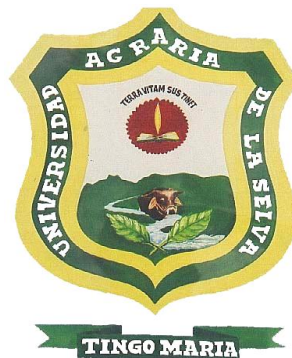


UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

**ESCUELA PROFESIONAL DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INGENIERÍA
DE ALIMENTOS**



**EFFECTO DEL GRADO DE TOSTADO EN EL CONTENIDO DE
POLIFENOLES TOTALES, ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE Y
CALIDAD EN TAZA DEL CAFÉ, VARIEDAD TYPICA Y
BOURBÓN**

Tesis

Para optar el título de:

INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

HUACCHA HERRERA CELINDA

PROMOCIÓN 2012 – II

Tingo María – Perú

2016

DEDICATORIA

A Dios:

Por darme la vida y guiarme en todo el camino de mi formación profesional.

A mis queridos padres:

Francisco Huaccha Huayán, por brindarme su apoyo moral y su amor en todo momento y Maura Herrera Carlos, por su cariño y apoyo innegable durante todos los años de mi vida.

A mis hermanos:

Miriam, Francisco, Cesar, Carolina y Cristina, quienes me inculcaron sus sabios consejos, que significaron mucho en mi formación académica.

A mi esposo e Hijos:

A mi esposo Alejandro, por alentarme y brindarme su amor y estar a mi lado en todo momento.

A mis hijos: Arnold Andrés y Alexa Camila, quienes me dieron una razón para seguir adelante.

AGRADECIMIENTO

- A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, por brindarme la oportunidad de realizarme como profesional.
- A la Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias, a todos mis profesores por su apoyo incondicional durante toda mi formación superior.
- A la Cooperativa Agraria Cafetalera La Divisoria al Ing. Julian Aucca Echarre, Sr. Mario Parra Caballero y Cleden Chacón Estacio.
- A mi asesora la Dra. Elizabeth Ordoñez Gómez, por toda la paciencia, apoyo, enseñanza y dedicación a la investigación.
- A la Ing. Aurelia León, Ing. Darlym Reátegui, Téc. Glelia Ríos, Téc. Llacsha, Téc. Richard Fias, Téc. César Huaccha, por su apoyo, conocimiento y amistad durante la ejecución de este proyecto.
- A toda mi familia, en especial a mi mamá Maura Herrera, por apoyarme, aconsejarme, alentarme, brindarme su amor y estar siempre a mi lado cuando más los necesito.
- A los miembros de jurado: Dr. Raúl Natividad Ferrer, Ing. Yolanda Ramírez Trujillo; y a la Ing. Raida Matos Bustamante, por su amistad, confianza, apoyo incondicional y los consejos durante la elaboración y culminación de la investigación.
- A mis amigos: Jessica Danae por brindarme una amistad sincera; Kelly y Katy; Juana Coyca y Yovana Parra, por su apoyo moral e incondicional y compañerismo en la presente investigación y vida universitaria.

INDICE GENERAL

	Pág.
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1. Aspectos generales del café	3
2.1.1. Variedades de café (<i>Coffea arábica</i>)	3
2.1.2. Composición química	4
2.1.3. Estado físico del café	7
2.1.4. Tostado del café	8
2.1.5. Tipos o grados de tostado del café	12
2.2. Polifenoles totales	14
2.2.1. Clasificación de los compuestos fenólicos	14
2.2.2. Polifenoles en el café	16
2.3. Capacidad antioxidante	19
2.3.1. Función de los antioxidantes	21
2.3.2. Métodos de análisis para la capacidad antioxidante	22
2.4. Catación	25
2.4.1. Análisis de infusión del tueste	25
2.4.2. Características organolépticas más relevantes del café	26
III. MATERIALES Y MÉTODOS	30
3.1. Lugar de ejecución	30
3.2. Muestra	30

3.3.	Materiales, equipos, reactivos y solventes	31
3.3.1.	Materiales de laboratorio y/o proceso	31
3.3.2.	Equipos de laboratorio y/o proceso	31
3.3.3.	Reactivos y solventes	32
3.4.	Métodos de análisis	32
3.5.	Metodología experimental	33
3.5.1.	Preparación de las muestras	33
3.5.2.	Preparación del extracto acuoso	34
3.5.3.	Determinación de la curva estándar	35
3.5.4.	Cuantificación de polifenoles totales	35
3.5.5.	Evaluación de la capacidad antioxidante	36
3.5.6.	Perfil de calidad sensorial	42
3.5.7.	Esquema experimental	44
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIONES	45
4.1.	Contenido de polifenoles totales	45
4.2.	Capacidad antioxidante	54
4.2.1.	Coeficiente de inhibición (IC_{50}) del radical 1,1-difenil-2- picrilhidrazil (DPPH)	54
4.2.2.	Coeficiente de inhibición (IC_{50}) del radical libre 2,2-azinobis (3- etilbenzotiazolino-6-ácido sulfónico) ($ABTS^{0+}$)	60
4.3.	Características sensoriales del café en taza	65
V.	CONCLUSIONES	80
VI.	RECOMENDACIONES	81
VII.	ABSTRACT	82

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	83
IX. ANEXOS	99

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
1. Composición química de los granos de café verde Arabica	6
2. Clasificación general de los compuestos polifenólicos	15
3. Concentraciones utilizadas para el análisis de la capacidad antioxidante frente al radical DPPH	37
4. Soluciones de trabajo	38
5. Concentraciones utilizadas para el análisis de la capacidad antioxidante frente al radical ABTS ⁰⁺	41
6. Soluciones de trabajo	42
7. Contenido de polifenoles totales de las muestras	45
8. Resultados del IC ₅₀ del radical DPPH en variedades de café Typica y Bourbón en grano verde oro y con diferentes grados de tostado	54
9. Resultados del IC ₅₀ del radical ABTS ⁰⁺ en variedades de café Typica y Bourbón en grano verde oro y diferentes grados de tostado	63
10. Promedio de calificación del perfil sensorial de las variedades de café Typica y Bourbón con diferentes grados de tostado	69

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
1. Estructura básica de los flavonoides	14
2. Estructura del DPPH antes y después de la reacción con el antioxidante	22
3. Estructura del ABTS ^{•+} antes y después de la reacción con el antioxidante	24
4. Diagrama para la preparación de las muestras de café	33
5. Esquema experimental	44
6. Contenido de polifenoles totales en las muestras	46
7. Comportamiento del IC ₅₀ con el radical DPPH en diferentes variedades de café en grano verde oro y diferentes grados de tostado	55
8. Coeficiente de correlación entre el contenido de polifenoles totales y la eficiencia de la actividad antioxidante	59
9. Comportamiento del IC ₅₀ con el radical ABTS ⁰⁺ en variedades de café en grano verde oro y diferentes grados de tostado	63
10. Perfil sensorial de las muestras de café	65
11. Comportamiento del Biplot de la evaluación sensorial en variedades de café Typica y Bourbon con diferentes grados de tostado	77
12. Presentación del análisis de conglomerados en dos variedades decafé con diferentes grados de tostado	79

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
I. Procedimiento para la determinación de la curva estándar	100
II. Ficha de evaluación sensorial de café en variedades Typica y Bourbon con diferentes grados de tostado	101
III. Resultados de las absorbancias de la curva estándar de polifenoles	102
IV. Análisis de varianza de polifenoles totales en variedades de café Typica y Bourbon en grano verde oro y con diferentes grados de tostado	103
V. Análisis de varianza del radical DPPH en variedades de café Typica y Bourbon en grano oro verde y con diferentes grados de tostado	103
VI. Análisis de varianza del IC ₅₀ del radical ABTS ⁰⁺ en variedades de café Typica y Bourbon en grano oro verde y con diferentes grados de tostado	103
VII. Análisis de componentes principales de los atributos del café en variedades Typica y Bourbon) con diferentes grados de tostado – matriz de correlación/coeficientes	104
VIII. Análisis de componentes principales de los atributos del café en variedades Typica y Bourbon con diferentes grados de tostado – correlaciones con las variables originales	105

RESUMEN

La investigación se desarrolló en los laboratorios de los Centros de Investigación de Productos Naturales de la Amazonía (CIPNA) y Desarrollo Biotecnológico (CIDBAM) de la Universidad Nacional Agraria de la Selva. Los objetivos fueron determinar el contenido de polifenoles totales, capacidad antioxidante (DPPH y ABTS⁰⁺) y evaluar la calidad del café en taza de las variedades Typica, Bourbon con diferentes grados de tostado. Las muestras café verde oro fueron sometidos a tres grados de tostado claro, medio y oscuro y fueron molidos a grado "fino". Se preparó un extracto acuoso 50 mg/mL. Según los resultados el mayor contenido de polifenoles totales correspondió a la variedad Bourbon con tostado claro (4,126±0,031 g EAG/100g) y Typica (4,131±0,011 g EAG/100g) y el menor a la variedad Bourbon tostado oscuro (3,263±0,055 g EAG/100g) y variedad Typica grano verde oro 2,994±0,039 g EAG/100g. El mayor coeficiente de inhibición (IC₅₀) frente al radical DPPH lo presentó la variedad Typica en los tres grados de tostado (IC₅₀ 155,66 a 255,09 µg/mL) y la menor a grano verde oro de ambas variedades. Frente al radical ABTS⁰⁺ el mayor IC₅₀ presentó la variedad Bourbon tostado claro, medio y oscuro y Typica tostado claro; el menor coeficiente de inhibición se presentó la variedad Typica verde oro. En cuanto a la calidad de taza de la bebida del café el mejor perfil sensorial correspondió al café Typica tostado claro y Bourbon tostado medio obteniendo la mejor calificación en los atributos: postgusto,

balance, uniformidad, dulzura, taza limpia “excelente”; sabor, cuerpo, apreciación general, acidez “muy bueno” y fragancia/ aroma “muy fuerte”.

I. INTRODUCCIÓN

El café es uno de los productos del mercado mundial que se comercializa en base a la calidad del grano, a ello va asociado el aroma, acidez, cuerpo y consistencia del mismo. La calidad determina el conjunto de características físicas y organolépticas que motivan a un comprador a pagar un precio diferenciado por el producto, lo que representa mayor ingreso y rentabilidad al caficultor.

En el Perú, las principales zonas de producción están ubicadas en la selva alta semi tropical, como Moyobamba, Jaén, Huánuco y Cusco; ya que el cultivo de café es un gran generador de empleo, su producción directa genera alrededor de 43 millones de jornales al año. El café Typica tiene una producción muy limitada, pero brinda una taza de una excelente calidad y es susceptible a la roya, la variedad Bourbon es una mutación del Typica tiene una capacidad de producción superior, se recupera fácil y rápidamente de los efectos de la cosecha, produce los cafés más finos por su excelente calidad en la bebida debido a sus características sensoriales, elevada dulzura natural, sabor achocolatado, aroma intenso y una agradable acidez.

Por otro lado, los polifenoles se encuentran presente en productos de origen vegetal y su concentración puede verse influenciada por diferentes factores como el tiempo de cosecha y el grado de madurez. En el proceso de

torrefacción los compuestos fenólicos sufren una elevada degradación dando origen a pigmentos y compuestos volátiles del aroma, asimismo, el ácido clorogénico contribuye a las propiedades antioxidantes del café tostado; las altas temperaturas causan la reducción de este. Estos ácidos son importantes para la formación de pigmentos, el gusto y el sabor del café de las bebidas. La bebida de café es una compleja mezcla de varios productos químicos ya sea de forma natural o inducidos por el proceso de tostado, sin embargo, este reduce la capacidad antioxidante del café, debido a la pérdida de compuestos polifenólicos y la formación de otros antioxidantes menos activos, aunque el grado de tostado solo la disminuye ligeramente. Durante el tostado del café se presenta la formación de acrilamida y furano como productos de la reacción de Maillard; bajo este marco se planteó la investigación considerándose los siguientes objetivos:

- Evaluar la variación del contenido de polifenoles totales en café de las variedades Typica y Bourbon, sometidos a tostado claro, medio y oscuro.
- Evaluar la variación de la capacidad antioxidante para inhibir radicales 1,1-difenil-2-picrilhidrazil (DPPH) y 2,2-azinobis (3-etilbenzotiazolino-6-ácido sulfónico) (ABTS+) de café de las variedades Typica y Bourbon sometidos a tostado claro, medio y oscuro
- Evaluar la calidad en taza del café de las variedades Typica y Bourbon sometidos a tostado claro, medio, y oscuro

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Aspectos generales del café

2.1.1. Variedades de café (*Coffea arabica*)

En el Perú, la única especie comercial es la *Coffea arabica*, estos son algunas de las variedades más reconocidos de café arábica:

- **Variedad Typica:** Llamado comúnmente criollo o arábigo, se caracteriza por ser una planta alta, el tamaño de su grano relativamente grande, superior calidad en taza, robustez a condiciones adversas de baja fertilidad y sequía, mayor resistencia y flexibilidad de sus ramas durante la cosecha (BANEGAS, 2009). Las plantas de café typica tienen una forma cónica con troncos: un tronco vertical y otros verticales secundarios que crecen con una ligera inclinación, la planta llega a medir entre 3,5 - 4 m de altura, tiene una producción muy baja, pero una calidad excelente (ESTRELLA, 2014). Es susceptible a la roya, tiene mayor porcentaje de granos grandes que las variedades Caturra y Bourbon, se siembra hasta 2500 árboles por hectárea (DURÁN, 2010). Su reconocimiento es muy fácil, ya que, a diferencia de otras variedades, los brotes nuevos de las hojas son de color bronceado, los granos son grandes y de forma alargada y la maduración es temprana y uniforme, se considera una variedad de baja producción y de alta calidad (FÉLIX, 2009).

- **Variedad Bourbon:** Originaria de la isla Bourbon, es una planta mediana, se caracteriza por sus ramas y entrenudos largos, comparada con la variedad típica, es más precoz en su producción y el tamaño del grano es inferior (BANEGAS, 2009). Producen un 20 a 30 % más que la variedad típica, pero aún tienen una cosecha más pequeña que la mayoría de variedades. Tiene una forma menos cónica con más ramas secundarias, las hojas son anchas y onduladas en los bordes; el fruto es relativamente pequeño y denso, las cerezas maduran rápidamente y tienen mayor riesgo de caerse durante vientos fuertes o lluvias. Los mejores resultados para el café bourbon se realizan entre 1000 y 2000 m de altura, la calidad de la taza es excelente y similar a la típica (ESTRELLA, 2014). Es de porte alto, las ramas se dirigen hacia arriba, sus hojas son más crespas, el brote es verde, el fruto es rojo o amarillo, el grano es pequeño y es altamente productiva, es más resistente a la Lliga macana, es menos exigente de sombra, es más precoz tanto porque el árbol entra más pronto en producción, porque las ramas maduran antes y de manera más simultánea (DURÁN, 2010). Las hojas son más anchas y onduladas. El grano es pequeño y redondo, alcanzando la misma altura que la variedad Típica (FÉLIX, 2009).

2.1.2. Composición química

Los granos de café poseen más de 2000 sustancias diferentes (cafeína, minerales, lípidos, trigonelinas, aminoácidos–proteínas, ácidos alifáticos, glicósidos y carbohidratos) de tal manera que el café no es solo cafeína (1,3,7-trimetilxantina), sin embargo, es el ingrediente

farmacológicamente más activo. Las dimetilxantinas derivadas (teofilina y teobramina) también se encuentran en una variedad de especies de plantas. El café tiene múltiples componentes. En la variedad arábica, la cafeína comprende el 1,2% de materia seca; 4,2% minerales, de los cuales 1,7% potasio; 16% lípidos, 1 % trigonelinas, 11,5% proteínas y aminoácidos, 1,4 % ácidos alifáticos, 6,5% ácidos clorogénicos, 0,2% glucósidos y 58% carbohidratos. La composición de los granos de café se altera de forma dramática por el proceso de tostado, y pierde gran cantidad de agua (posee apenas 1 a 5%), proteínas, ácidos clorogénicos y carbohidratos (CALLE, 2011).

Los granos de café verde se componen principalmente por polisacáridos insolubles como celulosa y hemicelulosa (50% w/w). También contienen carbohidratos solubles, los cuales actúan en la unión del aroma, la estabilización de espuma, aumento de sedimentación y viscosidad del extracto. La cafeína es el alcaloide principal en los granos de café y representa del 1 al 4 % (base seca), con una gran variación en los cultivares.

El contenido de cafeína está estrechamente relacionado con la calidad de las bebidas de café, ya que contribuye a su amargura. Los compuestos fenólicos que se encuentran principalmente en los granos de café verdes, son el ácido clorogénico, hasta el 12% de sólidos y ésteres de ácido trans-cinámico y quínico; siendo el ácido clorogénico el mayoritario en granos de café verde

En el Cuadro 1, se presenta la composición química de los granos de café, según LÓPEZ (2014).

Cuadro 1. Composición química de los granos de café verde Arábica.

Constituyente	Contenido	Componentes
Carbohidratos solubles	9 – 12,5	_____
Monosacáridos	0,2 – 0,5	Fructuosa, glucosa, galactosa y arabinosa (trazas)
Oligosacáridos	6 – 9	Sacarosa (>90%), rafinosa (0–0,9%), estaquiosa (0–0,13 %)
Polisacáridos	3 – 4	Polímeros de galactosa (55–65%), manosa (10–20 %), arabinosa (20–35%) y glucosa (0–2%)
Polisacáridos insolubles	46 – 53	_____
Hemicelulosa	5 – 10	Polímeros de galactosa (65–75%), arabinosa (25–30 %) y manosa (0–10 %)
Celulosa, mananos $\beta(1-4)$, ácidos y fenoles	41 – 43	_____
Ácidos volátiles	0,1	_____
Ácidos alifáticos no volátiles	2 – 2,9	Ácidos cítrico, málico, quínico, dicafeoyl y feruloylquinico
Ácido clorogénico	6,7 – 9,2	_____
Lignina	1 – 3	_____
Lípidos	15 – 18	_____
Cera	0,2 – 0,3	_____
Aceite	7,7 – 17,7	Principales ácidos grasos: 16:0 y 18:2
Compuestos nitrogenados	11 – 15	_____
Aminoácidos libres	0,2 – 0,8	Principales aminoácidos: glutamina y asparagina
Proteínas	8,5 – 12	_____
Cafeína	0,8 – 1,4	Trazas de teobromina y teofilina
Trigonelina	0,6 – 1,2	_____
Minerales	3 – 5,4	_____

Fuente: LÓPEZ, 2014.

La esterificación en las posiciones 3, 4 y 5, pero no en la posición 1, forma varios isómeros, también encontrados en el café, junto con los ácidos cafeico, ferúlico y dimetoxicinámico. Además de su potencial como antioxidante, el ácido clorogénico tiene otras propiedades valiosas para la salud, como actividades hepatoprotectoras, hipoglucemiantes y antivirales (LÓPEZ, 2014).

2.1.3. Estado físico del café

- **Cereza madura:** Se le denomina cereza madura al fruto recién cortado en su etapa óptima de madurez, antes de ser procesado en el beneficio húmedo. Cabe mencionar que el fruto maduro está compuesto por cuatro partes importantes: Pulpa (pericarpio); mucílago (mesocarpio); película plateada (perisperma); cotiledones o semillas (endosperma) (USAID, 2005).

- **Pergamino seco:** Es la que proviene del proceso de la línea de secada en el beneficio húmedo, obteniéndose del resultado en los patios de 4 a 6 días de sol y en secadoras en un proceso aproximado de 24 horas de aire desecante continuo, el buen proceso en estas dos líneas dará como resultado un café parejo en secamiento, con una humedad de 10 a 12% (en café oro), la coloración del pergamino es amarillo claro, limpio y con un aroma de trigo agradable (USAID, 2005).

- **Café verde oro:** Es el café que resulta de la transformación del pergamino a oro, en el proceso del beneficio seco, obteniéndose del trillado, su presentación tiene que ser verde homogéneo (de verde jade a verde azulado), el porcentaje de humedad es de 10 a 12% (USAID, 2005).

- **Café tostado:** Es un producto derivado del procesamiento del fruto del cafeto, y constituye la etapa previa a que el café llegue al consumidor final (LÓPEZ, 2014).

2.1.4. Tostado del café

Es el proceso resultante de someter el café oro a calor que transforma los almidones en azúcares o caramelización a través de la deshidratación, a lo que llamamos tostado (ESTRELLA, 2014). Con el tostado, los granos duplican su tamaño. Al principio de la aplicación del calor, el color de los granos verdes pasa a amarillo, luego a marrón canela, es en ese momento cuando el grano pierde su humedad. Cuando la temperatura en el interior alcanza alrededor de 200 °C, salen los aceites de los granos; en general, cuanto más aceite hay, más sabor tiene el café. Durante el tostado, los granos se agrietan de una forma similar al de las palomitas de maíz que explotan bajo calor (CALLE, 2011).

USAID (2005) describe que el grado de tueste variará de acuerdo al tipo de café que se esté procesando, sin embargo, el sistema sugiere el grado “claro” y “claro-medio”, que aproximadamente equivale entre 58 y 63 en escala Agtron para grano tostado. El proceso de tueste deberá efectuarse en no menos de 8 minutos y no más de 12 minutos. El tiempo exacto en este rango dependerá de la densidad del café que se esté tostando. Inmediatamente después del tueste, deberá enfriarse lo más rápido posible, sin utilizar agua durante este proceso. Si las muestras son almacenadas para ser catadas el día siguiente de su tueste, deberán almacenarse en un área oscura,

seca y con baja humedad. Nunca se debe almacenar una muestra más allá de 24 horas para ser catada.

Es un proceso dependiente del tiempo y de la temperatura, necesario para el desarrollo del sabor y aroma característica de la bebida, durante el cual se producen zonas térmicas de 200 a 250 °C profundas transformaciones químicas en los granos de café verde, así como cambios físicos en su estructura. Muchos cambios físicos y químicos complejos ocurren además del cambio del color de verde al marrón. En la primera etapa del tueste, se pierde el agua libre; en la segunda ocurren reacciones químicas complejas, la deshidratación, la fragmentación, la recombinación y la polimerización. Varios de estos cambios se asocian a la reacción de Maillard y conducen a la formación de compuestos de bajo peso molecular, tales como bióxido de carbono y agua libre, compuestos aromáticos y del sabor. Además, se generan materiales coloreados de alto peso molecular, solubles y parcialmente insolubles en agua (melanoidinas) (ROJAS, 2005).

Según REYES (2003) el tueste es una esencia, un procedimiento que expone el grano a un proceso de calentamiento lo suficiente rápido como para extraer la humedad libre y de enlace en el grano, calentando el residuo seco a más de 200°C. A esta temperatura ocurre la pirólisis, esto es, la descomposición térmica y cambio químico dentro del grano. En una fracción de segundo se produce las reacciones exotérmicas (liberación de calor).

El tostado provoca una serie de reacciones químicas, como la transformación del almidón en azúcar, la formación de unos ácidos y la descomposición de otros. Los aceites aromáticos, parte esencial de la

torrefacción, se llaman aceites de café o cafeol; estos aceites son volátiles, es decir, son los elementos que contienen los sabores y aromas que, además, son solubles en agua, por lo que estos sabores y aromas se conservan una vez preparada la bebida; después de la torrefacción, el sabor que ha salido a la superficie gracias a esta operación empieza a desvanecerse (CÁMARA PERUANA DE CAFÉ, 2004).

