

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**

**FACULTAD DE INGENIERIA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

**DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INGENIERÍA DE ALIMENTOS**



**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**

**Para optar el título de:**

**INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

**CINTHIA INDIRA TRUJILLO LÓPEZ**

**Tingo María – Perú**

**2010**



Q04

T83

Trujillo López, Cinthia I.

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.). Tingo María, 2010

82 h.; 12 cuadros; 59 ref.; 30 cm.

Tesis ( Ing. Industrias Alimentarias ) Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María ( Perú ). Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias.

COFFEA ARABICA L. / TORREFACCION / POLIFENOLES / CALIDAD  
/ VARIETADES / CATAACION / METODOLOGIA / TINGO MARIA /  
RUPA RUPA / LEONCIO PRADO / HUANUCO / PERU.



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**  
**Tingo María**  
**FACULTAD DE INGENIERIA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**  
Av. Universitaria s/n. Teléfono (062) 561385 – Fax (062) 561156  
Apart. Postal 156 Tingo María E.mail; [fia@unas.edu.pe](mailto:fia@unas.edu.pe)

### ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los Miembros del Jurado que suscriben, reunidos en acto público el 07 de Abril de 2010, a horas 7:00 p.m. en la Sala de Grados de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, ubicada en la ciudad de Tingo María, provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco, para calificar la tesis presentado por la Bach. **TRUJILLO LÓPEZ, Cinthia Indira**, titulada:

**“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 arábica L.*)”**

Después de haber escuchado la sustentación, las respuestas a las preguntas formuladas, lo declaran **APROBADO** con el calificativo de *MUY BUENO* en consecuencia la Bachiller, queda apta para recibir el título de **Ingeniero en Industrias Alimentarias** del Consejo Universitario, de conformidad con el Art. 22° de la Ley Universitaria 23733; los artículos 51° y 52° del Estatuto Actualizado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

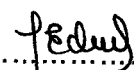
Tingo María, 07 de Abril de 2010



Dr. Raul E. Natividad Ferrer  
Presidente



Ing. Alfredo A. Carmona Ruiz  
Miembro



.....  
Dra. Elizabeth S. Ordóñez Gómez  
Asesora

## DEDICATORIAS

### **A Dios:**

Que me ha dado la vida que me regalo una maravillosa familia y me permitió llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

### **A mis hermanos:**

Juan, Fernando y Alejandra, gracias por estar conmigo y apoyarme siempre, los quiero mucho.

### **A mis maestros:**

A la Ing. Elizabeth Ordoñez Gómez por su apoyo ofrecido en este trabajo y su tiempo compartido, a todos los docentes de la Facultad de Ingeniería de Industrias Alimentarias por su gran apoyo y motivación para la culminación de nuestros estudios profesionales.

### **A mis padres:**

Juan Trujillo y Carmen López quienes han sabido formarme con buenos sentimientos, hábitos y valores, lo cual me ha ayudado a salir adelante buscando siempre el mejor camino.

### **A mi esposo y hijo:**

Cesar Oscar Hoyle Ríos y Luka Francesco Hoyle Trujillo por ser la fuente de mi inspiración y motivación para superarme cada día más y así poder luchar para que la vida nos depare un futuro mejor.

### **A mis amigos:**

Que nos apoyamos mutuamente en nuestra formación profesional y que hasta ahora, seguimos siendo **amigos**: Carmen, Luz, Kathy, Hans, Danny, Rubén, Benjamin, Marcos, Manuel, Gianni, Raquel.

## AGRADECIMIENTOS

- A la **Universidad Nacional Agraria De La Selva** y en especial a la **Facultad de Ingeniería de Industrias Alimentarias** por permitirme ser parte de una generación de triunfadores y gente productiva para el país.
- Debo agradecer de manera especial y sincera a la **Profesora Elizabeth Ordoñez Gómez** por su amistad y aceptarme para realizar esta tesis bajo su asesoramiento. Su apoyo y confianza en mi trabajo y su capacidad para guiar mis ideas ha sido un aporte invaluable.
- Agradezco de manera especial al **Dr. Manuel Sandoval Chacón** por permitir que esta tesis se desarrollara en laboratorio del **Centro de Productos Naturales de la Amazonia (CIPNA)** de la **Universidad Nacional Agraria de la Selva**.
- También quiero Agradecer a la **Cooperativa Agraria Industrial Naranjillo Ltda (COOPAIN)** por permitir desarrollar parte de mi tesis es su laboratorio de análisis sensorial de café.
- Agradezco de una manera muy especial al agricultor **Marco Castro Ávila** por facilitarme la obtención de muestras de las diferentes variedades de café de su parcela.
- Y, por supuesto, el agradecimiento más profundo y sentido va para mi **familia**. Sin su apoyo, colaboración e inspiración habría sido imposible llevar a cabo esta dura tarea. **A mis padres, Carmen y Juan**, por su ejemplo de lucha y honestidad; a mis hermanos, **a mi esposo Cesar y mi hijo Luka** que me dan la valentía de seguir adelante.... por ellos y para ellos!

