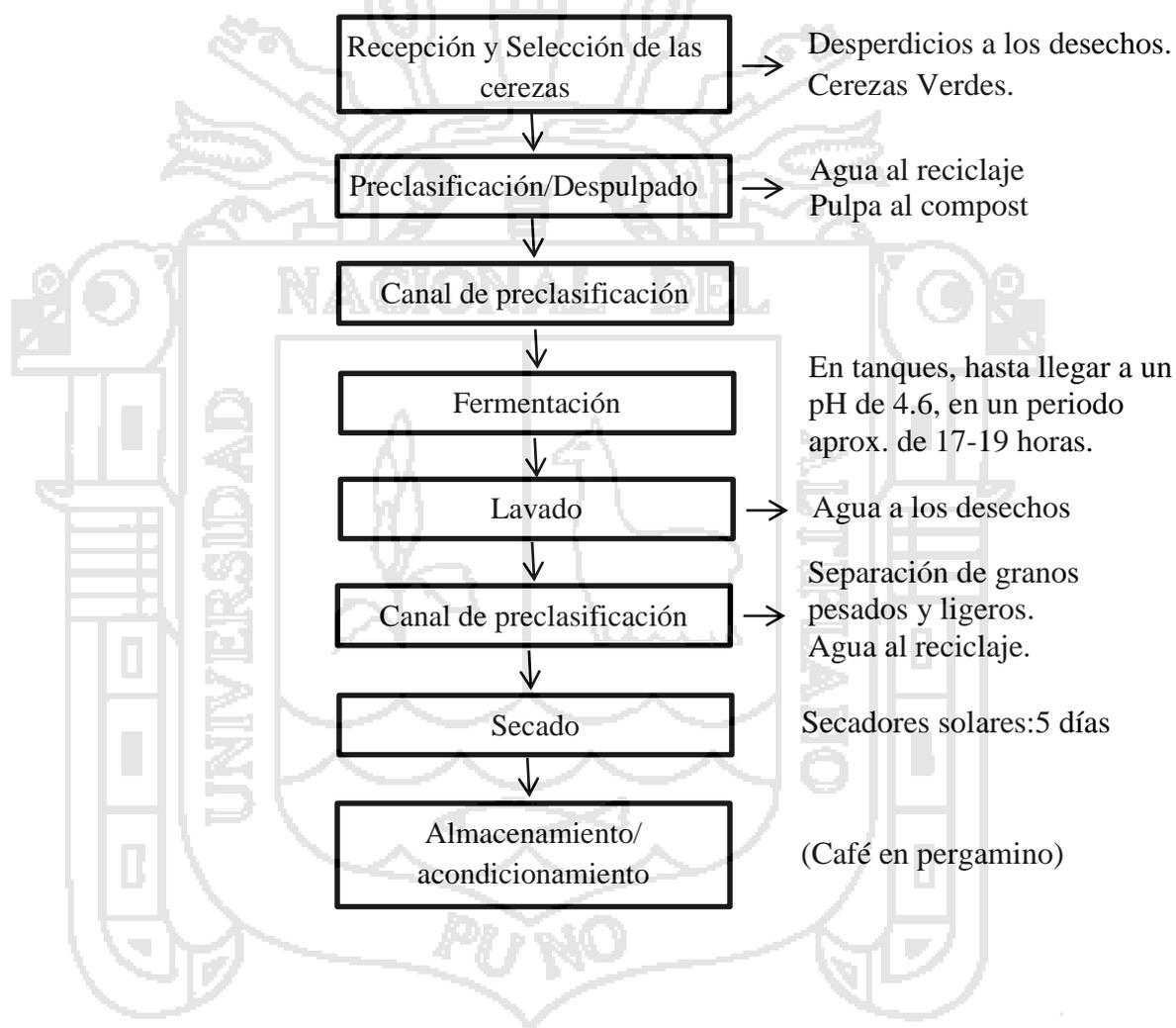


3.4. Metodología experimental

3.4.1. Diagrama de flujo y descripción del beneficiado húmedo del café bourbon

El procedimiento del beneficiado húmedo para el presente estudio de investigación se presenta en la Figura 8.

Figura 8. Diagrama de flujo Beneficio Húmedo del Café Bourbon



Recepción y selección de las cerezas

La cerezas del cafeto fueron cosechados selectivamente, y únicamente pertenecientes a la variedad bourbon, de la especie arábica, comprendidos entre las altitudes de 1500 a 1800 m.s.n.m., así mismo pertenecientes a las fincas de los productores del Valle de Inambari, provincia de Sandia (Puno - Perú).

Preclasificación/ Despulpado

Las impurezas o materias extrañas fueron separados manualmente, posteriormente se realizó el despulpado que tiene como objetivo separar el grano del café de la envoltura exterior. Es, por tanto, la operación del trillado de café fruta.

Canal de preclasificación

Consiste en un canal, sobre el canal fluye la corriente de agua, café en baba y los materiales que se desea separar.

Fermentación

El café pergamino aun con el mucílago adherido en la superficie exterior es sometido a la operación de fermentación, el cual es puesta en un tanque de fermentación de plástico, que tiene como objetivo que el café pergamino esté libre del mucílago adherido posteriormente, esto sucede cuando el alcanza el pH 4.6 en un tiempo de 17, 18.5 y 19 horas, en los sectores de Buena Vista, Mancuari y Belén respectivamente

Lavado

El lavado de café se realizó usando agua limpia, dejando entrar ésta en cantidad suficiente hasta alcanzar un nivel entre 5 a 10 centímetros sobre la superficie de café. Procediendo a dar tres enjuagues con agua a la masa de café.

Canal de preclasificación

El objetivo de la operación es efectuar la clasificación por densidad, y además completar el lavado parcialmente efectuado durante el trasiego.

Secado

En esta operación se llevó tarimas con secadores solares, con la finalidad de que los granos de café alcancen un contenido de humedad de 11 - 12% (Aceptable para su comercialización)

Almacenamiento/ Acondicionamiento

De un correcto almacenamiento del café depende el mantenimiento de su calidad.

3.4.2. Procedimiento de almacenamiento

Los granos de café pergamino fueron colocados en pequeños tamices, los cuales a su vez fueron colocadas en el interior de latas de aluminio cilíndrico (Dispositivos Simuladores), con respectivas soluciones salinas (Ver Figura 9). La finalidad de las soluciones salinas en el interior (base) de las latas de aluminio cilíndrico fue mantener la humedad relativa constante dentro de las mismas. En cada Dispositivo Simulador se colocaron 1.5 kg de café pergamino, y estas a su vez fueron colocadas a ambientes de temperatura de $10^{\circ}\text{C} \pm 3$ y $18^{\circ}\text{C} \pm 2$, donde las seis latas de aluminio cilíndrico permanecieron 180 días de almacenamiento. Las soluciones utilizadas para los tratamientos en estudio se muestran en la Tabla 6.

El control de las humedades relativas y temperaturas de almacenamiento se muestran en las figuras del Anexo V.

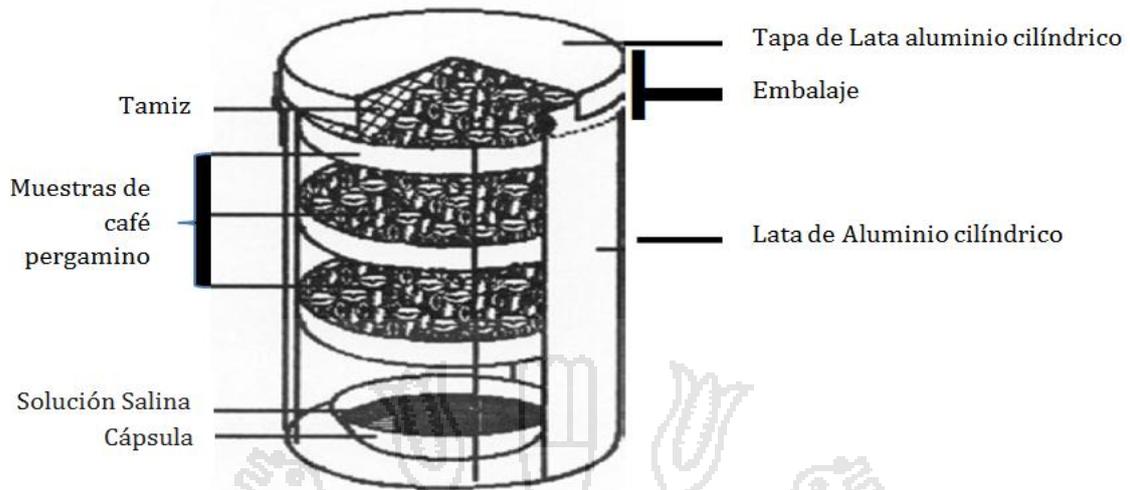


Figura 9. Disposición de los granos de café pergamino dentro de las latas de aluminio cilíndrico para la realización del almacenamiento experimental del café pergamino.

Los granos de café pergamino con contenido de humedad inicial de 11.4%, se colocaron en los seis dispositivos simuladores (seis tratamientos) para su estudio experimental (Ver Figura 10), con interacción de humedades relativas de 43, 61 y 78% y temperaturas de 10 y 18°C. En los tiempos 0, 60, 120 y 180 días se hicieron el control con las evaluaciones físicas y sensoriales.

Figura 10. Procedimiento del almacenamiento de los seis tratamientos

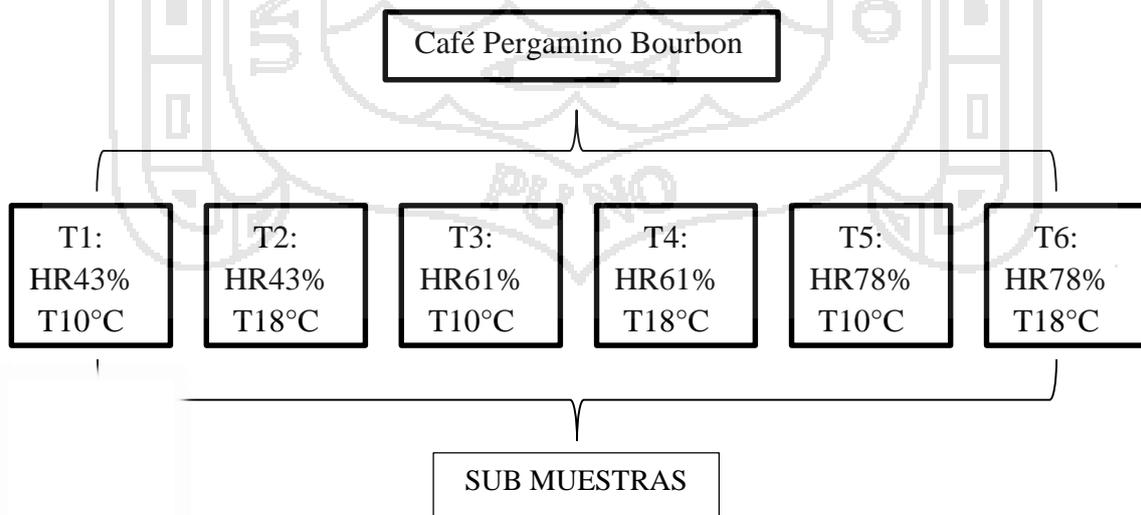


Tabla 6. Soluciones salinas utilizadas para el control de la humedad relativa constante del ambiente del almacenamiento experimental a diferentes temperaturas ensayadas.

TEMPERATURA (°C)	SAL UTILIZADA	HUMEDAD RELATIVA (%)
10	Carbonato de Potasio – K_2CO_3	43
	Cloruro Cúprico – $CuCl_2$	61
	Cloruro de Sodio – $NaCl_2$	78
18	Carbonato de Potasio – K_2CO_3	43
	Cloruro Cúprico – $CuCl_2$	61
	Cloruro de Sodio – $NaCl_2$	78

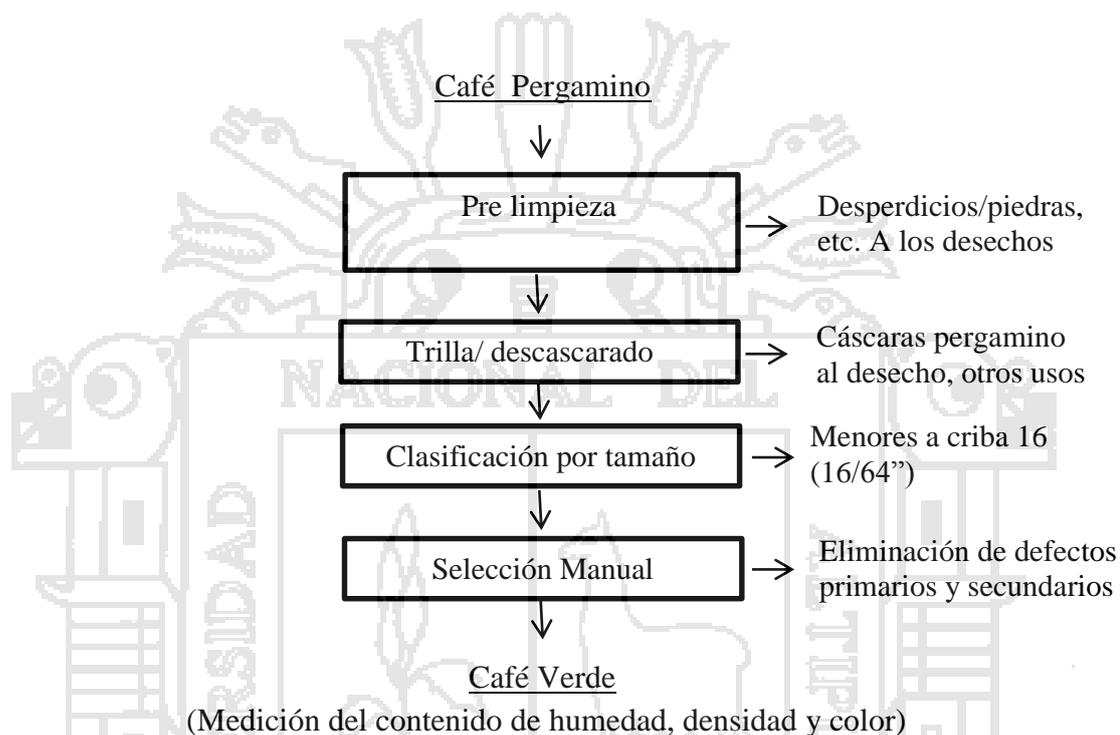
Basados en los datos de Oliveira (1995)



3.4.4. Proceso de elaboración del café pergamino a café verde para el análisis físico y sensorial

El procedimiento de elaboración de los granos de café pergamino a café verde se muestran en la Figura 11.

Figura 11. Proceso de elaboración de los granos de café pergamino a café verde.



Pre limpieza

El pergamino almacenado y acondicionado es sometido manualmente a la operación pre limpieza, en el cual se retira las impurezas como: polvo, impurezas de tamaño semejante al grano (pequeñas piedras, elementos metálicos, etc.).

Trilla/ Descascarado

El pergamino ya limpio entra a la máquina trilladora, que por fricción le retira la cascarilla, obteniéndose de esta forma la *almendra*.