La temperatura del grano se eleva a 200 – 210 °C con pérdida de peso de 4 a 6%. Lo dicho equivale, con un porcentaje inicial de 12% de humedad a 16 – 18% de pérdida total en el tueste. Mayor sea el porcentaje de pérdida, más oscuro es el color del tueste: La mayor parte de la alteración del azúcar, tanto como la mayor parte del aumento de tamaño del grano (hasta casi el doble de su volumen original), ocurren también durante este periodo, con exposición simultánea al cascabillo en la hendidura del grano (REYES, 2003).

SCAA (2000) menciona que un café tostado demasiado rápido a temperaturas muy altas, produce que solo se tueste el exterior del grano. Un tueste con demasiada lentitud a muy baja temperatura, les otorga sabor a pastos al grano. La mayoría de métodos para tostar incluyen las siguientes seis fases: **Ciclo de secado**, esta es la primera fase del proceso de torrefacción, cuando los granos cambian de un brillante color verde pálido a un amarillo. **El primer crack** comienza a producir complejas reacciones químicas provocando un crujido de sonido. **Iniciación del tostado** los granos se hinchan a 100 – 140% de su tamaño inicial y comienzan a caramelizarse, dando a los granos su color marrón. **Pausa** en esta fase el crujido deja grietas, pero las reacciones

continúan, el tiempo de este silencio dependerá de la cantidad de calor aplicado por el tostador. **El Segundo crack** provoca la deshidratación progresiva de los granos como resultado existe más crujidos que se pueden escuchar. **Término del tostado**, sucede cuando la cantidad óptima de tiempo ha transcurrido y los granos son enfriados rápidamente, esto se logra mediante la introducción de grandes cantidades de aire frío.

Según ROJAS (2005) los mecanismos de la formación de los constituyentes volátiles presentes en el aroma del café son extremadamente complejos y hay claramente un grado amplio de interacción entre todas las rutas implicadas. Los principales mecanismos y cambios en la composición que ocurren durante el tostado son:

- Reacción de Maillard o pardeamiento no enzimático entre sustancias con contenido de nitrógeno, aminoácidos y proteínas, pero también trigonelina, serotonina y carbohidratos.
- Degradación de Strecker de aminoácidos (vía reacción de Maillard), degradación de aminoácidos a aldehídos, amoníaco y bióxido de carbono; por la desaminación y descarboxilación de un α - aminoácido. Cada aminoácido produce su aldehído específico, con su aroma característico.
- Formación de compuestos de azufre de bajo peso molecular que contribuyen al sistema global del aroma.
- Degradación de proteínas y aminoácidos individuales, hay una destrucción de arginina y pérdidas sustanciales de cisteína, lisina, metionina, serina y treonina y degradación de aminoácidos azufrados.

- Degradación de trigonelina. Bajo las condiciones de acidez suave que prevalecen durante el tostado del café, la trigonelina se desmetila ácido nicotínico, produciéndose un incremento de 30 veces en la concentración, es también conocido, que la termólisis de la trigonelina genera piridinas, pirroles y compuestos bicíclicos; además la descarboxilación de la trigonelina es otra fuente de bióxido de carbono generado durante el tueste.
- Degradación de azúcares, los azúcares no volátiles (pentosas, hexosas, disacáridos) son degradados por calentamiento para producir productos con aroma a caramelo, y color oscuro.
- Degradación de lípidos, la autooxidación de ácidos grasos insaturados, principalmente los de cadena larga (C18) produce aldehídos insaturados.
- Degradación de ácidos fenotípicos, particularmente de un segmento del ácido quínico.

La composición final de los compuestos volátiles del café tostado depende de varios factores. Estos incluyen la especie y variedad de café, condiciones climáticas y suelo durante el crecimiento, almacenamiento (después de la cosecha y tostado), tiempo y temperatura de tueste y por último el equipo utilizado para el tueste (ROJAS, 2005).

2.1.5. Tipos o grados de tostado del café

- **Tostado claro:** Suele llamarse *light*, *cinnamon roast*, *canela*, *half city* o *New England*, este tono se crea después del primer tronido, cuando se haya doblado su tamaño, la superficie es seca (AMCCE, 2007). Tostados más ligeros o claros realzan la acidez y son de mucho cuerpo (BONIFAS, 2014).

Los tuestes claros desarrollan mejores sabores y aromas dulces del café (MURILLO, 2003). La temperatura de tostado está entre 180 a 220 °C/ 6min (OLIVEIRA, 2006). Para medir el color de tostado del café se utiliza un disco con escala de Agtron para grano tostado un disco N° 65 para tostado claro (HALAL, 2008).

- **Tostado medio:** También llamado *Full City*, americano o regular, es el favorito de muchos catadores y de muchos tostadores pues se pueden determinar los orígenes geográficos y la personalidad del grano, tiene un aspecto seco, sabor más dulce, cuerpo desarrollado y acidez agradable (AMCCE, 2007). También llamado tueste americano, medio o rápido (BONIFAS, 2014). Para un tostado medio el punto ideal de tostado es de 180 °C a 210 °C /10 minutos (ABRAHAO *et al.*, 2010). Para medir el color de este grado de tostado se utiliza con una escala de Agtron un disco N° 55 para tostado medio (HALAL, 2008).

- **Tostado oscuro:** Conocido como Vienés, italiano o continental y se produce a los 12-13 minutos, cuando los granos empiezan a sisear y están tronando por segunda vez empiezan a liberarse los aceites por lo que tienen un poco de brillo, se desarrolla el cuerpo y se pierden los aceites, se pierde en aroma, pero se gana en dulzor (AMCCE, 2007). En algunos casos desarrollan sabores y aromas amargos (MURILLO, 2003). Los tostados oscuros tienen un ahumado e intenso sabor mientras que estos presentan poca acidez y son ligeros de cuerpo (BONIFAS, 2014). Para un tostado oscuro (180 a 220 °C/ 20 min). Utilizar escala de Agtron para café un disco N°45 para tostado oscuro (HALAL, 2008).

2.2. Polifenoles totales

Los compuestos fenólicos o polifenoles, son las sustancias que poseen un anillo aromático, unidos a uno o más grupos hidroxilo, incluyendo derivados funcionales (ésteres, glucósidos, etc.) (GONZÁLEZ, 2010). Los fenoles son metabolitos secundarios ampliamente distribuidos en el reino vegetal. Los fenoles están asociados al color, a las características sensoriales (sabor, astringencia, dureza), a las características nutritivas y a las propiedades antioxidantes de los alimentos de origen vegetal. La característica antioxidante de los fenoles se debe a la reactividad del grupo fenol (TORRES, 2012).

2.2.1. Clasificación de los compuestos fenólicos

El término fenoles comprende aproximadamente 8000 compuestos que aparecen en la naturaleza. Todos ellos poseen una estructura común: un anillo fenol un anillo aromático que lleva al menos un sustituyente hidroxilo. Los flavonoides (Figura 1) son los polifenoles que poseen al menos dos subunidades fenólicas; los compuestos que tienen tres o más subunidades fenólicas se denominan taninos.

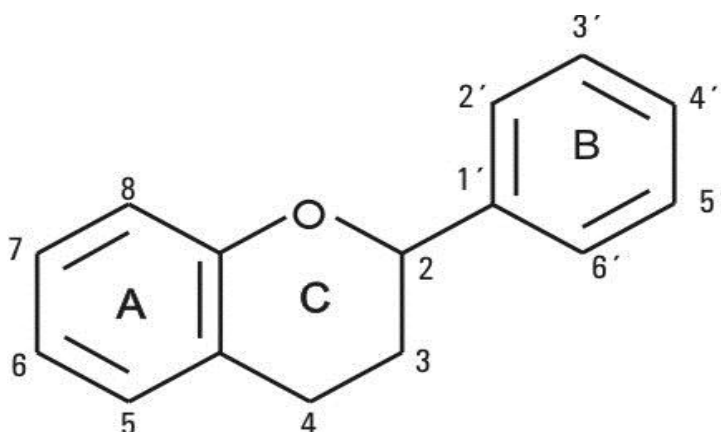

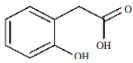
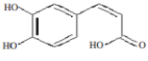
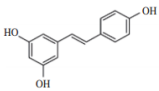
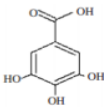
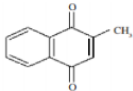
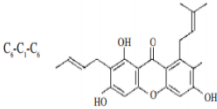
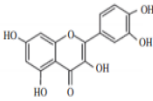


Figura 1. Estructura básica de los flavonoides.

En el Cuadro 2 se presenta la clasificación general de los compuestos polifenólicos.

Cuadro 2. Clasificación general de los compuestos polifenólicos.

Clase	Estructura	Ejemplo
Fenoles simples	C_6	 Catecol
Ácidos fenilacéticos	C_6-C_2	 Ácido 2-hidroxi-fenilacético
Ácidos hidroxicinámicos	C_6-C_3	 Ácido caféico
Estibenos	$C_6-C_2-C_6$	 Resveratrol
Ácidos hidroxibenzoicos	C_6-C_1	 Ácido gálico
Naftoquinonas	C_6-C_4	 Menadiona
Xantomas	$C_6-C_1-C_6$	 Mangostina
Flavonoides	$(C_6-C_3-C_6)$	 Quercetina

Fuente: MERCADO *et al.*, (2013).

La actividad antioxidante de los distintos grupos de compuestos depende de la estructura individual y del número de hidroxilos sustituyentes, así como del peso molecular. En los flavonoides, esta característica se asocia

con la presencia en la molécula de grupos orto dihidroxi en el anillo B, un doble enlace entre el C₂ y C₃ en conjunto con la posición 4-oxo en el anillo C, y grupos 3-5 hidroxilo, y la función 4-oxo en los anillos A y C. Los taninos o polifenoles poliméricos tienen mayor actividad antioxidante que los fenoles monoméricos simples (TORRES, 2012).

2.2.2. Polifenoles en el café

Los polifenoles son fitoquímicos que se encuentran en bebidas como el té o el café. El grano de café es uno de los productos vegetales más importantes del comercio internacional global y está compuesto por distintas sustancias químicas entre ellas los polifenoles, principalmente los ácidos cumárico, cafeico, ferúlico y clorogénico. En la producción de café, los granos son rechazados al no cumplir los requisitos de calidad visual, los granos rechazados tienen la misma composición fenólica que los granos aceptados. La autooxidación se produce principalmente en alimentos ricos en lípidos, causando degeneración en las propiedades nutricionales y sensoriales del alimento. Los polifenoles son excelentes antioxidantes, pero son hidrofóbicos, se propone la esterificación de la función del ácido carboxílico, obteniendo así una molécula anfifílica e inducirlo en matrices lipídicas (DE LA VEGA *et al.*, 2011). Los principales ácidos del café tostado son: clorogénico, quínico, cítrico, acético, málico, fórmico, fosfórico, glicólico, láctico y otros 36 ácidos. Estos ácidos provienen del café almendra y otros se producen en la tostación a partir de los carbohidratos, sacarosa, ácidos cítrico, málico y fosfórico, trigonelina y lípidos contenidos en la almendra. En los volátiles del café tostado se

encuentran también más de 20 ácidos como el propanoico, butanoico, pentanoico, heptanoico y otros ácidos grasos (CENICAFE, 2011).

Se han identificado hasta 44 compuestos fenólicos en semillas de café de las variedades Arábica y Robusta, siendo mayoritarios los derivados de los ácidos hidroxicinámicos. Así, los isómeros de los ácidos cafeoilquínicos (ácidos 3-cafeoilquínico neo clorogénico, 4-cafeoilquínico o criptoclorogénico), 5-O-cafeoilquínico o clorogénico, y dicafeoilquínicos (ácidos 4-dicafeoilquínico, 3,5-dicafeoilquínico, 4,5-dicafeoilquínico), junto con isómeros del ácido feruloilquínico (ácidos 3-feruloilquínico, 4-feruloilquínico, 5-feruloilquínico) constituyen la fracción mayoritaria del extracto fenólico del café verde. Además, la concentración total de estos compuestos en la semilla verde de la variedad Robusta (88 mg/g) supera a la variedad arábica (68,8 mg/g). El ácido 5-cafeoilquínico es el fenol mayoritario en el café, representando casi un 50% del total de derivados hidroxicinámicos y llegando a alcanzar hasta 14 o 41 mg por taza de café tostado o café verde (GÓMEZ, 2015).

Los polifenoles más importantes que se encuentran en el café tostado son:

- **La trigonelina** (ácido N-metilnicotínico), se encuentra en hojas y frutos del café. Se ha asociado altos contenidos de trigonelina a menor calidad del café producto del aumento del sabor amargo en la bebida de café, posiblemente se deba a que durante el tostado del grano sufre una progresiva degradación, dando lugar a la formación de ácido nicotínico (LARA, 2005). El contenido de trigonelina también es utilizado para diferenciar entre variedades ya que suele ser más bajo en variedades de café robusta versus variedades de

café arábigo de baja calidad, además de esto el contenido de trigonelina es determinante en la formación de aromas en el momento de tostado de café (FARAH *et al.*, 2005).

- **Ácidos clorogénicos** (AC, 5CQA), son una familia de esteroides formados por ciertos ácidos trisdinámicos y el ácido quínico. Dentro de los AC más comunes se encuentran algunos monos esteroides de ácido cafeoilquínico (CQA), diesteroides (diCQA), triesteroides (triCQA). La bebida de café es una de las principales fuentes de AC de consumo diario. Su contenido varía en función de la especie entre el 6 – 8 % en base de la materia seca. Se estima que una taza de 200 ml de café arábigo podría aportar unos 70 – 200 mg y 70 – 300 mg para robusta. Los AC se encuentran en la superficie del grano de café con la cera cuticular en el citoplasma adyacente a la pared celular del endosperma parénquimático. Se ha asociado a los AC con el sabor amargo y astringente de la bebida de café. La explicación más aceptada ante esta afirmación, es que durante el tostado del grano los AC sufren una hidrólisis que libera residuos de ácido quínico y compuestos fenólicos, responsables del incremento del sabor amargo en la bebida. También, se ha identificado que los AC pueden servir como inductores de resistencia a enfermedades como *Hemileia vastatrix* Berk y *Ceratocystis fimbriata* (LARA, 2005). En la tostación, los ácidos clorogénicos se isomerizan, se unen a las melanoidinas, se hidrolizan, forman quinolactonas y se transforman en catecol, guayacol y pirogalol que tienen olores a humo y quemado. El contenido de ácidos clorogénicos en una taza de café depende de la especie, la madurez, el procesamiento y el grado de tostación, hay menos cantidad en café descafeinado (CENICAFE, 2011).

- **Taninos**, son compuestos fenólicos hidrosolubles. Destacan en el café, por sus propiedades astringentes, dando una sensación de aspereza, sequedad y amargor en la lengua. El contenido de taninos disminuye a medida que el fruto madura ya que se ve opacado por los azúcares generados por la maduración. Es conocido también por sus propiedades antioxidantes, disminuyendo la aparición de enfermedades degenerativas. Los taninos juegan un papel importante en la astringencia del café, contribuyendo a su sabor, a la vez repercuten en el color que es una característica importante a la vista del consumidor (ROJAS, 2009).

2.3. Capacidad antioxidante

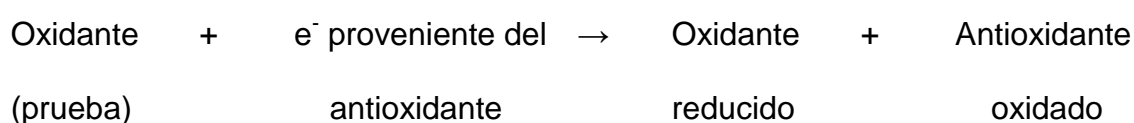
RAMOS *et al.*, (2008) mencionan que un antioxidante es una molécula capaz de retardar o prevenir la oxidación de otras moléculas. Se produce una oxidación, siempre que una especie cede electrones a otra, la especie que gana electrones se reduce, y la que pierde se oxida. En estas reacciones de oxidación, a veces, se pueden producir radicales libres, especies muy oxidativas y que pueden producir daños al organismo.

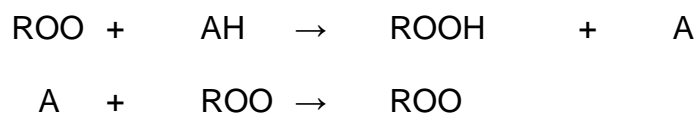
A nivel de la industria de alimentos, los antioxidantes resultaron de interés para la preservación y estabilidad de los mismos, reduciendo la velocidad de degradación de compuestos por la oxidación y la pérdida de su calidad nutritiva (PELÁEZ, 2009). La capacidad antioxidante no puede ser medida directamente, pero puede determinarse por los efectos del compuesto antioxidante en un proceso de oxidación controlado. Para la medición de una muestra oxidante, pueden usarse intermediarios o productos finales para

valorar la capacidad antioxidante. La capacidad antioxidante de una muestra no puede ser determinada basándose solo en un ensayo de prueba. En la práctica se realizan muchos modelos de test *in vitro* para evaluar la capacidad antioxidante de la muestra de interés; sin embargo, es necesario considerar que los modelos presenten diferentes variaciones, lo cual puede dificultar un poco la comparación de los resultados entre un método y otro. Con base a las reacciones químicas, la gran mayoría de los ensayos para determinar la capacidad antioxidante pueden ser divididos en dos categorías: (1) Ensayos basados en la reacción por transferencia de átomos de hidrógeno (HAT) y (2) Ensayos basados en la reacción por transferencia de electrones (SET).

Los ensayos basados en la transferencia de electrones (SET) involucran una reacción redox con el oxidante como un indicador del punto final de reacción. La mayoría de los ensayos basados en HAT monitorean una reacción cinética competitiva, generalmente están compuestos de un generador de radical libre sintético, una prueba molecular oxidable y un antioxidante. Los ensayos basados en HAT y SET fueron desarrollados para medir la capacidad de atrapar radicales libres, en lugar de la capacidad preventiva antioxidante de una muestra. A continuación se muestran las reacciones específicas para los ensayos basados en la transferencia de electrones y en la transferencia de átomos de hidrógeno (HUANG *et al.*, 2005).

Ensayos SET:



Ensayos HAT:

Usualmente los ensayos antioxidantes in vitro utilizan un captador de radicales libres y son relativamente sencillos de realizar. Entre los ensayos de captación de radicales libres, el método DPPH[•] es el más rápido, es simple de menor costo en comparación con otros modelos. Por otro lado, el ensayo de decoloración ABTS^{•+} se puede aplicar a antioxidantes hidrofílicos y lipofílicos, por tal motivo estos dos métodos son los más utilizados (ALAM *et al.*, 2013).

2.3.1. Función de los antioxidantes

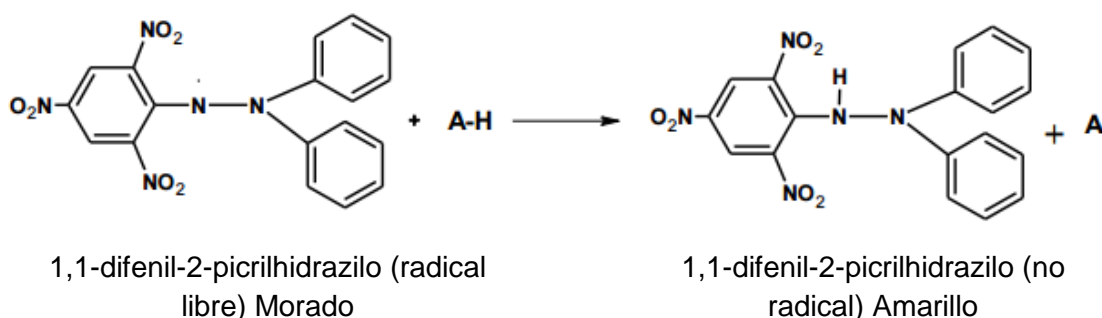
Los antioxidantes impiden que otras moléculas se unan al oxígeno, al reaccionar interactúan más rápido con los radicales libres del oxígeno y las especies reactivas del oxígeno que con el resto de las moléculas presentes, la acción del antioxidante es de sacrificio de su propia integridad molecular para evitar alteraciones de moléculas, lípidos, proteínas, ADN, etc. Su acción la realizan tanto en medios hidrofílicos como hidrofóbicos (MENDOZA, 2012).

La actividad antioxidante del café se debe principalmente por la cafeína, trigonelina, ácido cafeico, productos de reacción de Maillard de compuestos volátiles (furanos y pirroles). El café es la principal fuente de ácido clorogénico en la dieta humana y su capacidad antioxidante en la contribución de sustancias naturales aquellas que inducen en el proceso de tostado (RODRIGUES, 2012).

2.3.2. Métodos de análisis para la capacidad antioxidante

- Ensayo del DPPH (1,1-difenil-2-picril-hidrazilo)

La molécula 1,1-difenil-2-picril-hidrazilo (DPPH) es conocida como un radical libre estable debido a la deslocalización de un electrón desapareado sobre la molécula completa, por lo cual la molécula no se dimeriza, como es el caso de la mayoría de los radicales libres. La deslocalización del electrón también intensifica el color violeta intenso típico del radical, el cual absorbe en metanol a 517 nm. Cuando la solución de DPPH reacciona con el sustrato antioxidante que puede donar un átomo de hidrógeno como se muestra en la Figura 2, el color violeta se desvanece.



Fuente: TOVAR, 2013.

Figura 2. Estructura del DPPH antes y después de la reacción con el antioxidante.

El cambio de color es monitoreado espectrofotométricamente y es utilizado para la determinación de los parámetros para las propiedades antioxidantes. Después de aproximadamente tres décadas este ensayo comenzó a utilizarse rutinariamente para la caracterización de las propiedades antioxidantes. El procedimiento original para el ensayo DPPH• ha sido adoptado por muchos laboratorios y a pesar de que existen modificaciones a

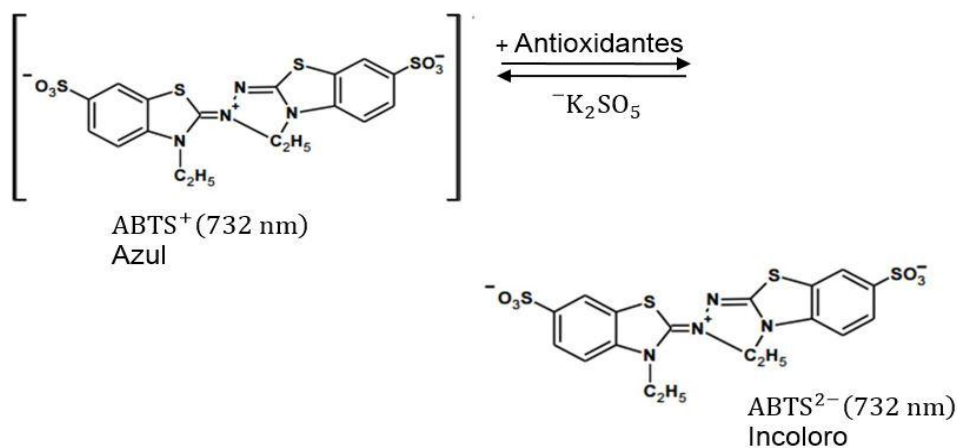
conveniencia, una revisión detallada de la literatura ha revelado que la mayoría de los estudios están basados en un tiempo de reacción de 20-30 min en vez de un tiempo de reacción total de 120 min requerido para alcanzar el estado estacionario y completar la reacción redox.