## ÍNDICE

	<b>Página</b>
RESUMEN	
I. INTRODUCCION.....	01
II. REVISION DE LITERATURA.....	03
2.1. Generalidades del café.....	03
2.2. Estado de maduración.....	08
2.3. Cosecha y post cosecha de café.....	09
2.4. Calidad del café.....	13
2.5. Polifenoles.....	20
III. MATERIALES Y METODOS.....	24
3.1. Lugar de ejecución.....	24
3.2. Materia prima.....	24
3.3. Equipos materiales y reactivos.....	25
3.4. Métodos de análisis.....	28
3.5. Metodología experimental.....	29
IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	37

4.1. Determinación físico químico en granos de café oro por variedad en diferentes estados de madurez.....	37
4.2. Cuantificación de polifenoles totales en granos de café.....	40
4.3. Cuantificación de polifenoles totales en granos de café oro con tostado claro por variedad en diferentes estados de madurez.....	46
4.4. Cuantificación de polifenoles totales en granos de café oro con tostado medio por variedad en diferentes estados de madurez.....	49
4.5. Cuantificación de polifenoles totales en granos de café oro con tostado oscuro por variedad en diferentes estados de madurez.....	53
4.6. Perfil de calidad sensorial de café por variedad y estados de madurez.....	57
4.7. Atributos en catación de café por variedad y estados de madurez...	63
V. CONCLUSIÓN.....	72
VI. RECOMENDACIONES.....	73
VII. BIBLIOGRAFÍA.....	74
VIII. ANEXO.....	82

## ÍNDICE DE CUADROS

	<b>Página</b>
1. Resultados del análisis físico químico del grano de café oro en cinco variedades y tres estados de madurez.....	38
2. Determinación de la curva estándar de catequina.....	41
3. Cuantificación de polifenoles totales en granos de café oro por variedad en los estados de madurez.....	43
4. Cuantificación de polifenoles totales en granos de café oro con tostado claro por variedad en los diferentes estados de madurez.....	47
5. Cuantificación de polifenoles totales en granos de café con tostado medio por variedad en diferentes estados de madurez.....	50
6. Cuantificación de polifenoles totales en granos de café con tostado oscuro por variedad en diferentes estados de madurez.....	54
7. Resultados de la calidad en taza de café con tostado claro por variedad y estados de madurez.....	58
8. Resultados de la calidad en taza de café con tostado medio por variedad y estados de madurez.....	60
9. Resultados de la calidad en taza de café con tostado oscuro por variedad y estados de madurez.....	62
10. Resultado de los atributos en catación de café por variedad y estado de madurez con tostado claro.....	64
11. Resultado de los atributos en catación de café por variedad y estado de madurez con tostado medio.....	67



12. Resultado de los atributos en catación de café por variedad y estado

de madurez con tostado oscuro..... 70

## RESUMEN

Con el objetivo de evaluar la variedad, el estado de madurez y grado de torrefacción en el contenido de polifenoles totales y calidad de taza de la bebida de café se recolectaron cinco variedades de café (catarra rojo, catimor, typica, pachi, bourbon rojo) en tres estados de madurez (verde, maduro, sobremaduro) de la finca del señor Marcos Castro ubicado en el caserío de San Isidro, distrito de Hermilio Valdizan. El mayor contenido de polifenoles en grano oro lo obtuvo la variedad bourbon en estado de madurez verde con 472,72 equiv. catequina (mg/taza), el mayor contenido de polifenoles en grano oro con tostado claro y medio fue para la variedad pachi sobremaduro con 565,19 y 483,22 equiv. catequina (mg/taza) y en tostado oscuro el bourbon maduro obtuvo el mayor contenido de polifenoles con 443,58 equiv. catequina (mg/taza), en cuanto a la calidad de taza de la bebida de café el mejor perfil sensorial en tostado claro fue para bourbon maduro y sobre maduro, catarra madura y sobre madura, en tostado medio fue bourbon sobre maduro y el tostado oscuro correspondió a typica sobremaduro; de las cinco variedades estudiadas, estados de madurez y grado de torrefacción el bourbon maduro y sobre maduro ofreció mayor contenido de polifenoles totales un buen perfil sensorial y buenos atributos de catación del café en taza.

Palabras claves: café, variedades, tostado, polifenoles, catación.

## **SUMMARY**

In order to assess the variety, maturity and degree of roasting on total polyphenol content and quality cup of coffee beverage were collected five varieties of coffee (caturra red, catimor, typica, pachi, bourbon red) in three maturity stages (green, ripe, overripe) of the estate of Mr. Marcos Castro located in the hamlet of San Isidro district of Hermilio Valdizan. The highest content of polyphenols in gold grain bourbon variety was obtained in green maturity 472.72 equiv. catechin (mg / cup), the highest content of polyphenols in grain golden tan and a half was for the variety pachi overripe with 565.19 and 483.22 equiv. catechin (mg / cup) and dark roasted bourbon mature had the highest content of polyphenols with 443,58 equiv. catechin (mg / cup), as the quality cup of coffee drink best tan sensory profile was for bourbon mature and ripe mature and ripe caturra in medium toast was on mature bourbon and toasted typica accounted overripe dark; of the five varieties studied, stages of maturity and degree of roasting the mature and over mature bourbon offered higher total polyphenol content of a good profile and good sensory attributes tasting cup of coffee.