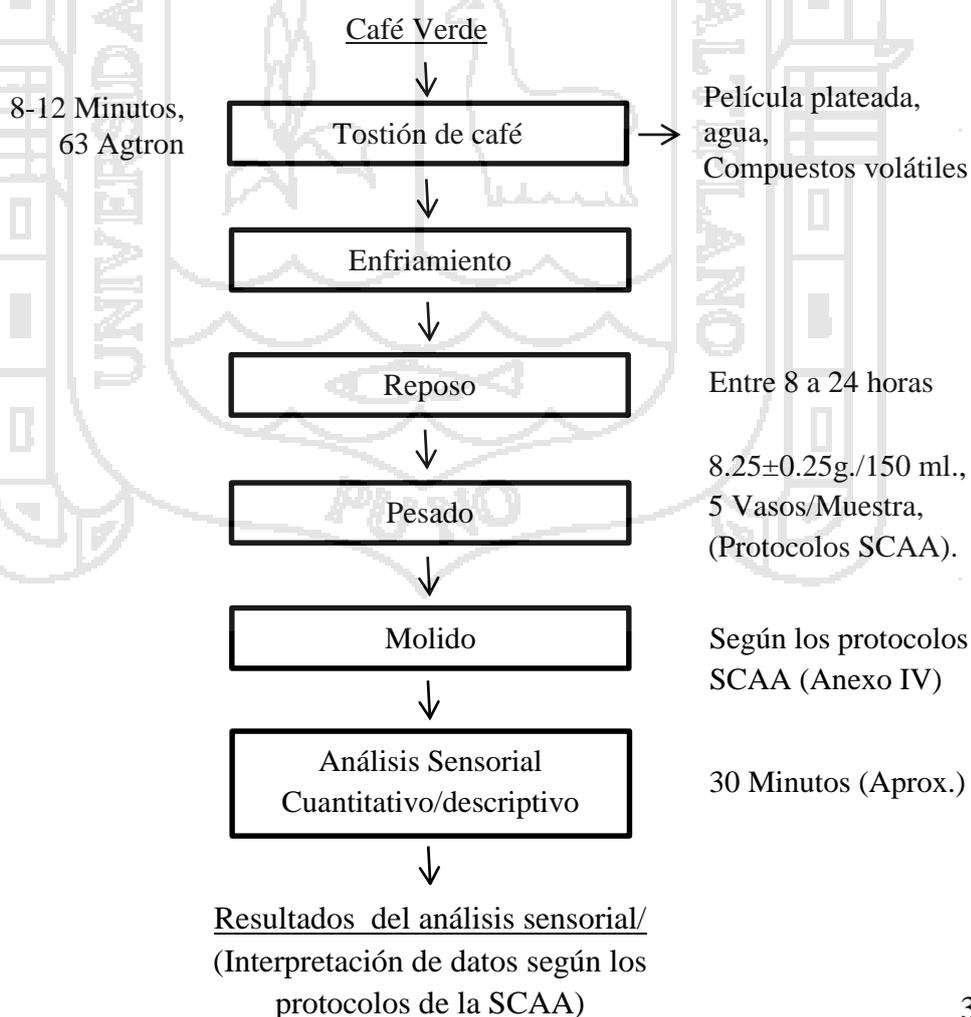
Clasificación por tamaño

La almendra obtenida pasa a través de zarandas o cribas (Ver Tabla 21, Anexo 2), en donde es separada por varias fracciones según su tamaño., para el presente estudio se consideró tamaño mayor o igual a criba 16, y menor a 20. La finalidad fue obtener una muestra homogénea en el tamaño y/o para evitar el tostado desuniforme.

Selección manual

Los granos defectuosos con alteraciones en su superficie (defectos de categoría 1 y 2), son separados manualmente, después de esta operación queda el café verde sin defectos, listo para su evaluación física y sensorial, el procedimiento se observa en la Figura 12.

Figura 12. Diagrama de flujo para la evaluación sensorial del café



3.5. Métodos de análisis

3.5.1. Determinación del contenido de humedad de los granos de café

Para la determinación del contenido de humedad se utilizó medidores de humedad que trabajen bajo el sistema de capacitancia y que se encuentren debidamente verificados, para efectos de este procedimiento son válidas las definiciones de ISO 3509 (IICA, 2010). El resultado final se expresó en porcentaje (%) de humedad de acuerdo a las recomendaciones del fabricante.

3.5.2. Determinación de la densidad aparente de los granos de café

El procedimiento para la determinación de la densidad se realizó por el método de caída libre, para efectos de este procedimiento son válidas las definiciones de la ISO 3509. (IICA, 2010), permitiendo a una muestra fluir libremente desde un contenedor especificado hacia adentro de un recipiente determinado de un volumen conocido, luego pesar el contenido del contenedor receptor.

La densidad por caída libre se expresa en gramos por litro y es dada por la siguiente fórmula:

$$\rho = \frac{m_2 - m_1}{V} \quad (\text{Ecuación 6})$$

Donde:

m_1 = masa en gramos, del recipiente receptor vacío

m_2 = masa en gramos, del recipiente receptor lleno de granos de café

V = capacidad en litros, del recipiente receptor

3.5.3. Evaluación del color de los granos de café

Las medidas de color en escala RGB, (R) rojo, (G) verde y (B) azul fueron extraídas utilizando el Software ImageJ. (Abrámoff *et al.*, 2004). Como se observa en la Figura 13.

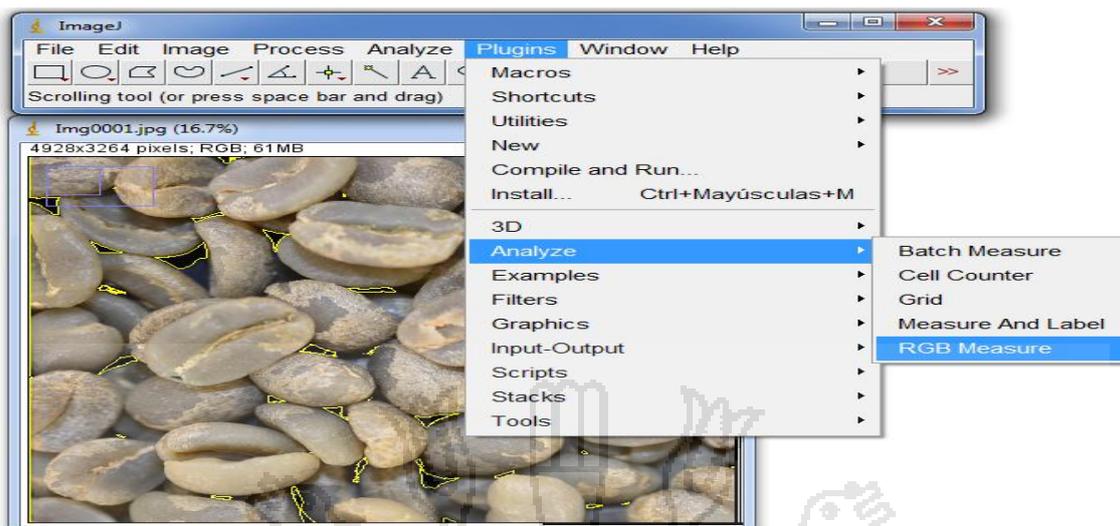


Figura 13. Determinación de color RGB.

Para convertir las medias de color RGB a modelo L^*a^*b , se insertan las formulas (2), (3), (4), (5) y (6) en una hoja de cálculo Excel (Medina *et al.*, 2010).

3.5.4. Evaluación sensorial de los granos de café

La metodología utilizada para la evaluación sensorial, se basó en los protocolos de catación de la Asociación Americana de Cafés Especiales – SCAA (2008) (Anexo 4); donde el panel de jueces estuvo conformado por 3 catadores Q Grader, jueces altamente entrenados para la evaluación sensorial cuantitativo, descriptivo y cualitativo. Quienes cuentan con la certificación de Licencia Q del Coffee Quality Institute (CQI).

Las evaluaciones sensoriales se realizaron bajo los estrictos cumplimientos de las normas y estándares de calidad que establece la SCAA, siendo estas como la calificación y/o evaluación a ciegas, en las diferentes sesiones de cata se introdujeron muestras patrones de diferentes regiones del país, para evitar errores psicológicos.

3.6. Unidades de análisis y observaciones

3.6.1. Unidades de estudio

1. Variables de estudio

a) Tipo de café

- Café pergamino (Variedad Bourbon)

b) Condiciones de almacenamiento

- Temperatura (10 y 18°C)
- Humedad relativa (43, 61 y 78%)

c) Tiempo de almacenamiento

- 0, 60, 120 y 180 Días

2. Variables de respuesta

a) Calidad física

- Cambios del color
- Variabilidad del contenido de humedad
- Cambios de la densidad aparente

b) Calidad sensorial

- Puntuación Final (Suma global de los 10 atributos sensoriales del café, formulario de catación de la SCAA)

3.7. Diseño de investigación

Para procesar los datos obtenidos durante la investigación se aplicó el análisis de varianza (ANVA), con un 95% de significancia y el test de Tukey ($p \geq 0.05$) para determinar las posibles diferencias entre las muestras de los tratamientos. Se trabajó con el programa estadístico SAS.

Las variables de estudio fueron: la humedad, temperatura y tiempo del almacenamiento. Se utilizó el experimento factorial bajo el Diseño Completo al Azar (DCA), con tres repeticiones

El modelo lineal aditivo es el siguiente:

$$Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + (\alpha\beta)_{ij} + (\alpha\gamma)_{ik} + (\beta\gamma)_{jk} + (\alpha\beta\gamma)_{ijk} + \varepsilon_{ijkl}$$

$i = 1, 2 \text{ y } 3$ (Humedad de almacenamiento)

$j = 1, \text{ y } 2$ (Temperatura de almacenamiento)

$k = 1, 2, 3 \text{ y } 4$ (Tiempos de almacenamiento)

$l = 1, 2 \text{ y } 3$ (Repeticiones)

Donde:

Y_{ijkl} = Es la variable de respuesta de la l -ésima observación bajo el k -ésimo tiempo de almacenamiento, en el j -ésimo temperatura, sujeto al i -ésimo humedad de almacenamiento.

μ = Constante, media de la población a la cual pertenecen las observaciones.

α_i = Efecto del i -ésimo humedad de almacenamiento.

β_j = Efecto del j -ésimo temperatura de almacenamiento.

γ_k = Efecto del k -ésimo tiempo de almacenamiento.

$(\alpha\beta)_{ij}$ = Efecto de la interacción del i -ésimo humedad de almacenamiento, con el j -ésimo temperatura de almacenamiento.

$(\alpha\gamma)_{ik}$ = Efecto de la interacción del i -ésimo humedad de almacenamiento, con el k -ésimo tiempo de almacenamiento.

$(\beta\gamma)_{jk}$ = Efecto de la interacción del j-ésimo temperatura de almacenamiento, con el k-ésimo tiempo de almacenamiento.

$(\alpha\beta\gamma)_{ijk}$ = Efecto de la interacción del l-ésima observación bajo el k-ésimo tiempo de almacenamiento, en el j-ésimo temperatura, sujeto al i-ésimo humedad de almacenamiento.

ϵ_{ijkl} = Efecto del error experimental, que está distribuido como $\epsilon_{ijkl} \sim \text{DNI}(0, \sigma_e^2)$

Para la recolección de datos se realizó el siguiente formato que se muestra en la Tabla 7, donde se registraron todos los datos experimentales para cada variable de respuesta.

Tabla 7. Formato para la recolección de datos.

HUMEDAD (%)	43						61						78					
TEMPERATURA (°C)	10			18			10			18			10			18		
TIEMPO (DÍAS)	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
0																		
60																		
120																		
180																		

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Efecto de los factores condicionantes de almacenamiento sobre el contenido de humedad de los granos de café

Los seis tratamientos en estudio, en el tiempo inicial (0 días) de almacenamiento tuvieron 11.4% de contenido de humedad, posterior a este tiempo el contenido de humedad de los granos de café varió según los tratamientos y las condiciones del almacenamiento (Ver Figuras 14 y 15).

Los tratamientos acondicionados a 78% de humedad relativa y 10°C de temperatura, 78% de humedad relativa y 18°C de temperatura mostraron ganancias de contenido de humedad (16.8 ± 0.3 y $16.7\pm 0.2\%$ respectivamente) en el tiempo (60 días) de almacenamiento, después de este tiempo la variación no fue significativa, ya que llegó al equilibrio higroscópico. En los 180 días de almacenamiento se verificaron contenidos de humedad de 16.6 ± 0.6 y $16.0\pm 0.4\%$ respectivamente.

Figura 14. Variación del contenido de humedad de los granos de café para tres tratamientos de estudio, a 10°C de temperatura con interacción de 43, 61 y 78% de humedad relativa.

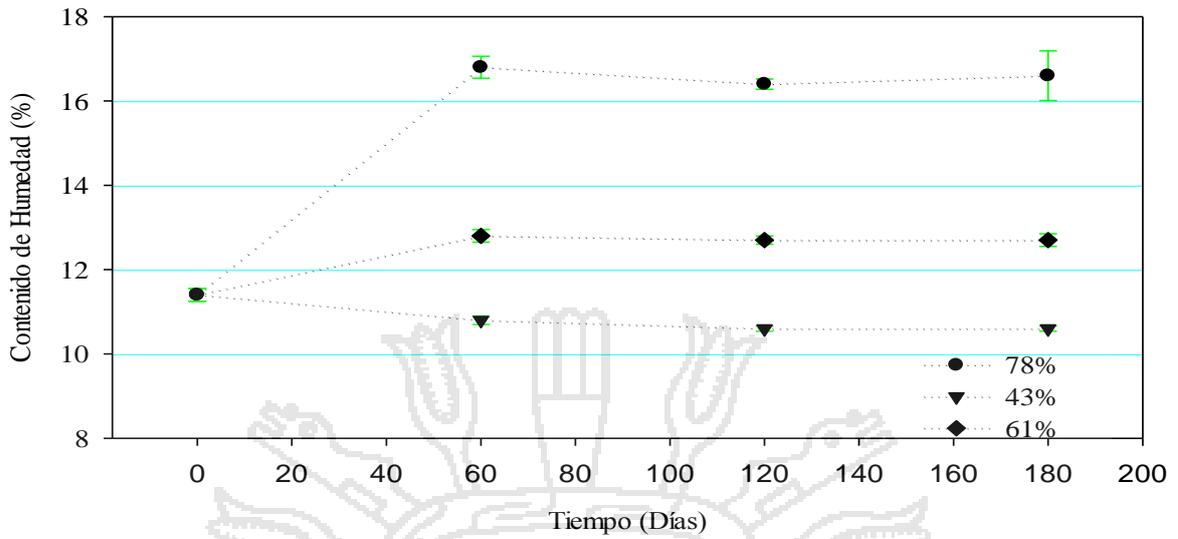
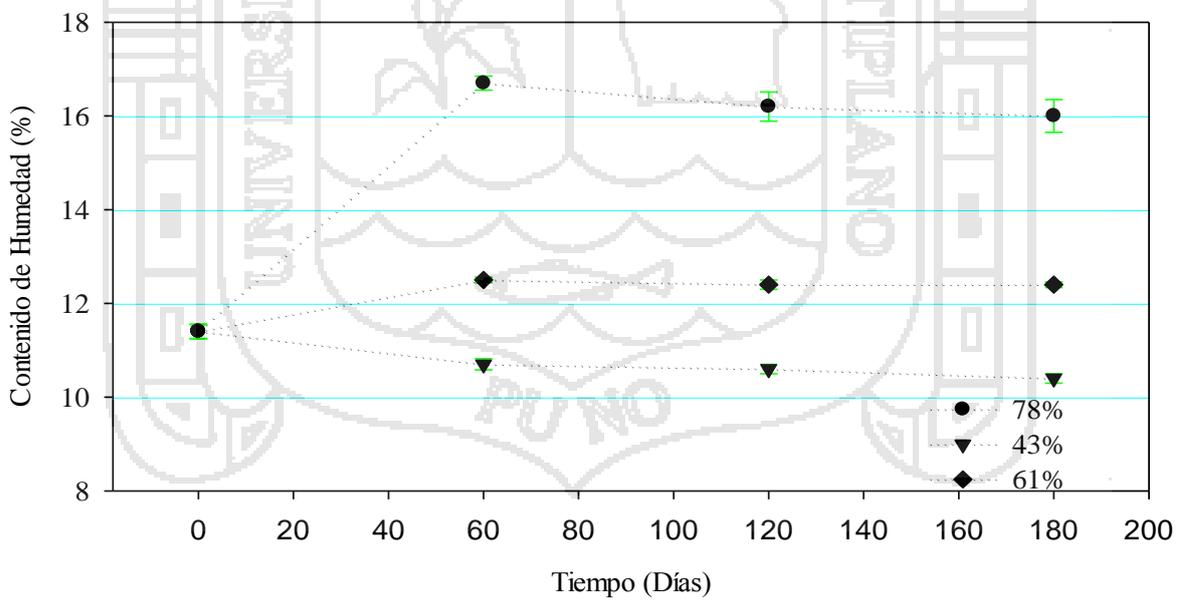


Figura 15. Variación del contenido de humedad de los granos de café para tres tratamientos de estudio, a 18°C de temperatura con interacción de 43, 61 y 78% de humedad relativa.



Según Puerta (2006), este comportamiento se debe a que el café es un producto higroscópico, la variación del contenido de humedad entonces dependerá de las condiciones de almacenamiento.