Los resultados del ensayo DPPH[•] se han presentado de diferentes maneras. La mayoría de los estudios expresan los resultados como el valor de la concentración máxima de la media inhibitoria (IC₅₀), definido como la cantidad de antioxidante necesario para disminuir la concentración inicial de DPPH al 50%. Este valor se calcula graficando el porcentaje de inhibición contra la concentración del extracto. Para extractos de plantas o compuestos puros el valor IC₅₀ cambia de acuerdo a la concentración final del DPPH[•] usado. La reacción cinética entre el DPPH[•] y los antioxidantes no es lineal con la concentración de DPPH[•], por lo cual es arbitrario medir la capacidad antioxidante usando IC₅₀ (TOVAR, 2013).

- Ensayo ABTS^{•+} (ácido 2,2'-azino-bis-3-etilbenzotiazolin-6-sulfónico)

La generación del radical ABTS^{•+} constituye la base de uno de los métodos espectrométricos que han sido aplicados para medir la actividad antioxidante total de soluciones o sustancias puras y mezclas acuosas. El ensayo original de ABTS^{•+} estaba basado en la activación de la metilmioglobina con peróxido de hidrógeno en presencia de ABTS para producir un radical catión, en presencia o ausencia de antioxidantes. Este fue criticado debido a que la reacción rápida de los antioxidantes, contribuye a la

reducción del radical ferrilmioglobina. Un formato más apropiado para el ensayo consiste en la técnica de decoloración, en la cual el radical es generado directamente en una forma estable antes de la reacción con los antioxidantes (TOVAR, 2013). Como se muestra en la Figura 3 la técnica mejorada para la generación del radical catión $ABTS^{\bullet+}$, implica la producción directa del cromóforo $ABTS^{\bullet+}$ verde-azul a través de la reacción entre ABTS y el persulfato de potasio ($K_2S_2O_8$).



Fuente: TOVAR, 2013.

Figura 3. Estructura del $ABTS^{\bullet+}$ antes y después de la reacción con el antioxidante.

Este presenta tres máximos de absorción a las longitudes de onda de 645 nm, 734 nm y 815 nm. La adición de los antioxidantes al radical preformado lo reduce a ABTS. De esta manera el grado de decoloración como porcentaje de inhibición del radical catión $ABTS^{\bullet+}$ está determinado en función de la concentración y el tiempo; así como del valor correspondiente usando el Trolox como estándar, bajo las mismas condiciones (TOVAR, 2013).

2.4. Catación

La catación es la prueba organoléptica o sensorial aceptada internacionalmente para la comercialización del café, esta prueba de evaluación es realizada por un especialista llamado catador; este, posee amplios conocimientos, experiencia y habilidades naturales para poder percibir cada uno de los atributos y defectos que pueda tener el café (LARA, 2005). Los atributos y defectos pueden dividirse tanto para el aspecto físico del grano como también para la bebida, y están basados en las exigencias del consumidor. Al final, la presencia y gravedad de los defectos físicos y de taza dan el concepto global de la calidad. De esta manera, la catación determina el verdadero valor y utilidad del café en el mercado (ESTRELLA, 2014).

2.4.1. Análisis de infusión del tueste

ESTRELLA (2014) menciona que cuando se prepara el café, el agua caliente remueve la mayor parte del material soluble en agua del café tostado y molido mediante un proceso que combina la disolución y la extracción. Primero el agua penetra los gránulos, disuelve algunos de los componentes químicos que encuentra, forma una solución con esos materiales y luego sale de los gránulos para producir la bebida o extracto familiar. El café contiene muchos compuestos químicos y cada uno de ellos se comporta de manera diferente; según su naturaleza química algunos compuestos se disuelven rápidamente al entrar al contacto con el agua y los otros lo hacen lentamente.

2.4.2. Características organolépticas más relevantes del café

Los sentidos del olfato y del gusto son importantes en el proceso de definición de la calidad de un café en particular, dentro de las características organolépticas importantes se encuentran los siguientes atributos como Fragancia/aroma, sabor, postgusto, acidez, cuerpo, dulzura, balance, uniformidad, limpieza de taza o taza limpia y apariencia general como se detalla a continuación:

- **Fragancia/aroma:** Sensación que producen los compuestos volátiles del café cuando son percibidos por el sentido del olfato sin la adición del agua. Se puede detectar algunos defectos o notas particulares, se califica con intensidad y calidad. Sensación que producen los compuestos del café, cuando son percibidos por el sentido del olfato al preparar la infusión con agua a una temperatura mayor de 55 °C. Este es el primer atributo que disfruta el consumidor cuando se le sirve una taza de café y es determinado por los componentes olfativos que se encargan de definir el olor y/o aroma (algunos de los términos de aroma más comunes son acaramelado, carbonado, chocolate, frutal, floral, cereal) (BANEGAS, 2009).

La fragancia/aroma se evalúa en tres pasos diferenciados en el proceso de catación: Sentir el olor de los gránulos colocados en la taza antes de echarle agua al café, sentir los aromas que se liberan cuando se rompe la capa, sentir los aromas que se liberan cuando se deja el café en remojo. Los tipos de fragancia/aroma que se encuentran en el café son: frutal, floral, herbal, caramelo, resinoso, madera, cítrico, chocolate, especias, fragante, terroso, nuez, granos, ceniza, perfumado (ESTRELLA, 2014).

- **Sabor:** La determinación del sabor en el proceso de catación es el producto de la exposición de los cientos de terminales nerviosas en la lengua a diferentes sensaciones simultáneas: dulces, ácidas, saladas y amargas. Esto permite generar una sensación particular vinculada a un sabor preconcebido en el subconsciente (BANEGAS, 2009). El tipo de sabor más común que se encuentran son: caramelo, frutal, dulce, chocolate, especias, madera, balanceado (ESTRELLA, 2014).

- **Post gusto:** El sabor residual cuando es agradable tiene un sabor dulce y refrescante, cuando es desagradable deja un sabor amargo o áspero (ESTRELLA, 2014). Sabores post gustativos que permanecen en la boca después de degustar la bebida, pueden ser agradables o desagradables dependiendo del almacenamiento del producto (BANEGAS, 2009).

- **Acidez:** La acidez suele describir como “brillante” cuando es positiva y “agria” cuando es negativa. Sin embargo, la acidez que es demasiado intenso o dominante puede ser desagradable, y el exceso de acidez puede no ser lo adecuado para el perfil de sabor de la muestra. El puntaje final que se marca en la escala horizontal debe reflejar la percepción del panelista de la calidad de acidez relacionado con el perfil del sabor esperado (ESTRELLA, 2014).

La acidez es la característica más apreciada en la comercialización del café, y por consiguiente con mejor valor comercial. El grado de acidez es decir su intensidad varía notablemente conforme a la procedencia del café, destacándose los cafés de altura por una acidez alta a mediana, mientras que los cafés de bajura tienen una acidez ligera (BANEGAS, 2009).

- **Cuerpo:** Es la sensación táctil del líquido en la boca, donde es percibida entre la lengua y el techo de la boca. El cuerpo de café puede ser ligero, mediano, aceitoso, cremoso, áspero, astringente, pesado, suave, acuoso (ESTRELLA, 2014). Es el grosor del sabor, consistencia o espesor del líquido, se percibe en la lengua, con una mayor o menor concentración. Una buena bebida de café presenta cuerpo completo, moderado y balanceado (CALLE, 2011). Esto permite definir el contenido de sólidos, mayor o menor consistencia (densidad de la bebida) (BANEGAS, 2009).

- **Dulzura:** Es uno de los atributos del café arábica por la presencia de carbohidratos y se pueden relacionar con frutos dulces (MONTCAFE, 2014). El opuesto de dulzura en este contexto son los sabores agrios, astringente o “verde”, puede ser que ésta característica no se perciba directamente como en los productos de alto contenido de sacarosa (ESTRELLA, 2014).

- **Balance:** Para determinar este tipo de atributo se presentan en cafés limpios y sanos, existe una combinación de los atributos de acidez, cuerpo y sabor (ESTRELLA, 2014).

- **Uniformidad:** Se refiere a la consistencia del sabor de las diferentes tazas de la misma muestra evaluada; si el sabor de las tazas es diferente, el puntaje de este aspecto no será alto. Se otorgan dos puntos para cada taza que presenta este rasgo con un máximo de 10 puntos si las cinco tazas son iguales, (ESTRELLA, 2014). Es definida como la transparencia y consistencia de sabor en la taza de café (DÍAZ y PERDOMO, 2015).

- **Limpieza de taza:** Se refiere a la falta de impresiones negativas desde la primera ingestión hasta el sabor residual final, la “transparencia de la

taza”. La presencia de sabores o aromas ajenos a los de café llevan a la descalificación de una taza (ESTRELLA, 2014).

- **Apreciación general o preferencia:** Es el juicio global objetivo sobre el café. Toma en cuenta todos los elementos sensoriales, la presencia de sabores atípicos y su importancia, además de sus características particulares (ESCARRAMÁN *et al.*; 2007).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

La investigación se realizó en el Laboratorio de Nutrición Animal, en el Laboratorio del Centro de Investigación de Productos Naturales de la Amazonía (CIPNA) y en el Centro de Investigación para el Desarrollo Biotecnológico de la Amazonía (CIDBAM), de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS) ubicada en el distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco; a una altitud de 660 m.s.n.m. a 09°17'08" de latitud Sur, a 75°59'52" de latitud Oeste, con clima tropical húmedo y con una humedad relativa media de 84 % y temperatura anual de 24 °C.

3.2. Muestra

La muestra utilizada procedió del fundo "Los Ángeles" propiedad del señor "Marcos Castro Ávila", ubicado en la localidad de San Isidro, distrito de Hermilio Valdizán, provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco; con un área total de 100 Has., según las coordenadas geográficas perimétricas el área experimental fue de 0,4282 m², las muestras que se obtuvieron fueron de las variedades: Typica y Bourbón.

3.3. Materiales, equipos, reactivos y solventes

3.3.1. Materiales de laboratorio y/o proceso

Matraces de Erlenmeyer de 250 mL; vasos de precipitación de 50, 100, 250 y 500 mL; pipetas graduadas de 5 y 10 mL; tubos de ensayo 10 mL; fioles de 10, 25, 50, 100, 500; probetas graduadas de 10, 100, 250 y 500 mL; frascos ámbar de 100 mL; embudo; micropipetas 0 – 10, 10 – 100, 20 – 200 y 100 – 1000 μ L; cubetas de poliestireno (1 x 1 x 4,5 cm); tips (1000 y 200 μ L); microtubos (1,5 – 2 mL); papel filtro; gradillas y papel aluminio.

3.3.2. Equipos de laboratorio y/o proceso

Trilladora de laboratorio, Marca IMSA Perú – Villa Rica, capacidad 250g/tolva, modelo LAB, RPM 1740, KW 1.5, N° Serie 0210, motor $\frac{3}{4}$ HP, 220 voltios. Medidor de humedad, marca IMSA, modelo G600, de 220 voltios. Cribas granulométricas, vibración manual, malla N° 15 de 5,95. Tostadora marca WEG, modelo SNXX 2040. 127V/220V, que a su vez va a acompañado de gas propano, con una potencia de 0,37Kw, termómetro digital y cronómetro, contiene dos tambores, capacidad de 250 g/tolva. Molino eléctrico de laboratorio marca kichen AID, modelo 5KC G 100, regulable hasta 8 grados de finura. Jarras hervidoras eléctricas de marca Imaco, Oster con una capacidad de 1,7 L. Espectrofotómetro modelo Genesys 6 (Thermo Electrón Corporation) SN2M6G261002; Balanza analítica modelo ESJ–210–4 (Digital precisión), capacidad 200g y modelo Adventurer Pro AV114 (OHAUS) capacidad 110 g; Estufa modelo ODH6–9240A (TOMOS HeatingDrying Oven); Congelador FFV–2065FW -20°C (Frigidaire, USA); Refrigerador Icebeam Door Cooling LG

modelo GR-5392QLC (Corea); Desionizador modelo D 7035 (Barnstead); Homogenizador modelo VORTEX GENIE-2 (Scientific industries. SITM); Centrifuga modelo MIKRO 22R (Hettich).

3.3.3. Reactivos y solventes

Acido gálico ($C_7H_6O_5$) al 98,1% Sigma Aldrich; Folin-Ciocalteu phenol reagent (2N, Sigma Aldrich); carbonato de Sodio (Na_2CO_3); 1,1-Diphenyl-1-picril-hydrayl (DPPH, Sigma Aldrich, USA); 2,2-azinobis (3-etilbenzotiazoline-6-ácido sulfónico) diammoniumsolt (ABTS; Sigma Aldrich, USA); agua destilada desionizada (H_2O_{dd}); persulfato de Potasio ($K_2S_2O_8$) p.a. Sigma Chemical.

3.4. Métodos de análisis

- **Cuantificación de polifenoles totales:** Método espectrofotómetro desarrollado por Folin Ciocalteu *et al.* (1927) reportado por SANDOVAL *et al.* (2002).

- **Capacidad de inhibir radical 1,1-difenil-2-picrilhidrazil (DPPH):** Método espectrofotómetro UV/Visible a 517 nm descrito por BRAND - WILLIAMS *et al.* (1995).

- **Capacidad de inhibir radical libre 2,2-azinobis (3-etilbenzotiazoline-6-ácido sulfónico) ($ABTS^{0+}$):** Método descrito por RE *et al.* (1999).

- **Evaluación sensorial:** Se realizó mediante la ficha de la Asociación de Cafés Especiales de América de la Cooperativa La Divisoria Ltda. y perfiles descriptivos y grafica de la respuesta en un Cluster (dendrograma) (BACELAR *et al.*, 2013); y un análisis de conglomerados (FRANCO e HIDALGO, 2003).

3.5. Metodología experimental

3.5.1. Preparación de las muestras

En la Figura 4 se presenta el diagrama utilizado para la preparación de las muestras de café.

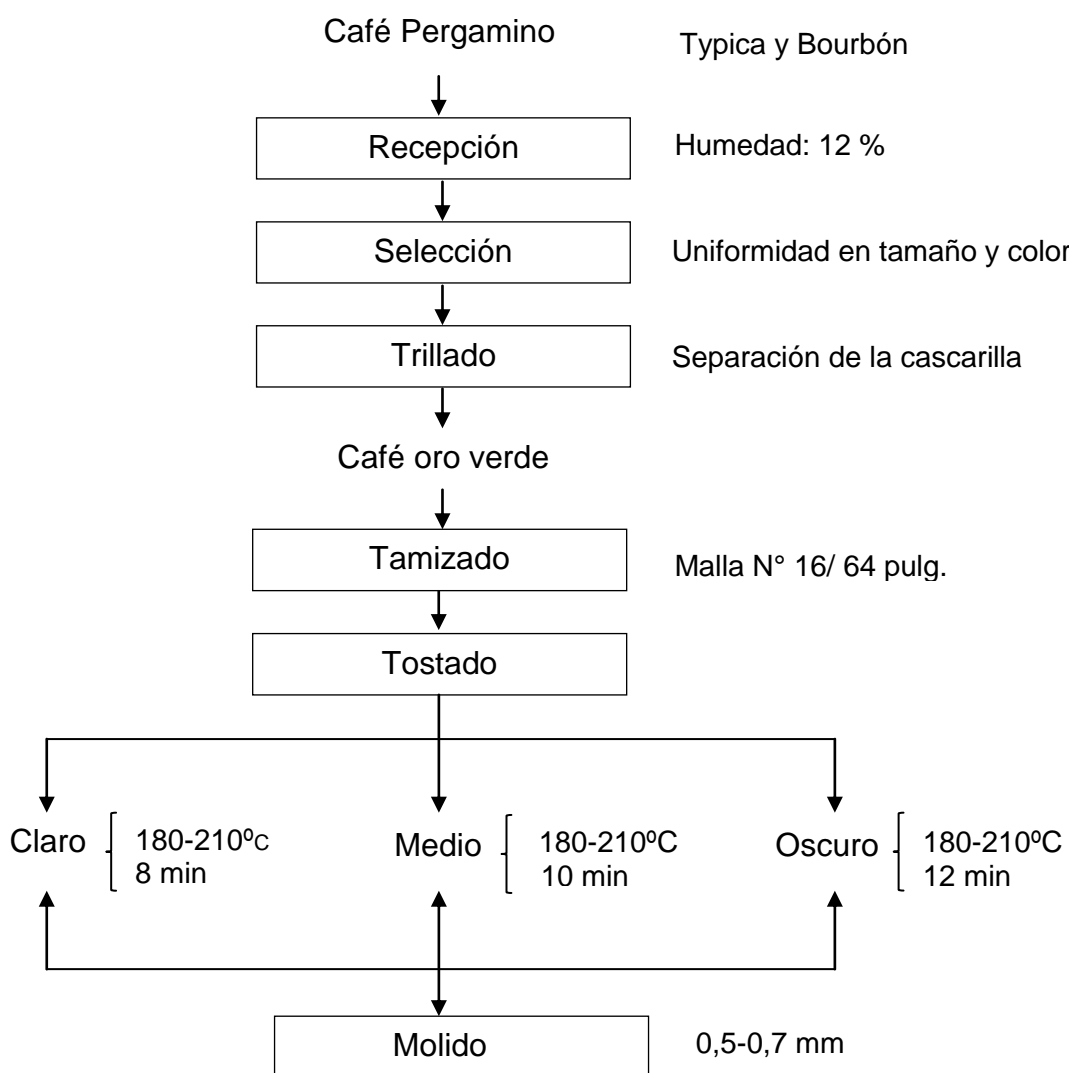


Figura 4. Diagrama para la preparación de las muestras de café.

- **Recepción:** Los granos de café en pergamino de las variedades Typica y Bourbon fueron acopiados, y se inspeccionó sus características físicas visualmente y el contenido de humedad (12%).

- **Selección:** Se realizó considerando la uniformidad en cuanto al tamaño y color del grano en pergamino, se separaron los granos que presentaron defectos como: granos pelados, cocos, guayaba y media cara, cascara/ cisco y pergamino vano.

- **Trillado:** Consistió en separar la cascarilla de los granos para la obtención del café verde oro.

- **Tamizado:** Las muestras de café verde oro fueron tamizadas utilizando una malla N^o 16, los granos retenidos en la malla fueron destinados al tostado.

- **Tostado:** Las muestras de café verde oro se separaron en tres partes para cada variedad (Typica y Bourbon), las cuales fueron sometidos a tres grados de tostado: claro (180-210 °C/ 8 min), medio (180-210 °C/ 10 min) y oscuro (180-210 °C/ 12 min); después del tostado se dejó reposar 12 h para la eliminación del CO₂.

- **Molido:** Los granos tostados (grado claro, medio y oscuro) de las dos variedades (Typica y Bourbon) fueron molidos a grado "fino" (3 a 4 mm de diámetro).

3.5.2. Preparación del extracto acuoso

Se pesó 1,5 g de muestra de cada tratamiento, se añadió 30 mL de agua hervida desionizada, esta solución stock tuvo una concentración de 50

mg/mL, luego fue llevada a baño María a 90 – 95 °C/5 min y se dejó enfriar a temperatura ambiente.

3.5.3. Determinación de la curva estándar

Se realizó de acuerdo a lo mencionado en el Anexo A-I, fue necesario establecer una curva patrón y se elaboró en base al ácido gálico, las diluciones estuvieron comprendidas entre 1,0 a 0,05 mg/mL (A-III)

3.5.4. Cuantificación de polifenoles totales

El procedimiento para la cuantificación de polifenoles totales en las muestras de café grano verde oro sin tostar y tostado, se realizó partiendo del extracto acuoso 50 mg/mL, filtrado y centrifugado (10000 rpm/10 min a 4 °C) a partir del cual se obtuvo la dilución de trabajo (12,5 mg/mL), luego se tomaron tres repeticiones por tratamiento; la reacción se realizó adicionando en los tubos de ensayos y para cada tratamiento: 1580 µL de agua desionizada, 20 µL de extracto diluido (12,5 mg/mL), 100 µL de fenol Folin Ciocalteu y 300 µL de Na₂CO₃ al 20 % y se incubó por 2 h a temperatura ambiente protegido de la luz, luego se hizo la lectura en el espectrofotómetro UV/VIS a una longitud de onda de 710 nm. Las absorbancias obtenidas fueron reemplazadas en la ecuación de la curva estándar y expresadas en equivalente de ácido gálico (g EAG/100 g muestra). Los resultados fueron analizados mediante el diseño completo al azar (DCA) (RITCHEY, 2002), en los tratamientos donde hubo diferencia estadística se procedió a aplicar la prueba de Tukey $p < 0,05$, para ello se utilizó el programa SAS versión 0,9 (español).

3.5.5. Evaluación de la capacidad antioxidante

- Capacidad de inhibir radical 2,2-difenil-2-picrilhidrazil (DPPH)

El procedimiento para la evaluación de la capacidad antioxidante para inhibir el radical DPPH, consistió en preparar una solución stock de DPPH a 1 mM (0,0394 g de DPPH en 100 mL de etanol al 96%) y se almacenó a 4 °C protegido de la luz. A partir de esta solución se preparó 50 mL a 100 µM en etanol al 96%, que sirvió para hacer reaccionar con las muestras. Para la inhibición del radical DPPH en las distintas muestras de café sin tostar y tostado, del extracto acuoso de 50 mg/mL (previamente filtrado, centrifugado y diluido), se prepararon soluciones de trabajo tal como se muestra en los Cuadros 3 y 4. En una cubeta de poliestireno se agregó 25 µl de muestra y 975 µl de solución de DPPH a 100 µM, la inhibición de los radicales libres se determinó por la degradación del color violeta a amarillo, la lectura se realizó en el espectrofotómetro UV/VIS a 517nm cada 30 s/5 min; la capacidad de secuestro fue determinado por la siguiente expresión:

$$\% \text{ Inhibición DPPH} = \left[\frac{\text{Abs. control} - \text{Abs. muestra}}{\text{Abs. control}} \right] \times 100$$

Dónde:

Abs. control = absorbancia del control

Abs. muestra = absorbancia de la muestra en 5 min

Cuadro 3. Concentraciones utilizadas para el análisis de la capacidad antioxidante frente al radical DPPH.

Muestras	Tratamiento	Concentraciones (mg/mL)					
Typica grano oro verde	T1	0,375	0,300	0,212	0,162	0,125	0,062
Typica tostado claro	T2	0,225	0,187	0,125	0,087	0,062	0,037
Typica tostado medio	T3	0,250	0,212	0,150	0,125	0,075	0,050
Typica tostado oscuro	T4	0,275	0,262	0,175	0,125	0,075	0,050
Bourbón grano oro verde	T5	0,400	0,350	0,225	0,175	0,125	0,087
Bourbón tostado claro	T6	0,275	0,225	0,150	0,112	0,087	0,037
Bourbón tostado medio	T7	0,262	0,200	0,150	0,125	0,075	0,037
Bourbón tostado oscuro	T8	0,287	0,250	0,150	0,125	0,075	0,050

Cuadro 4. Soluciones de trabajo.