**Keywords:** coffee, varieties, roast, polyphenols, tasting

## I. INTRODUCCIÓN

El café es una de las bebidas más consumidas a nivel mundial, dentro de las exportaciones peruanas es el principal producto de agro exportación, obteniendo una participación en el mercado internacional del 2,7%; teniendo la región Huánuco (Tingo María) el 2% de la producción nacional y que va en aumento, en las zonas cafetaleras como son: San Isidro, Pillao Cayumba, Pampamarca, etc. Existiendo varias variedades (*Coffea arabica* L.) cada variedad tiene diferente producción, resistencia a enfermedades y características organolépticas que dependen de los compuestos que contienen. También como bebida es abundante en compuestos fenólicos como el ácido clorogénico, cafeico y melanoidinas, de efectos antioxidantes o antimutagénicos. Los polifenoles o compuestos fenólicos son antioxidantes que se encuentran presentes en productos de origen vegetal y su concentración puede verse influenciada por diferentes factores como el tiempo de cosecha y el grado de madurez, además estos pueden influenciar en la calidad organoléptica del café, por otro lado es importante indicar que durante el tostado suceden diferentes cambios ya sea aumentando o reduciendo su cantidad de polifenoles, la calidad de taza y otras que influyen en la calidad de la bebida del café, en tal sentido se planteo los siguientes objetivos:

Objetivo general:

Evaluar la variedad, el estado de madurez y grado de torrefacción en el contenido de polifenoles totales y calidad de taza de la bebida de café.

Objetivos específicos:

- Determinar el contenido de polifenoles totales en granos de café oro de las variedades caturra, catimor, typica, bourbon y pachi en estado verde, maduro y sobre maduro con tostado claro, medio y oscuro.
- Determinar el perfil sensorial del café por variedad, estado de madurez y grado de torrefacción.
- Evaluar los atributos de catación de café por variedad, estado de madurez y grado de torrefacción.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Generalidades del café.

#### 2.1.1 Origen.

El café es oriundo de las áreas boscosas y de las montañas etíopes, ubicadas entre los 1 250 - 2 000 m.s.n.m. y de las que se extiende hacia el Sur Este (tierras más bajas colindantes al Sudán) región donde se encuentra en forma silvestre **Watson (1985)**.

El café llegó al Perú y se desarrolló en forma comercial en el valle de Chanchamayo a partir de 1 876, **Castañeda (1997)**.

#### 2.1.2 Descripción botánica del café.

La planta de café pertenece a la familia Rubiaceae que incluye más de 10,000 especies en 630 géneros **Berthaud y Charrier (1988)**.

En el mundo existen dos especies comerciales: *Coffea arabica* conocida como Arábica que representa el 70 % de la producción mundial y *Coffea canephora* conocida como Robusta que representa el 30 % de la producción mundial; en el Perú la única especie comercial es *Coffea arabica* **Castañeda (1997)**.

La clasificación botánica del café es la siguiente:

Reino	:	Plantae
Tipo	:	Espermatofitas
Sub-tipo	:	Angiospermas
Clase	:	Dicotiledóneas
Sub-clase	:	Gamopétalas inferioriadas
Orden	:	Rubiales
Familia	:	Rubiáceas
Género	:	Coffea
Sub-género	:	Eucoffea
Especie	:	<i>Arabica</i> <b>Monroig (2005).</b>

### 2.1.3 Ecología.

El rango nativo del café se sitúa en 1 370 a 1 830 m de altitud, la especie requiere un mínimo de 1 200 a 1 500 mm de precipitación anual si la precipitación es en exceso de 2 500 a 3 000 mm empieza a ser perjudicial **Wrigley (1988)**. Las temperaturas óptimas oscilan entre 15 a 24 ° C, mínimo cabe recordar que el crecimiento se ve afectado por encima de los 25 °C y temperaturas bajas destruyen hojas y frutos. Aunque la especie tolera el pH del suelo de 4 a 8, se prefiere un pH de 5,2 a 6,2. Un buen drenaje es esencial, y las texturas del suelo más ligero que las arcillas son mejores. El café es tolerante a la sombra y por lo general crece en el sotobosque **Willson (1985)**.

## 2.1.4 Variedades de café (*Coffea arabica* L.)

### 2.1.4.1 Variedad Typica.

Originaria de Etiopía, llegó al Perú hace más de 150 años, posee características favorables con relación a otras variedades: el tamaño relativamente grande de su grano, superior calidad como bebida, rusticidad de la planta a condiciones adversas de baja fertilidad y sequía, resistencia de sus ramas al maltrato durante la cosecha. Son de porte alto y no es resistente a la roya. Es la variedad de mayor adaptación por parte de pequeños y medianos cafetaleros, que por lo general, ocupan las tierras de más baja fertilidad y que utilizan limitadas cantidades de abonos y fertilizantes **ACTA-GTZ (2007)**.