Los datos del contenido de humedad de equilibrio de los granos de café, se obtuvieron de los resultados promedio del contenido de humedad de cada tratamiento cuando este llega a estabilizarse, como se observa en la Tabla 8. Para efecto de la comparación, la Tabla 8 también presenta los contenidos de humedad de equilibrio obtenidos a partir de la ecuación de Roa. Los parámetros utilizados para el cálculo del contenido de humedad de equilibrio de la ecuación de Roa, tienen validez única para las temperaturas de 0 a 56°C y humedades relativas comprendidas de entre 0 y 100°C. Así mismo la ecuación de Roa se aplicó a los datos experimentales de Rodríguez, Frank e Yanamoto (1969) para café verde *Coffea arabica*, variedad caturra y otros estudios de secado de café. La utilización de esta ecuación (ecuación 7) de comparación justifica la precisión de los datos obtenidos en el presente estudio de investigación.

$$M_e = (61.030 * HR - 108.371 * HR^2 + 74.461 * HR^3)e^{(-0.030*HR+0.070*HR^2-0.035*HR^3)*T} \quad \text{(Ecuación 7)}$$

Donde:

Me= Contenido de humedad de equilibrio b.s. (%)

HR= Humedad relativa (%)

T= Temperatura (°C)

e= Constante de Euler

Tabla 8. Comparación entre los contenidos de humedad de equilibrio obtenidos en el presente trabajo de investigación, con la utilización de la Ecuación de Roa.

Humedad Relativa (%)	Temperatura (°C)	Contenido de Humedad (%)		Desviación
		Experimentales	Ec. Roa	

43	10	10.66	10.53	0.13
	18	10.56	10.31	0.25
61	10	12.73	12.08	0.65
	18	12.43	12.04	0.39
78	10	16.60	14.81	1.79
	18	16.30	15.03	1.27

En la Tabla 9 se presenta el análisis de varianza (ANVA) para el contenido de humedad de los granos de café, el cual nos indica que existe una diferencia altamente significativa ($p \leq 0.05$) para los factores de humedad relativa, tiempo, temperatura, y la interacción entre la humedad relativa y el tiempo. Esto demuestra que los factores que mostraron significancias son dependientes con respecto al contenido de humedad de los granos de café, con un 95.0% de nivel de significancia.

Tabla 9. Análisis de varianza (ANVA) para el contenido de humedad de los granos de café, de diferentes humedades relativas, temperaturas y tiempos de almacenamiento.

F. de Variación	GL	SC	CM	Fc	Significancia
Humedad Relativa (A)	2	236.643	118.321	3064.44	**
Temperatura (B)	1	0.534	0.534	13.83	**
Tiempo (C)	3	46.741	11.580	403.52	**
AxB	2	0.104	0.052	1.34	n.s.
AxC	6	79.153	13.192	341.67	**
BxC	3	0.307	0.102	2.65	n.s.
AxBxC	6	0.145	0.024	0.63	n.s.
Error Experimental	48	1.853	0.039		
Total	71	365.480			

C.V. = 1.5412

Para el factor de la humedad relativa se realizó la prueba de comparación múltiple Tukey (Ver Tabla 10). Se distinguen que los contenidos de humedades medias de los granos de café verde se relacionan directamente con la humedad relativa del almacenamiento; cuando mayor es la humedad relativa del almacenamiento, los granos de café tienden a absorber humedad aumentando su contenido de humedad inicial.

En las Figuras 14 y 15 se observan ganancias y pérdidas del contenido de humedad para los seis tratamientos en estudio. Los tratamientos acondicionados a 78% de humedad relativa presentaron valores medias crecientes y altamente significativos ($15.2 \pm 0.3\%$ de contenido de humedad) respecto al contenido de humedad inicial ($11.4 \pm 0.2\%$ de contenido de humedad). Los tratamientos acondicionados a 61% de humedad relativa también presentaron valores medias crecientes significativos ($12.3 \pm 0.1\%$ de contenido de humedad) respecto al contenido de humedad inicial ($11.4 \pm 0.2\%$ de contenido de humedad). Mientras los tratamientos acondicionados a 43% de humedad relativa presentaron valores medias inversas a los otros tratamientos de estudio ($10.8 \pm 0.1\%$ de contenido de humedad) respecto al contenido de humedad inicial ($11.4 \pm 0.2\%$ de contenido de humedad).

Según CENICAFÉ (1999), estas variaciones se deben a que el café es un producto higroscópico, y son dependientes de la humedad relativa y temperatura ambiental, los datos obtenidos a partir de la ecuación de Roa (Ecuación 7) concuerdan con los datos experimentales, los cuales están en función de la humedad relativa y temperatura. La SCAA (2011), establece los rangos de 10 a 12.5% de contenido de humedad para los granos del café como óptimos, para su preservación. Puerta (2008) afirma que, los contenidos de humedades fuera de los límites establecidos generan el deterioro del producto.

Tabla 10. Prueba de Comparación múltiple Tukey para el contenido de humedad, según la humedad relativa, $\alpha=0.05$

Humedad Relativa	N	Media	
78	24	15.2±0.3	a
61	24	12.3±0.1	b
43	24	10.8±0.1	c

Para el factor del tiempo de almacenamiento se realizó la prueba de comparación múltiple Tukey (Ver Tabla 11). Se distinguen que los contenidos de humedades medias de los granos de café verde, tuvieron variaciones respecto al tiempo inicial. Los rangos aceptables del contenido de humedad del café verde comprenden desde el 10 hasta 12.5%, esto según las normas de la SCAA.

Tabla 11. Prueba de Comparación múltiple Tukey para el contenido de humedad, según el tiempo, $\alpha=0.05$

Tiempo (Días)	N	Media	
60	18	13.4±0.2	a
120	18	13.1±0.1	b
180	18	13.1±0.1	b
0	18	11.4±0.2	c

Los valores media muestran contenidos de humedad de los granos de café fuera de los rangos establecidos, para los tiempos de 60, 120 y 180 días de almacenamiento, estos valores se asocian a la humedad relativa del almacenamiento. Mientras en el tiempo de cero días de almacenamiento el contenido de humedad de los granos de café tuvo una media $11.4 \pm 0.2\%$ y dentro de los rangos establecidos por la SCAA.

4.2. Efecto de los factores condicionantes de almacenamiento sobre la densidad aparente del café

En las Figuras 16 y 17 se observa que en el día 0, la densidad aparente del café verde fue de 722.93 g/l, los datos restantes mostraron variaciones a los largo de los tiempos de almacenamientos estudiados. Así mismo se observa que existieron efectos de las humedades relativas y temperaturas de almacenamiento.

Para tratamientos acondicionados a humedades relativas de 61 y 78%, las densidades aparentes de los granos de café verde mostraron ganancias en pesos por unidad de volumen. Los resultados son reversos para el tratamiento acondicionado a 43% de humedad relativa.

Figura 16. Variación de la densidad aparente de los granos de café verde almacenados a temperatura 10°C, para diferentes humedades relativas.

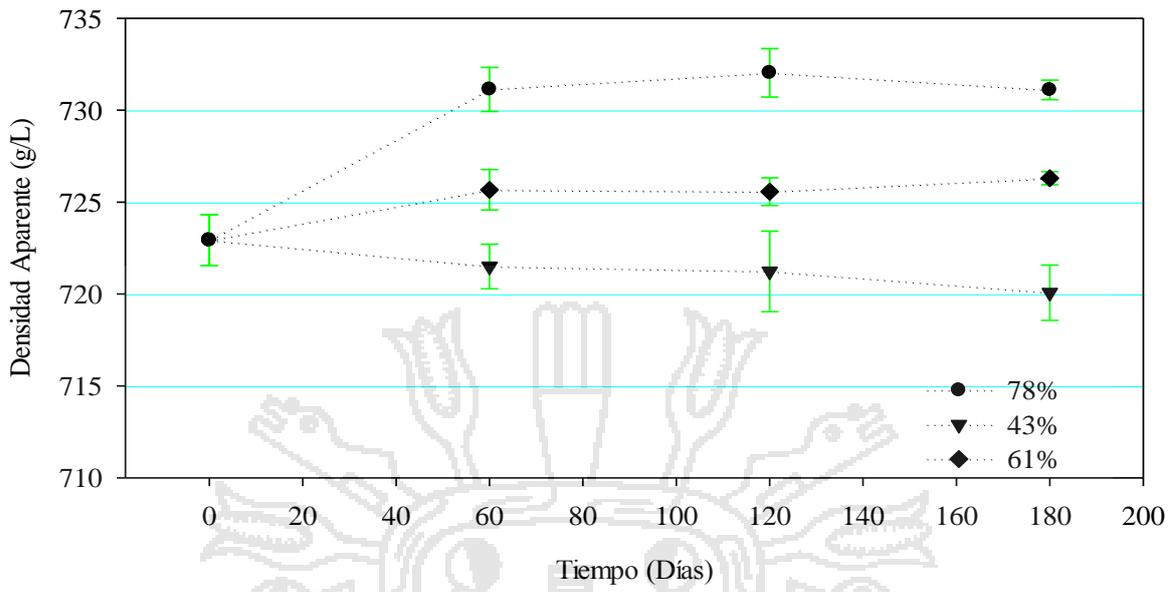
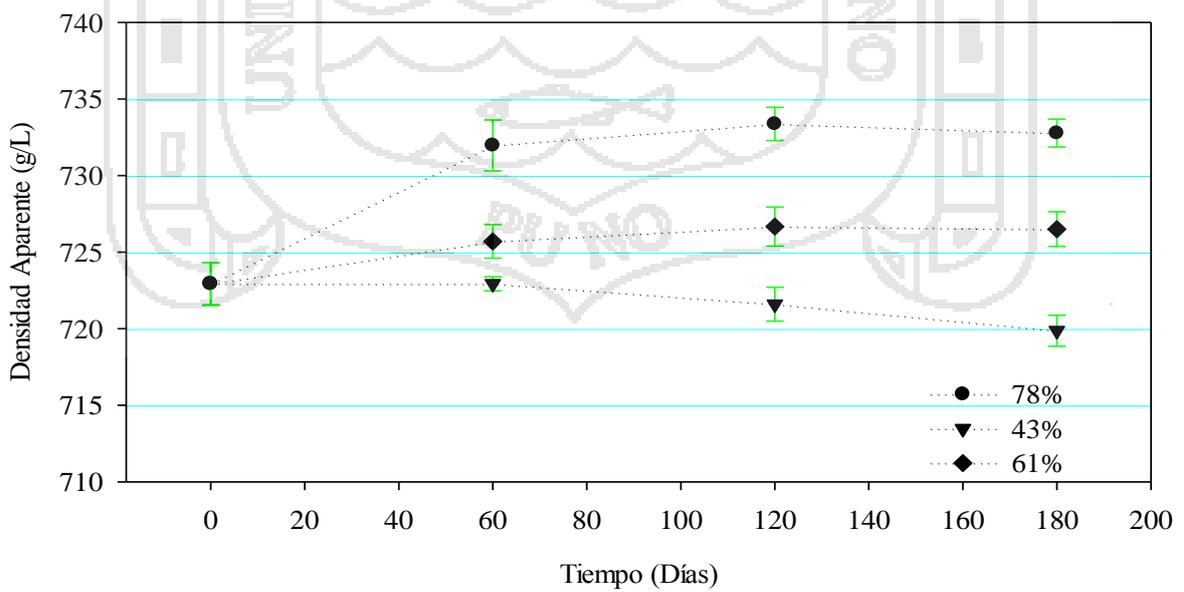


Figura 17. Variación de la densidad aparente de los granos de café verde almacenados a temperatura 18°C, para diferentes humedades relativas.



Según Parra *et al* (2006), la densidad aparente de los granos de café pergamino y café verde tiene una relación directamente proporcional con los contenidos de humedad. A demás IDIAF (2007), menciona que la densidad aparente de los granos de café pergamino y café verde tienen una relación directa con los pisos altitudinales de cultivo, es decir cuanto mayor sea la altitud de los cafetos, mayor serán sus densidades aparentes, estos datos también varían con respecto a las variedades del café.

Los resultados de la presente investigación presentan valores mayores a los obtenidos por Puerta (2006), y Uribe (1977) (Ver Tabla 5), las variaciones pueden deberse a las variedades de estudio, pisos altitudinales de donde procedieron los café (IDIAF, 2007)

En la Tabla 12 se presenta el análisis de varianza (ANVA) para la densidad aparente de los granos de café, el cual nos indica que existe una diferencia significativa ($p \leq 0.05$) para los factores de humedad relativa, temperatura, y la interacción entre la humedad relativa y el tiempo. Esto demuestra que los factores que mostraron significancias son dependientes con respecto al contenido de humedad de los granos de café, con un 95.0% de nivel de significancia.

Tabla 12. Análisis de varianza (ANVA) para la densidad aparente de los granos de café verde, de diferentes tratamientos, en diferentes condiciones de almacenamiento y diferentes tiempos de almacenamiento.

F. de Variación	GL	SC	CM	Fc	Significancia
Humedad Relativa (A)	2	799.117	399.558	260.87	**

Temperatura (B)	1	5.723	5.723	3.74	n.s.
Tiempo (C)	3	170.034	56.678	37.00	**
AxB	2	1.414	0.707	0.46	n.s.
AxC	6	283.876	47.313	30.89	**
BxC	3	2.230	0.743	0.49	n.s.
AxBxC	6	3.728	0.622	0.41	n.s.
Error Experimental	48	73.520	1.532		
Total	71	1339.643			

C.V. = 0.1705

Para el factor de la humedad relativa se realizó la prueba de comparación múltiple Tukey (Ver Tabla 13). La densidad aparente de los granos de café, para los tratamientos acondicionados a 78% de humedad relativa tuvo un valor media de 729.8 ± 3.8 g/l y superior al valor media inicial de 722.9 ± 1.0 g/l, este factor se asocia a la ganancia de peso del agua por unidad de volumen, en el almacenamiento a 78% de humedad relativa. Los tratamientos acondicionados 61% de humedad relativa alcanzaron una media de 725.3 ± 1.1 g/l ligeramente superior a los valores media iniciales 722.9 ± 1.0 g/l, sin embargo, los tratamientos acondicionados a 43% tuvieron un valor media de 721.6 ± 1.2 g/l. Los resultados mostrados reflejan que las densidades aparentes tuvieron una relación directa con los valores del contenido de humedad de los granos de café.

Tabla 13. Prueba de Comparación múltiple Tukey para la densidad aparente del café verde, según la humedad relativa, $\alpha=0.05$

Humedad Relativa	N	Media	
78	24	729.8 ± 3.8	a
61	24	725.3 ± 1.1	b

43

24

721.6±1.2

c

Para el factor tiempo de almacenamiento se realizó la prueba de comparación múltiple Tukey (Ver Tabla 14). En esta prueba se reflejan dos grupos distintos, en el cual las medias 726.7±1.1, 726.5±1.4, 726.1±1.3 g/l para los tiempos de 120, 60 y 180 días de almacenamiento, los valores mencionados son superiores a los valores medias iniciales (722.9±1.0 g/l) de la densidad aparente de los granos de café. Estos valores son proporcionales a los contenidos de humedad de los granos de café.