Solución de trabajo (mg/mL)	Extracto acuoso 50 mg/mL (μL)	Agua desionizada (μL)	Volumen final (μL)
0,037	30	970	1000
0,050	40	960	1000
0,062	50	950	1000
0,075	60	940	1000
0,087	70	930	1000
0,112	90	910	1000
0,125	100	900	1000
0,150	120	880	1000
0,175	140	860	1000
0,187	150	850	1000
0,200	160	840	1000
0,212	170	830	1000
0,225	180	820	1000
0,250	200	800	1000
0,262	210	790	1000
0,275	220	780	1000
0,287	230	770	1000
0,300	240	760	1000
0,350	280	720	1000
0,375	300	700	1000
0,400	320	680	1000

El coeficiente de Inhibición (IC_{50}) se determinó mediante un análisis de regresión del porcentaje de inhibición en función a la concentración para cada extracto, para inhibir el 50% del radical DPPH, obteniendo así la ecuación de regresión lineal $y = ax + b$ donde los datos son reemplazados en la recta, despejando $x = (IC_{50})$, donde x es la concentración que necesitamos para que inhiba el 50%, esto indicó la cantidad de extracto acuoso de café (mg/mL) necesarios para inhibir el 50% del radical DPPH, los que fueron analizados mediante un DCA (RITCHEY, 2002), y en los tratamientos donde hubo diferencia estadística se procedió a aplicar la prueba de Tukey $p < 0,05$, para ello se utilizó el programa SAS versión 0,9 (español).

- Determinación del coeficiente de correlación de Pearson (r^2):

Se utilizó la Correlación de Pearson (valor r^2) considerando la capacidad antioxidante ($1/IC_{50}$) y el contenido de polifenoles (HERNÁNDEZ *et al.*, 2014).

- Capacidad de inhibir radical libre 2,2-azinobis (3-etilbenzotiazoline-6-ácido sulfónico) ($ABTS^{0+}$)

Según la metodología, el radical $ABTS^{0+}$ se forma después de la reacción de ABTS (7 mM) con el persulfato potásico (concentración final 140 mM) el cual se incubó a temperatura ambiente en oscuridad durante 16 h; una vez formado el radical $ABTS^{0+}$, se diluyó con etanol al 96 % hasta obtener un valor de absorbancia entre 0,7 a 1,2. Para la inhibición del radical $ABTS^{0+}$ en las distintas muestras de café del extracto acuoso de 50 mg/mL (previamente filtrado, centrifugado y diluido), se prepararon soluciones de trabajo para cada

tratamiento tal como se muestra los Cuadros 5 y 6. En una cubeta de poliestireno se agregó 10 µl de muestra y 990 µl de solución de ABTS⁰⁺, la inhibición de los radicales libres se determinó por la degradación del color verde, la lectura se realizó en el espectrofotómetro UV/VIS a 734 nm cada 30 s/5 min; la capacidad de secuestro fue determinado por la siguiente expresión:

$$\% \text{ Inhibición ABTS}^{0+} = \left[\frac{(\text{Abs. control} - \text{Abs. muestra})}{\text{Abs. control}} \right] \times 100$$

Dónde: Abs. control es la absorbancia del control y Abs. muestra es la absorbancia de la muestra en 5 min.

Para determinar el Coeficiente de Inhibición IC₅₀ (mg/mL) se grafican los valores del porcentaje de inhibición en función a la concentración para cada extracto, obteniendo así la ecuación de la gráfica; los resultados de la capacidad de inhibición (IC₅₀) del radical ABTS⁰⁺ se determinó para cada tratamiento, el cual nos indica la cantidad de extracto acuoso de café (mg/mL) necesarios para inhibir el 50% del radical ABTS⁰⁺, estos resultados de la capacidad de inhibir (IC₅₀) del radical ABTS⁰⁺ fueron analizados mediante un DCA (RITCHEY, 2002), en los tratamientos donde hubo diferencia estadística se procedió a determinar la prueba de Tukey p<0,05, para ello se utilizó el programa SAS versión 0,9 (español).

Cuadro 5. Concentraciones utilizadas para el análisis de la capacidad antioxidante frente al radical ABTS⁰⁺.

Muestras	Tratamiento	Concentraciones (mg/mL)					
Typica grano verde oro	T1	0,125	0,100	0,080	0,050	0,040	0,020
Typica tostado claro	T2	0,080	0,070	0,060	0,040	0,020	0,010
Typica tostado medio	T3	0,090	0,070	0,060	0,040	0,020	0,010
Typica tostado oscuro	T4	0,090	0,080	0,060	0,040	0,020	0,010
Bourbón grano verde oro	T5	0,100	0,090	0,080	0,050	0,040	0,020
Bourbón tostado claro	T6	0,080	0,060	0,050	0,040	0,020	0,010
Bourbón tostado medio	T7	0,090	0,070	0,050	0,040	0,020	0,010
Bourbón tostado oscuro	T8	0,090	0,080	0,060	0,040	0,020	0,010

Cuadro 6. Soluciones de trabajo.

Solución de trabajo (mg/mL)	Extracto acuoso 50 mg/mL (μL)	Agua desionizada (μL)	Volumen final (μL)
0,010	20	980	1000
0,020	40	960	1000
0,040	80	920	1000
0,050	100	900	1000
0,060	120	880	1000
0,070	140	860	1000
0,080	160	840	1000
0,090	180	820	1000
0,100	200	800	1000
0,125	250	750	1000

3.5.6. Perfil de calidad sensorial

La catación fue realizada por tres expertos en cata de café de la Cooperativa La Divisoria Ltda., estos fueron: el Ing. Julián Auca Echarre, Mario Parra Caballero y Cleden Chacón Estacio, para ello se utilizó una ficha propuesta por la Asociación de Cafes Especiales de América (A-II), se consideraron diez atributos para cada bebida, la calificación fue según la escala: 6,00 a 6,75 puntos “bueno” de 7,00 a 7,75 puntos “muy bueno”; de 8,00 a 8,75 puntos “excelente” y de 9,00 a 10,00 puntos “extraordinario”.

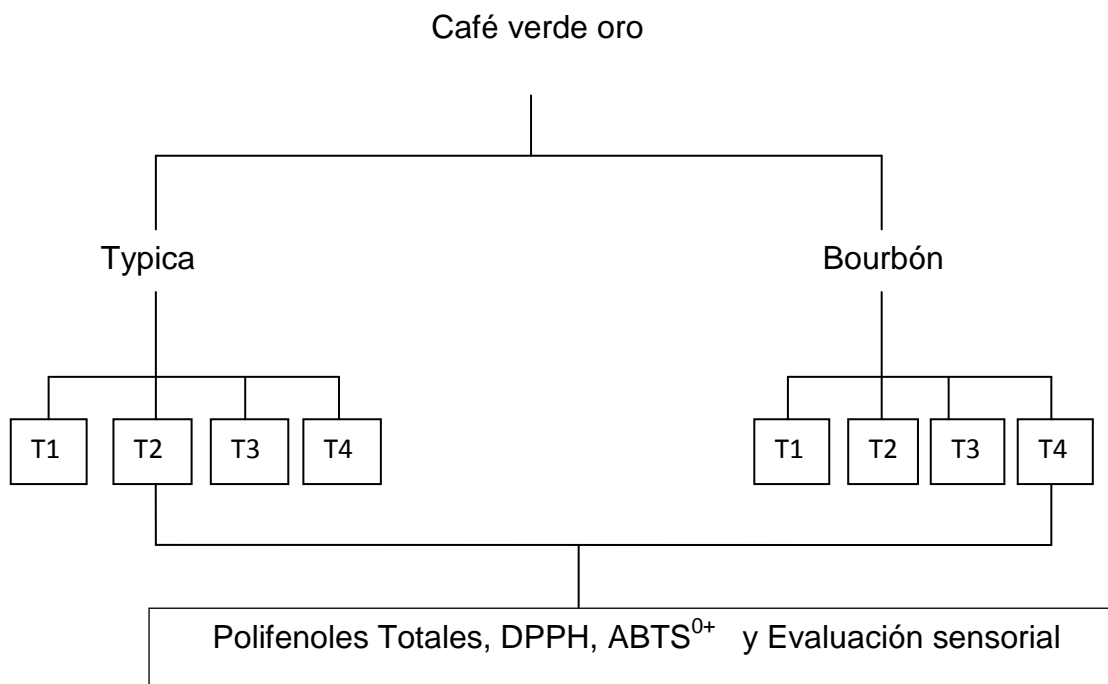
Se tomaron las muestras de café (Typica y Bourbon) con diferente grados de tostado: claro, medio y oscuro, y se evaluó en la muestra sólida la fragancia en seco, aromas característicos y el color de tueste.

La bebida se preparó por infusiones con una concentración de 9 g/mL, todas las muestras fueron trabajadas por triplicado, la temperatura del agua para la infusión estuvo a punto de ebullición, luego se adicionó a la taza y se esperó aproximadamente 3 min y se procedió a “romper taza”, esto consistió en remover una capa llamada “costra”, las partículas que no se hundieron fueron retiradas con la misma cuchara a esto se denomina “limpiar taza”, los atributos que se evaluaron fueron: Fragancia/aroma, taza limpia, dulzura, acidez, cuerpo, sabor, postgusto, balance y apariencia general.

Con los resultados se procedió al cálculo de los promedios de cada atributo evaluado con la finalidad de desarrollar el análisis descriptivo cuantitativo (QDA), también se realizó la evaluación del ANOVA, un análisis multivarado, un análisis de componentes principales (ACP), con el fin de describir la variación principal en los datos sensoriales y para obtener los perfiles descriptivos y graficar su respuesta en un Cluster (dendrograma) (BACELAR *et al.*, 2013); y un análisis de conglomerados (FRANCO e HIDALGO, 2003), el cálculo se realizó en el programa de INFOSTAT versión libre.

3.5.7. Esquema experimental

Las muestras de café grano verde oro sin tostar y a diferentes grados de tostado (claro, medio y oscuro) de las variedades Typica y Bourbon, se evaluaron según el esquema experimental indicado en la Figura 5.



Donde:

T1 = control, sin tostar, molido

T2 = tostado claro (180 - 210 °C/ 8 min), molido.

T3 = tostado medio (180 - 210 °C/ 10 min), molido

T4 = tostado oscuro (180 - 210 °C/ 12 min), molido

Figura 5. Esquema experimental

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Contenido de polifenoles totales

Para la cuantificación de polifenoles totales, fue necesario establecer una curva patrón y se elaboró en base al ácido gálico, las diluciones estuvieron comprendidas entre 1,0 a 0,05 mg/ml (A-III).

En el Cuadro 7 y Figura 6 se presentan los resultados del contenido de polifenoles totales.

Cuadro 7. Contenido de polifenoles totales de las muestras.

Muestras	Código	Polifenoles totals (g EAG/100 g)
Typica grano verde oro	T1	2,994±0,039 ^e
Typica tostado claro	T2	4,131±0,011 ^a
Typica tostado medio	T3	3,867±0,074 ^b
Typica tostado oscuro	T4	2,783±0,059 ^e
Bourbón grano verde oro	T5	3,530±0,065 ^c
Bourbón tostado claro	T6	4,126±0,031 ^a
Bourbón tostado medio	T7	3,755±0,031 ^{bc}
Bourbón tostado oscuro	T8	3,263±0,055 ^d

Los datos representan (promedio±error estándar) del experimento (n=3) valores de una misma columna con superíndices diferentes son significativos ($p \leq 0,05$).
Tostado claro: 180±210°C/8 min; Tostado medio: 180±210°C/10 min; Tostado oscuro: 180±210°C/12min

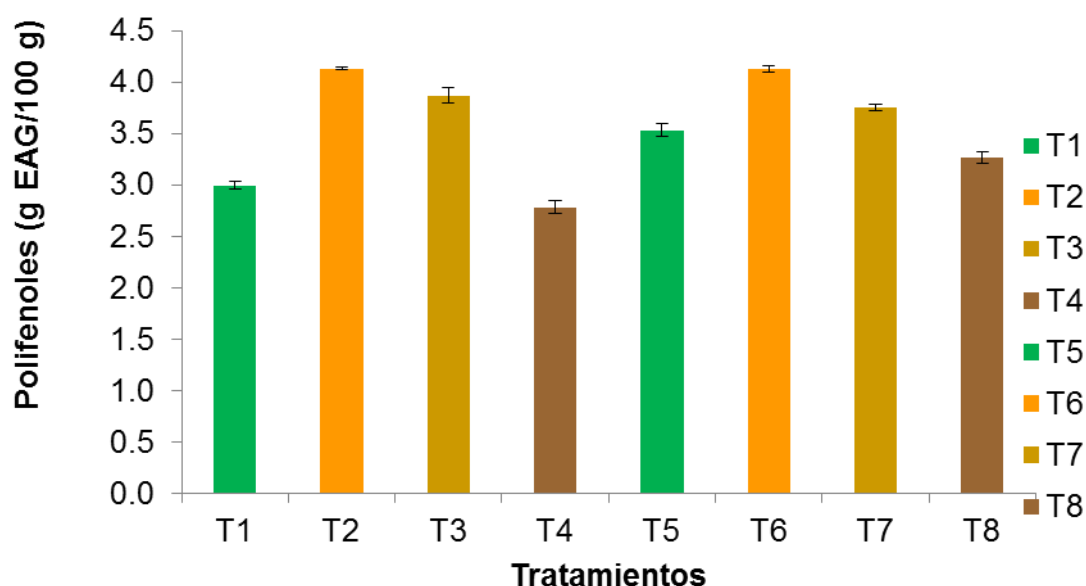


Figura 6. Contenido de polifenoles totales en las muestras.

Según el análisis estadístico de los resultados obtenidos (A-IV), se encontró diferencia altamente significativa entre los tratamientos; comparando los promedios mediante la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$), la mayor cantidad de polifenoles totales se encontró en T2: café Typica tostado claro ($4,131 \pm 0,01$ g EAG/100 g) y en T6: Bourbon tostado claro ($4,126 \pm 0,031$ g EAG/100 g), cabe indicar que los resultados obtenidos en la investigación fueron superiores a lo reportado por OLIVEIRA (2006) quien en café tostado claro (180 a 220 °C/6 min) obtuvo 30,79 mg EAG/g de la variedad Mundo Novo *Coffea arábica* L. MORAIS *et al.* (2008) obtuvieron en *Coffea arábica* L. ($180 \pm 10^\circ\text{C}$) 32,0 mg EAG/g. Cabe resaltar que existen reportes con valores superiores a lo encontrado en la investigación tal como indican ALVES *et al.* (2007) el mayor contenido de fenoles totales fue para cafés mole (bebida suave) y con tostado claro ($200 \pm 20^\circ\text{C}$) superior a 80 mg EAG/g muestra, para cafés de mejor

clasificación fue mayor el contenido de polifenoles. JÚNIOR *et al.* (2002) en café Conilón tostado claro (promedio 200 °C/6 minutos) obtuvieron 74,4 mg EAG/g. GUEVARA (2012) reporta polifenoles totales en granos de café tostado claro en *C. canephora*, 106,24 mg EAG/g muestra y para la variedad *C. arábica* 99,07 mg EAG/g muestra. Según los resultados encontrados los cafés Typica y Bourbon se encuentran dentro del rango citado por HECIMOVIC *et al.* (2011) quienes obtuvieron en granos de café tostado claro (162 °C/10 min.) de la variedad Minas (*arábica*) 40 mg EAG/g, Cioccolato (*arábica*) (145 °C/10 min.), 29 mg EAG/g, Vietnam (*Canephora*) (168 °C/10 min.), 35 mg EAG/g y Cherry (*Canephora*) (185 °C/10 min.), 42,37 mg EAG/g.

Según los resultados, el tostado claro reporta mayor contenido de polifenoles totales que el tostado medio y el oscuro, asimismo es mayor que en grano verde oro, este comportamiento es explicado por HECIMOVIC *et al.* (2011) quienes indican que los compuestos fenólicos son altamente termolábiles es decir son fáciles de descomponerse bajo el efecto de temperaturas altas (superior a 80 °C). Según BORRELLI *et al.* (2002), los granos verde oro son ricos en compuestos fenólicos y polisacáridos, que se someten a profundo cambios moleculares durante el tostado. Baja actividad de agua y alta temperatura favorecen el desarrollo de la reacción de Maillard (MR), con la formación de productos de MR entre proteínas y carbohidratos. TAMILMANI y PANDEY (2015) indican que el contenido de polifenoles en granos con tostado claro fue alto comparado a los granos verde oro, esto debido a la formación de sustancias polifenólicas y otros productos de la

reacción de Maillard durante el tostado, el cual ayuda a mantener el contenido polifenólico de los granos de café.

El segundo lugar en el orden del contenido de polifenoles totales se presentó en los cafés Typica tostado medio (T3) y Bourbon tostado medio (T7) con los siguientes valores $3,867 \pm 0,074$ y $3,755 \pm 0,031$ g EAG/100 g respectivamente, según los resultados, los valores fueron superiores a lo reportado por MORAIS *et al.* (2008) quienes a 180 ± 10 °C obtuvieron 29,0 mg EAG/g, el cual coincide con la investigación de LÓPEZ (2014) quien obtuvo 26,70 mg EAG/g muestra de polifenoles totales; ambas investigaciones se realizaron en *Coffea arábica* L. OLIVEIRA (2006) reporta el contenido de fenoles totales para *Coffea arábica* L. variedad Mundo Novo proveniente de Cerrado Mineiro (180-220 °C/ 8 min) 28,95 mg EAG/ g de café y para *Coffea arábica* L. variedad Rubí proveniente de Sul de Minas (180-220 °C/ 8 min) fue de 32,54 mg EAG/g de café. Por otro lado, en otras investigaciones, los reportes fueron superiores tal como cita GUEVARA (2012), polifenoles totales en tostado medio para la especie *C. canephora* 100,17 mg EAG/g muestra y para la variedad *C. arábica* 86,41 mg EAG/g muestra y JÚNIOR *et al.* (2002) para *café arábica* tostado medio 81,7 mg EAG/g. Asimismo, los resultados reportados se encuentran dentro de las publicaciones de HECIMOVIC *et al.* (2011) en granos de café con tostado medio Minas (*arábica*) 27,5 mg EAG/g, Cioccolato (*arábica*) 32 mg EAG/g, Vietnam (*Canephora*) 34 mg EAG/g y Cherry (*Canephora*) 45 mg EAG/g y ABRAHÃO *et al.* (2010) cafés con grado de torrefacción medio (180 °C /10 minutos) tipo de bebida Rio 4,83 g EAG/ 100g y mole 4,51 g EAG/ 100g.

El contenido de polifenoles en café claro disminuye para el caso de la variedad Typica 6,53% y Bourbon 9%, este comportamiento puede deberse a lo indicado por DEL PINO (2011) respecto a que los ácidos clorogénicos son los principales polifenoles del café, entre los que destaca el ácido 5-O-cafeoil-quinico; durante el proceso de tostado, las altas temperaturas inducen la lactonización y polimerización de los ácidos clorogénicos, dando lugar a nuevas estructuras (formación de melanoidinas) o a la degradación de los polifenoles presentes inicialmente en el café. SCHENKER *et al.* (2002) indican que las condiciones de tostado tienen un gran impacto en las propiedades físicas y químicas de los granos. Según MENEZES (1994) en el tostado los compuestos fenólicos son gradualmente descompuestos, resultando la formación de las aminas volátiles, materiales poliméricos y la liberación de CO₂. Estas son el resultado de la combinación de azúcares y aminoácidos a través de la reacción de Maillard o de la caramelización de los carbohidratos se da la reducción progresiva de la actividad antioxidante en la bebida de café es dependiente del grado de tostado del grano, mostrando el tostado medio del café la actividad más alta, debido al equilibrio entre la degradación de compuestos fenólicos y la generación de productos de la reacción de Maillard durante el proceso (LÓPEZ, 2014).

Siguiendo el orden del contenido de polifenoles totales el tercer lugar fue ocupado por Bourbon grano verde oro (T5) $3,530 \pm 0,065$ g EAG/ 100 g, según el resultado la variedad Bourbon tiene más polifenoles que la variedad Typica, este comportamiento puede deberse a lo citado por BARRIOS (2001) quien indica que el contenido de fenoles totales varía de 2 a 8,4% esto se debe

a la diferencia de cultivares, estadios de maduración y a las diferentes condiciones climáticas. El contenido del ácido clorogénico en la bebida de café depende de la especie, la variedad y las condiciones de procesamiento de los granos de café (DUARTE *et al.*, 2005). Asimismo, se puede indicar que el contenido reportado se encuentra dentro del rango publicado por TAMILMANI y PANDEY (2015) en grano verde oro, que varía de 33,75 a 60,71 mg EAG/g muestra seca (extracto metanólico) y en el tostado varía de 12,65 a 78,04 mg EAG/g muestra seca. GAAFAR *et al.* (2013) en café verde obtuvieron $43,59 \pm 3,12$ mg EAG /g, BORRELLI *et al.* (2002) en la primera fracción en grano verde oro, 4 ± 1 mg EAG /g. De igual forma, factores genéticos (especie y variedad), aspectos fisiológicos (grado de maduración), condiciones ambientales (clima, composición del suelo y prácticas agrícolas) tienen gran influencia en la composición de los ácidos clorogénicos del café verde (FARAH y DONANGELO, 2006).

Según los resultados, el contenido de polifenoles totales en granos verde oro fue mayor en la variedad Bourbon comparado con la variedad Typica, esto concuerda con los resultados de TRUJILLO (2010) quien reporta polifenoles totales en granos de café verde oro (estado de madurez, maduro) variedad Bourbon, $408,59 \pm 3,03$ equiv. Catequina (mg/taza) y para la variedad Typica $379,61 \pm 0,86$ equiv. Catequina (mg/taza). FÉLIX (2009) en grano verde oro para la variedad Bourbon obtuvo $78,46 \pm 0,76$ mg equiv. Catequina/g m.s. y para la variedad Typica $77,61 \pm 1,0$ mg equiv. Catequina/g m.s., el mayor contenido puede deberse a lo indicado por DURÁN (2010) que el Bourbon es llamado café especial, es menos exigente de sombra, resiste a las

enfermedades en especial frente a la Llaga macana (*Ceratocystis fimbriata* ELL, Halst Hunt), que es un hongo que ataca a la planta y provoca la muerte del árbol. Los compuestos fenólicos son metabolitos secundarios generalmente implicados en la adaptación de plantas a condiciones de estrés ambiental (FARAH y DONANGELO, 2006).

El contenido de polifenoles en la variedad Bourbon tostado oscuro (T8) fue $3,263 \pm 0,055$ g EAG/100g, comparado los resultados con otras investigaciones, fue superior a lo reportado por LÓPEZ (2014) en grano de café tostado oscuro (24,54 mg EAG/g muestra). OLIVEIRA (2006) obtuvo polifenoles totales en grano café tostado oscuro (180 a 220°C/ 20 min) de la variedad Mundo Novo (*Coffea arabica*) 27,35 mg EAG/ g de café. MORAIS *et al.* (2008) reportaron fenoles totales en granos de café tostado oscuro (180±10 °C) 27,0 mg EAG/g de muestra. GAAFAR *et al.* (2013) en café tostado oscuro (300 °C/3 min.) $25,15 \pm 2,18$ mgEAG/g. BORRELLI *et al.* (2002) polifenoles en la primera fracción tostado oscuro 24 ± 2 mg EAG / g.