En cuanto al rendimiento, la variedad Typica no se puede comparar con otras variedades de café, ya que frecuentemente se encuentra entre sembrado en bosque intervenido (monte cercado) con excesiva sombra en comparación con variedades sembradas bajo un sembrío manejado con árboles leguminosos u otros apropiados **Nosti (1973)**

La variedad Typica es la que actualmente crece en mayor extensión en el Perú y Bolivia también lo encontramos en América Tropical, Java e India. Entre otras variedades de café se selecciona la variedad Typica por las siguientes razones:

- El tamaño del grano.
- Superior calidad como bebida.
- Su robustez a condiciones adversas de baja fertilidad y sequía.
- La mayor resistencia y flexibilidad de sus ramas durante la cosecha.
- Su alta productividad, **Rosskamp (1996)**.



#### **2.1.4.2 Variedad Bourbon.**

Originaria de la isla Bourbon, en el Caribe, su porte es mediano. Bajo condiciones óptimas, la formación continua de nuevas ramas y brotes florales garantiza una producción sostenida. Por el color del grano se distinguen dos tipos de Café Bourbon: el de color rojo / vino tinto y el de color amarillo / anaranjado. Comparado con la variedad típica, es más productiva pero su grano es de menor tamaño **ACTA-GTZ (2007)**.

Se caracteriza por tener ramas con entrenudos largos y el color verde de sus hojas nuevas que emergen del ápice y las ramas laterales **Rosskamp (1996)**.

#### **2.1.4.3 Variedad Caturra.**

Son mutantes de la variedad de café "Bourbon" propagado en Brasil, e introducidas en el Perú a través de la Estación Experimental de Tingo María en 1950. Son de porte enano, destacan por su alta productividad, pero requieren de constante fertilización y podas productivas. El tamaño de grano, comparado con el Typica, es relativamente pequeño. En la mutante roja de Caturra los frutos adquieren un color rojo vinoso a la madurez, mientras que en la mutante amarilla, un color amarillo. Esta última ha mostrado algo más de productividad, pero menor retención de los frutos maduros con relación a la Caturra roja **ACTA-GTZ (2007)**.

Esta variedad se caracteriza por sus entrenudos cortos, porte bajo, tronco grueso y sus ramas laterales abundantes con numerosas ramificaciones secundarias, dándole a la planta un aspecto vigoroso y frondoso. Las hojas

nuevas son de color verde claro y cuando maduran dan un verde intenso. Es más precoz y presenta una mayor producción en relación a las líneas comunes de Typica y Bourbon **Roskamp (1996)**.

#### **2.1.4.4 Variedad Catimor.**

Es un híbrido que se origina del cruzamiento de “Caturra Roja” y un híbrido de Timor”, proviene del Centro Agrícola Tropical de Investigación y Enseñanza de Turrialba en Costa Rica, fue introducida en el Perú en 1 983. Tiene relativamente alta productividad en las áreas sujetas a una actividad caficultora intensiva, con grandes cantidades de fertilizantes. No es recomendable para repoblamiento de cafetales de otras variedades de café, ni para suelos de baja fertilidad, los cuales caracterizan a la mayoría de las zonas cafetaleras del Perú, Esta variedad resistente a la roya **ACTA-GTZ (2007)**.

Se caracteriza por su porte bajo, su tronco de grosor intermedio, su considerable número de ramas laterales, formando una copa medianamente vigorosa y compacta **Roskamp (1996)**.

#### **2.1.4.5 Variedad Pachi.**

Es originaria de Guatemala e introducida al Perú por el Centro de Introducción de Plantas de Beltsville, Estado de Maryland, Estados Unidos de Norte América en 1 950. Es una variedad de porte similar a las Caturras, rústica, alta productividad y tamaño de grano muy cerca de la Typica, Sus rendimientos por planta se ven favorecidos por la fertilización constante **ACTA-GTZ (2007)**.

## **2.2 Estado de maduración.**

La madurez es el estado en que todo producto fresco está listo para la cosecha cuando se ha desarrollado hasta alcanzar el momento ideal para el consumo. Desde el punto de vista botánico, madurez del fruto es aquel que a completado su crecimiento activo (crecimiento vegetativo) y producción de semilla (madurez fisiológica). La madurez para la cosecha es el estadio en el que el producto puede ya cosecharse, teniendo en cuenta el tiempo necesario para llegar al mercado y el tipo de manipulación a que será sometido en el camino **FAO/OMS (1984).**

En la cosecha de café se deben recolectar únicamente frutos maduros para mantener una buena calidad del café. **Castañeda (2007)**

La maduración es el conjunto de cambios externos e internos como el sabor y la textura, que un fruto experimenta cuando completa su crecimiento. En esta fase de desarrollo el fruto cambia la coloración del pericarpio, disminuye el contenido de almidón, aumenta la concentración de azúcares, se reduce el contenido de ácidos, hay pérdida de firmeza y otros cambios físicos y químicos. Superada esta etapa, el fruto pierde firmeza, aumenta su sensibilidad a las condiciones del medio, pierde el control metabólico e inicia su senescencia **Agustí (2004).**