Tabla 14. Prueba de Comparación múltiple Tukey para el contenido de humedad, según el tiempo, $\alpha=0.05$

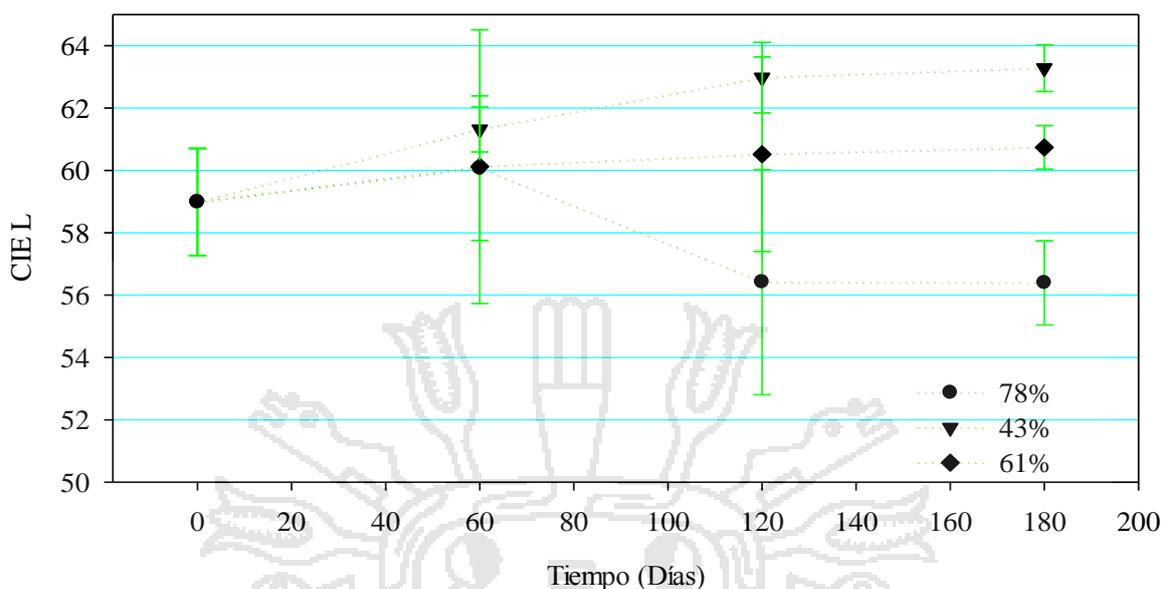
Tiempo (Días)	N	Media	
120	18	726.7±1.1	a
60	18	726.5±1.4	a
180	18	726.1±1.3	a
0	18	722.9±1.0	b

4.3. Efecto de los factores condicionantes de almacenamiento sobre el color de los granos de café

4.3.1. Cambios de parámetros de Luminancia (L^*)

Las Figuras 18 y 19 ilustran las evoluciones de los valores promedio de la Luminancia (L^*) para los diversos tratamientos en el almacenamiento del café. Se puede observar que existe incrementos acusados en los valores L^* , para los tratamientos acondicionados a humedades de 43% y 61%, esto a su vez tiene una relación directa con los tiempos de almacenamiento. Pasando de valores iniciales de 58.9 ± 1.7 ($t=0$ días) a valores de 63.3 ± 0.8 , 62.4 ± 1.1 , 60.7 ± 0.7 , 60.7 ± 3.5 ($t=180$ días) para tratamientos almacenados a humedades relativas de 43 y 61%. Mientras los tratamientos acondicionados a 78% de humedad relativa después de 180 días de almacenamiento descendieron a valores de 56.4 ± 1.4 y 54.8 ± 1.5 de un valor inicial de 58.9 ± 1.7 ($t=0$ días).

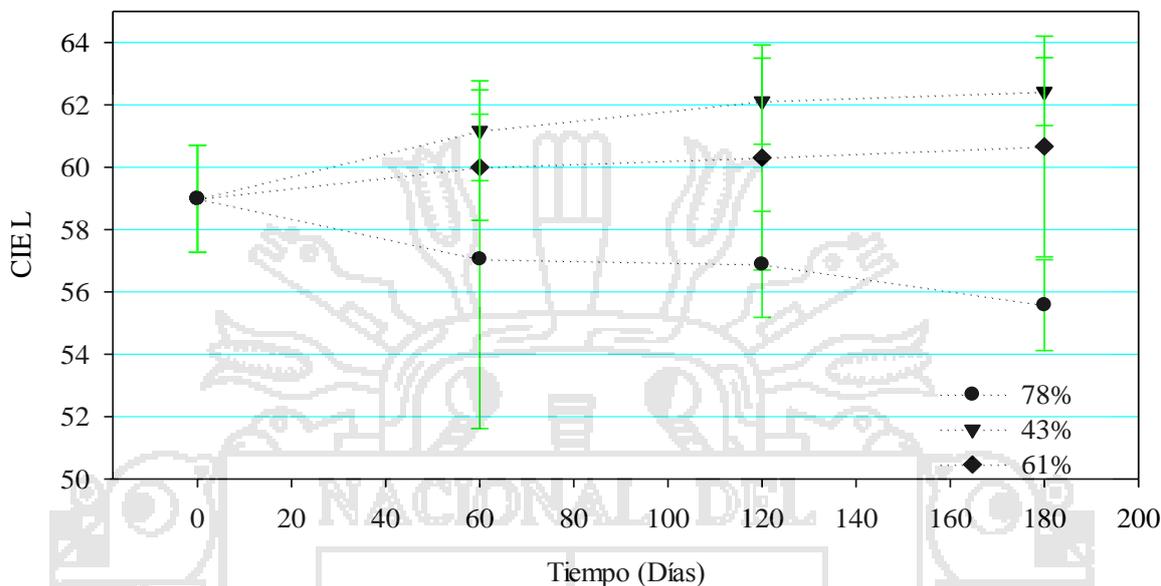
Figura 18. Efecto de la Humedad Relativa en el Color (CIE L^*) de los granos de café, acondicionado a 10°C .



En el Anexo III se muestran los resultados completos del modelo del color RGB convertidas al CIE L^*a^*b . Las Figuras 18 y 19 también muestran que las bajas humedades relativas del almacenamiento (iguales o menores a 43%) y en tiempos prolongados (180 días) tienden a perder los valores iniciales de Luminancia (L^*) iniciales, mientras las altas humedades relativas del almacenamiento poseen efectos contrarios en los valores promedio de Luminancia (L^*). Los aspectos visuales para bajas humedades relativas de almacenamiento mostraron coloraciones (verde pálido), mientras para las altas humedades de almacenamiento los resultados fueron de coloraciones indeseadas (amarillento/ blanqueado/ moteado).

Oliveira (1995) en su trabajo de investigación “Efecto del almacenamiento de los granos del café en la coloración”, concluyó a que, altas humedades (mayores a 67%) y las altas temperaturas (mayores a 20°C) del almacenamiento conducen al blanqueamiento del café en menores tiempos de almacenamiento.

Figura 19. Efecto de la Humedad Relativa en el Color (CIE L*) de los granos de café, acondicionado a 18°C.



En la Tabla 15 se presenta el análisis de varianza (ANVA) para CIE L* en el color del café, el cual nos indica que existe una diferencia significativa ($p \leq 0.05$) para los factores de humedad relativa, y la interacción entre la humedad relativa y el tiempo. Esto demuestra que los factores que mostraron significancias son dependientes con respecto a los valores CIE L* en el color de café, con un 95.0% de nivel de significancia.

Tabla 15. Análisis de varianza (ANVA) de CIE L* en el color del café, de diferentes tratamientos, en diferentes condiciones de almacenamiento y diferentes tiempos de almacenamiento.

F. de Variación	GL	SC	CM	Fc	Significancia
Humedad Relativa (A)	2	258.718	129.359	22.40	**
Temperatura (B)	1	6.837	6.837	1.18	n.s.

Tiempo (C)	3	14.111	4.704	0.81	n.s.
AxB	2	3.496	1.748	0.30	n.s.
AxC	6	134.750	22.458	3.89	**
BxC	3	4.851	1.617	0.28	n.s.
AxBxC	6	11.580	1.930	0.33	n.s.
Error Experimental	72	415.823			
Total	95	850.167			

C.V. = 4.0298

Para el factor Humedad Relativa de almacenamiento se realizó la prueba de comparación Tukey (Ver Tabla 16). Donde no se muestran significancias para los tratamientos de humedad relativa de 43 y 61% sobre los valores L*, mientras el valor media para el tratamiento a 78% de humedad relativa muestra un valor significativo en comparación con los tratamientos de 43 y 61% de humedad relativa. Así mismo esta tabla de comparación refleja que a mayores humedades relativas de almacenamiento de los granos de café, la decoloración se acentuada más.

Coradi *et al* (2008), menciona que los valores medias de las coordenadas L durante los 90 y 180 días de almacenamiento, varían significativamente en condiciones de mayores o iguales a 80% de humedad relativa. Silva (2011) Observó las mayores pérdidas del color inicial, en cuanto el café es almacenado a mayores de 80% de humedad relativa, independientemente de la temperatura de almacenamiento.

Tabla 16. Prueba de Comparación múltiple Tukey para CIE L* del café verde, según la humedad relativa, $\alpha=0.05$

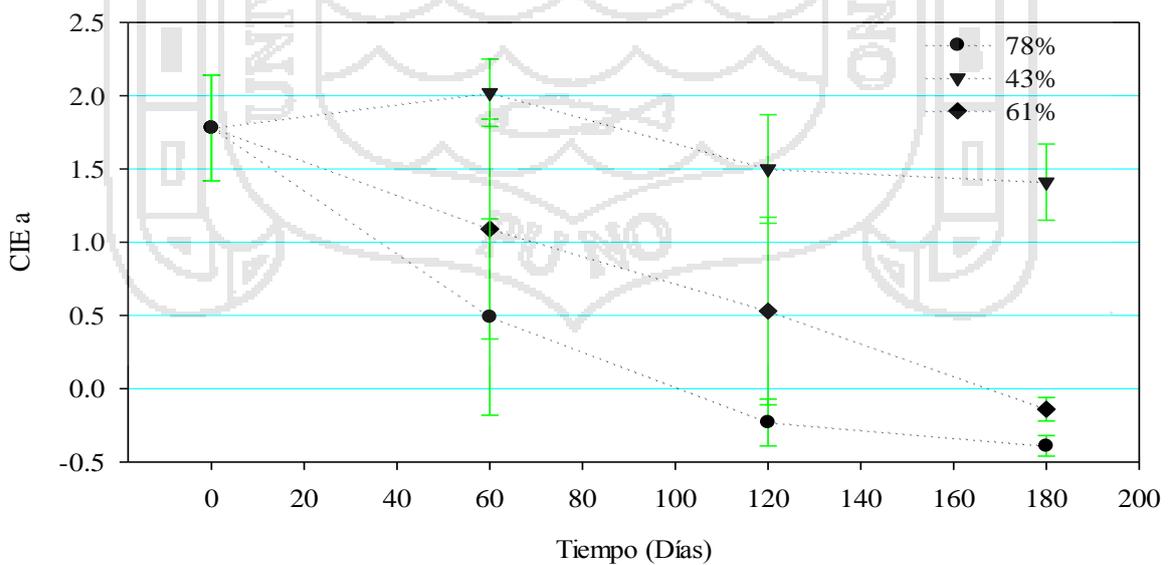
Humedad Relativa	N	Media
------------------	---	-------

43	32	61.4±1.3	a
61	32	60.0±2.6	a
78	32	57.5±2.4	b

4.3.2. Cambios de parámetro a*

En las Figuras 20 y 21 se observan que todos los tratamientos poseen una tendencia decreciente en los valores promedio de coordenadas CIE a*, respecto a los tiempos iniciales (0 días), este resultado es válido para las temperaturas de 10 y 18°C. La evolución de los valores negativos a lo largo del almacenamiento, fueron indicativos a una tendencia de coloraciones exteriores más verdosas, este efecto se mostró para todos los tratamientos en estudio.

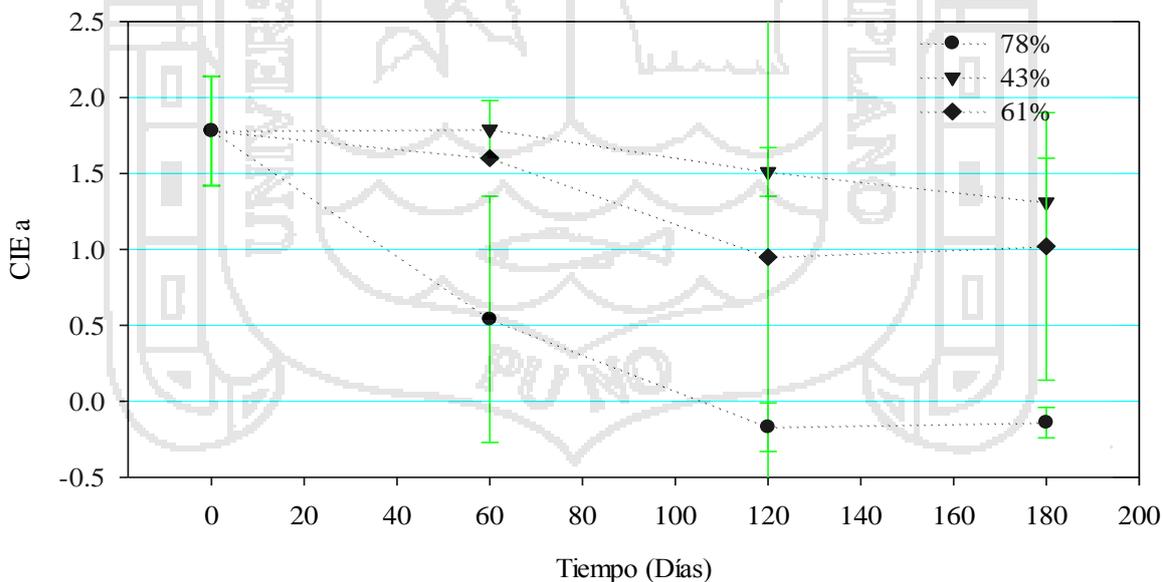
Figura 20. Efecto de la Humedad Relativa en el Color (CIE a) de los granos de café, acondicionado a 10°C.



Las evoluciones de los valores decrecientes y negativos se mostraron significativamente para los tratamientos acondicionados a 78% de humedad relativa y temperatura de 10 y 18°C. Los tratamientos restantes mostraron pequeñas variaciones, decrecientes con valores positivos.

Júnior & Corrêa (2003) y Coradi *et al* (2008) observaron las variaciones de los valores media a^* en función al tiempo del almacenamiento y la humedad relativa del almacenamiento, así mismo encontraron significancias respecto al tipo de secado (Secado mecánico), y al beneficiado por vía húmeda y/o seco.

Figura 21. Efecto de la Humedad Relativa en el Color (CIE a) de los granos de café, acondicionado a 18°C.



En la Tabla17 se presenta el análisis de varianza (ANVA) para CIE a^* en el color del café, el cual nos indica que existe una diferencia significativa ($p \leq 0.05$) para los

factores de humedad relativa, tiempo, interacción entre la humedad relativa y el tiempo. Esto demuestra que los factores que mostraron significancias son dependientes con respecto a los valores CIE a* en el color de café, con un 95.0% de nivel de significancia.

Tabla 17. Análisis de varianza (ANVA) de CIE a* en el color del café, de diferentes tratamientos, en diferentes condiciones de almacenamiento y diferentes tiempos de almacenamiento.

F. de Variación	GL	SC	CM	Fc	Significancia
Humedad Relativa (A)	2	22.152	11.076	40.28	**
Temperatura (B)	1	0.760	0.760	2.76	n.s.
Tiempo (C)	3	23.989	7.996	29.08	**
AxB	2	1.527	0.763	2.78	n.s.
AxC	6	7.769	1.295	4.71	**
BxC	3	0.623	0.208	0.75	n.s.
AxBxC	6	0.888	0.148	0.54	n.s.
Error Experimental	72	19.800	0.275		
Total	95	77.507			

C.V. = 4.9608

Para el factor Humedad Relativa de almacenamiento se realizó la prueba de comparación Tukey (Ver Tabla 18). Donde los resultados muestran resultados significativos para cada tratamiento. Se observa que para los tratamientos acondicionados a 78% de humedad relativa los valores (0.5 ± 0.3) son decrecientes respecto a los valores medias (1.8 ± 0.4) mostrados en el tiempo de almacenamiento inicial de cero días. Estos

resultados muestran la tendencia de las decoloraciones y/o pérdidas de la coloración inicial.

Borém (2008) afirma que, los métodos del almacenamiento también determinan las decoloraciones. Olviera (1995) observó mayores pérdidas de coloración de los granos de café, a los tratamientos evaluados a las humedades relativas mayores a 80%. Así mismo, observó las decoloraciones están relacionadas con exposición a la luz.

Tabla 18. Prueba de Comparación múltiple Tukey para CIE a* del café verde, según la humedad relativa, $\alpha=0.05$

Humedad Relativa	N	Media	
43	32	1.6±0.3	a
61	32	1.1±0.6	b
78	32	0.5±0.3	c

4.3.3. Cambios de parámetro b

En las Figuras 22 y 23 se observan que todos los tratamientos presentan valores promedio decrecientes y crecientes en las coordenadas de CIE b*, con variaciones no significativas, los valores positivos indican que presentaron coloraciones de amarillo.

Figura 22. Efecto de la Humedad Relativa en el Color (CIE b) de los granos de café, acondicionado a 10°C.