Por tanto, en la variedad Bourbon, el contenido de polifenoles totales disminuye entre el tostado claro a medio 9%, de tostado claro a oscuro 20,8%, ésta pérdida de polifenoles totales concuerda con lo reportado por HECIMOVIC *et al.* (2011) en granos de café Minas (*arabica*) de tostado claro a medio pierde 31 % y de tostado claro a oscuro pierde 12,5% de polifenoles, Vietnam (*Canephora*) de tostado claro a tostado medio pierde 2,8% y de tostado claro a oscuro pierde 14,2% y Cherry (*Canephora*) de tostado claro a oscuro 12,5%, ésta pérdida puede deberse a lo citado por PÉREZ-HERNÁNDEZ *et al.* (2013) quienes mencionan que el tostado del café podría ocasionar la disminución de

actividad antioxidante, ya que pueden degradarse compuestos con esta actividad, como los fenoles. Según GAAFAR *et al.* (2013) los principales cambios de composición que ocurre en el tostado es la disminución de compuestos fenólicos y la formación de polímeros marrones, solubles en agua llamadas melanoidinas. Según MALTA *et al.* (2002), la concentración de polifenoles totales es inversamente proporcional a la calidad de la bebida, siendo directamente relacionado al ataque de los granos por microorganismos y al estado de maduración de los frutos.

De todas las muestras analizadas, el menor contenido de polifenoles totales correspondió a la variedad Typica tostado oscuro (T4) $2,783 \pm 0,059$ g EAG/100g y Typica grano verde oro (T1) $2,994 \pm 0,039$ g EAG/100g, con respecto al café tostado oscuro los resultados se encuentran dentro del rango de HECIMOVIC *et al.* (2011) en granos de café con tostado oscuro Minas (*arábica*) 35 mg EAG/g, Cioccolatato (*arábica*) 30 mg EAG/g, Vietnam (*Canephora*) 30 mg EAG/g y Cherry (*Canephora*) 35 mg EAG/g e inferior a lo reportado por JÚNIOR *et al.* (2002) oscuro promedio 200 °C/10 minutos 41,0 mg EAG/g. Durante el tostado se puede apreciar que sucedió una pérdida en el contenido de polifenoles totales en la variedad Typica de tostado claro a medio se perdió 6,5% y de tostado claro a oscuro 32,6 %, este comportamiento se explica con lo citado por PÉREZ- HERNÁNDEZ *et al.* (2012) que durante el proceso de tostado los polisacáridos y proteínas se degradan y la reacción de Maillard toma lugar entre los aminoácidos / proteínas y azúcares reductores, lo que resulta en la formación de sabor y compuestos coloreados. El tostado afecta notablemente la composición de los polifenoles del café a través de la

reacción de Maillard y le confiere al café su agradable sabor y aroma. Según DEL PINO (2011) el descenso de polifenoles totales en las muestras de café puede pasar a formar parte de las estructuras de las melanoidinas durante el tostado. Con respecto a los granos verde oro, el contenido de polifenoles totales en la variedad Typica fue más bajo, se puede aducir que las variedades influyen en el contenido de polifenoles totales tal como indican HECIMOVIC *et al.* (2011) quienes en granos de café verde oro Minas (*arábica*) encontraron 30 mg EAG/ g, en Cioccolato (*arábica*), 21,01 mg EAG/ g, en Vietnam (*Canephora*), 25 mg EAG/ g y en Cherry (*Canephora*), 42,37 mg EAG/ g. El contenido de polifenoles aumenta en tostado ligero y medio comparado al grano verde oro. NARANJO *et al.* (2011) en café verde excelso UGQ (*arábica*) encontraron $2000,8 \pm 28$ mg EAG/L, en D3-excelso (*arábica*) $1941,7 \pm 38$ mg EAG/L, en CON-consumo (*arábica*) $2178,5 \pm 132,6$ mg EAG/L. Así mismo, en los granos verde oro el contenido de polifenoles totales es menor que en los granos sometidos a tostado claro, esto puede deberse a lo citado por ABRAHÃO *et al.* (2010) entre los principales componentes de la fracción fenólica figuran los ácidos clorogénicos (CGA), en la forma de diversos isómeros, considerados los más importantes y los que se representan en mayor cantidad en los granos de café verde. Según MALTA *et al.* (2002) la influencia de factores como la composición química de los granos es determinada por factores genéticos, ambientales y culturales, los métodos de cosecha, procesamiento, almacenamiento, son importantes porque afectan directamente la calidad de la bebida de café.

4.2. Capacidad antioxidante

4.2.1. Coeficiente de inhibición (IC_{50}) del radical 1,1-difenil-2-picrilhidrazil (DPPH)

Los resultados del cálculo del IC_{50} se presentan en el Cuadro 8 y Figura 7.

Cuadro 8. Resultados del IC_{50} del radical DPPH en variedades de café Typica y Bourbon en grano verde oro y con diferentes grados de tostado.

Muestras	Tratamiento	IC_{50} ($\mu\text{g/mL}$)	$1/IC_{50}$
Typica grano verde oro	T1	255,09 \pm 5,99 ^a	0,0039
Typica tostado claro	T2	155,66 \pm 3,4 ^c	0,0064
Typica tostado medio	T3	180,69 \pm 6,06 ^{bc}	0,0055
Typica tostado oscuro	T4	201,59 \pm 4,17 ^{bc}	0,050
Bourbon grano verde oro	T5	218,18 \pm 4,59 ^{ab}	0,046
Bourbon tostado claro	T6	170,41 \pm 1,06 ^c	0,059
Bourbon tostado medio	T7	194,13 \pm 14,93 ^{bc}	0,0052
Bourbon tostado oscuro	T8	223,09 \pm 20,30 ^{ab}	0,0045

Los datos representan (promedio \pm error estándar) del experimento (n=3) valores de una misma columna con superíndices diferentes son significativos ($p \leq 0,05$).

Tostado claro: 180 \pm 210°C/8 min; Tostado medio: 180 \pm 210°C/10 min; Tostado oscuro: 180 \pm 210°C/12min

El método DPPH se basa en medir la captación del radical libre DPPH por parte de una estructura antioxidante en un sistema *in vitro*, este radical estable presenta en disolución un color violeta oscuro, y mezclado radical y extracto acuoso de café, a mayor captación del radical libre por parte

del extracto, mayor disminución de la absorbancia inicial del radical DPPH, lo que conlleva decoloración del color violeta inicial, esta diferencia de absorbancia determina el porcentaje de inhibición, en base a este resultado se calcula el IC_{50} que indica la capacidad de inhibir el 50 % del radical presente.

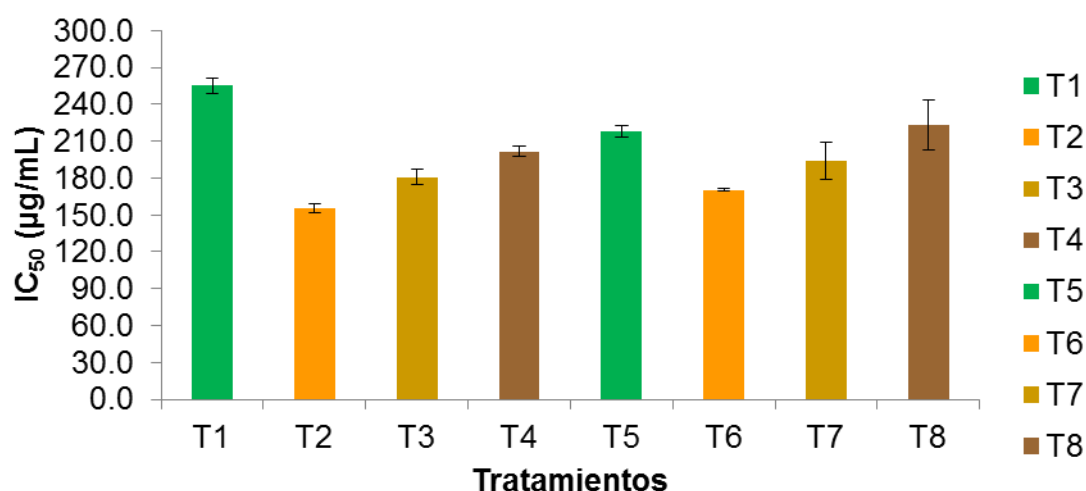


Figura 7. Comportamiento del IC_{50} con el radical DPPH en diferentes variedades de café en grano verde oro y diferentes grados de tostado.

Los resultados fueron analizados estadísticamente y se encontró diferencia significativa (A-V), realizada la comparación de los promedios mediante Tukey ($p \leq 0,05$) se encontró que la capacidad de inhibición frente al radical DPPH se presentó en el siguiente orden: Typica tostado claro (T2) $IC_{50} 155,66 \pm 3,41 \mu\text{g/mL}$, Typica tostado medio (T3) $IC_{50} 180,69 \pm 6,06 \mu\text{g/mL}$, Typica tostado oscuro (T4) $IC_{50} 201,59 \pm 4,17 \mu\text{g/mL}$, Bourbon tostado claro (T6) $IC_{50} 170,41 \pm 1,06 \mu\text{g/mL}$ y Bourbon tostado medio (T7) $IC_{50} 194,13 \pm 14,93 \mu\text{g/mL}$. De los resultados, la mayor actividad antioxidante se presenta en cafés que fueron tostados con grado claro; la alta capacidad antioxidante

puede deberse a lo explicado por BUDRYN *et al.* (2009) que la actividad antioxidante del café se mantiene durante el proceso de tostado, debido a la formación de compuestos nuevos, que también presentan actividad antioxidante, los llamados productos de la reacción de Maillard. DAGLIA *et al.* (2000) afirman que a pesar de algunos compuestos fenólicos serán destruidos con la torrefacción, participan en la reacción de Maillard, originando varios productos, estos productos también pueden presentar propiedades antioxidantes. Según NICOLI *et al.* (1997), la formación de melanoidinas, que poseen elevado potencial antioxidante, ocurren en determinadas fases de tostado lo que explicaría la superioridad en el tostado medio. GUEVARA (2012) y BORRELI *et al.* (2002), indican que los productos de reacción de Maillard, principalmente las melanoidinas, aumentan en este paso y son los compuestos que predominan en el mantenimiento de la actividad antioxidante del café.

Para la variedad Typica con tostado claro, medio y oscuro el rango del IC_{50} fue $155,66 \pm 3,41$ a $201,59 \pm 4,17$ $\mu\text{g/mL}$ y para la variedad Bourbonn tostado claro y medio fue IC_{50} $170,41 \pm 1,06$ a $194,13 \pm 14,93$ $\mu\text{g/mL}$, encontrándose dentro del rango reportado por FÉLIX (2009) para la variedad Typica con tostado claro, IC_{50} $161,226$ $\mu\text{g/ml}$ y para la variedad Bourbonn IC_{50} $150,558$ $\mu\text{g/ml}$. Con respecto al tostado claro y medio se obtuvo buena capacidad antioxidante tal como indican MORAIS *et al.* (2008) la actividad secuestradora del radical DPPH para muestras de café arábica con tostado claro IC_{50} $2,3$ $\text{mg muestra/mg de DPPH}$, sabiendo que las muestras de tostado medio para café fueron los que presentaron mayor poder antioxidante IC_{50} fue de $1,50$ $\text{mg de muestra/mg de DPPH}$ y DEL PINO (2011) en café soluble con

tostado claro 499,0 $\mu\text{gTrolox/ mg}$ de muestra, tiene una mayor capacidad antioxidante comparado a tostado medio 395,0 $\mu\text{gTrolox/ mg}$ de muestra, disminuyendo la actividad antirradical al aumentar el grado de tostado.

Por otro lado, cabe resaltar que la variedad *Typica* en los tres grados de tostado presentó alta capacidad antioxidante comparado al *Bourbón*, esto puede deberse a lo indicado por NARANJO *et al.* (2011) que las características antioxidantes del café dependen de la variedad, el grado de tostado, el tipo de fermentación y la molienda del material. Según PÉREZ-HERNÁNDEZ *et al.* (2013) las diferencias de actividad antioxidante entre cafés, se pueden deber a varios factores como el tipo de café, las diferentes condiciones geográficas y climatológicas en donde crecen las plantas.

La menor capacidad antioxidante se encontró en *Typica* grano verde oro (T1), IC_{50} $255,09 \pm 5,99 \mu\text{g/mL}$, *Borbón* grano verde oro (T5), IC_{50} $218,18 \pm 4,59 \mu\text{g/mL}$ y *Bourbón* tostado oscuro (T8), IC_{50} $223,09 \pm 20,30 \mu\text{g/mL}$, de los resultados tanto la variedad *Typica* como *Bourbón* en grano verde oro presentaron menor capacidad de inhibir al radical DPPH, esto es explicado por TAMILMANI y PANDEY (2015), que productos de reacción intermedia de Maillard muestran alta actividad antioxidante en el producto final, en este caso, el tostado del grano tuvo alto contenido de polifenoles y también alta actividad de antioxidante comparado a los granos verdes. Según HECIMOVIC *et al.* (2011) la capacidad antioxidante del grano verde de café depende del contenido de ácido clorogénico, ácido ferúlico, polifenoles, alcaloides y la especie de café (*arábica* o *canephora*) y el origen. La capacidad antioxidante de grano verde oro fue menor comparado a lo indicado por FÉLIX

(2009) quien reporta para la variedad Typica, el grano verde oro, IC_{50} 142,612 $\mu\text{g/ml}$ y para la variedad Bourbon, IC_{50} 140,946 $\mu\text{g/ml}$.

El café Bourbon con tostado oscuro presentó menor capacidad antioxidante, esto puede explicarse a lo citado por SACCHETTI *et al.* (2009) que durante el procesamiento del café el tostado afecta marcadamente su composición, debido a que las altas temperaturas conllevan la pérdida de parte de los antioxidantes naturales presentes originalmente en el café, principalmente ácidos hidroxicinámicos (clorogénico, cafeíco, ferúlico, cumárico). Asimismo, los resultados encontrados en la investigación concuerdan con los reportes de MORAIS *et al.* (2008) quienes en café arábica tostado oscuro obtuvieron IC_{50} 2,78 mg de muestra/mg de DPPH, sabiendo que las muestras de tostado medio presentaron mayor poder antioxidante. DEL PINO (2011) menciona para café soluble con tostado oscuro, 325,0 $\mu\text{g Trolox/}$ mg de muestra, siendo el valor mucho menor que en tostado claro y medio.

- Coeficiente de correlación de Pearson(r^2)

En la Figura 8 se presenta la correlación entre el contenido de polifenoles totales y la capacidad antioxidante frente al radical DPPH ($r^2=0,648$), el valor reportado muestra que existe una correlación moderada entre la capacidad antioxidante del radical DPPH y el contenido de polifenoles, como se puede apreciar la capacidad antioxidante es afectado grandemente por factores como el tostado y el contenido de polifenoles tal como cita LÓPEZ (2014), la alta capacidad antioxidante del café se atribuye a la presencia de compuestos fenólicos, principalmente el ácido clorogénico, cafeína, ácido ferúlico y la

cumarina, además de los productos formados por la reacción de Maillard durante el tostado. Según PÉREZ- HERNÁNDEZ *et al.* (2013) el incremento de la capacidad antioxidante del café después del tostado puede deberse a que a pesar de que se pierden compuestos con capacidad antioxidante durante el proceso, también se pueden mantener o incrementar debido a la formación de nuevos compuestos con actividad antioxidante, como los productos de la reacción de Maillard. Muchos compuestos fenólicos muestran actividad antioxidante basado en la habilidad de donación de hidrógeno (LEE *et al.*, 2004).

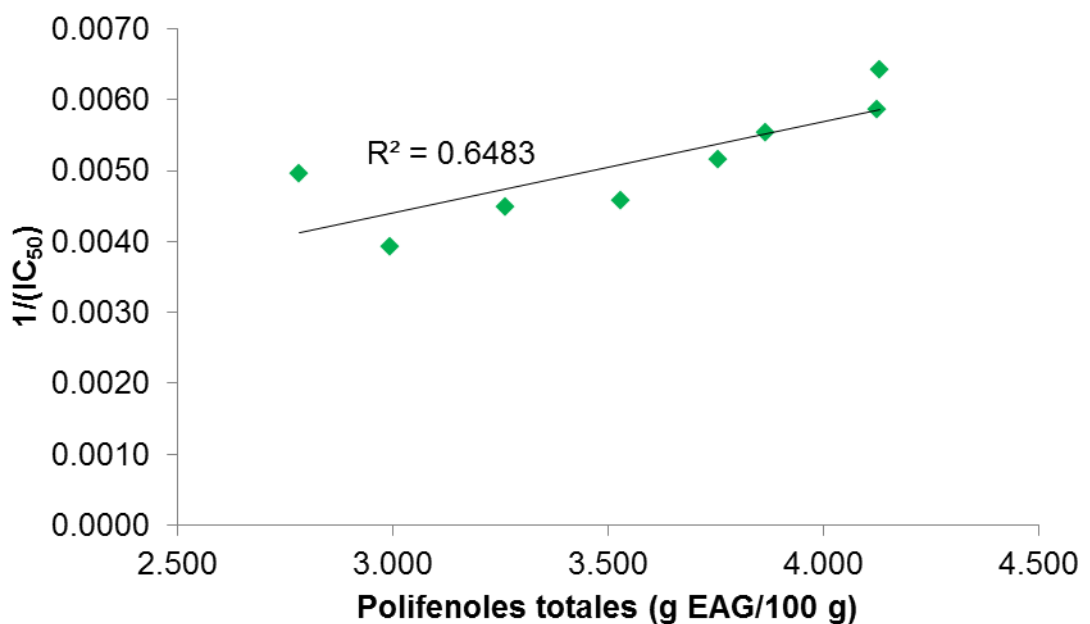


Figura 8. Coeficiente de correlación entre el contenido de polifenoles totales y la eficiencia de la actividad antioxidante.

La correlación reportada en la investigación se encuentra muy cercano a lo mencionado por LONDOÑO *et al.* (2013) que el contenido de fenoles totales presenta una correlación moderada con el método DPPH ($r^2=0,557$) en cafés con diferentes tipos de tostados. Sin embargo, el valor reportado es muy inferior a lo indicado por VICENTE *et al.* (2014) correlación de DPPH versus polifenoles totales un $r^2 = 0,999$ ($p<0,001$) para café tostado y para café descafeinado un $r^2 = 0,975$ ($p=0,025$), los resultados indican una excelente correlación entre la capacidad antioxidante medida y la prueba del DPPH. La variación puede atribuirse a que varios componentes en el café que son relevantes para sus propiedades organolépticas y /o bioactivas como son la cafeína, trigonelina, ácido nicotínico y azúcares entre otros, varía y está influenciado por las distintas variedades de café, condiciones geográficas de cultivo y condiciones de tostado (JIMÉNEZ *et al.*, 2012).

4.2.2 Coeficiente de inhibición (IC_{50}) del radical libre 2,2-azinobis (3-etilbenzotiazolino-6-ácido sulfónico) ($ABTS^{0+}$)

Los resultados de la reacción del radical $ABTS^{0+}$ con el antioxidante de las muestras de café de la variedad Typica y Bourbon con diferentes grados tostado se presentan en el Cuadro 9 y Figura 9 realizando el análisis estadístico de los mismos se demostró que existe diferencia significativa entre los tratamientos A-VI, realizando la comparación de los promedios mediante la prueba Tukey ($p\leq 0,05$) la mayor eficiencia frente al radical lo presentó el Bourbon tostado claro (T6) $IC_{50} 43,974 \pm 0,572 \mu\text{g/mL}$ (expresado como μg de muestra requeridos para capturar el 50 % del $ABTS^{0+}$), cabe resaltar que este

tratamiento tuvo el mayor contenido de polifenoles totales en la presente investigación, esto puede aducirse a lo indicado por ABRAHÃO *et al.* (2010) la actividad antioxidante de compuestos fenólicos se debe principalmente, a sus propiedades reductoras y estructura química; esas características desempeñan un papel importante en la neutralización de radicales libres y quelación de metales de transición, originado tanto en la etapa de iniciación como en la propagación del proceso oxidativo. Con respecto al tipo de tostado claro también fue el que presentó mayor contenido de polifenoles y mayor capacidad antioxidante frente al radical DPPH, esto puede deberse a lo citado por NARANJO *et al.* (2011) de acuerdo a las condiciones de tostado, los antioxidantes naturales son parcialmente descompuestos o pueden unirse a otras estructuras; lo cual genera incluso productos de la reacción de Maillard, que también presentan actividad antioxidante. VIGNOLI (2011) durante el proceso de tostado ocurre la degradación de los compuestos fenólicos y otros componentes termolábiles, más dependiendo de la intensidad del tostado, este efecto puede también provocar la formación de melanoidinas manteniéndose la actividad antioxidante del producto.

El segundo lugar en eficiencia frente al radical ABTS⁰⁺ se presentó en la variedad Typica tostado claro (T2) $IC_{50} 53,188 \pm 0,163 \mu\text{g/mL}$, Bourbon tostado medio (T7) y oscuro (T8) $IC_{50} 52,296 \pm 0,949$ y $IC_{50} 52,621 \pm 0,905 \mu\text{g/ml}$ respectivamente; cabe indicar que la variedad Bourbon tostado oscuro tuvo el menor contenido de polifenoles totales pero una mediana capacidad antioxidante; de los resultados se puede indicar que la variedad Bourbon se diferenció de la variedad Typica, el Bourbon tiene mayor resistencia al sol y su

origen es la variedad Typica, tal como indica BONIFAS (2014) la variedad Bourbon es una mutación del Typica y produce los cafés más finos por su calidad. MORAGA *et al.* (2011) la producción de café bajo sombra es importante para crear un microclima adecuado (humedad y temperatura), la mayor producción se atribuye a la mayor radiación. BACELAR *et al.* (2013) menciona que cuando una planta es atacada por un potencial patógeno, hay una activación de defensa complejo de respuestas, con la expresión de diversos genes, lo que resulta en la síntesis y la acumulación de metabolitos secundarios, tales como compuestos fenólicos.

De los resultados con respecto al grado de tostado se aprecia, que en la variedad Typica el tostado claro y en la variedad Bourbon el tostado medio y oscuro fueron estadísticamente iguales con respecto a la capacidad de inhibir al radical ABTS⁰⁺ esto puede deberse a lo reportado por PÉREZ HERNÁNDEZ *et al.* (2012) las temperaturas altas pueden promover la formación de compuestos con actividad antioxidante como los productos de reacción de Maillard (melanoidinas). Según BEKEDAM *et al.* (2006) el grado de tostado aumenta su complejidad mediante la vinculación de nuevos compuestos de bajo peso molecular a la cadena principal polimérica. De acuerdo al tipo de tostado concuerda la capacidad antioxidante con lo reportado por LÓPEZ (2014) café arábico con tostado medio y extracto etanólico frente al radical ABTS⁰⁺ tuvo $416,94 \pm 14,5$ $\mu\text{mol Trolox/g}$ de muestra en grano de café y en tostado oscuro $127,15 \pm 1,20$ $\mu\text{mol Trolox/g}$ de muestra. GUEVARA (2012) para la variedad arábica tostado medio $745,24$ $\mu\text{mol Trolox/g}$ muestra y para la variedad Robusta $876,58$ $\mu\text{mol Trolox/g}$ muestra.

Cuadro 9. Resultados del IC₅₀ del radical ABTS⁰⁺ en variedades de café Typica y Bourbon en grano verde oro y diferentes grados de tostado.

Muestras	Tratamiento	IC ₅₀ (µg/mL)
Typica grano oro verde	T1	76,404±0,691 ^a
Typica tostado claro	T2	53,188±0,163 ^d
Typica tostado medio	T3	57,864±0,599 ^c
Typica tostado oscuro	T4	60,090±0.489 ^{bc}
Bourbon grano oro verde	T5	63,140±0,998 ^b
Bourbon tostado claro	T6	43,974±0,572 ^e
Bourbon tostado medio	T7	52,296±0,949 ^d
Bourbon tostado oscuro	T8	52,621±0,905 ^d

Los datos representan (promedio±error estándar) del experimento (n=3) valores de una misma columna con superíndices diferentes son significativos (p≤0,05).