La maduración es una serie de cambios físicos y químicos que suceden en el tiempo asociados con el desarrollo de un órgano y que lo preparan para el cumplimiento de su función biológica. Cuando se refiere a frutos incluye los cambios comprendidos desde el momento en que alcanzo la madurez fisiológica y el momento en que alcanza el estado de fruto maduro **Sáenz (1993).**

Debido a que la planta de café florece en diferentes épocas, en una misma rama se pueden encontrar frutos con distintos estados de desarrollo **Marin et. al., (2003)**. Durante el proceso de maduración del fruto ocurren varios cambios metabólicos y modificaciones en la composición química que permiten al fruto alcanzar su punto ideal de cosecha, el cual se confirma por el cambio de coloración de verde a rojo o amarillo, dependiendo de la variedad del café **Puerta (2000)**.

### **2.3 Cosecha y post cosecha de café.**

#### **2.3.1 Cosecha.**

Consiste en la recolección de las cerezas a mano, pues no existe todavía ninguna máquina capaz de realizarlo en condiciones aceptables, los frutos se separan de las ramas uno a uno y se colocan en recipientes diversos, cestas, sacos, recipientes de hoja de lata, etc. Se aconseja proporcionar a los obreros dos recipientes uno para las cerezas maduras y sanas y otro para los frutos enfermos - manchados y secos **Coste (1969)**.

Se cosecha únicamente cerezos maduros para obtener un producto de buena calidad, evite frutos verdes enfermos, sobre maduros y secos. No permita más del 5% de frutos verdes. Deposite la cosecha en canastas bajo sombra y beneficie el mismo día **Garayar y Cobrera (1992)**.

### **2.3.2 Tratamiento post cosecha del café.**

#### **- Despulpado**

Consiste en separar la cáscara del grano de café teniendo ciertas consideraciones revise y gradúe continuamente la despulpadora para evitar que esta muerda o trille los granos de café, despulpe el café el mismo día de su recolección. En caso de no realizarse por razones imprevistas, poner las cerezas en una tina con agua limpia, de manera que queden sumergidas **Rosskamp (1996)**.

#### **- Fermentación**

La fermentación se inicia con la inversión de una pectinasa que fluidifica el mucílago, pero sin llegar a hidrolizar totalmente el ácido péptico, simultáneamente aparecen fermentaciones alcohólicas que, por la elevación de temperatura producida y falta de aireación de la masa, son substituidas por fermentaciones lácticas que facilitan la continuación de la hidrólisis, a la vez que previenen las fermentaciones anormales en aparición de bacterias butíricas y de hongos, responsables de aromas y sabores desagradables **Nosti (1973)**.

Por medio de la fermentación en tanques recipiente utilizados para este fin se descompone el mucílago que cubre el pergamino. El tiempo de fermentación depende de las condiciones climáticas y puede variar entre 12 horas (clima caliente) y 18 horas (clima frío) horas. Evitar la sobre fermentación que le dará un sabor amargo a la bebida y hará bajar la calidad en el grano **Rosskamp (1996)**.

### **- Lavado**

El lavado tiene el propósito de eliminar las sustancias residuales del mucílago que todavía se encuentran adheridas al pergamino del grano de café. Lavar el café en tanques de fermentación o en canales de correteo adecuados, cambiando el agua tres veces como mínimo. Nunca lavar el café con aguas contaminadas ni reutilizar el agua con el cual se lavó el café. Canalizar el agua sucia hacia fosas de decantación para purificar el mucílago que contiene. Durante el beneficio del café está prohibida la contaminación de las quebradas y ríos **Castañeda (1997)**.

### **- Ecurrido**

No es una operación esencial, pero sí conveniente porque reduce la duración de secado; un oreado previo al secado mecánico es de aconsejar, pero existiendo medios, la utilización de escurrideros centrífugas del máximo rendimiento, que es complementado por el aire libre **Nosti (1973)**.

### **- Secado**

Los granos de café después del lavado salen con 50 a 55% de humedad, el objeto del secado es bajar el contenido de humedad entre 10 a 12% **Castañeda (2007)**.

El secado es determinante en la calidad del café por la cual debe realizarse cuidadosamente. Existen básicamente 2 tipos de secado; el natural o al sol y el artificial en silos. La mejor calidad, sin embargo, se obtiene secando el café al sol, según **Nosti (1973)**.

### **- La trilla**

La trilla consiste en eliminar la cascarilla del pergamino seco y así obtener el café verde o café oro **Clarke (1985)**.

### **- El tostado**

La calidad del café es muy influenciada por el proceso de tostado, este proceso depende del tiempo y temperatura; en este proceso, suceden una serie de cambios en el café verde, tales como pérdida de materia seca, principalmente como dióxido de carbono y otros compuestos volátiles producto de la pirolisis **Clarke (1985) y CCI (1992)**.

El grado de tostado es valorado cualitativamente por el color, resultando en una simple categorización de ligero, medio, oscuro como indica **Clarke (1985)**. 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, acidez y cuerpo y los tostados más oscuros pierden estos sabores pero ganan complejidad y un sabor a carbón **Katzeff (2001)**.