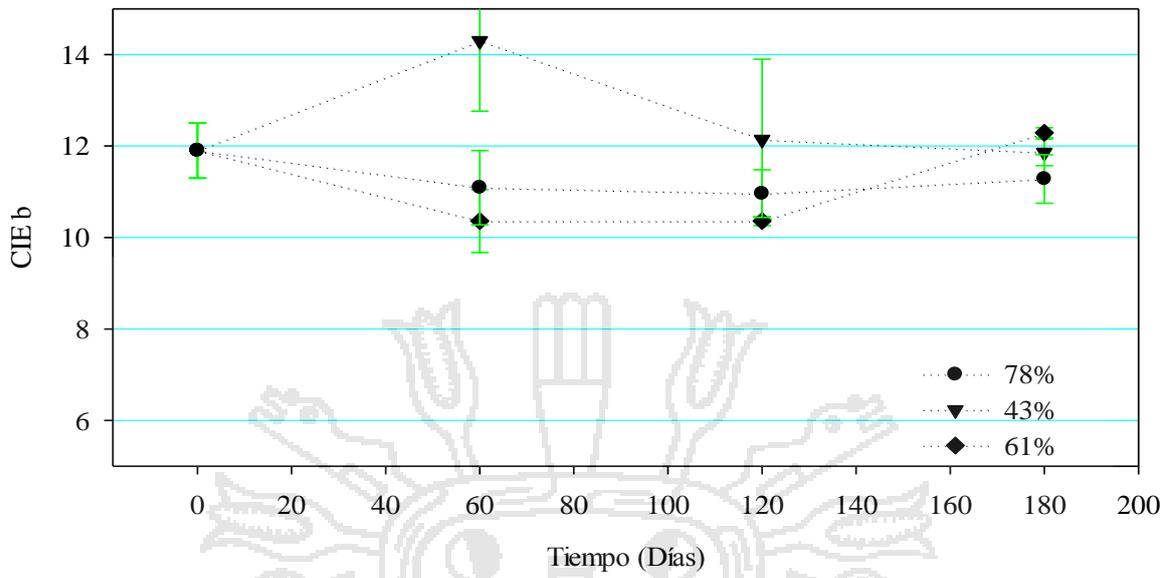
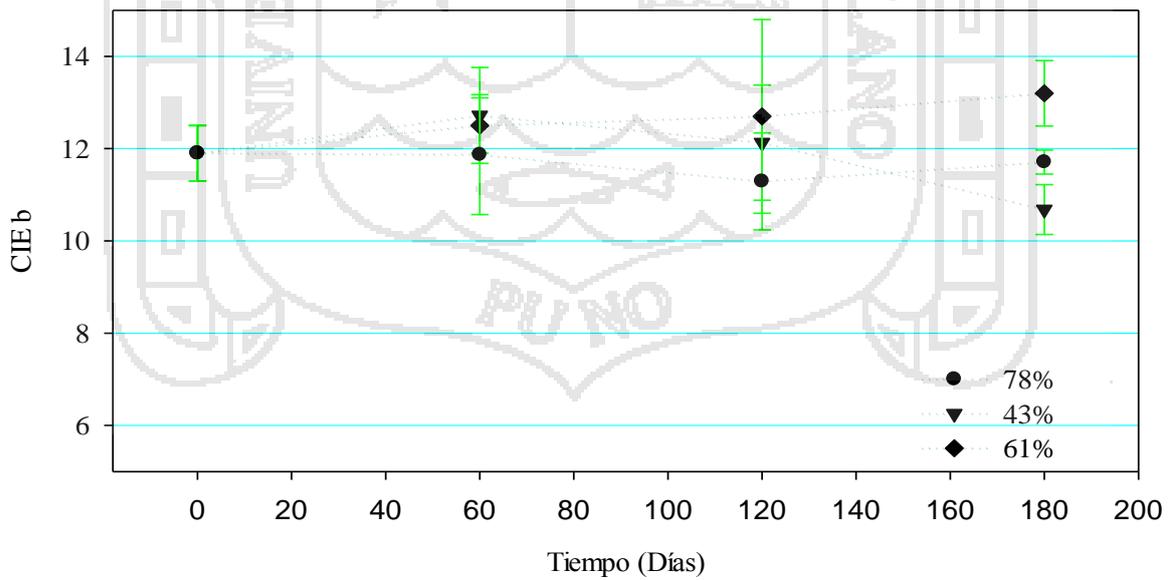


Figura 23. Efecto de la Humedad Relativa en el Color (CIE b) de los granos de café, acondicionado a 18°C.



En la Tabla 19 se presenta el análisis de varianza (ANVA) para CIE b* en el color del café, el cual nos indica que existe una diferencia significativa ($p \leq 0.05$) para los factores de humedad relativa, la interacción de la humedad relativa y tiempo, y la interacción entre la humedad relativa y el tiempo. Esto demuestra que los factores que mostraron significancias son dependientes con respecto a los valores CIE b* en el color de café, con un 95.0% de nivel de significancia.

Para el factor Humedad Relativa de almacenamiento se realizó la prueba de comparación Tukey (Ver Tabla 20). Donde los resultados muestran resultados significativos para cada tratamiento. Observándose que, a mayores humedades relativas de almacenamiento, menores son los valores b*

Tabla 19. Análisis de varianza (ANVA) de CIE b* en el color del café, de diferentes tratamientos, en diferentes condiciones de almacenamiento y diferentes tiempos de almacenamiento.

F. de Variación	GL	SC	CM	Fc	Significancia
Humedad Relativa (A)	2	8.422	4.211	4.27	**
Temperatura (B)	1	1.868	1.868	1.89	n.s.
Tiempo (C)	3	5.725	1.908	1.94	n.s.
AxB	2	13.610	6.805	6.90	**
AxC	6	24.664	4.111	4.17	**
BxC	3	3.042	1.014	1.03	n.s.
AxBxC	6	7.166	1.194	1.21	n.s.
Error Experimental	72	70.991	0.986		
Total	95	135.488			

C.V. = 7.3417

Para el factor de la humedad relativa se realizó la prueba de comparación múltiple Tukey (Ver Tabla 20), se distinguieron 3 grupos, donde los valores medias b^* tienden a disminuir ligeramente respecto a tratamientos acondicionados a 43 y 61% de humedad relativa. Estos factores podrían deberse a las condiciones del almacenamiento y los contenidos de humedad de los granos de café. Junior y Corrêa (2003), encontraron valores media de b^* (11.0) en los tiempo de 360 días del almacenamiento, teniendo como valor inicial media (10.0) en los cero días del almacenamiento.

Tabla 20. Prueba de Comparación múltiple Tukey para CIE b^* del café verde, según la humedad relativa, $\alpha=0.05$

Humedad Relativa	N	Media	
43	32	12.2±2.3	a
61	32	12.0±0.7	ab
78	32	11.5±0.7	b

4.4. Efecto de los factores condicionantes de almacenamiento sobre la puntuación final en la evaluación sensorial.

En la Tabla 21 se presentan los resultados promedio de la puntuación final de la evaluación sensorial de los seis tratamientos de estudio acondicionados a humedades relativas de 43, 61 y 78% y temperaturas de 10 y 18°C. Según la escala (0 a 100 puntos) de clasificación SCAA, se observa que en el tiempo: cero días, el material experimental (café, variedad bourbón) presentó una puntuación final promedio de 85.0±0.9 puntos, siendo café de grado especial; esto según los parámetros de la SCAA. Observándose después de este tiempo resultados crecientes y decrecientes, según los factores condicionantes del almacenamiento y/o tratamientos de estudio. Los resultados mostrados demuestran que las humedades relativas mayores o iguales a 78% del almacenamiento son la principal causa de la pérdida de calidad sensorial.

Tabla 21. Resultados promedio de la puntuación final de la evaluación sensorial del café, variedad bourbón, de los seis tratamientos en estudio.

Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Tiempo de almacenamiento (Días)			
		0	60	120	180
10	43	85.0±0.9	86.5±0.9	84.8±1.0	82.1±0.8
	61	85.0±0.9	86.8±0.4	85.8±1.0	83.4±0.6
	78	85.0±0.9	84.4±0.9	79.9±0.9	79.2±1.0
18	43	85.0±0.9	86.9±0.4	84.6±1.4	82.1±0.9
	61	85.0±0.9	87.1±0.4	85.4±1.5	83.2±0.8
	78	85.0±0.9	84.1±1.0	79.5±0.5	77.7±2.1

n=3

Según Viera *et al* (2001), Correa *et al* (2003), concluyeron que la pérdida de calidad es causada por la variación del contenido de humedad de los granos de café. Borém *et al* (2012) afirma que existen efectos de los métodos de almacenamiento (Envases herméticos) sobre las características sensoriales del café en los 360 días de almacenamiento, validando las conclusiones de Viera *et al* (2001), Correa *et al* (2003). Estudios de Favarin *et al* (2004), afirman que encontraron diferencias significativas en la puntuación final de la evaluación sensorial en relación a la post cosecha de café.

Según Díaz (2012), el ritmo de deterioro de la calidad sensorial de café es dependiente de las variedades, y las zonas de cultivo, los estudios de Puerta (2006) mencionan que el agua y/o el contenido de agua influyen en la textura, sabor y la calidad de los alimentos, que también son una de las causas de la naturaleza perecedera, influyendo en el crecimiento de los microorganismos.

Las investigaciones recientes de Puerta (2006), afirman que, la calidad de los granos de café pergamino sanos con contenido de humedad entre 10 y 12% se conserva cuando se almacenan hasta por 10 meses en condiciones de temperatura de 8 a 15°C y una humedad relativa entre 65 y 70%.

En la Tabla 22 se presenta el análisis de varianza (ANVA) para la puntuación final de la evaluación sensorial del café, el cual nos indica que existe una diferencia significativa ($p \leq 0.05$) para los factores de humedad relativa, tiempo, y la interacción entre la humedad relativa y el tiempo. Esto demuestra que los factores que mostraron significancias son dependientes con respecto a la puntuación final en la evaluación sensorial del café, con un 95.0% de nivel de significancia.

Tabla 22. Análisis de varianza (ANVA) de la puntuación final en la evaluación sensorial del café, de los seis tratamientos en estudio.

F. de Variación	GL	SC	CM	Fc	Significancia
Humedad Relativa (A)	2	153.731	76.865	82.91	**
Temperatura (B)	1	1.063	1.063	1.15	n.s.
Tiempo (C)	3	228.746	76.249	82.25	**
AxB	2	0.918	0.459	0.5	n.s.
AxC	6	68.887	11.481	12.38	**
BxC	3	1.829	0.610	0.66	n.s.
AxBxC	6	1.450	0.242	0.26	n.s.
Error Experimental	48	44.500	0.927		
Total	71	501.124			

C.V. = 1.1479

Para el factor de la humedad relativa se realizó la prueba de comparación múltiple Tukey (Ver Tabla 23). Los resultados de esta prueba señalan que los tratamientos acondicionados a humedades relativas de 61% presentaron los mejores resultados, siendo la media 85.2 ± 0.8 puntos junto a los tratamientos en estudio a 43% de humedad relativa que también presentaron resultados positivos, siendo la media 84.6 ± 0.9 puntos. Mientras los tratamientos acondicionados a 78% de humedad relativa presentaron resultados decrecientes y significativos, con una media de 81.8 ± 1.0 puntos.

Según Puerta (2006), Viera *et al* (2001), Correa *et al* (2003), concluyeron que la pérdida de calidad sensorial es causada por la variación del contenido de humedad de los granos de café. Las variaciones medias de los contenidos de humedad de los seis tratamientos en estudio se encuentran en las Figuras 14 y 15.

Tabla 23. Prueba de Comparación múltiple Tukey para la puntuación final de la evaluación sensorial, según la humedad relativa, $\alpha=0.05$

Humedad Relativa	n	Media	
61	24	85.2±0.8	a
43	24	84.6±0.9	a
78	24	81.8±1.0	b

Oliveira (1995) afirma que, los contenidos de humedad superiores a 13% causan internamente una fermentación lenta y por consecuencia el deterioro. Este dato concuerda con los resultados obtenidos en el presente estudio, puesto que los tratamientos acondicionados a 78% de humedad relativa tuvieron una media de $15.2\pm 0.2\%$ de contenido de humedad. Mientras los tratamientos acondicionados a 61 y 43% de humedad relativa tuvieron valores media de 12.3 ± 0.1 y $10.8\pm 0.1\%$ de contenido de humedad respectivamente.

Así mismo Oliveira (1995) afirma que, cualquier factor ambiental que altere la estructura de la membrana, por ejemplo el ataque de los insectos, las infecciones por microorganismos, las alteraciones fisiológicas o los daños mecánicos, provocan el rápido deterioro de los granos del café. Una vez dañada la membrana celular ocurren un mayor contacto entre las enzimas y los compuestos químicos presentes dentro y fuera de las células del grano, provocando reacciones químicas que modifican la composición original del café verde.

Coradi *et al* (2008), en su estudio “Qualidade do café natural e despulpado após diferentes tipos de secagem e armazenamento” concluyó que, durante los 180 días de almacenamiento, las mejores notas del análisis sensorial encontró para las condiciones

de humedad relativa de 60%, independientemente de los dos tipos de secado y procesado por vía húmeda y/o seco.

Para el factor del tiempo se realizó la prueba de comparación múltiple Tukey (Ver Tabla 24). Los resultados de esta prueba señalan que en el tiempo de 60 días de almacenamiento se presentaron los mejores resultados en la puntuación final de la evaluación sensorial de los granos de café, siendo en valor media 85.9 ± 0.7 puntos, este resultado es ligeramente superior y no significativo al valor media 85.0 ± 0.9 puntos, presentado en el tiempo de 0 días. En el tiempo de 120 días el valor media (83.4 ± 1.1 puntos) es ligeramente decreciente y significativo a los grupos anteriores (0 y 60 días de almacenamiento). Mientras para el tiempo de 180 días de almacenamiento el valor media (81.3 ± 1.0 puntos) fue bastante inferior a los valores medios de los grupos anteriores (0, 60 y 120 días de almacenamiento).

Puerta (2008), Coradi (2008) y Oliveira (1995) afirman que, las condiciones y el tiempo del almacenamiento, el tipo de secado, beneficiado y el origen determinan el ritmo de deterioro de los granos del café. Díaz (2012) afirma que, una vez dañado el embrión de los granos del café, esta tiende a perder las notas sensoriales iniciales.

Tabla 24. Prueba de Comparación múltiple Tukey para la puntuación final de la evaluación sensorial, según el tiempo, $\alpha=0.05$

Tiempo (Días)	N	Media	
60	18	85.9 ± 0.7	a
0	18	85.0 ± 0.9	a
120	18	83.4 ± 1.1	b
180	18	81.3 ± 1.0	c

CONCLUSIONES

1. El contenido de humedad de los granos del café varió en función a las condiciones del almacenamiento; se observó ganancias y pérdidas de contenido de humedad para altas y bajas humedades relativas del almacenamiento, respectivamente. Las pérdidas del color de los granos de café se observaron con el aumento del tiempo y las humedades relativas altas del almacenamiento. Las densidades aparentes de los granos de café varió en función de las bajas y altas humedades relativas del almacenamiento.

2. La Puntuación final (Catación - SCAA) de los atributos en la evaluación sensorial se relacionó con el tiempo y la humedad relativa de almacenamiento; a los 180 días de almacenamiento, todos los tratamientos mostraron pérdidas de calidad. Siendo el tratamiento acondicionado a 61% de humedad relativa y temperatura de 10°C la que mostró menores pérdidas de calidad, mientras el tratamiento a 78% de humedad relativa y a temperatura de 18°C se reflejó una mayor pérdida de calidad sensorial (Café con grado sin especialidad).

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda evaluar otros métodos de almacenamiento para preservar la calidad de café, por periodos largos.
2. Se recomienda realizar estudios de caracterización física y sensorial de café por variedades, pisos altitudinales, ubicaciones geográficas de café.
3. Se recomienda estudiar el comportamiento de las propiedades físicas, sensoriales de las diferentes variedades de café.



BIBLIOGRAFÍA

- Abramoff, M. D., Magelhaes, P. J., & Ram, S. J. (2004). Image processing with Image J. *Biophotonics International*, 11, 36 – 42.
- Alpizar, E., Bertrand, B. (2004). Incidence of elevation on chemical composition and beverage quality of coffee in Central America. In.: 20th International Conference in Coffee Science, 11-15 October 2004, Bangalore. ASIC, Bangalore, India, 1 CD-ROM.
- Alvarado Soto, M. & Rojas Cubero, G. (2007). El Cultivo y el beneficiado de Café. Primera Edición. Editorial Universidad estatal a Distancia San José. Costa Rica.
- Barrera, L. (2010). Desarrollo e implementación de algoritmos para el sistema de percepción y localización de los robots bogobots. Grado de maestro en Ciencias de Ingeniería, Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Atizápan de Zaragoza.
- Borém, F.M., Ribeiro F.C., Figueiredo L.P., Giomo, G.S., Fortunato, V.A., & Isquierdo, E.P. (2012). Evaluation of the sensory and color quality of coffee beans stored in hermetic packing. *Journal of Stored Products Research*. 52 (2013) 1-6.
- Brennan, J. G. (2008). Manual del procesado de los alimentos. Editorial Acribia S.A. Zaragoza (España).
- Castleman, K. R. (1996). Digital Imaging Processing. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall.
- Catania, C., & Avagnina, S. (2007). El análisis sensorial. Curso superior de degustación de vinos. INTA, Mendoza, Argentina.