Tostado claro: 180±210°C/8 min; Tostado medio: 180±210°C/10 min; Tostado oscuro: 180±210°C/12min.

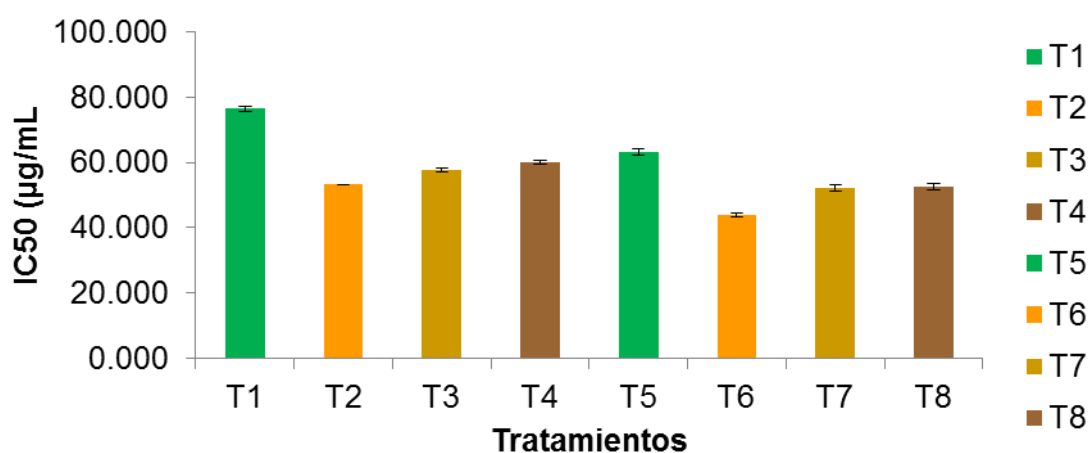


Figura 9. Comportamiento del IC₅₀ con el radical ABTS⁰⁺ en variedades de café en grano verde oro y diferentes grados de tostado.

El tercer lugar con respecto a la capacidad antioxidante frente al radical $ABTS^{0+}$ lo presentaron las muestras de Typica tostado medio (T3) y tostado oscuro (T4) IC_{50} $57,864 \pm 0,599$ y IC_{50} $60,090 \pm 0,489$ $\mu\text{g/mL}$ respectivamente. La variedad Typica para su desarrollo es más exigente sobre las condiciones ambientales y ecológicas, según NRCS (2012) los arbustos de café requieren de ciertas condiciones ambientales y ecológicas para manifestar su potencial genético en su desarrollo, crecimiento y fructificación. BONIFAS (2014) la variedad Typica es la base de la cual muchas otras variedades de café han sido desarrolladas; brinda una taza de excelente calidad; el principal efecto de la sombra es la formación de condiciones microecológicas constantes, tiene la función de contrarrestar factores ecológicos desfavorables, tales como la baja fertilidad del suelo, daños por vientos y heladas, alta tasa de evapotranspiración y ciertas plagas y enfermedades.

La menor eficiencia frente al radical $ABTS^{0+}$ presentó la muestra de Typica grano verde oro (T1) IC_{50} $76,404 \pm 0,691$ $\mu\text{g/ml}$ y Borbón grano verde oro (T5) IC_{50} $63,140 \pm 0,998$ ambas estadísticamente diferentes; en los granos verde oro de la variedad Typica se encontró menor contenido de polifenoles totales y menor capacidad antioxidante frente al radical DPPH comparado a la variedad Bourbon. Otras investigaciones reportan menor capacidad antioxidante en granos verde oro tal como indica PÉREZ- HERNÁNDEZ *et al.* (2012) la actividad antioxidante en café verde (*Coffea arábica*) fue $227,25 \pm 16,7$ $\mu\text{mol Trolox/g}$ que para el café verde Robusta $196,48 \pm 4,94$ $\mu\text{mol Trolox/g}$. FONSECA - GARCÍA *et al.* (2014) para café verde oro proveniente de

Toledo fue 233,0 $\mu\text{mol Trolox/g}$ café y la muestra proveniente de Lourdes 223,2 $\mu\text{mol Trolox/g}$.

4.3. Características sensoriales del café en taza

La Figura 10 muestra gráficamente el perfil sensorial de cada muestra de café, el punto cero es el centro de la escala descriptor, la intensidad va en aumento hacia los extremos de la figura. Para cada muestra el valor medio de cada descriptor es marcado en el eje correspondiente y el perfil sensorial se dibuja mediante la conexión de dichos puntos.

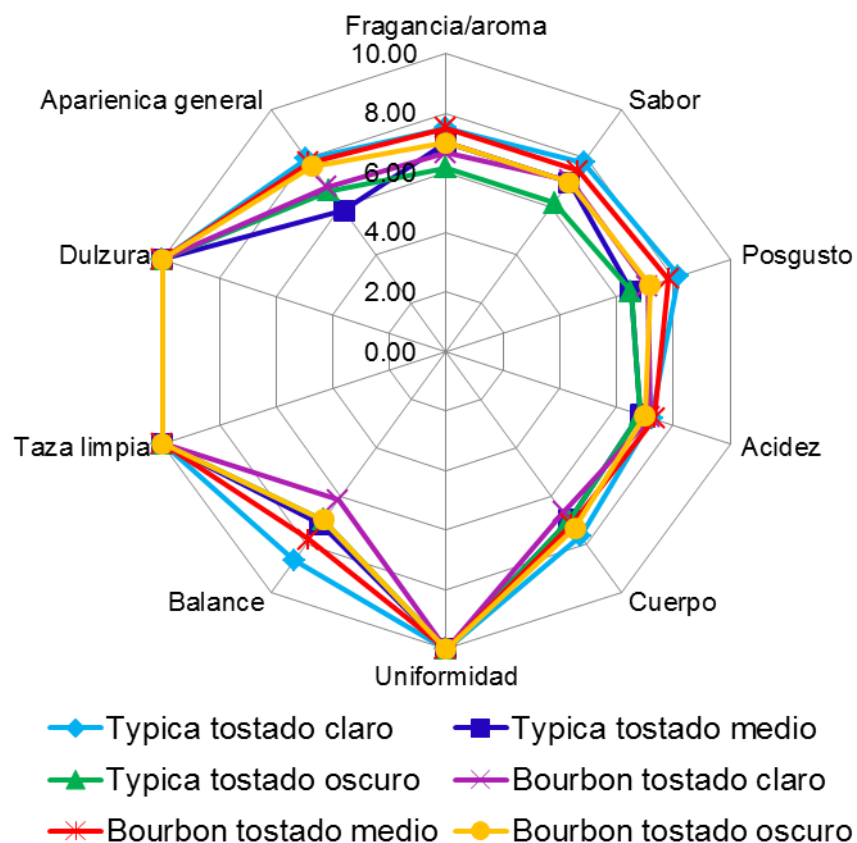


Figura 10. Perfil sensorial de las muestras de café.

En el Cuadro 10 se presenta los resultados promedio de cada atributo evaluado,

El **atributo fragancia/aroma** permite catalogar la calidad del café tal como indica ESTRELLA (2014), la fragancia es el olor del café cuando todavía está seco y el aroma es el olor del café después de agregarle agua caliente. Los tratamientos que tuvieron mayor puntaje (7,50 puntos) fueron: Typica tostado claro (T2) y Bourbon tostado medio (T7) correspondiente a “fragancia y aroma muy fuerte”; según los resultados obtenidos, la variedad Typica tuvo mejor calificativo que lo reportado por BANEGAS (2009), quien obtuvo el puntaje de 6,40 en la variedad Typica en tostado claro (9 a 11min). AMCCE (2007) menciona que los granos con tostado claro guardan sus características de origen y es más fácil determinar las condiciones de suelo y clima en los que fueron cultivados. LARA (2005) indica que los tostados claros son más útiles para definir la calidad de un café por un experto catador. Los resultados obtenidos en la variedad Bourbon coinciden con lo citado por TRUJILLO (2010), quien en Bourbon maduro tostado medio, para el atributo fragancia/aroma obtuvo un puntaje de 7,13. LIMA (2014) reporta que el Bourbon es considerada nacionalmente como un cultivar que posee mayor potencial para producción de cafés especiales con aroma intenso.

Los demás tratamientos: Typica tostado medio (T3), Bourbon tostado oscuro (T8), Bourbon tostado claro (T6) y Typica tostado oscuro (T4) obtuvieron un puntaje entre 6 a 7 puntos con un calificativo de “fragancia y aroma moderadamente fuerte”, la menor calificación de las bebidas puede ser afectado por el grado de tostado tal como indica JÚNIOR *et al.* (2002), el

proceso pirrolítico que ocurre durante la torrefacción, hace que el agua contenida en el interior del grano sea convertida en vapor, genera reacciones de caramelización y forma una vasta gama de compuestos volátiles. MONTEIRO *et al.* (2002) mencionan que el tostado oscuro de café provoca diversas alteraciones en los granos, como la expansión del grano, alteraciones en la estructura y coloración. DUARTE *et al.* (2010) indican que los azúcares, particularmente la sacarosa es el carbohidrato simple más abundante en el café, actúa como precursor de aroma originando varias sustancias volátiles tales como furanos, aldehídos y ácidos carboxílicos durante el tostado. Según los resultados, los calificativos encontrados fueron menor que lo reportado por TRUJILLO (2010) quien para el atributo fragancia/aroma obtuvo un puntaje de $7,75 \pm 0,14$ en Bourbon maduro con tostado claro y en tostado oscuro 7,56.

Para poder calificar una bebida de café es importante evaluar el **atributo sabor**. Según ESTRELLA (2014), el sabor describe la combinación de los atributos y defectos que se hacen presente en la taza de café, representa el carácter principal del café, aquí se define si la taza es agradable o desagradable. Según los resultados los tratamientos que tuvieron mayor puntaje en el sabor fueron Typica tostado claro (T2) 7,83 y Bourbon tostado medio (T7) 7,50 teniendo un calificativo “sabor muy bueno”. Según los resultados el atributo sabor fue afectado por el grado de tostado para Typica tostado claro y para Bourbon tostado medio, este comportamiento es explicado por MURILLO (2003) que los tuestes claros desarrollan mejor sabor y aromas dulces del café. KATZEFF (2001) indica que se puede tostar el café a varios colores, en cada color se nota un grupo de sabores distintos; en general los

tostados más claros tienen características de dulce. La variedad también influye en este atributo, tal como menciona DURÁN (2010) que la variedad influye en la calidad del grano y da una bebida excelente. Según BALCÁZAR y SUÁREZ (2011), el café arábigo es un café apreciado por sus cualidades aromáticas y por la fineza de su sabor. LIMA (2014) el Bourbon posee una cualidad intrínseca relacionada con su potencial genético y produce café de excelente calidad de la bebida, debido a sus características sensoriales como elevada dulzura natural, sabor achocolatado y una agradable acidez. TRUJILLO (2010) reporta para el atributo sabor un puntaje de $7,25 \pm 0,25$ en Bourbon maduro, tostado medio.

Los tratamientos: Typica tostado medio (T3), Bourbon tostado oscuro (T8), Bourbon tostado claro (T6) y Typica tostado oscuro (T4) obtuvieron un menor puntaje entre 6 a 7,08 con un calificativo de “sabor bueno”, según los resultados la variedad Bourbon tuvo menor calificativo que lo reportado por TRUJILLO (2010) quien para el atributo sabor obtuvo un puntaje de $7,50 \pm 0,20$ en Bourbon maduro, tostado claro y en oscuro $7,13 \pm 0,13$. Con respecto al grado de tostado en este grupo se tiene la predominancia de tostado medio y oscuro; esto podría deberse a lo citado por AMCCE (2007) que los tuestes oscuros desarrollan más los sabores a tostado y este puede ser tan dominante que incluso opacan la acidez y sabor original del grano. MURILLO (2003) indica que los tuestes oscuros desarrollan sabores y aromas amargos por lo que se recomienda tostados claros para la catación para poder apreciar mejor los atributos o defectos de la muestra.

Cuadro 10. Promedio de calificación del perfil sensorial de las variedades de café Typica y Bourbon con diferentes grados de tostado.

Muestras	Tratamiento	Fragancia y aroma	Sabor	Posgusto	Acidez	Cuerpo	Uniformidad	Balance	Taza limpia	Dulzura	Apariencia general
Typica tostado claro	T2	7,50	7,83	8,17	7,25	7,67	10,00	8,67	10,00	10,00	8,00
Typica tostado medio	T3	7,00	7,00	6,50	6,83	7,00	10,00	7,17	10,00	10,00	5,83
Typica tostado oscuro	T4	6,17	6,17	6,50	6,83	7,00	10,00	7,00	10,00	10,00	6,67
Bourbón tostado claro	T6	6,67	7,08	7,08	7,17	6,67	10,00	6,17	10,00	10,00	6,83
Bourbón tostado medio	T7	7,50	7,50	7,83	7,33	7,17	10,00	7,83	10,00	10,00	7,83
Bourbón tostado oscuro	T8	7,00	7,00	7,17	7,00	7,33	10,00	7,00	10,00	10,00	7,67

El atributo **postgusto** permite evaluar en la bebida de café la permanencia del sabor. ESCARRAMÁN *et al.* (2007) menciona que el sabor residual es la duración de la persistencia y de la sensación en la boca después que el café ha sido tragado; según los resultados del Cuadro 10, el mayor puntaje lo presentó Typica tostado claro (T2) con 8,17 puntos y Bourbon tostado medio (T7) con 7,83 con un calificativo de “postgusto excelente”, siendo el valor superior al reportado por TRUJILLO (2010) quien para la variedad Bourbon maduro obtuvo un puntaje de 7,25 en tostado medio. Seguidamente se obtuvo un puntaje en Bourbon tostado oscuro (T8) 7,17; Bourbon tostado claro (T6) 7,08 con un calificativo de “ muy bueno”. El menor puntaje se encontró en Typica tostado medio (T3) y Typica tostado oscuro (T4) 6,50; con un calificativo de “postgusto bueno”, esta pérdida en el calificativo puede deberse a lo indicado por ESTRELLA (2014) que el sabor residual es agradable, tiene un sabor dulce y refrescante, cuando es desagradable deja un sabor amargo o áspero.

El **atributo acidez** permite catalogar la bebida del café, según BONIFAS (2014) se experimenta en la sequedad que el líquido produce en los bordes de la lengua y en la parte de atrás del paladar; es una característica deseable, apreciada en el café; pues hay una relación positiva entre la intensidad de la impresión acida y la calidad del café, en el Cuadro 10 y Figura 12 se muestran los resultados de cada atributo evaluado con el análisis descriptivo cuantitativo (QDA), las muestras con mayor puntaje fueron Bourbon tostado medio (T7) 7,33, Typica tostado claro (T2) a 7,25, Bourbon tostado claro (T6) a 7,17, Bourbon tostado oscuro(T8) a 7,0 con un calificativo de

“acidez muy buena”, los resultados concuerdan con el reporte de TRUJILLO (2010) para la variedad Bourbon maduro con tostado claro a oscuro el puntaje varió entre 7 a 7,50. Se puede apreciar que la variedad Bourbon destaca más en este atributo, esto puede deberse a lo citado por VAAST *et al.* (2005) quienes mencionan que según estudios realizados, la bebida de cafés cultivados al sol es más amarga y astringente que los cultivados bajo sombra, siendo la mayor acidez y preferencia de los cafés producidos bajo sombra, en comparación a los provenientes de plena exposición solar. Con respecto a la acidez y el grado de tostado se aprecia una ligera variación que se puede aducir a lo citado por RENDÓN (2007) que la acidez del café tostado es ligeramente alto dependiendo del grado de tostado. Una bebida de un café ligeramente tostado (pierde 14% peso) presenta una acidez descrita sensorialmente como fina, bien desarrollada y fácilmente percibida por el consumidor.

Mientras que el Typica tostado medio (T3) y Typica tostado oscuro (T4) tuvieron un puntaje a 6,83 con un calificativo de “acidez buena” este menor calificativo puede deberse a lo citado por RENDÓN (2007) las bebidas de café fuertemente tostado (pierde 18% de peso) son poco ácidas o sin acidez de tal manera que el gusto amargo sobresale en la bebida. La acidez de la bebida de café está influenciada por los ácidos orgánicos y la grasa tal como indica ALCAZAR *et al.* (2005) los principales ácidos orgánicos encontrados en el café es el ácido cítrico (5,22 mg/g), ácido málico (1,74 mg/g) y ácido acético (1,74mg/g), en base seca. DECAZY *et al.* (2003) mayores contenidos de materia grasa han sido vinculados a cafés con buena acidez y preferencia.

El **Cuerpo** es otro atributo que permite catalogar la bebida de café según BONIFAS (2014) es el parámetro que describe la intensidad del sabor e impacto del sabor, es una combinación de estímulos gustativos y aromáticos. Según ESTRELLA (2014), el cuerpo es el último elemento de evaluación el cual se determina por la densidad o peso de la bebida en la boca. Según los resultados, T2 (Typica tostado claro) obtuvo 7,67 puntos, T8 (Bourbón tostado oscuro) 7,33 puntos, T3 (Typica tostado medio), T7 (Bourbón tostado medio) 7,17 y T4 (Typica tostado oscuro) igual a 7,0 fueron calificados como “muy bueno”. La variedad Bourbón tuvo mejor calificativo que lo reportado por TRUJILLO (2010) quien para la variedad Bourbón maduro obtuvo un puntaje de 7,00 en tostado medio y oscuro. Para ESTRELLA (2014) la mejor calificación en cuerpo lo obtuvo en la variedad Caturra (7,48), seguida de Pache (7,38), Catuai (7,30) y Catimor (7,20); la mejor calificación obtenida por el Caturra describe un cuerpo algo pronunciado es el que tiene mayor consistencia o espesor del líquido.

El menor puntaje lo obtuvo Bourbón tostado claro (T6) con 6,67 “bueno”; el tostado claro afecta al atributo cuerpo, tal como indica LARA (2005) que el grado de tostado es valorado cualitativamente por el color, resultando una simple categorización de ligero, medio y oscuro; los tostados oscuros tienden a realzar el cuerpo y disminuir los atributos del sabor. Según PUERTA (2000) la intensidad de las propiedades organolépticas varió con el grado de tostación a mayor grado se intensificaron el amargo y el cuerpo y disminuye la acidez organoléptica.

En el **atributo Uniformidad**, todos los tratamientos tuvieron un puntaje de 10 con un calificativo de “excelente”, concordando con los reportes de ESTRELLA (2014) cuya uniformidad varió entre 9,8 – 10, es extraordinario, según la escala de calificación. TRUJILLO (2010) para la variedad Bourbon maduro obtuvo un puntaje de 10,00 en tostado claro, medio y oscuro. La uniformidad de la taza de café permite calificar la bebida, tal como cita CALLE (2009), la uniformidad entre distintas tazas de una sola muestra, puede ser uniforme tanto por atributos y características, como en defectos y/o contaminaciones, el catador la puede catalogar como positiva o negativa. MONTCAFE (2014) refiere que la uniformidad se refiere a la consistencia del sabor en las diferentes tazas probadas. Según BALCÁZAR y SUÁREZ (2011) la uniformidad de los granos de café, permite apreciar los defectos individuales, como daños debido a las despulpadoras mal calibradas, presencia de hongos o ataques de insectos; la uniformidad también está relacionada con el tamaño del grano, los diferentes tamaños causan un tostado irregular afectando directamente la calidad de bebida.

Con respecto a **Balance**, T2 (Typica tostado claro) obtuvo un puntaje mayor (8,67), calificativo de “excelente”. La variedad catuai tuvo mayor calificación (8,9) y menor (7,35) la variedad pache, los cafés se encuentran dentro del rango 8,00 – 9,00 considerados como cafés excelentes como indica SCAA (2005). El calificativo obtenido puede ser explicado por USAID (2005) que existe equilibrio en los atributos de acidez, cuerpo y sabor, cuando se presentan cafés limpios y sanos. Según BANEGAS (2009), este atributo indica si el café es armonioso, excesivo o se ha perdido algo en su sabor.

Los tratamientos T7 (Bourbón tostado medio), T3 (Typica tostado medio), T4 (Typica tostado oscuro) y T8 (Bourbón tostado oscuro) obtuvieron puntajes entre 7 a 7,83 equivalente a “balance bueno”; los resultados de la variedad Borbón concuerdan con lo reportado por TRUJILLO (2010) quien para la variedad Bourbón maduro tostado claro obtuvo un puntaje de $8,38 \pm 0,55$ en medio y oscuro 7,00. El tratamiento con menor calificativo fue para T6 (Bourbon tostado claro) 6,17 con un calificativo de “bueno”, esto puede deberse a lo indicado por MONTCAFE (2014) que el balance define los aspectos del sabor, sabor residual, cuerpo y acidez que se complementan y trabajan juntos.

Con respecto al **atributo taza limpia** todos los tratamientos tuvieron un puntaje de 10 “taza limpia extraordinaria”, este atributo permite calificar la bebida de café considerando la limpieza como ausencia de defectos en las tazas de una muestra (CALLE, 2009). Según BURGOS (2003), la catación de cafés responde a los requerimientos de los gustos de los consumidores. El primer requisito de cualquier café es que tenga lo que ha dado por llamarse una “taza sana”, libre de defectos como fermentos, contaminación por otros olores y sabores, mohos, etc. TRUJILLO (2010) para la variedad Bourbón maduro obtuvo un puntaje de 10,00 en tostado claro, medio y oscuro.

El **atributo dulzura** de un café es importante evaluar para poder determinar la calidad de la bebida; ESTRELLA (2014) refiere que es la sensación íntegra placentera de sabor y toda la dulzura notoria, y se percibe por la presencia de determinados carbohidratos. Según GAMBOA *et al.* (2013) la sensación de dulzura se relaciona con la uniformidad de la madurez de un

café al cosecharlo. Para FERREIRA (2008), la dulzura de la bebida es debida a la presencia de sacarosa en el grano de café crudo, siendo un importante componente el flavor del café tostado; el mayor contenido de sacarosa en los granos crudos indica una mayor calidad en la prueba de taza. Según los resultados todas muestras tuvieron un puntaje de 10 con un calificativo de “extraordinario”, concordando con lo citado por ESTRELLA (2014) que la mejor calificación en dulzura fue la variedad caturra (10,00), seguida de pache (10,00), catimor (9,80) y catuai (9,70) como extraordinario. TRUJILLO (2010) para la variedad Bourbonn maduro obtuvo un puntaje de 10,00 en tostado claro, medio y oscuro.

El atributo apreciación general o preferencia (impresión global) es un atributo que permite calificar la calidad del café, tal como indica PUERTA (2000) esta variable permite aceptar o rechazar una muestra de café por su calidad y está relacionada con todas las propiedades percibidas con el sentido del olfato (aromas) y gusto (cuerpo, amargo y acidez). LARA (2005) indica que la preferencia permite valorar una muestra de café por su calidad, teniendo en cuenta las características de aroma, sabor y cuerpo. Con respecto a este atributo los que tuvieron mayor puntaje fueron los tratamientos Typica tostado claro (T2) 8,00, Bourbonn tostado medio (T7) 7,83, Bourbonn tostado oscuro (T8) 7,67; calificados como “muy buena”, el resultado encontrado concuerda con PUERTA (2000) quien para el atributo impresión global obtuvo un puntaje de 8 para Typica tostado al 11 % pérdida de peso (tostado claro), 7 para Bourbonn tostado al 16 % pérdida peso (oscuro), los más bajos promedios se encontró en Bourbonn al 13% pérdida de peso (tostado medio). Según

PUERTA (1998), el café Bourbon presenta el amargor más equilibrado y excelentes características organolépticas y la variedad Típica presenta características muy suaves y equilibradas en todas las cualidades. TRUJILLO (2010) manifiesta que la variedad Bourbon maduro tuvo un puntaje de $7,25 \pm 0,14$ en tostado medio y en oscuro $7,00 \pm 0,00$.