#### **• Tostado claro**

Suele llamarse light, cinnamon roast, canela, half city o New England, este tono se crea después del primer tronido, cuando ya ha doblado su tamaño, la superficie es seca **AMCCE (2007)**. Tostados ligeros o claros realzan la acidez pero producen una bebida más ligera **CCI (1992)**. Los tuestes claros desarrollan mejores sabores y aromas dulces del café **Murillo (2003)**.

- **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)**.

- **Tostado oscuro**

Conocido como Vienés, Italiano o Continental y se produce a los 12 o 13 minutos, cuando los granos empiezan 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)**.

## **2.4 Calidad del café**

### **2.4.1 Definición**

La calidad en café, se refiere a las cualidades o características intrínsecas del grano de café y de su infusión, al final, la calidad del café se define por si la bebida será o no agradable al consumidor **CCI (1992)**. Sin embargo, la calidad de un café puede significar diferentes cosas para diferentes personas **Wheeler (2001)**. Los estudios sobre el sabor del café han recibido gran atención, en comparación con cualquier otro material alimenticio. La percepción del sabor en el café es un fenómeno complejo que involucra sensaciones olfativas, gustativas y táctiles **Shankaranarayana y Abraham (1986)**.



### **2.4.2 Evaluación del café verde**

La evaluación propiamente dicha implica un análisis físico que se realiza en laboratorios, tomando las características físicas del grano (color, tamaño, forma, defectos, etc.). Estas características permiten determinar la calidad específica del grano de café y sus virtudes; por otro lado ofrecen la información necesaria para homogenizar la presentación del producto **La Torre (2003)**.

#### **- Color**

El color de los granos es un indicador de la altura de la zona de procedencia del café. El café de zonas altas tiene un color predominantemente gris azulado. El café de zonas bajas es de color verde pálido **La Torre (2003)**.

#### **- Tamaño**

Independientemente a la variedad de café, existe una relación entre altura y el tamaño grano. La planta que se desarrolla a mayor altitud produce granos de café de mayor tamaño frente a aquellas plantas que se ubica a menor altitud **La Torre (2003)**.

#### **- Forma y consistencia**

Otro factor de importancia para determinar la calidad del café, es la forma de la ranura del grano. Las ranuras pueden ser de ranura cerrada y de forma irregular indicando que el grano se café procede de una zona alta y que presenta una estructura interna más consistente y de mayor peso; las ranuras

abiertas indican que el café procede de una región más baja. Si la consistencia de la masa del grano es quebradiza y de un color blanquecino, el café es viejo o tiene un bajo contenido de humedad **La Torre (2003)**.

#### **- Defectos**

La calidad del café ensacado en grano se determina por el número de defectos que presenta. El rango para calcular los defectos va de más de 100 a menos 10, considerando todos los aspectos que influyen en la calidad del café, especialmente los físicos, como el tamaño, el peso, la forma y el estado del grano (sin manchas ni picaduras). Otros aspectos son los exógenos, representados por los cuerpos extraños (tierras, ramas, piedras, líquidos, etc.) que pueden afectar el sabor y el aroma, **La Torre (2003)**.

#### **- Olor**

El olor es un factor importante en la evaluación de la calidad del café verde. El envejecimiento de los granos provoca que las características aromáticas del café verde se vayan desvaneciendo, hasta quedar únicamente un olor similar al de la paja, **La Torre (2003)**.

#### **- Clasificación por tamaño**

La clasificación de los granos por tamaño está regulada por normas internacionales. Para el proceso de clasificación se utilizan cedazos o tamices con perforaciones que van de 3,57 mm hasta 7,95 mm de diámetro ( Malla N° 12 al

N°18) . La homogeneidad del tamaño de los granos es un indicio de la calidad del café **La Torre (2003)**.

#### **- Densidad**

La densidad de la masa de los granos es un indicio importante para determinar la procedencia y la edad del café. El café fresco, procedente de altura, tiene como característica una estructura del grano densa, mayor a la del café originario de lugares de producción bajos o a la del café viejo **La Torre (2003)**.

#### **- Humedad**

El contenido de humedad varía en corto tiempo dependiendo de la humedad relativa del ambiente. En un ambiente muy húmedo, el café absorbe humedad; por el contrario, en un ambiente muy seco, el café libera humedad en forma de vapor. Un café con alto contenido de humedad, pierde rápidamente su calidad original (alrededor de los dos meses). Para garantizar la calidad del café, no se debe superar el 12 % de humedad. A este nivel de humedad, el café puede preservar mejor su calidad hasta por un lapso de seis meses **La Torre (2003)**.

### **2.4.3. 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 **Lingle (1999)**. Todos los

aspectos evaluados en la catación son subjetivos, ya que la actividad es meramente empírica, puesto que cada individuo puede formar una opinión diferente sobre la calidad y la aceptación de una infusión o licor en particular.

**Barrios et. al., (1998).**

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 **Vaast et. al., (2003)**. De esta manera, la catación determina el verdadero valor y utilidad del café en el mercado **CCI (1992)**.

La catación de café consiste en siete etapas, las cuales evaluarán la fragancia del café, su aroma, sabor, sensación y cuerpo **Katzeff (2001)**.