- Centro de Comercio Internacional (ITC). (2011). Guía del exportador del café. Tercera Edición. Ginebra, Suiza. Disponible en: <http://www.intracen.org>. Consultado el 14/01/2014
- Coffee Quality Institute (CQI). (2013). Q Grader. Disponible en: <http://www.coffeeinstitute.org/the-q-coffee-system/become-a-q-grader>. Consultado el 08/04/2014.
- Coradi, P.C., Borém, F.M., & Oliveira, J.A. (2008) Qualidade do café natural e despulpado após diferentes tipos de secagem e armazenamento. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. v.12, n.2, p181-188, 2008. Ed. Agriambi.
- Corrêa, P.C., Afonso Junior, P.C., Silva, F.S., & Ribeiro, D.M. (2003). Qualidade dos grãos de café (*Coffea arabica L.*) durante o armazenamento 7, 137-147. Ed. Café.
- Cuevas, E., Zalvívar, D., & Pérez, M. (2010). Procesamiento digital de imágenes usando MATLAB y Simulink (Primera ed.). Alfaomega Grupo Editor S.A. México.
- Du, C. & Sun, D. (2004). Recent developments in the applications of image processing techniques for food quality evaluation. *Food Science and Technology*, 15, 230-249.
- Favarin, J.L., Villela, A.L.G., Moraes, M.H.D., Chamma, H.M.C.P., Costa, J.D., & Dourado Neto, D. (2004). Qualidade da bebida de café de frutos cereja submetidos a diferentes manejos pós-clheita. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 39, 187-192.
- Gonzalez, R., & Woods, R. (1996). Tratamiento digital de imágenes, Addison-Wesley Publishing Co, Reading, Washington.
- Ibañez, V. (2009). Análisis y Diseño de Experimentos (Primera ed.). Editorial universitaria. Puno, Perú.

- Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF). (2007).
Determinación de los atributos de la calidad de café en zonas productoras de la
República Dominicana. p.26
- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). (2010). Protocolos
de Análisis de calidad de café: Programa cooperativo regional para el desarrollo
tecnológico y modernización de la caficultura PROMECAFE. Guatemala.
- Junta Nacional de Café (JNC). (2013). Producción y Exportación.
- Júnior, P.C.A., & Corrêa, P.C. (2003). Influência do tempo de armazenagem na cor dos
grãos de café pré-processados por “via seca” e “via úmida”. Cienc. Agrotec., Lavras
- Brasil. v.27.
- Lingle, T. R., (1993). The Basics of Cupping Coffee. Specialty Coffee Association of
America, Long Beach. p.43.
- Mac Dougall, D.B. (2002). Colour measurement of food: principles and practice. Boca
Raton: Colour in food.CRC Press.
- Malta, M.R., Chagas, S.R.J., & Oliveira, W.M. (2003). Composição físico-química e
qualidade do café submetido a diferentes formas de pré-processamento. Revista
Brasileña de Armazenamento 6,37-41. Ed. Café.
- Medina, W., Skurtys, O. & Aguilera, J. M. (2010). Study on image analysis application
for identification Quinoa seeds (*Chenopodium quinoa Willd*) geographical
provenance. Journal Food Science and Technology, 43, 238–246.
- Mery, D., & Pedreschi, F. (2005). Segmentation of colour food images using a robust
algorithm. Journal of Food Engineering, 66, 353 - 360.

Ministerio de Agricultura (MINAG). (2014). Variedades de Café. Disponible en:

<http://www.minag.gob.pe/portal/sector-agrario/agricola/cultivos-de-importancia-nacional/caf%C3%A9/caf%C3%A9s-especiales-en-el-per%C3%BA>. Consultado el 08/04/2014.

Norma Técnica Peruana (NTP). (2009). NTP 209.027. Requisitos Para Café Verde. INDECOPI. Lima, Perú.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (FAO). (1986). Determinación de Humedad: disponible en: <http://www.fao.org/docrep/x5027S/x5027S02.htm>. Consultado el 08/04/2014

Organización Internacional del Café (OIC). (2013). Aspectos botánicos.

Pérez, M.B. (2007). Frutas y Hortalizas Cortadas en Fresco: definición, calidad, y tecnologías. Medellín: Universidad Nacional de Colombia.

Puerta, G.I. (2006). La humedad controlada del grano preserva la calidad de café. Avances técnicos. CENICAFÉ, Chinchiná, Colombia. p.v.

Ribeiro, F.C., Borém, F.M., Giomo, G.S., Lima, R.R., Malta, M.R., & Figueiredo, L.P. (2011). Storage of Green coffee in hermetic packaging injected with CO₂. Journal of Stored Products Research 47, 341-348.

Silva, R. P. G. (2011). Qualidade de grãos de café (*Coffea arábica* L.) armazenados em coco com diferentes níveis de umidade. Revista Brasileira de Armazenamento, v. especial, n.3, p.3-10.

Specialty Coffee Association of America (SCAA). (2011). Manual de defectos, de café verde arabica. Long Beach. p.1.

Viani R. (1991). The composition of coffee. In: caffeine, coffee, and health. S. Garatini

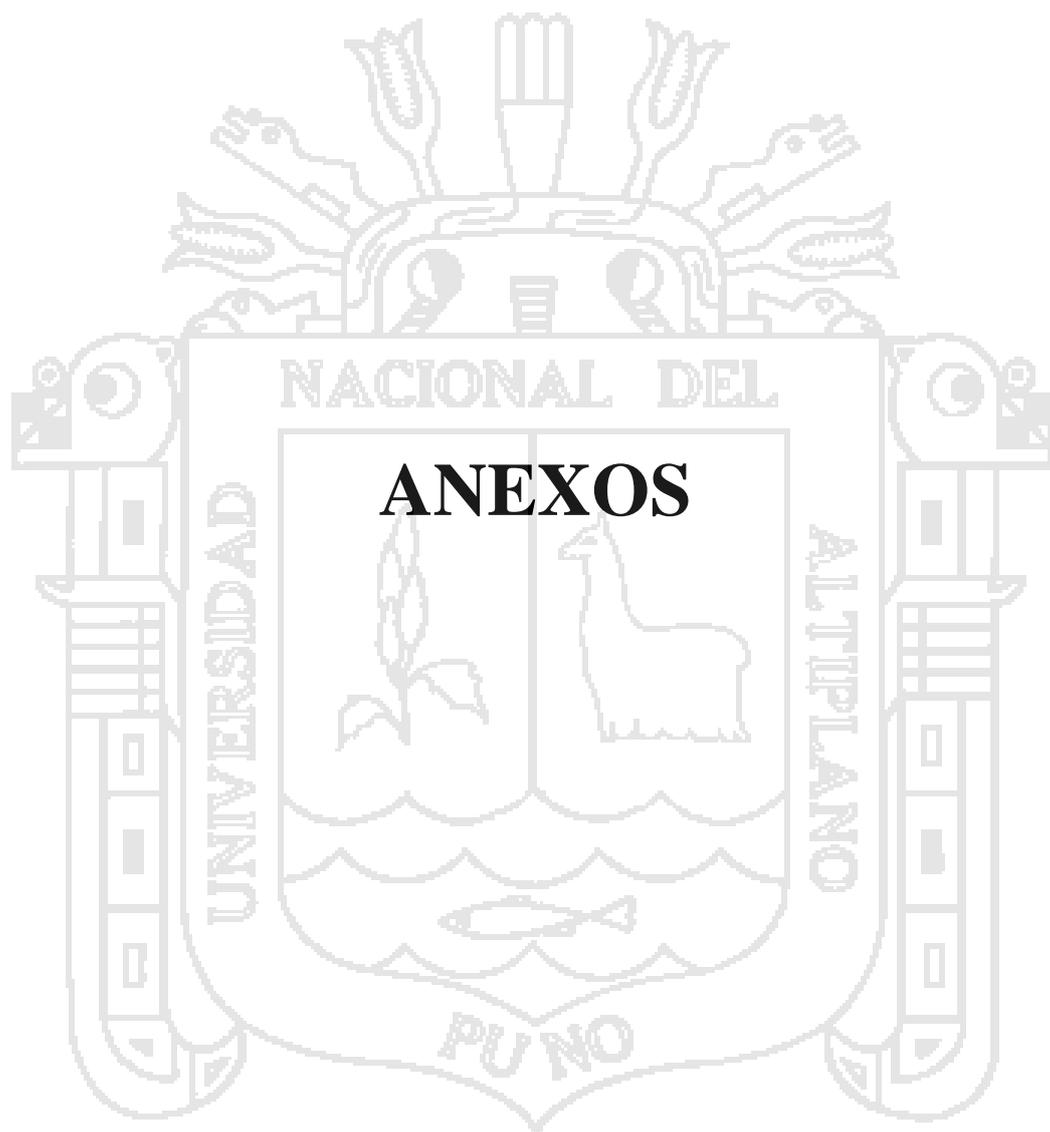
Ed. New York: Raven Press, Ltd. p. 17-41

Viera, R.D., Tekrony, M.D., Egli, D.B., & Rucker, M. (2001). Electrical conductivity of

soybean seeds after storage in several environments, *Seed Science and Technology*

29, 599-608.





ANEXO II

Características de la plancha perforada de las zarandas con aperturas redondas

# Zaranda	20	19	18	17	16	15	14
Diámetro (mm)	8.00	7.50	7.10	6.70	6.30	6.00	5.60
Tolerancia (mm±0.05)	±0.09	±0.09	±0.09	±0.08	±0.08	±0.08	±0.07

Fuente: IICA (2010)



ANEXO III

Resultados de valores obtenidos en las evaluaciones de: análisis sensorial, contenido de humedad, densidad aparente, y color.

ANÁLISIS SENSORIAL

HUMEDAD (%)	43						61						78					
	10		18		26		10		18		26		10		18		26	
TIEMPO (DÍAS)	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
0	85.25	85.75	84.00	85.25	85.75	84.00	85.25	85.75	84.00	85.25	85.75	84.00	85.25	85.75	84.00	85.25	85.75	84.00
60	86.75	87.25	85.50	87.25	87.00	86.50	86.50	87.25	86.50	87.25	86.50	87.00	86.75	87.50	85.25	83.50	84.50	84.25
120	84.50	86.00	84.00	85.00	83.00	85.75	85.50	87.00	85.00	87.00	85.00	87.00	84.00	85.25	80.75	79.00	80.00	79.00
180	83.00	81.50	82.00	83.00	81.25	82.00	84.00	83.50	82.75	83.00	84.00	82.50	79.50	78.00	80.00	76.00	80.00	77.00

CONTENIDO DE HUMEDAD

HUMEDAD (%)	43						61						78					
	10		18		26		10		18		26		10		18		26	
TIEMPO (DÍAS)	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
0	11.20	11.40	11.50	11.20	11.40	11.50	11.20	11.40	11.50	11.20	11.40	11.50	11.20	11.40	11.50	11.20	11.40	11.50
60	10.80	10.90	10.70	10.60	10.80	10.80	12.90	12.80	12.60	12.50	12.60	12.50	16.70	17.10	16.60	16.70	16.80	16.50
120	10.70	10.60	10.60	10.60	10.50	10.70	12.70	12.60	12.80	12.50	12.30	12.40	16.30	16.50	16.30	16.10	16.50	15.90
180	10.60	10.60	10.50	10.50	10.40	10.30	12.70	12.80	12.50	12.30	12.40	12.40	16.40	16.20	17.30	16.20	16.20	15.60

DENSIDAD APARENTE

HUMEDAD (%)	43						61						78					
	10		18		26		10		18		26		10		18		26	
TIEMPO (DÍAS)	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
0	721.40	723.30	724.10	721.40	723.30	724.10	721.40	723.30	724.10	721.40	723.30	724.10	721.40	723.30	724.10	721.40	723.30	724.10
60	722.20	720.10	722.20	722.40	723.20	723.20	725.60	724.60	726.80	724.60	726.80	724.60	732.60	732.30	729.90	731.80	733.70	730.40
120	718.70	722.50	722.50	720.60	721.40	722.80	726.30	724.80	725.60	727.40	725.20	727.40	732.30	733.20	730.60	732.60	732.90	734.60
180	721.50	718.50	720.20	720.50	718.70	720.40	725.90	726.60	726.40	727.80	725.90	725.80	730.70	731.70	730.90	732.90	733.60	731.80



Color CIE L*

TIEMPO (DÍAS)	43												61												78											
	10				18				10				18				10				18				10				18							
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
0	59.20	61.17	57.00	58.58	59.20	61.17	57.00	58.58	59.20	61.17	57.00	58.58	59.20	61.17	57.00	58.58	59.20	61.17	57.00	58.58	59.20	61.17	57.00	58.58	59.20	61.17	57.00	58.58	59.20	61.17	57.00	58.58				
60	62.32	60.82	60.78	61.34	60.46	61.03	63.45	59.76	53.79	61.65	61.12	63.92	58.40	62.40	59.70	59.50	60.96	57.32	59.25	62.75	59.50	52.62	63.55													
120	62.27	63.29	61.92	64.44	60.08	62.95	63.00	62.45	55.89	61.70	61.79	62.70	61.96	54.93	62.69	61.67	61.37	53.50	56.80	54.00	59.17	55.35	55.89													
180	63.30	63.08	64.27	62.46	63.14	63.57	61.38	61.61	61.76	60.45	60.56	60.19	59.72	56.14	64.15	62.67	54.74	55.87	57.67	57.29	54.96	53.50	56.80													

Color CIE a*

TIEMPO (DÍAS)	43												61												78											
	10				18				10				18				10				18				10				18							
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
0	1.71	1.34	1.85	2.22	1.71	1.34	1.85	2.22	1.71	1.34	1.85	2.22	1.71	1.34	1.85	2.22	1.71	1.34	1.85	2.22	1.71	1.34	1.85	2.22	1.71	1.34	1.85	2.22	1.71	1.34	1.85	2.22				
60	1.88	1.76	2.24	2.19	1.75	1.81	2.02	1.57	1.44	1.62	1.31	1.59	1.61	1.6	1.59	1.6	1.29	0.10	-0.20	0.77	0.29	0.08	1.74	0												
120	1.73	1.87	1.29	1.09	1.37	1.52	1.73	1.41	-0.41	1.03	0.81	0.68	1.88	-1.40	1.50	1.81	-0.21	-0.45	-0.15	-0.09	-0.08	0.01	-0.35	-0												
180	1.12	1.53	1.27	1.70	1.32	1.33	0.94	1.66	-0.05	-0.12	-0.24	-0.14	0.28	0.23	1.72	1.83	-0.48	-0.39	-0.31	-0.37	-0.10	-0.18	-0.25	-0												

TIEMPO (DÍAS)	43												61												78											
	10				18				10				18				10				18				10				18							
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
0	11.46	10.75	11.95	13.45	11.46	10.75	11.95	13.45	11.46	10.75	11.95	13.45	11.46	10.75	11.95	13.45	11.46	10.75	11.95	13.45	11.46	10.75	11.95	13.45	11.46	10.75	11.95	13.45	11.46	10.75	11.95	13.45				
60	13.25	13.00	15.79	15.17	11.54	12.90	13.58	12.88	10.50	11.56	11.80	10.85	11.93	12.47	13.12	12.48	10.44	11.53	12.03	10.36	12.78	10.82	13.28	10												
120	13.45	13.39	10.38	11.34	11.13	12.52	13.62	11.25	10.35	10.45	10.55	10.08	13.09	14.84	10.66	12.21	11.77	10.89	10.86	10.33	12.65	10.87	10.81	10												
180	11.67	11.35	11.10	13.32	10.84	10.68	9.84	11.37	12.20	12.33	12.12	12.51	13.30	12.46	13.87	13.18	11.98	10.95	11.27	10.93	11.95	11.79	11.44	11												

ANEXO IV

PROTOCOLOS DE CATACIÓN DE SCAA

(Revisado el septiembre de 2008)

Equipo necesario

Tostación	Ambiente	Preparación de la catación
Tostador de muestras	Buena iluminación	Balanza
AGTRON u otro dispositivo de lectura del color	Limpio, sin interferencia de olores	Vasos para catar con tapas
Molino	Mesas para catar	Cucharas para catar
	Silencioso	Equipo de agua caliente
	Temperatura cómoda	Formatos y útiles
	Distracciones limitadas (sin teléfonos, etc.)	Lápices y sujetapapeles

Vasos para catar: El tipo de recipiente recomendado por la SCAA es un vaso Manhattan de 5 o 6 onzas, o un vaso para bebidas con hielo. Deben estar limpios, sin olor evidente y a la temperatura ambiente. Las tapas pueden ser de cualquier material.