Bourbon tostado claro (T6) 6,83; Typica tostado oscuro (T4) 6,67, tuvieron con un calificativo de “bueno”, este comportamiento puede deberse a lo indicado por FERREIRA (2008) que un proceso de tostado claro exige una rápida transferencia de energía térmica, minimizando una pérdida de masa del grano de café, confiriendo un sabor amargo-metálico debido a la presencia de polifenoles que no tuvieron tiempo suficiente para reaccionar. Tostados prolongados frecuentemente están asociados a un café de baja calidad, en el que es común una ocurrencia de granos defectuosos. El menor puntaje se presentó en el tratamiento T3 (Typica tostado medio) 5,83 según el puntaje obtenido la muestra es descalificada, FIGUEREIDO (2010) afirma que temperaturas medias más bajas desempeñan un papel importante en el desarrollo de los atributos que confiere la calidad de la bebida de un café. Según MALTA *et al.* (2002), diferentes genotipos de cafés pueden presentar diferencia en la calidad e interacción genotipo y ambiente, también puede provocar diferencias en composición química en la calidad del café.

Los resultados del perfil de atributos fueron analizados mediante componentes principales (A-VII) y (A-VIII), el biplot de variables del primer componente (**CP1**) separa el atributo postgusto de las demás variables, el cual representa el 74,9 % de la variabilidad total del perfil sensorial de los atributos

del café en variedades Typica y Bourbon (Figura 11). El atributo cuerpo representa el 13,9 % de la variabilidad del segundo componente (**CP2**) y en general ambos componentes representan el 88,8 % de la variabilidad total. Se puede indicar que el atributo postgusto determina la diferencia en la muestra de café en variedades Bourbon con tostado medio. Según CALLE (2011), el sabor residual es la permanencia del sabor en el paladar después de haber expulsado el café de la boca; este puede ser agradable dejando un sabor dulce y refrescante o desagradable dejando un sabor amargo o áspero. Para MONTCAFE (2014), el sabor residual es la sensación que se percibe inmediatamente después que el café es ingerido, se busca sabor agradable y jugoso en el post gusto.

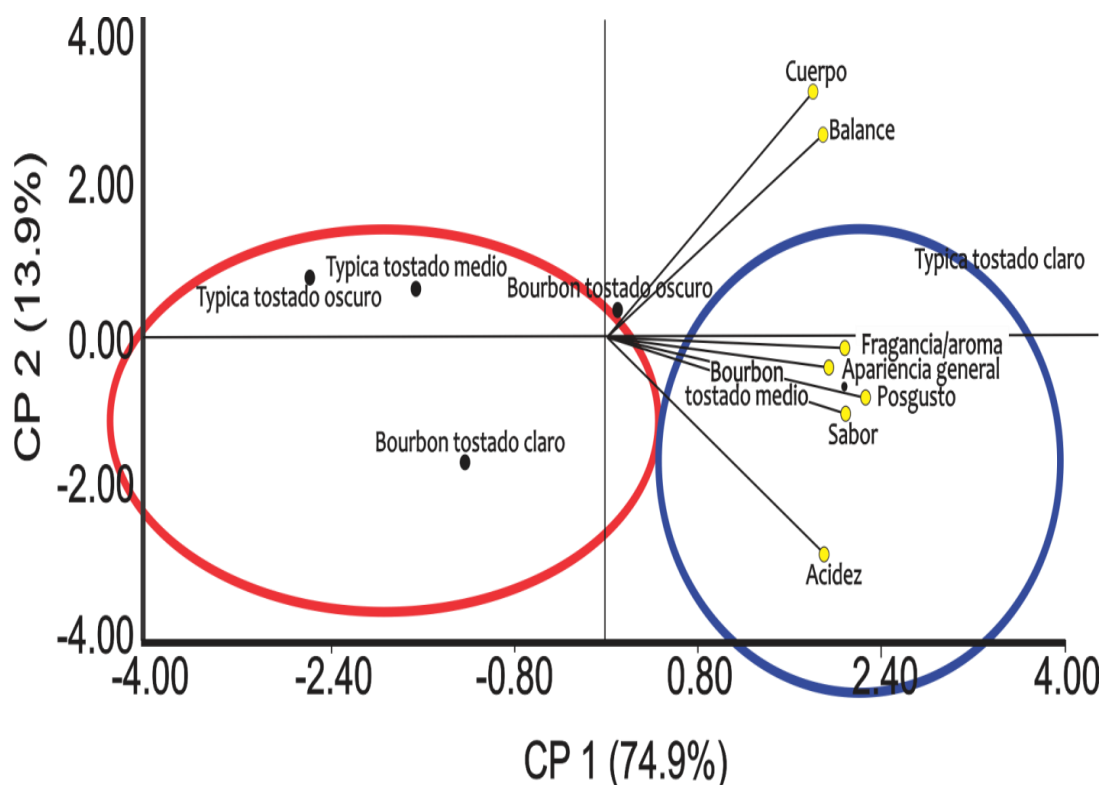


Figura 11. Comportamiento del Biplot de la evaluación sensorial en variedades de café Typica y Bourbon con diferentes grados de tostado.

Realizando el análisis estadístico mediante conglomerados de los tratamientos evaluados se pueden diferenciar dos grupos (Figura 12); el **primer grupo** representa el 33,3 % Bourbon tostado medio (T7), Typica tostado claro (T2) los dos tratamientos mencionados fueron los que tuvieron las mejores calificaciones en los atributos de sabor , cuerpo, apreciación general y acidez “muy bueno”; postgusto, balance, uniformidad, dulzura y taza limpia “excelente” y fragancia/ aroma “muy fuerte”; la calificación de una bebida de café permite establecer la calidad del grano, tal como indica KATZEFF (2001) para evaluar la calidad de café, se debe utilizar un tostado claro; sin embargo, si hay tiempo se debe catar el café después del segundo “crack”; este sonido es causado por la evaporación del aceite, lo que hace que la superficie del café brille. CENICAFE (2011) en el tostado se desarrollan diversas reacciones entre los componentes del grano de café almendra y se generan cientos de compuestos volátiles y sustancias de sabor, que imparten las cualidades sensoriales que se aprecian en la bebida. Según PUERTA (1998), la calidad de la bebida de café depende de muchos factores: origen genético, latitud, altitud, clima del lugar, cuidados sanitarios, prácticas agronómicas, cultura cafetera, calidad de la cosecha, tipo y control durante el proceso de beneficio, trilla, almacenamiento, tostación y preparación de la bebida.

El segundo grupo representa el 66,7% Bourbon tostado claro y oscuro(T6 y T8),Typica tostado medio y oscuro (T3 y T4) cuyos calificativos fueron menor que el primer grupo, en los atributos de uniformidad, dulzura y taza limpia “excelente”; cuerpo, acidez “muy bueno” y fragancia/ aroma, sabor, balance, posgusto, apreciación general “bueno”; la calificación de una bebida

es influenciado por diversos factores tales como cita LÓPEZ (2014) las propiedades de la bebida del café, tales como sabor y aroma, se desarrollan durante el tostado, cuando los granos de café experimentan una sucesión de reacciones que causan modificaciones a su composición química. LARA (2005) los granos de café están compuestos por un gran número de metabolitos secundarios, que juegan un papel importante en la definición de las características organolépticas del café y por con siguiente de su calidad. PUERTA (2000) los compuestos presentes en el aroma del café dependen principalmente de la especie de café, del tiempo y temperatura de almacenamiento del grano y del grado de tostación.

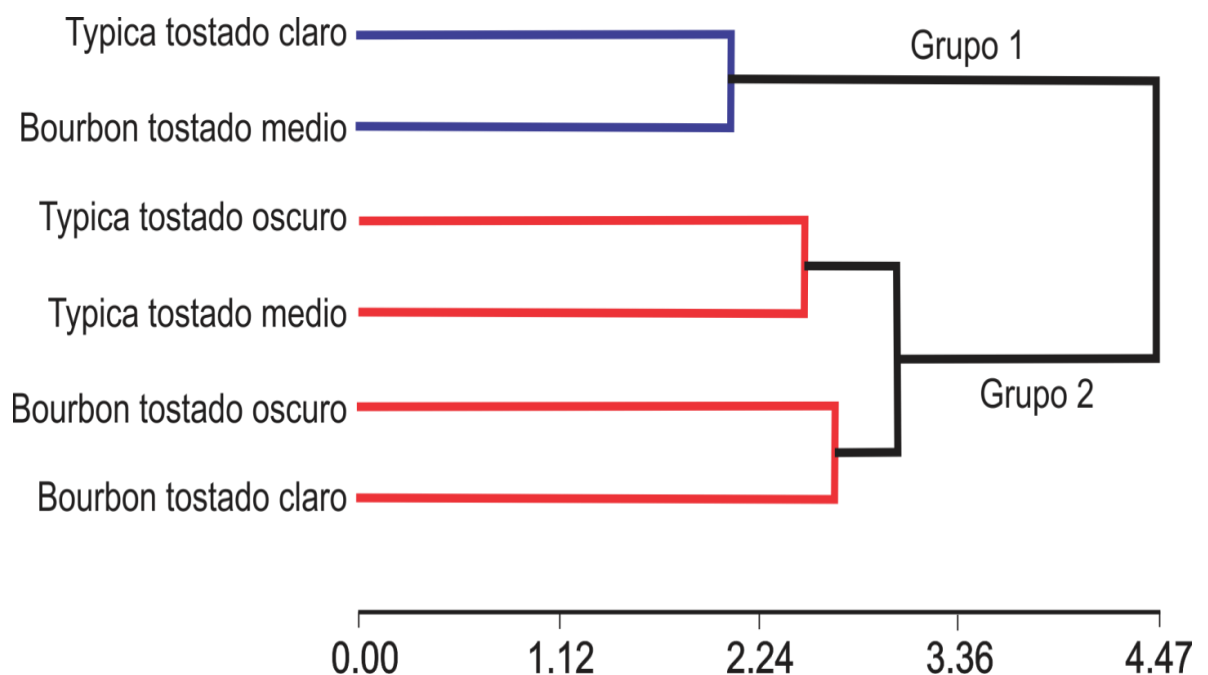


Figura 12. Presentación del análisis de conglomerados en dos variedades de café con diferentes grados de tostado.

V. CONCLUSIONES

- El mayor contenido de polifenoles totales se encontró en café tostado claro de la variedad Bourbon (4,126 ± 0,031 g EAG/100g) y en la variedad Typica (4,131 ± 0,011 g EAG/100g) y el menor valor se encontró en café de la variedad Bourbon, tostado oscuro (3,263 ± 0,055 g EAG/100g) y en la variedad Typica en grano verde oro (2,994 ± 0,039 g EAG/100g).
- La mayor capacidad antioxidante frente al radical DPPH se presentó en la variedad Typica en los tres grados de tostado (IC₅₀ 155,66 a 201,59 µg/mL) y la menor capacidad antioxidante en grano verde oro de ambas variedades y la capacidad antioxidante frente al radical ABTS⁰⁺ tuvo el siguiente orden: variedad Bourbon tostado claro, medio y oscuro, Typica tostado claro > Typica tostado medio y oscuro > Bourbon grano verde oro > Typica grano verde oro.
- Las variedades Typica tostado claro y Bourbon tostado medio tuvieron la calificación de los atributos postgusto, balance, uniformidad, dulzura y taza limpia “excelente”; sabor, cuerpo, apreciación general y acidez “muy bueno”, y fragancia/ aroma “muy fuerte”.

VI. RECOMENDACIONES

- Realizar un estudio de los residuos del café, como fuente de compuestos bioactivos y en el aspecto ambiental.
- Utilizar diferentes solventes para la preparación de los extractos que pueden ser acuoso, metanólico o etanólico.
- Estudiar la calidad de la bebida y capacidad antioxidante de mezclas de las variedades de café de Typica y Bourbon.
- Evaluar polifenoles totales y capacidad antioxidante en las variedades Typica y Bourbon en diferentes grados de tostado, comparando el beneficio del café por vía húmeda y por vía seca.
- Utilizar la variedad Bourbon con tostado medio y Typica tostado claro para elaborar una bebida con buenas características sensoriales y utilizar la variedad Typica tostado claro y Bourbon tostado claro, medio y oscuro para un café con propiedades funcionales y buenas características sensoriales.

VII. ABSTRACT

The research work was developed at the Amazon natural products research center laboratories (CIPNA) and Agraria de la Selva National University's biotechnology development laboratory (CIDBAM). The aim was to determine the total polyphenols content, antioxidant capacity (DPPH y ABTS⁰⁺) and to evaluate the coffee quality on typical and bourbon varieties with different roasting degrees. The gold green coffee sample was submitted to 3 degrees of light, middle dark and dark roast and it was ground to grain refined. A 50 mg/mL aqueous extract was prepared. According to the results the higher content of total polyphenols was into light roast bourbon variety (4,126±0,031 g EAG/100g) and typical variety (4,131±0,011 g EAG/100g). Also, the lower one was into dark roast bourbon variety (3,263±0,055 g EAG/100g) and the gold green coffee typical variety 2,994±0,039 g EAG/100g. The higher inhibition coefficient (IC₅₀) against the radical DPPH was showed at the typical variety on its three roasting degrees. (IC₅₀ 155,66 a 255,09 µg/mL). The lower was showed at the gold green grain of both varieties. Against the radical ABTS⁰⁺, the higher one was showed on the light, middle dark and dark roast bourbon variety and light roasting typical variety. The lower inhibition coefficient was showed on the gold green typical variety. Concerning to the cup coffee quality, the best sensorial profile corresponded to the light roasting typical coffee and

bourbon middle dark roasting. They obtained the best grade in the following attributes: final aftertaste, balance, uniformity, sweetness, “excellent” clean cup, flavor, general appreciation, “very good” acidity and “very strong” fragrance.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRAHÃO, S.; PEREIRA, R.; DUARTE, S.; LIMA, A., ALVARENGA, D.; FERREIRA, E. 2010. Compostos bioativos e atividade antioxidante do café (*Coffea arábica* L.). Cienc. Agrotec, Lavras. 34(2): 414-420.
- ALAM, M., JAHAN, N., RAFIQUZZAMAN, M. 2013. Review on *in vivo* and *in vitro* methods evaluation of antioxidant activity. Bangladesh, Sur de Asia. 21 (2): 143-152.
- ALCAZAR, A., JURADO, J., MARTÍN, M.; PABLOS, F., GONZÁLEZ, A., 2005. Enzymatic spectrophotometric determination of sucrose in coffee beans. Talanta. In press. 67(4): 760-766.
- ALVES, B.; NASCIMENTO, E.; AQUINO, F.; CHANG, R.; MORAIS, S. 2007. Composição química de cafés torrados do Cerrado e do Sul de Minas Gerais. Ciencia y engenharia. Uberlandia, Brasil. 16(1): 9-15.
- ASOCIACIÓN MEXICANA DE CAFÉS Y CAFETERÍAS DE ESPECIALIDAD (AMCCE). 2007. Introducción al tueste de café. México D.F. Boletín informativo N°7. 6 p.
- BACELAR, P.; FONSECA, L.; FRANÇA, L.; SOARES, S.; DA SILVA, E. 2013. Phenolic compounds, methylxanthines and antioxidant activity in cocoa mass and chocolates produced from “witch broom disease” resistant and nonresistant cocoa cultivars. Ciênc. Agrotec. Lavras, Brasil. 37(3): 244-

250.

- BALCÁZAR, Y.; SUÁREZ, S. 2011. Extracción del aroma de café, por arrastre de vapor utilizando destilación. Tesis Ingeniero químico. Guayaquil, Ecuador. Universidad de Guayaquil. 143 p.
- BANEGAS, K. 2009. Identificación de las fuentes de variación que tienen efecto sobre la calidad de café (*Coffea arabica*) en los municipios de El Paraíso y Alauca, Honduras. Tesis MSc. Agroforestería Tropical. Turrialba, Costa Rica. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. 74 p.
- BARRIOS, E. 2001. Caracterização física, química, microbiológica e sensorial de cafés (*Coffea arábica* L.) da região alto Rio Grande- Sul de Minas Gerais. Tesis para optar el grado de Maestro. Lavras, Brasil. Universidad Federal de Lavras. 79 p.
- BEKEDAM, E.; SCHOLS, H.; MARTINUS, A.; VAN BOEKEL, S.; SMITH, G. 2006. High molecular weight melanoidins from coffee brew. J. Agric. Food Chem. Wageningen. 54(20): 7658-7666.
- BONIFAZ, L. 2014. Caracterización química y aceptación sensorial de tres muestras de café de variedades catimor, bourbon y árabe de la especie *Coffea arábica*, cultivado en la zona de amortiguamiento de la reserva el triunfo en la Sierra Madre de Chiapas. Tesis Ing. Ciencia y Tecnología de Alimentos. Coahuila, México. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. 108 p.
- BORRELLI, R.; VISCONTI, A.; MENELLA, C.; ANESE, M.; FOGLIANO, V. 2002. Chemical characterization and antioxidant properties of coffee melanoidins. J. Agric. and Food Chem. Udine, Italy. 50(1): 6527-6533.

- BUDRYN, G.; NEBESNY, E.; PODSEDEK, A.; ZYZELEWICZ, D.; MATERSKA, M.; JANKOWSKI, S.; JANDA, B. 2009. Effect of different extraction methods on the recovery of chlorogenic acids, caffeine and Maillard reactions products in coffee beans. *Eur Food Res Technol.* Lodz, Poland. 228(1): 913-922.
- BURGOS, E. 2003. Determinación de los tipos de café *Coffea arabica*, que se producen en la region del Trifinio- Guatemala y descripción de sus sistemas productivos. Estudio de la zona cafetalera que comprende altitud entre 800- 1200 msnm. Tesis Ingeniero Agrónomo. Chiquimula, Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala. 53 p.
- BRAND, W.; CUVELIER, M.; BERSET, C. 1995. Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebens mittel Wissens chaft and Technologie.* Canadá. 28: 25–30.
- CALLE, F. 2009. Calidad en taza y caracterización del color de las hojas jóvenes de 22 variedades de café. Tesis Ingeniero Agrónomo. Zamorano, Honduras. Proyecto especial del programa de Ingeniero Agrónomo. 24 p.
- CALLE, S. 2011. Determinación analítica de la cafeína en diferentes productos comerciales. Tesis Química. Barcelona, España. Universidad Politécnica de Catalunya. 156 p.
- CÁMARA PERUANA DE CAFÉ. 2004. Historia del café peruano. [En línea:] Historia del café, (<http://www.camcafe.com.pe>, documentos, 17 Ene. 2016).

- CENICAFE, 2011. Composición química de una taza de café. [En línea:] (<http://www.cenicafe.org/es/publications/avt04142.pdf>, documento, 17 Ene. 2016).
- DAGLIA, M., PAPETTI, A., GREGOTTI, C., BERTE, F., GAZZANI, G. 2000. In Vitro antioxidant and ex Vivo protective activities of green and roasted coffee. J. Agric. Food Chem. Pavia, Italy. 48(1): 1449-1454.
- DECAZY, F; AVELINO, J; GUYOT, B; PERRIOT J; PINEDA, C; CILAS, C. 2003. Quality of Different Honduran Coffees in Relation to Several Environments. Journal of Food Science. 68(7): 2356-2361.
- DEL PINO, R. 2011. Influencia del grado de tostado sobre la capacidad antioxidante y el efecto genoprotector del café soluble. Contribución de la fracción de melanoidinas. Tesis Master seguridad y biotecnología alimentarias. Universidad de Burgos. Burgos. 27 p.
- DE LA VEGA, L., CARBAJAL, D., FIGUEROA, M., SALAS, E. 2011. Obtención de antioxidantes lipofílicos a partir del grano de café verde. [En línea:] (<http://www.smbb.com.mx/congresos%20smbb/queretaro11/TRABAJOS/trabajos/II/carteles/CII-67.pdf>, documento, 17 Ene. 2016).
- DÍAZ, L.; PERDOMO, A. 2015. Caracterización físico-química y sensorial de dos variedades de café (*Coffea arabica*) del occidente de Honduras. Tesis ingeniero en agroindustria alimentaria. Zamorano, Honduras. Escuela agrícola panamericana. 51 p.
- DUARTE, G., ABREU, C., MENEZES, H., DOS SANTOS, M., GOUVÊA, C. 2005. Effect of processing and roasting on the antioxidant activity of

coffee brews. *Ciencia y tecnología de alimentos*. Campinas, Brasil. 25(2): 387-393.

DUARTE, G., PEREIRA, A., FARAH, A. 2010. Chlorogenic acids and other relevant compounds in Brazilian coffees processed by semi-dry and wet post-harvesting methods. *J. Food Chemistry*. 118(1): 851-855.

DURÁN, F. 2010. *Cultivo del café*. Grupo latino Editores S.A.S. Colombia. 511 p.

ESCARRAMÁN, A., ROMERO, J., ALMONTE, I., RIBEYRE, F., AGUILAR, P., JIMÉNEZ, H., CAUSSE, A., OLIVARES, F., BATISTA, I. 2007. Determinación de los atributos de calidad del café en zonas productoras de la República Dominicana. Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF) y Consejo Dominicano del café (CODOCAFE). Santo Domingo, República Dominicana. 87 p.

ESTRELLA, L. 2014. Evaluación física y sensorial de cuatro variedades de café (*Coffea arabica* L.) tolerantes a roya (*Hemileia vastatrix*), en relación a dos pisos ecológicos de las provincias de Lamas y Rioja. Tesis Ing. Agroindustrial. Tarapoto, Perú. Universidad Nacional de San Martín-Tarapoto. 79 p.

FARAH, A., MONTEIRO, M., CALADO, V., FRANCA, A., TRUGO, L. 2005. Correlation between cup quality and chemical attributes of Brazilian coffee. *Food Chemistry*. 98: 373-380.

FARAH, A.; DONANGELO, C. 2006. Phenolic compounds in coffee. *Braz. Journal PlantPhysiololy*. Rio de Janeiro. Brasil. 18(1): 23-36.