#### **- Fragancia**

La fragancia del café es lo primero que se evalúa. Se muelen suficientes muestras de 12 gramos para colocar en las 3 a 5 tazas, y después se huele cada taza con el café molido. El carácter de la fragancia indica la naturaleza del sabor y la intensidad de la fragancia revela la frescura de la muestra **Katzeff (2001)**.

#### **- Aroma**

El aroma es el segundo paso de evaluación, primero se deben vaciar a punto de hervir sobre el café recién molido y se deja reposar por aproximadamente tres minutos las partículas de café formarán una capa en la superficie de la bebida. Cuando esta capa se rompe, al moverla con una cuchara,

los gases que se formaron como resultado de la elevada temperatura del agua se deben absorber vigorosamente por la nariz. Esta acción nos permite detectar el amplio rango de carácter aromático de fruta a hierba a nuez de la muestra que está siendo catada. En general, el rango del carácter aromático del café depende de su origen **Katzeff (2001)**. Así mismo el café de zonas altas, generalmente, tiene características aromáticas más intensas e interesantes, **La Torre (2003)**.

#### **- Acidez**

Es la sensación ácida captada por el sentido del gusto **Castañeda (2007)**. La acidez en el café permite percibir todas las demás características, pero también es cierto que puede arruinar un café. Los tostadores han determinado que entre más alta la acidez, el sabor del café dura más tiempo en el estado de café verde. Pero la acidez debe ser acompañada de sabor, entre mas acidez tengas mas sabor necesitas **Katzeff (2001)**.

#### **- Sabor**

Utilizando una cuchara especial de catación, generalmente de plata (para disipar el calor), redonda y profunda (para captar bastante del líquido), se coloca dicha cuchara frente a la boca y se hace un sorbido fuerte. Guardar el café en la boca de tres a cinco segundos, de esa manera se puede evaluar las características primarias y secundarias del café **Katzeff (2001)**.

### **- Nariz**

La aspiración del café a través de la superficie de la lengua le permite airearse, causando que una porción de los líquidos pase a forma gaseosa por el cambio de presión del vapor. El sorber con fuerza lleva a estos gases a la cavidad nasal lo cual permite al catador analizar la esencia de la taza de café. Este análisis simultáneo de sabor y esencia le da a la muestra de café su sabor particular **Katzeff (2001)**.

### **- Gustillo**

Para lograr evaluar la sensación, es necesario tragar una pequeña porción del líquido después de haber estado en la boca por algunos segundos. Al tragar se debe hacer una acción de bombeo (empujar) con la laringe para que los vapores regresen al paladar y la cavidad nasal. Las moléculas de olor más pesadas pueden ser entonces percibidas y evaluadas junto con el saboreo del café **Katzeff (2001)**.

### **- Cuerpo**

El cual se determina por la densidad o peso de la bebida en la boca. Para lograr evaluar el cuerpo, la bebida se debe pasear por la boca y con la lengua subirla hasta tocar el paladar **Katzeff (2001)**. El cuerpo es influido por el grado de tostado y el pesaje, entre más oscuro sea el grado de tostado, mas cuerpo se percibe durante la cata, **La Torre (2003)**.

## 2.5 Polifenoles

### 2.5.1 Definición

Los polifenoles son un conjunto heterogéneo de moléculas que comparten la característica de poseer en su estructura varios grupos bencénicos sustituidos por funciones hidroxilicas. La naturaleza de los polifenoles varía desde las moléculas simples como los ácidos fenólicos hasta compuestos altamente polimerizados como los taninos, la oxidación de los productos de los compuestos fenólicos, al parecer son involucrados en la defensa contra la invasión de patógenos, incluyendo bacterias, fungí y virus, así como metabolitos esenciales para el crecimiento y reproducción de estas **Martínez-Valverde et. al., (2000)**.

Los compuestos fenólicos son metabolitos esenciales para el crecimiento y reproducción de las plantas, son un gran grupo de antioxidantes naturales; el consumo de fuentes importantes, particularmente de frutas, vegetales y cereales presentan efectos benéficos. La asociación entre una dieta rica en frutas y vegetales está relacionada a una disminución de riesgo de enfermedades cardiovasculares y ciertas formas de cáncer, según evidencias epidemiológicas **Muñoz et. al., (2007)**.

Muchos estudios han demostrado que las catequinas y los flavonoides son fuentes de protección por sus propiedades antioxidantes **Gonzales et. al., (2001)**.

### 2.5.2 Propiedades estructurales y clasificación

Los polifenoles se distinguen por cinco características generales: a) solubilidad en agua, b) masa molecular entre 500 y 300-5000, c) estructura y

carácter polifenólico (12-16 grupos fenólicos y 5-7 anillos aromáticos por cada 1000 unidades de masa molecular relativa), d) complejación intermolecular (astringencia) y e) características estructurales (dos motivos estructurales mayores, proantocianidinas o taninos condensados y taninos hidrolizables, más un tercer grupo minoritario, los florotaninos). Los tres grupos estructurales se producen por tres vías biosintéticas diferentes; los taninos hidrolizables se producen por una derivación de la vía del ácido shikímico que conduce a la producción de ácido gálico, los florotaninos derivan por la vía de la malonilCoA que produce el bloque de construcción floroglucinol, mientras los taninos condensados derivan por biosíntesis mixta de las dos rutas anteriores **Isaza (2007)**.