Preparación de la muestra

Tostación:

- La muestra se debe tostar con una antelación máxima de 24 horas a la sesión de cata y se le debe dejar reposar por lo menos 8 horas.

- El perfil de la tostación debe ser de claro a claro-medio, medido vía la escala (Gourmet) M-Básica de AGTRON, aproximadamente 58 en grano entero y 63 en el café molido, +/- 1 punto o para café molido entre la placa #55 y #60 del Sistema AGTRON/ SCAA para Clasificación de Color de Café tostado.
- La tostación debe llevarse a cabo en ocho (8) minutos por lo menos y en no más de 12 minutos. No deben aparecer granos quemados (chamuscados).
- La muestra debe ser enfriada inmediatamente (sin utilización de agua!)
- Cuando las muestras alcanzan la temperatura ambiente (aprox. 75° F o 24° C), se deben almacenar en envases herméticos o en bolsas no permeables hasta que se caten para reducir al mínimo la exposición al aire y prevenir la contaminación.
- Las muestras deben ser almacenadas en un lugar oscuro fresco, pero no se deben refrigerar ni congelar.

Establecimiento de medidas:

- La relación óptima es de 8.25 gramos por 150 ml de agua. Esta relación se ajusta al punto medio de las fórmulas de balance óptimas para la TAZA DE ORO.
- Determinar el volumen de agua de los vasos para catar seleccionados y ajustar el peso de café a la relación anterior con una tolerancia de +/- 0,25 gramos.

Preparación de la catación:

- Las muestras se deben moler inmediatamente antes de catar, máximo 15 minutos antes de la infusión con agua. Si no es posible, las muestras se deben cubrir y hacer la infusión máximo 30 minutos después de haberlas molido.
- Las muestras se deben pesar EN GRANO utilizando la cantidad que corresponde a la relación predeterminada (véase arriba para la relación) y al volumen adecuado de líquido en la taza.

- El tamaño de partícula debe ser un poco más grueso que el utilizado normalmente con el filtro de papel en la infusión por goteo; entre el 70% y el 75% de las partículas deben pasar a través de una malla estándar N°. 20 de los EE.UU. Se deben preparar por lo menos 5 tazas de cada muestra para evaluar adecuadamente la uniformidad de la muestra.
- El café para cada taza se debe moler pasando primero un poco de café para limpiar el molino (que se desecha), y después se muele individualmente para cada taza el café requerido para catar, asegurándose de que todo el café se deposita en cada taza y que la cantidad en las tazas es uniforme. Se debe colocar una tapa sobre cada taza inmediatamente después de haber molido la muestra.

Infusión:

- El agua usada para catar debe ser limpia e inodora, pero no destilada ni ablandada. Los sólidos en suspensión totales ideales son 125-175 ppm, pero no deben ser menos de 100 ppm ni más de 250 ppm.
- El agua debe ser muy fresca, y haber alcanzado cerca de 200° F (92 °C) cuando se vierte sobre el café molido.
- El agua caliente se debe verter directamente sobre el café medido en la taza, hasta llegar al borde de la taza, cerciorándose de mojar todo el café molido.
- Permita que el café molido y el agua permanezcan en total reposo durante 3 a 5 minutos antes de la evaluación.
- La relación óptima es 8.25 gramos por 150 ml de agua, que se ajusta al punto medio de las recetas óptimas del balance para la TAZA DE ORO.
- Determinar el volumen de agua en el recipiente de catación seleccionado y ajustar el peso de café a este cociente dentro de +/- .25 gramos.

Evaluación de la muestra

La prueba sensorial se hace por tres razones:

- Para determinar las diferencias sensoriales reales entre las muestras
- Para describir el sabor de las muestras
- Para determinar la preferencia por los productos

No hay prueba que pueda tratarlos eficaz y simultáneamente a todos, pero tienen aspectos comunes. Es importante que el evaluador sepa el propósito de la prueba y cómo se utilizarán los resultados. *El propósito de este protocolo de cata es la determinación de la preferencia de los catadores.* Se analiza la calidad de los atributos específicos del sabor, y luego a partir de la experiencia anterior de los catadores, se clasifican las muestras en una escala numérica. Se puede entonces comparar los puntajes de las diversas muestras. Los cafés que reciben los puntajes más altos deben ser notablemente mejores que los cafés que reciben puntajes más bajos.

El formato de registro provee los medios para registrar 11 atributos importantes del sabor del café: Fragancia/aroma, sabor, sabor residual, acidez, cuerpo, balance, uniformidad, taza limpia, dulzura, defectos, y nota global. Las cualidades específicas del sabor reciben puntajes positivos de su calidad que reflejan un juicio de valoración del catador; los defectos reciben puntajes negativos que denotan sensaciones desagradables del sabor; la nota global se basa en la experiencia del sabor del catador individual como valoración personal. Estos elementos son calificados en una escala de **16 puntajes** que representan niveles de calidad con incrementos de un cuarto de punto entre los valores numéricos a partir de 6 hasta 9.75. Estos niveles son:

6.00 - Bueno	7.00 - Muy bueno	8.00 - Excelente	9.00 - Excepcional
6.25	7.25	8.25	9.25

6.50	7.50	8.50	9.50
6.75	7.75	8.75	9.75

La escala anterior se extiende teóricamente de un valor mínimo de 0 a un valor máximo de 10 puntos. El extremo inferior de la escala está debajo del nivel de especial.

Procedimiento de evaluación

Las muestras se examinan primero visualmente para verificar el grado de tostación que se marca en la hoja y se puede utilizar luego como referencia durante la calificación de las cualidades específicas del sabor. La secuencia de prueba de cada atributo se basa en los cambios de percepción del sabor al disminuir la temperatura del café cuando se enfría.

Paso #1 – Fragancia / aroma

1. La fragancia seca de las muestras debe evaluarse levantando la tapa y oliendo los granos molidos secos dentro de un período de 15 minutos después de que las muestras se han molido.
2. Después de la infusión con agua, la corteza (capa superior de sólidos) se deja intacta por lo menos 3 minutos pero no más de 5 minutos. La *ruptura de taza* se hace revolviendo 3 veces, permitiendo después que la espuma se deslice hacia abajo por la parte posterior de la cuchara mientras que se huele suavemente. La calificación de la fragancia / aroma se hace sobre base seca y húmeda.

Paso #2 - Sabor, sabor residual, acidez, cuerpo, y balance

3. Cuando la muestra se ha enfriado a 160° F (alrededor de 71° C), 8-10 minutos de preparada la infusión, debe comenzar la evaluación de la bebida. Esta se aspira en la boca tratando cubrir tanta área como sea posible, especialmente la lengua y el paladar superior. Como los vapores retro-nasales están en su intensidad máxima a estas

temperaturas elevadas, el sabor y el sabor residual se califican en este punto.

4. Después, a medida que el café continúa enfriándose (160° F - 140° F; 71° C - 60° C), se califican la acidez, el cuerpo y el balance. El balance es el dictamen de los catadores sobre que tan bien interactúan el sabor, el sabor residual, la acidez y el cuerpo en una combinación sinérgica.

5. Según su preferencia los catadores evalúan las diferentes características a diversas temperaturas (2 o 3 veces) a medida que la muestra se enfría. Para calificar la muestra en la escala de 16 puntos, marcar con un círculo la marca apropiada en el formato de registro. Si se realiza un cambio (si una muestra gana o pierde algo de la calidad percibida debido a los cambios de temperatura), se debe trazar en la escala una línea horizontal y dibujar una flecha para indicar la dirección de la calificación final.

Paso #3 - Dulzura, uniformidad, y limpieza

6. Cuando la infusión se acerca a temperatura ambiente (menos de 100° F; 37° C) se evalúan la dulzura, la uniformidad, y la taza limpia. Para estas cualidades, el catador califica cada taza individualmente, y otorga 2 puntos por taza por cualidad que lo merezca (10 puntos de la cuenta máxima).

7. La evaluación de la bebida debe terminar cuando la muestra alcanza 70° F (21° C). Los catadores establecen la calificación total dando a la muestra los “puntos del catador” basados en todas las cualidades combinadas.

Paso #4 - Registro

8. Después de evaluar las muestras, se agregan todas las calificaciones como se describe en la sección “Puntaje” (abajo). El **puntaje total** se escribe en la parte de arriba de la casilla del extremo derecho.

Puntajes de componentes individuales

Para algunos de los atributos positivos, hay dos escalas para marcar. Las escalas *verticales* (de arriba y hacia abajo) se utilizan para ubicar la *intensidad del* componente sensorial respectivo y se marcan para que sean utilizadas por el evaluador. Las escalas *horizontales* (de izquierda a derecha) se utilizan para calificar la *preferencia* del panelista por el componente particular basado sobre su opinión de la muestra y de la comprensión experimental de la calidad. El puntaje del atributo se registra en la casilla prevista en el formato de registro de la catación.

Cada uno de estos atributos se describe más completamente como sigue:

Fragancia/aroma: Los aspectos aromáticos incluyen la fragancia (definida como el olor del café molido cuando aún está seco) y el aroma (el olor del café cuando se prepara la infusión con agua caliente). Uno puede evaluar esto en tres pasos distintos en el proceso de catación: (1) oliendo las partículas puestas en la taza antes de verter el agua sobre el café; (2) oliendo los aromas que emanan mientras se rompe taza; y (3) oliendo los aromas que emanan a medida que el café decanta. Los aromas específicos se pueden anotar en la columna “calidades” y la intensidad del aroma del café seco, de la ruptura, y del café molido mojado se anotan en las escalas verticales de 5 puntos. El puntaje dado finalmente debe reflejar la preferencia por los tres aspectos de la fragancia/aroma de la muestra.

Sabor: El sabor representa la característica principal del café, las notas “medias”, entre las primeras impresiones dadas por el primer aroma y la acidez del café y su sabor residual final. Es una impresión combinada de todas las sensaciones gustativas (de la papila) y los aromas retro-nasales que van de la boca a la nariz. El puntaje dado al sabor debe explicar la intensidad, la calidad y la complejidad de su sabor y aroma combinados, experimentadas cuando el café se sorbe en la boca vigorosamente para que en la

evaluación intervenga el paladar entero.

Sabor residual: Se define por la duración de los atributos positivos del sabor (sabor y aroma) que emanan de la parte posterior del paladar después de que el café se expectora o se traga. Si el sabor residual es breve o desagradable recibirá un puntaje más bajo.

Acidez: La acidez se describe a menudo como “brillo” cuando es favorable o “agrio” cuando es desfavorable. En su mejor forma, la acidez contribuye a la vivacidad de un café, a la dulzura, al carácter de fruta fresca y es casi inmediatamente percibido cuando el café se ha sorbido en la boca. La acidez muy intensa o dominante puede ser desagradable, sin embargo, un exceso de acidez puede no ser apropiado al perfil de sabor de la muestra. El puntaje final marcado en la escala horizontal debe reflejar la preferencia del panelista por la acidez en el perfil de sabor previsto, basado en las características de origen u otros factores (nivel de tostación, el uso previsto, etc.). Los cafés para los que se espera tener una acidez alta, como un café de Kenia, o los cafés para los que se espera que sean bajos en acidez, tal como un café de Sumatra, pueden recibir puntajes igualmente altos de preferencia aunque las graduaciones de la intensidad sean absolutamente diferentes.

Cuerpo: La calidad del cuerpo se basa sobre la sensación táctil del líquido en la boca, particularmente percibida entre la lengua y el paladar. La mayoría de las muestras con cuerpo pesado pueden también recibir un puntaje alto en términos de calidad debido a la presencia de coloides de la infusión. Algunas muestras con un cuerpo más ligero pueden sin embargo producir una sensación agradable en la boca. Los cafés para los que se espera un cuerpo alto, tal como un café de Sumatra, o cafés que se espera sean bajos en cuerpo, tal como un café mexicano, pueden recibir puntajes igualmente altos de preferencia aunque las graduaciones de su intensidad sean absolutamente diferentes.

Balance: Indica cómo interactúan los diferentes atributos del sabor, del sabor residual, de la acidez y del cuerpo como se complementan o contrastan el uno frente al otro. Si la muestra carece de ciertas cualidades del aroma o del sabor o si algunas cualidades son muy dominantes, el puntaje del balance sería reducido.

Dulzura: Se refiere a una agradable y rica sensación del sabor así como a cualquier dulzura obvia; se percibe como resultado de la presencia de ciertos carbohidratos. Lo contrario de la dulzura en este contexto es el amargo, la astringencia o los sabores “verdes”. Esta calidad no se puede percibir directamente en productos cargados de sacarosa tales como las bebidas carbonatadas, pero afecta otras cualidades del sabor. Se otorgan 2 puntos a cada taza que exhibe esta cualidad para un puntaje máximo de 10 puntos.

Taza limpia: Se refiere a la ausencia de impresiones negativas, que interfieran, a lo largo de la cata desde la primera ingestión hasta el sabor residual final, es una “transparencia” de la taza. En la evaluación de esta cualidad, se debe observar la sensación total del sabor desde la ingestión inicial hasta que se traga o se expectora. Cualquier sabor o aroma diferente al del café descalificará una taza individual. Se otorgan 2 puntos a cada taza que exhibe la cualidad de taza limpia.

Uniformidad: Se refiere a la consistencia del sabor de las diversas tazas de la muestra probada. Si las tazas dan sabores diferentes, el puntaje de este aspecto no sería alto. Se dan 2 puntos por cada taza que exhibe esta cualidad, con un máximo de 10 puntos si las 5 tazas son iguales.

Impresión Global: Se entiende que el puntaje “global” refleja el grado de integración holística de la muestra tal como lo percibe el panelista individual. Una muestra con muchos aspectos muy agradables, pero que realmente no “da la medida” recibirá un puntaje más bajo. Un café que responde a las expectativas en cuanto a su

carácter y las calidades particulares del sabor característico del origen recibiría un puntaje alto. Un caso ejemplar de características preferidas no completamente reflejadas en el puntaje de las calidades individuales pudo recibir una cuenta incluso más alta. Éste es el paso donde los panelistas hacen su valoración personal.

Defectos: Los defectos son los sabores negativos o pobres que restan mérito a la calidad del café. Éstos se clasifican de 2 maneras. *Una contaminación* es un sabor malo que es perceptible, pero no es muy notorio, que se encuentra generalmente en los aspectos aromáticos. A una “contaminación” se da “2” en intensidad. *Una falta* es un mal sabor, que encontrado generalmente en los aspectos “linguales”, que es muy notorio o hace la muestra desagradable y se le da un puntaje de intensidad de “4”. El defecto se debe clasificar primero (como contaminación o como falta), después se describe (“amargo,” “parecido a la goma,” “fermento,” “fenólico” por ejemplo) y la descripción se anota. Se observa entonces el número de tazas en las cuales se encontró el defecto y la intensidad del defecto se registra como 2 o 4. El puntaje del defecto se multiplica y se resta de la cuenta total según las instrucciones en el formato de registro de la cata.

Puntaje final

El puntaje final se calcula sumando primero los puntajes individuales dados a cada una de las calidades primarias en la casilla marcada “puntaje total.” Se restan entonces los defectos del “puntaje total” para llegar a un “puntaje final.” El puntaje final se registra en la casilla derecha inferior.

La siguiente guía de puntaje ha demostrado ser una forma útil de describir los rangos de calidad dentro del puntaje final.