- FÉLIX, M. 2009. Determinación de ácidos clorogénicos y cafeíco, cafeína, polifenoles totales y actividad antioxidante de tres variedades de café (*Coffea arábica* L.). Tesis Ing. Industrias Alimentarias. Tingo María, Perú. Universidad Nacional Agraria la Selva. 82 p.
- FERREIRA, J. 2008. Caracterización física e química por espectrometría de masas con ionización por electrospray dos grãos defeituosos e sadios de cafés. Tesis para el grado de doctor en Ciencia de Alimentos. Belo Horizonte, Universidad Federal de Minas Gerais. 186 p.
- FIGUEREIDO, L. 2010. Perfil sensorial e químico de genótipos de cafeeiro Bourbon de diferentes orígenes geográficas. Tesis para optar el grado de Maestro en Ciencia de Alimentos. Minas Gerais, Brasil. Universidad de Lavras. 95 p.
- FONSECA-GARCIA, L., CALDERÓN-JAIMES, L., RIVERA, M. 2014. Capacidad antioxidante y contenido de fenoles totales en café y subproductos del café producido y comercializado en norte de Santander (Colombia). Revista de la facultad química farmacéutica. Medellín, Colombia. 21(3): 228-236.
- FRANCO, T.; HIDALGO, R. 2003. Análisis estadístico de datos de caracterización morfológica de recursos fitogenéticos. Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos. Cali (Colombia). Boletín Técnico nº 8. 94 p.
- GAAFAR, A., HEBA, E., MAHMUOD, F. 2013. Effect of green and degree of roasted arabic coffee on hyperlipidemia and antioxidant status in diabetic

- rats. *Advance Journal of food science and technology*. Giza. Egipto. 5(5): 619-626.
- GAMBOA, P., MOSQUERA, S., PAZ, I. 2013. Caracterización de taza de café especial en el municipio de Chachagui, departamento de Nariño, Colombia. *Biotecnología en el sector Agropecuario y Agroindustrial*. Cauca, Colombia. 11(2): 85-92.
- GÓMEZ, M. 2015. Metabolismo de flavonoides y ácidos hidroxicinámicos de la dieta. Estudios de transporte *in vitro* y de disponibilidad en humanos. Tesis para optar el grado de doctora. Madrid. Universidad Complutense de Madrid. 359 p.
- GONZÁLEZ, F. 2010. Caracterización de compuestos fenólicos presentes en la semilla y aceite de chía (*Salvia hispánica* L.), mediante electroforesis capilar. Tesis MSc. Alimentos. D.F., México. Instituto Politécnico Nacional. 113 p.
- GUEVARA, D. 2012. Estudio de la actividad antioxidante de los extractos de melanoidinas - polifenoles del café (*Coffeasp.*) ecuatoriano a través de los métodos: método ABTS (*) y método FRAP (**). Tesis Ingeniería de Alimentos. Quito, Ecuador. Universidad san Francisco de Quito. 46 p.
- HALAL, S. 2008. Composição, processamento e qualidade do café Bacharelado em Química de Alimentos. Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, Brasil. 45 p.
- HECIMOVIC, I., BELSCAK, A., HORZIC, D., KOMES, D. 2011. Comparative study of polyphenols and caffeine indifferent coffee varieties affected by the degree of roasting. *Food Chemistry*, Croatia. 129(1): 991-1000.

- HERNÁNDEZ, R., FERNÁNDEZ, C., BAPTISTA, P. 2014. Metodología de la investigación. Ed. Mc Graw - Hill interamericana S.A. México. 600 p.
- HUANG, D., OU, B., PRIOR, R. 2005. The chemistry behind antioxidant capacity assays. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, United States. 58: 1841–1856.
- JIMÉNEZ, A., SÁNCHEZ, M., MARTÍNEZ, M. 2012. Optimización del método captación del radical 2,2- difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH) para evaluar actividad antioxidante en bebida de café. *An. Vet. Murcia, España* 28(1): 67-78.
- JÚNIOR, M., NASCIMENTO, P., MORAIS, S., NASCIMENTO, E., TERRONES, M. 2002. Determinação do teor de fenóis totais e de proantocianidinas do café Conilon. *Sociedade Brasileira de Química. Uberlandia, Brasil.* 38(1): 400-902.
- KATZEFF, P. 2001. El manifiesto de los catadores de café. 1 ed. April Pojman, 84 p.
- LARA, L. 2005. Efectos de la altitud, sombra, producción y fertilización sobre la calidad del café (*coffea arabica* L. var. caturra) producido en sistemas agroforestales de la zona cafetalera norcentral de Nicaragua. Tesis MSc. Agroforestería Tropical. Turrialba, Costa Rica. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. 92 p.
- LEE, J., KOO, N., MIN, D. 2004. Reactive oxygen species, aging and antioxidant nutraceuticals. *Compreh Rev Food Sci Food Saf.* 3(1): 21-33.

- LIMA, A. 2014. Potencial agronómico de populações de cafeeiros do grupo “Bourbon”. Tesis para optar el grado de maestro. Lavras, Minas Gerais. Universidade Federal de Lavras. 64 p.
- LONDOÑO, J., NARANJO, M., QUINTERO, O. 2013. Estudio de los cambios de la actividad antioxidante en bebidas de café durante su período de vida útil usando métodos *in-vitro* y *ex-vivo*. Revista de la Facultad de Química Farmacéutica. Medellín, Colombia. 20(2): 95-104.
- LÓPEZ, D. 2014. Composición química y nutraceútica del residuo sólido del café (*Coffea arabica* L) utilizado y la actividad de los productos de su fermentación colónica *in vitro* en un modelo de inflamación. Tesis maestro en ciencia y tecnología de alimentos. Universidad Autónoma de Querétaro. Santiago de Querétaro, Querétaro. 116 p.
- LÓPEZ, K. 2014. El mercado mundial del café tostado. Analista económico. Dirección de Inteligencia Comercial, Promotora del Comercio Exterior de Costa Rica. Costa Rica, Costa Rica. 113 p.
- MALTA, R., SANTOS, M., DE MELO, F. 2002. Qualidade de grãos de diferentes cultivares de cafeeiro (*Coffea arabica* L.). Acta Scientiarum. Maringá, Brasil. 24(5): 1385-1390.
- MENDOZA, C. 2012. Las antocianinas del maíz: su distribución en la planta y producción. Tesis maestra en ciencias. Montecillo, México. Escuela de posgrado de recursos genéticos y productibilidad genética. 130 p.
- MENEZES, H. 1994. The relationship between test ate of maturity of raw coffee beans and the isomers of caffeoylquinic acid. Campinas, Brasil. 50(1): 293-296.

- MERCADO, G., CARRILLO, L., MEDRANO, A., DÍAZ, J., PARRILLA, E. 2013. Compuestos polifenólicos y capacidad antioxidante de especias típicas consumidas en México. *Nutrc. Hospitalaria*. 28(1): 1266-1272.
- MONTCAFÉ, 2014. Montcafé despierta tu pasión [En línea]: (<http://montcafe.com/nuestra-pasion/cata-de-cafe/>, documento, 28 Abr. 2016).
- MONTEIRO, M.; MINIM, V.; CHAVES, J.; STRINGHETA, P.; SILVA, P. 2002. Efeito do tipo de torra o teor de compostos fenólicos e a cor dos grãos de café. *Rev. Bras. Armaz. Viçosa, Minas Gerais*. 5(1): 55-59.
- MORAGA, P., BOLAÑOS, I., PILZ, M., MUNGUÍA, R. 2011. Árboles de sombra e intensidad del cultivo afectan el rendimiento de café (*coffea arabica*L.) y la valoración ecológica en Masatepe, Nicaragua. *Revista Científica la Calera, Costa Rica*. 11(17): 41-47.
- MORAIS, S., AQUINO, F., NASCIMENTO, E., OLIVEIRA, G., CHANG, R., SANTOS, N., ROSA, G. 2008. Análise de compostos bioativos, grupos ácidos e da atividade antioxidante do café arábica (*Coffea arábica*) do cerrado e de seus grãos defeituosos (PVA) submetidos a diferentes torras. *Ciencia e Tecnologia de Alimentos, Campinas, Brasil*. 28(1): 198-207.
- MURILLO, E. 2003. Desarrollo de perfiles de tostado del café. Centro de desarrollo de agronegocios. FINTRAC- Honduras. 2 p.
- NARANJO, M., VÉLEZ, L., ROJANO, B. 2011. Antioxidant activity of different grades of Colombian coffee. *Revista cubana de plantas medicinales, Medellín, Colombia*. 16(2): 164-173.

- NICOLI, M., MANZOCCO, L., LERICI, C. 1997. Antioxidant properties of coffee brews in relation to the roasting degree. *Lebensm, Wiss u Technol.* Marangoni, Italia. 30(1): 292-297.
- NRCS. 2012. Manejo de cafetales bajo sombra. [En línea:] (<http://anacafe.org/glifos/images/e/e2/Boletin-tecnico-.pdf>, documento, 28 de abr. 2016).
- OLIVEIRA, G. 2006. Comparação química dos grãos de café (*Coffea arábica*), sadio e seus grãos PVA (pretos, verdes, ardidos) oriundos do sul de minas e do cerrado mineiro, submetidos a diferentes graus de torrefação. Tesis maestra en Química. Uberlândia, Brasil. Universidad Federal de Uberlândia. 113 p.
- PELÁEZ, E. 2009. Actividad antioxidante del extracto en diclorometano de *Palicourea guianensis* Aubl. (*Rubiaceae*). Tesis Ing. químico. Pereira. Universidad Tecnológica de Pereira. 41 p.
- PÉREZ-HERNÁNDEZ, L., CHAVEZ-QUIROZ, K., MEDINA- JUÁREZ, L., GÁMEZ- MEZA, N. 2012. Phenolic characterization, melanoidins, and antioxidant activity of somen comercial coffees from *Coffea arábica* and *Coffea canephora*. *J. México chemistry.* Sonora, México. 56(4): 430-435.
- PÉREZ-HERNÁNDEZ, L., CHAVEZ-QUIROZ, K., MEDINA- JUÁREZ, L., GÁMEZ-MEZA, N. 2013. Compuestos fenólicos, melanoidinas y actividad antioxidante de café verde y procesado de las especies *Coffea arábica* y *Coffea canephora*. *Ciencias Biológicas y de la salud.* Sonora, México. 15(1): 51-56.

- PUERTA, G. 1998. Calidad en taza de las variedades de *Coffea arabica* L. cultivadas en Colombia. *Cenicafé*. 49(4): 265-278.
- PUERTA, G. 2000. Calidad en taza de algunas mezclas de variedades de café de la especie *Coffea arabica* L. *Cenicafé*. 51(1): 5-19.
- RAMOS, E., CASTAÑEDA, B., IBÁÑEZ, L. 2008. Evaluación de la capacidad antioxidante de plantas medicinales peruanas nativas e introducidas. *Rev.Acad. Perú Salud, Perú*. 15: 42-46.
- RE, R.; PELLEGRINI, N.; PROTEGGENTE, A.; PANNALA, A.; YANG, M.; RICE, C. 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology and Medicine, United Kingdom*. 26(9/10): 1231–1237.
- REYES, R. 2003. Diseño de una planta de café tostado y molido. Tesis Ing. Industrial. Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala. 94 p.
- RENDÓN, M. 2007. Acidez do café e a qualidade da bebida. Tesis maestro Ciencia de Alimentos. Londrina. Universidad estatal de Londrina. 86p.
- RITCHEY, J. 2002. Estadística para las ciencias sociales. El potencial de la imaginación estadística. Trad. por Edgar Cosío. 1 ed. México. p. 467-485.
- RODRIGUES, I. 2012 Composição química do café do Alto Vale do Jequitinhonha comparação dos efeitos sub-crônicos da cafeína e do café em ratos. Tesis Maestro en Química. Diamantina, Minas Gerais. Universidad Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri. 96 p.
- ROJAS, G. 2005. Caracterización del aroma del café molido de Puerto Rico mediante la técnica de microextracción en fase sólida (SPME) y

cromatografía de gas acoplada a espectrometría de masas (GC/MS).

Tesis MSc. Ciencia y Tecnología de Alimentos. Mayagüez, Puerto Rico.

Universidad de Puerto Rico. 156 p.

ROJAS, K. 2009. Caracterización de cafés (*Coffea arabica*) en los departamentos de Comayagua, El Paraíso, La Paz y Ocotepeque. Tesis Ingeniería en Agroindustria Alimentaria. Zamorano, Honduras. Proyecto de Graduación del Programa de Ingeniería en Agroindustria, Escuela Agrícola Panamericana. 35 p.

SACCHETTI, G., MATTIA, C., MASTROCOLA, D. 2009. Effect of roasting degree, equivalent thermal effect and coffee type on the radical scavenging activity of coffee brews and their phenolic fraction. *Journal of Food Engineering, Italia*. 90(1): 74-80.

SANDOVAL, M., OKUHAMA, N., ANGELES, F., MELCHOR, V., CONDEZO, L., LAO, J., MILLER, M. 2002. Antioxidant activity of the cruciferous vegetable Maca (*Lepidium meyenii*). *Food Chemistry, United States*. 79: 207–213.

Asociación de Cafés Especiales de América (SCAA). 2000. Speciality Coffee Association of America. [En línea:] Especies de café. (<http://www.scaa.org>, documentos, 13 Ene. 2016).

Asociación de Cafés Especiales de América (SCAA). 2005. Protocolo para Catar. [En línea:] (<https://es.scribd.com/doc/251552648/Protocolos-de-Catación-de-SCAA>, documento, 25 Abr. 2016)

- SCHENKER, S., HEINEMAN, C., HUBER, M., POMPIZZI, R., PERREN, R.,
ESCHER, F. 2002. Impact of roasting conditions on the formation of
aroma compounds in coffee beans. *Journal of food science*. 67(1): 60-66.
- TAMILMANI, P y PANDEY, M. 2015. Optimization and evaluation of phenolic
compounds and their antioxidant activity from coffee beans. *International
Journal of Advanced Research*. Karnataka, India. 3(4): 296-306.
- TORRES, M. 2012. Determinación de la actividad antioxidante de los extractos
clorofórmico, etanólico y acuoso del arrayán, calaguala, canayuyo y tipo.
Tesis Bioquímico Farmacéutico. Riobamba, Ecuador. Escuela Superior
Politécnico de Chimborazo. 129 p.
- TOVAR, J. 2013. Determinación de la actividad antioxidante por DPPH y ABTS
de 30 plantas recolectadas en la ecoregión cafetera. Tesis Químico
Industrial. Pereira, Colombia. Universidad Tecnológica de Pereira. 150 p.
- TRUJILLO, C. 2010. Determinación de la influencia de la variedad, estado de
madurez y grado de torrefacción en la cuantificación de polifenoles
totales en la bebida de café (*Coffea arabica* L.). Tesis Ing. Industrias
Alimentarias. Tingo María, Perú. Universidad Nacional Agraria la Selva.
96 p.
- USAID, 2005. Normas y estándares de Catación para la región de
Centroamérica. [En línea:] (http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/pnadg946.pdf,
documento, 17 Ene. 2016).
- VAAST, P., BERTRAND, B. 2005. Date of harvest and altitude influence vean
characteristics and beverage quality of *Coffea arabica* in intensive
management conditions. *Hort Science* In press.


- VICENTE, S., QUEIROZ, Y., GOTLIEB, S., TORRES, E. 2014. Stability of phenolic compounds and antioxidant capacity of regular and decaffeinated coffees. *Braz. Biol. Technol, Brasil.* 57(1): 110-118
- VIGNOLI, J., BASSOLI, D., BENASSI, M. 2011. Antioxidant activity, polyphenols, caffeine and melanoidins insoluble coffee: the influence of processing conditions and raw material. *Food Chem.* 124(1): 863-868.

IX. ANEXOS

A-I: Procedimiento para la determinación de la curva estándar.

La curva estándar se determinó preparando una solución stock de 10 mL de ácido gálico a una concentración de 1 mg/mL, a partir de ello se prepararon las concentraciones siguientes: 1, 0,8, 0,6, 0,4, 0,2, 0,1 y 0,05 mg/mL cada solución se preparó por triplicado. En cada tubo se agregó 1580 μ L de agua desionizada y 20 μ L de muestra control y estándares, se homogenizó ligeramente, luego se adicionó 100 μ L de solución fenol Folin Ciocalteu, se incubó por 1 min a temperatura ambiente; se neutralizó la reacción agregando 300 μ L de Na_2CO_3 al 20 % y finalmente se incubó por 2 h a temperatura ambiente y se realizó la lectura en el espectrofotómetro UV/VIS a 710 nm, con los resultados obtenidos se graficó la concentración vs absorbancia, luego se procedió a determinar la ecuación y el coeficiente de correlación.


A-II: Ficha de evaluación sensorial de café en variedades Typica y Bourbon con diferentes grados de tostado.



Las Asociación de cafés especiales de América Formulario de catación

Clasificación:

6.00 - Bueno	7.00 - Muy Bueno	8.00 - Excelente	9.00 - Extraordinario
6.25	7.25	8.25	9.25
6.50	7.50	8.50	9.50
6.75	7.75	8.75	9.75



Junta Nacional del Café

Nombre:

Fecha: Mesa: Sesión:

MUESTRA #	El Nivel de tueste	Fragancia/Aroma Total: []	Sabor Total: []	Acidez Total: []	Cuerpo Total: []	Uniformidad Total: []	Taza Limpia Total: []	Puntaje Catador Total: []	Suma []
		Seco Cualidades: Espuma	Sabor Residual Total: []	Intensidad Alto Bajo	Intensidad Alto Bajo	Balance Total: []	Dulzor Total: []	Defectos (Sustraer) Ligero = 2 # Tazas Intensidad Rechazo = 4 [] x [] = []	Puntaje Final []
Notas:									

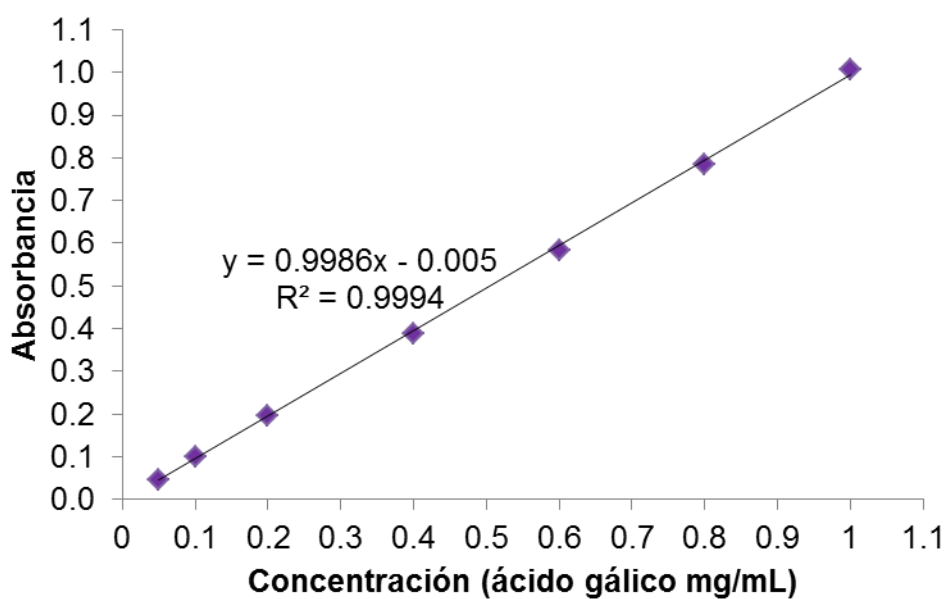
MUESTRA #	El Nivel de tueste	Fragancia/Aroma Total: []	Sabor Total: []	Acidez Total: []	Cuerpo Total: []	Uniformidad Total: []	Taza Limpia Total: []	Puntaje Catador Total: []	Suma []
		Seco Cualidades: Espuma	Sabor Residual Total: []	Intensidad Alto Bajo	Intensidad Alto Bajo	Balance Total: []	Dulzor Total: []	Defectos (Sustraer) Ligero = 2 # Tazas Intensidad Rechazo = 4 [] x [] = []	Puntaje Final []
Notas:									

MUESTRA #	El Nivel de tueste	Fragancia/Aroma Total: []	Sabor Total: []	Acidez Total: []	Cuerpo Total: []	Uniformidad Total: []	Taza Limpia Total: []	Puntaje Catador Total: []	Suma []
		Seco Cualidades: Espuma	Sabor Residual Total: []	Intensidad Alto Bajo	Intensidad Alto Bajo	Balance Total: []	Dulzor Total: []	Defectos (Sustraer) Ligero = 2 # Tazas Intensidad Rechazo = 4 [] x [] = []	Puntaje Final []
Notas:									

MUESTRA #	El Nivel de tueste	Fragancia/Aroma Total: []	Sabor Total: []	Acidez Total: []	Cuerpo Total: []	Uniformidad Total: []	Taza Limpia Total: []	Puntaje Catador Total: []	Suma []
		Seco Cualidades: Espuma	Sabor Residual Total: []	Intensidad Alto Bajo	Intensidad Alto Bajo	Balance Total: []	Dulzor Total: []	Defectos (Sustraer) Ligero = 2 # Tazas Intensidad Rechazo = 4 [] x [] = []	Puntaje Final []
Notas:									

A-III: Resultados de las absorbancias de la curva estándar de polifenoles.

Concentraciones (mg EAG/mL)	Absorbancias (710 nm)			Promedio
	R ₁	R ₂	R ₃	
1,0	1,032	0,987	1,003	1,007
0,8	0,774	0,776	0,806	0,785
0,6	0,589	0,534	0,628	0,584
0,4	0,375	0,392	0,402	0,390
0,2	0,197	0,193	0,201	0,197
0,1	0,096	0,104	0,104	0,101
0,05	0,022	0,080	0,036	0,046



Comportamiento de la curva estándar de ácido gálico para la cuantificación de polifenoles totales.

A-IV: Análisis de varianza de polifenoles totales en variedades de café Typica y Bourbon en grano verde oro y con diferentes grados de tostado.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F cal.	P_{valor}	Sig.
Tratamientos	7	5,3770	0,7681	103,70	<0,0001	**
Error experimental	16	0,1185	0,0074			
Total	23	5,4956				
$R^2 = 0,9784$		C.V. = 2,4203	M.S.E. = 0,0860		Media = 3,5559	

A-V: Análisis de varianza del radical DPPH en variedades de café Typica y Bourbon en grano oro verde y con diferentes grados de tostado.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F cal.	P_{valor}	Sig.
Tratamientos	7	21451,89	3064,55	10,77	<0,0001	**
Error experimental	16	4553,73	284,61			
Total	23	26005,62				
$R^2 = 0,8248$		C.V. = 8,4412	M.S.E. = 16,8703		Media = 199,8556	

A-VI: Análisis de varianza del IC₅₀ del radical ABTS⁰⁺ en variedades de café Typica y Bourbon en grano oro verde y con diferentes grados de tostado.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F cal.	P_{valor}	Sig.
Tratamientos	7	1945,21	277,88	178,58	<0,0001	**
Error experimental	16	24,90	1,56			
Total	23	1970,11				
$R^2 = 0,9873$		C.V. = 2,1714	M.S.E. = 1,2474		Media = 57,4470	

A-VII: Análisis de componentes principales de los atributos del café en variedades Typica y Bourbon con diferentes grados de tostado – matriz de correlación/coeficientes.

Variables	Fragancia y aroma	Sabor	Posgusto	Acidez	Cuerpo	Balance	Apariencia general
Fragancia y aroma	1,00						
Sabor	0,94	1,00					
Posgusto	0,82	0,88	1,00				
Acidez	0,71	0,81	0,91	1,00			
Cuerpo	0,64	0,56	0,67	0,30	1,00		
Balance	0,73	0,65	0,72	0,43	0,88	1,00	
Apariencia general	0,59	0,60	0,88	0,77	0,68	0,57	1,00

A-VIII: Análisis de componentes principales de los atributos del café en variedades Typica y Bourbon con diferentes grados de tostado – correlaciones con las variables originales.

Variables	CP1	CP2
Fragancia y aroma	0,90	-0,03
Sabor	0,91	-0,19
Posgusto	0,98	-0,16
Acidez	0,82	-0,54
Cuerpo	0,77	0,60
Balance	0,82	0,50
Apariencia general	0,84	-0,08

Correlación cofenética = 0,970