Fuente: SCAA (2008)

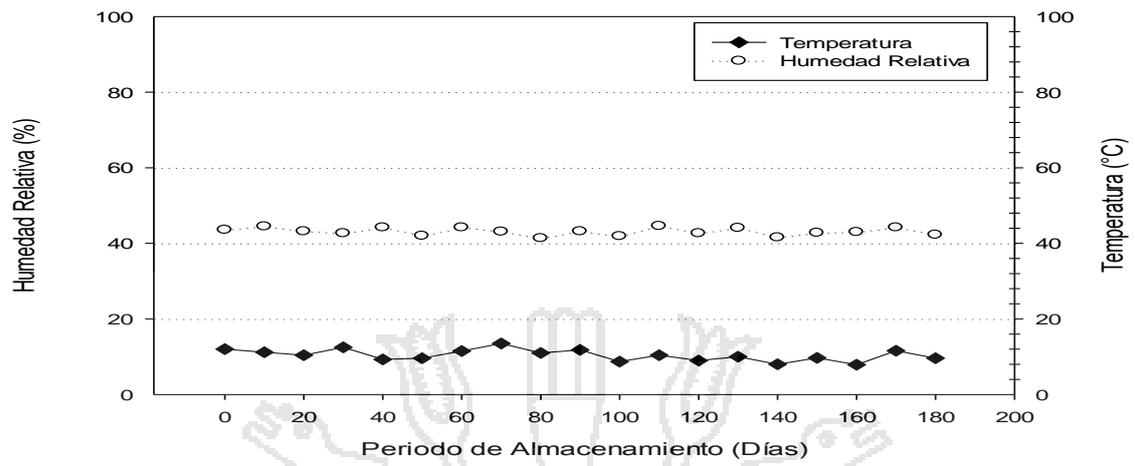
Puntaje total	Descripción de la especialidad	Clasificación
90-100	Excepcional	Especialidad
85-89.99	Excelente	
80-84.99	Muy bueno	
< 80.00	Debajo de la calidad especial	Sin especialidad



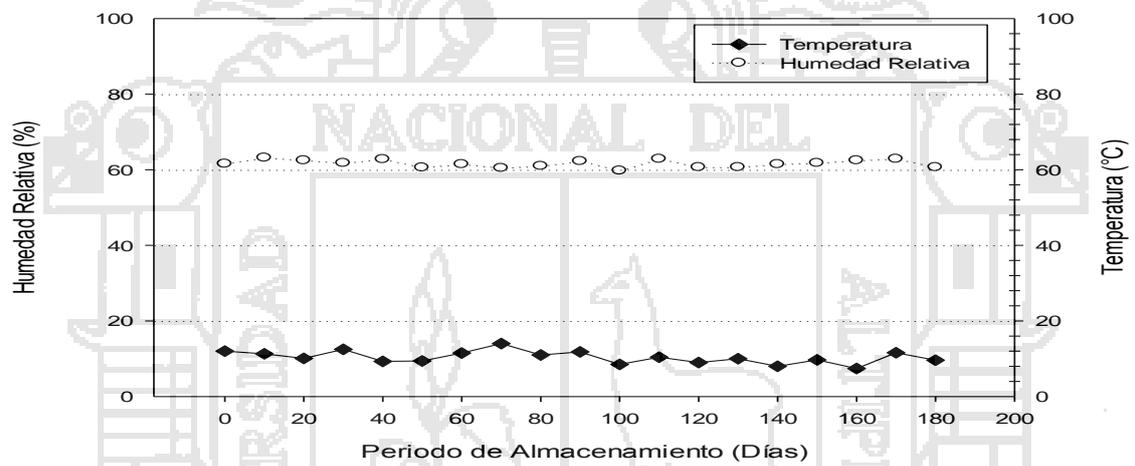
ANEXO VI

Control de la humedad relativa y temperatura del almacenamiento experimental, de los seis tratamientos de estudio.

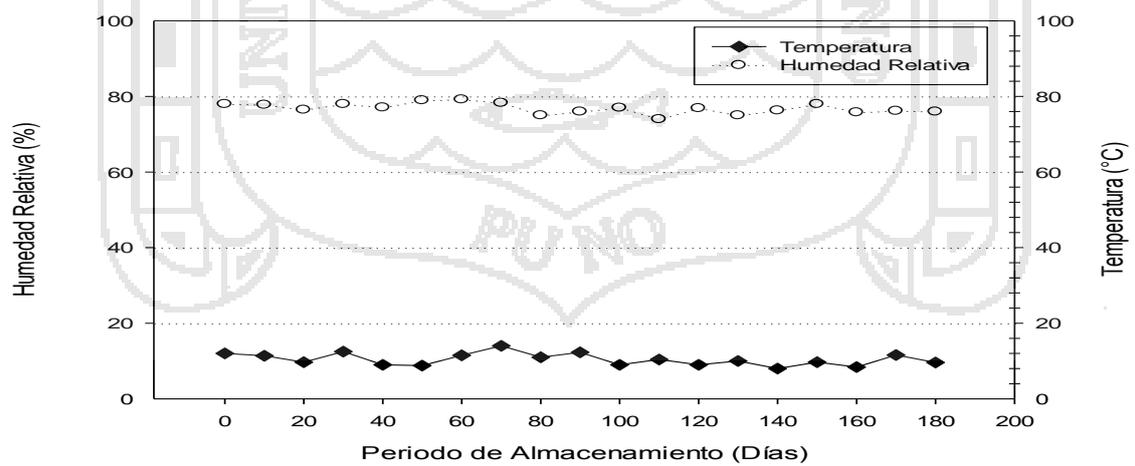
Tratamiento 1



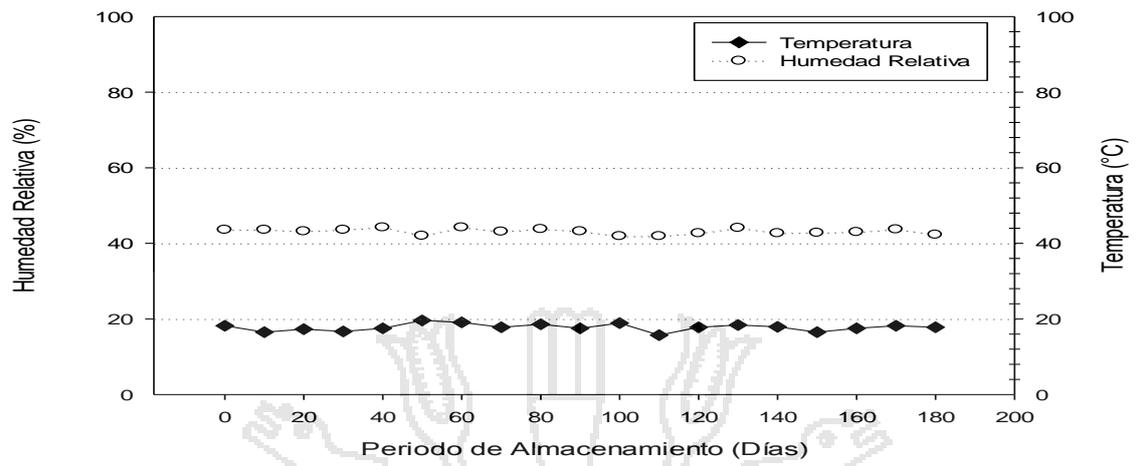
Tratamiento 2



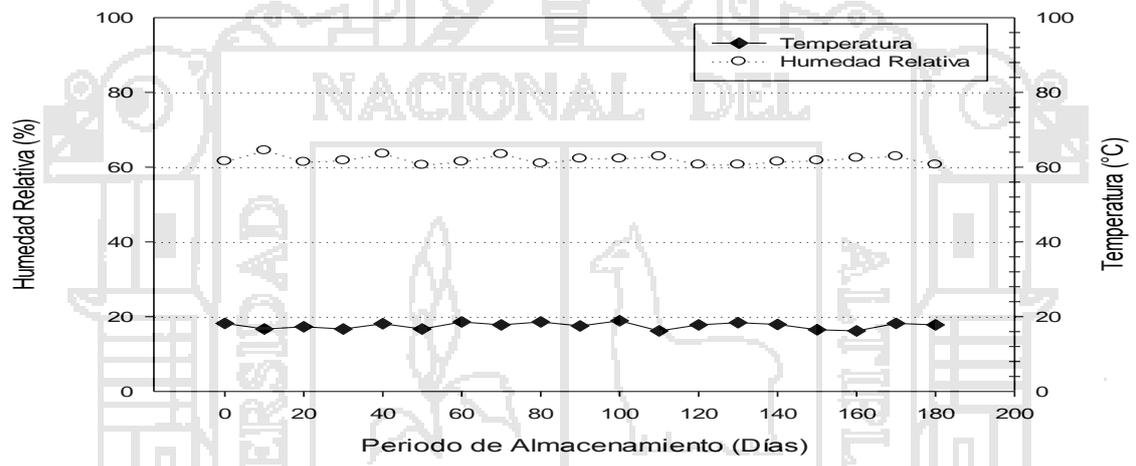
Tratamiento 3



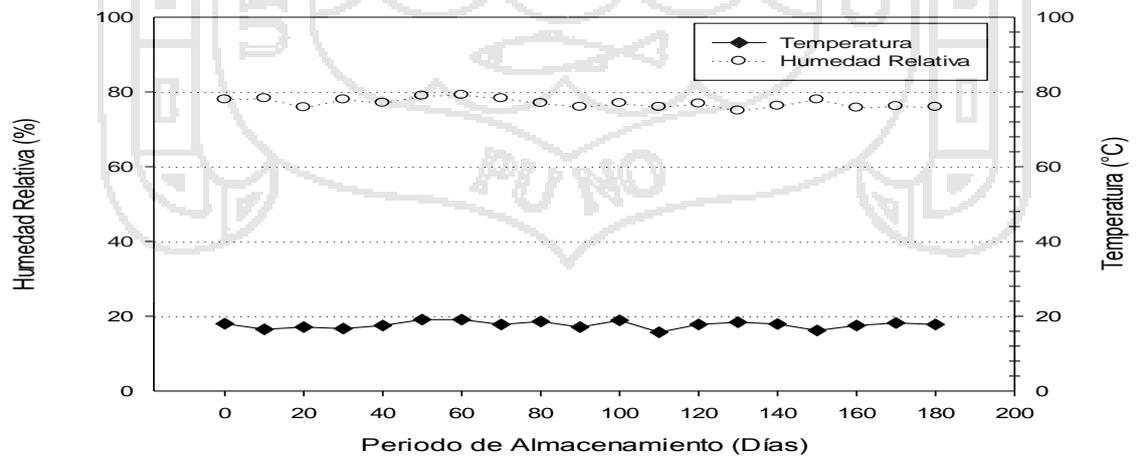
Tratamiento 4



Tratamiento 5



Tratamiento 6



ANEXO VI**Panel de Fotografías**

- a) Arbustos de café, de especie arábica, variedad bourbon.



- b) GPS, ubicación geográfica – VALLE INAMBARI, Altitud 1664msnm.



c) Arbustos de café con cerezas maduras de café, óptimo para la cosecha.



d) Tarimas para el secado de café, variedad bourbon.



e) Café verde, con cero defectos, para el análisis físico y sensorial.



f) Laboratorio de Ingeniería – UNAP, Análisis de imágenes, color de café verde



g) Medidor de humedad para cafés pergaminos y verdes, GEHAKA 600



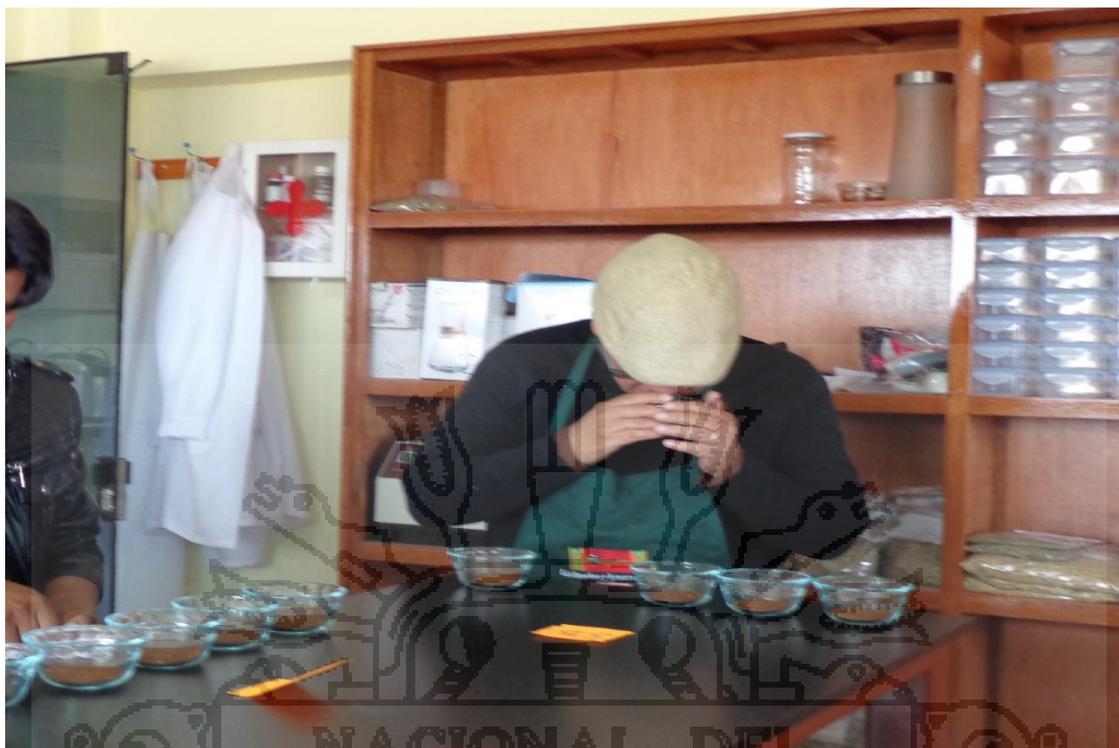
h) Tostadora de muestras de 2 tambores (Probat); para el análisis sensorial.



i) Preparación de muestras para el análisis sensorial de café, variedad bourbon.



j) Panel de catadores entrenados (Catadores Q Grader's)



i) Formulario de muestras evaluadas por unos de los catadores invitados

La Asociación de cafés especiales de América Formulario de catación

Nombre: *R. Cruz* Fecha: *7/1/14* Mesa: *1* Sesión: *Reinvestigación*

		Clasificación	
		8.00 - Excelente	9.00 - Extraordinario
		8.25	9.25
		8.50	9.50
		8.75	9.75

Muestra #	10	20	30
10	<p>Fragancia/Aroma: <i>7.5</i></p> <p>Sabor: <i>7</i></p> <p>Acidez: <i>7</i></p> <p>Cuerpo: <i>7.5</i></p> <p>Uniformidad: <i>10</i></p> <p>Taza Limpia: <i>10</i></p> <p>Puntaje Catación: <i>71</i></p> <p>Suma: <i>8</i></p> <p>Balance: <i>7.5</i></p> <p>Dulzor: <i>10</i></p> <p>Defectos (sustrer): <i>0</i></p> <p>Ligero=2 # Tazas intensidad</p> <p>Rechazo=4 <input type="checkbox"/> X <input type="checkbox"/> =</p> <p>Notas: <i>liger - crema de leche / maltrato de vainilla</i></p> <p>Puntaje Final: <i>71</i></p>	<p>Fragancia/Aroma: <i>6.5</i></p> <p>Sabor: <i>6.5</i></p> <p>Acidez: <i>7.5</i></p> <p>Cuerpo: <i>7</i></p> <p>Uniformidad: <i>10</i></p> <p>Taza Limpia: <i>10</i></p> <p>Puntaje Catación: <i>67</i></p> <p>Suma: <i>77</i></p> <p>Balance: <i>7</i></p> <p>Dulzor: <i>10</i></p> <p>Defectos (sustrer): <i>0</i></p> <p>Ligero=2 # Tazas intensidad</p> <p>Rechazo=4 <input type="checkbox"/> X <input type="checkbox"/> =</p> <p>Notas: <i>liger - chisidato / curante + color / amargo / amargo / amargo / amargo</i></p> <p>Puntaje Final: <i>76</i></p>	<p>Fragancia/Aroma: <i>8</i></p> <p>Sabor: <i>8</i></p> <p>Acidez: <i>8.5</i></p> <p>Cuerpo: <i>8.5</i></p> <p>Uniformidad: <i>10</i></p> <p>Taza Limpia: <i>10</i></p> <p>Puntaje Catación: <i>81</i></p> <p>Suma: <i>83</i></p> <p>Balance: <i>8.5</i></p> <p>Dulzor: <i>10</i></p> <p>Defectos (sustrer): <i>0</i></p> <p>Ligero=2 # Tazas intensidad</p> <p>Rechazo=4 <input type="checkbox"/> X <input type="checkbox"/> =</p> <p>Notas: <i>floral / ardiente / alta madurez, manzana, licores ligeros / vainillas. Final corto y ligero.</i></p> <p>Puntaje Final: <i>83</i></p>