### **2.5.3 Compuestos fenólicos y su actividad antioxidante**

La capacidad antioxidante descrita para distintos polifenoles se puede considerar como la actividad biológica responsable del efecto preventivo que se les atribuye sobre determinadas enfermedades frecuentes en los países desarrollados como la enfermedad cardiovascular y el cáncer epitelial. El comportamiento antioxidante de los compuestos fenólicos parece estar relacionado con su capacidad para quelar metales, inhibir la lipoxigenasa y captar radicales libres. Para que un compuesto fenólico sea clasificado como antioxidante debe cumplir dos condiciones básicas. Entre los compuestos fenólicos con una reconocida actividad antioxidante destacan los flavonoides, ácidos fenólicos, tanino, chalconas y curaminas **Martínez-Valverde et. al., (2000)**.



#### **2.5.4 Efecto de los compuestos fenólicos en la calidad organoléptica de los alimentos**

Los compuestos fenólicos intervienen en las características organolépticas de las frutas y verduras, al intervenir en gran medida en el color natural y en el sabor que estas poseen **Martínez-Valverde et. al., (2000)**.

Un grupo de compuestos fenólicos naturales, las antocianinas, son pigmentos hidrosolubles muy difundidos en el reino vegetal y responsables de vistosos colores de muchas flores, frutos y verduras. Otro grupo, las antoxantinas, incluye principios amargos. Las catequinas proveen buena parte del sabor del té y del vino. Los taninos, polifenoles vegetales de peso molecular relativamente alto, son componentes astringentes de muchos alimentos **Berk y Braverman (1986)**.

#### **2.5.5 Fuentes de compuestos fenólicos en la dieta**

La principal fuente de antioxidantes naturales son las frutas y vegetales los cuales contienen compuestos fenólicos en abundancia. Estos compuestos están estrechamente asociados con el color y sabor de los alimentos de origen vegetal, así como con su calidad nutricional por sus propiedades antioxidantes comprobados **Martínez-Valverde et. al., (2000)**.

La mayoría de las plantas contienen polifenoles los cuales están presentes en cantidades diferentes dependiendo de la planta y del grupo de compuesto fenólico estudiado, diferenciándose estos contenidos de acuerdo a la parte del vegetal que se trate, bien sea fruto, hoja o parte leñosa de la planta **Shahidi y Naczk (1995)**. En legumbres y cereales los principales compuestos fenólicos son los flavonoides, ácidos fenólicos y taninos **Bravo (1998)**.

### **2.5.6 Compuestos fenólicos en el café**

El café es la bebida más comúnmente consumida en muchas partes del mundo. Además de la cafeína y otros múltiples componentes, el café es abundante en compuestos fenólicos como ácido clorogénico, cafeico y melanoidinas, de efectos antioxidantes y antimutagénicos **Gutierrez (2002)**.

Los ácidos clorogénicos y compuestos relacionados con los principales componentes de fracción fenólica de los granos de café verde, estos compuestos presentan propiedades benéficas en la salud no solo debido a su potente actividad antioxidante, sino también como agentes hepatoprotectores, hipoglicemiantes y antivirales **Farah y Donangelo (2006)**.

En el café verde existe una gran cantidad y variedad de compuestos fenólicos, ejemplificados por los ácidos clorogénico, cafeico, fenílico y cumárico; pero al tostarse, se afecta marcadamente su composición en fenoles debido a la reacción de Maillard, lo cual le confiere un sabor y aroma agradable, y se originan pigmentos denominados melanoidinas, que le dan al café tostado su color característico **Gutierrez (2002)**.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Lugar de ejecución

El trabajo de investigación se ejecutó en los laboratorios del Centro de Productos Naturales de la Amazonia (CIPNA) de la Universidad Nacional Agraria de la Selva y Laboratorio de análisis sensorial de Café de la Cooperativa Agraria Industrial Naranjillo Ltda (COOPAIN), en Tingo María; ubicado en el distrito de Rupa Rupa, Provincia de Leoncio Prado, Región 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 media anual de 24°C.

#### 3.2 Materia prima

El café (*Coffea arabica* L.) variedades: Typica, Bourbon rojo, Caturra rojo, Catimor y Pachi en los tres estados de madurez verde, maduro y sobremaduro fueron obtenidas del fundo del agricultor Marco Castro Ávila que está ubicado a 1213 m.s.n.m. en las coordenadas 406576 Este 8980830 Norte en el caserío de San Isidro, distrito de Hermilio Valdizán, provincia de Leoncio Prado, Región de Huánuco. La parcela comprende 12 hectáreas de plantación de café en producción.

### **3.3 Equipos materiales y reactivos.**

#### **3.3.1 Equipos de laboratorio.**

- Balanza analítica OHAUS Galaxy 160 sensibilidad 0,00001g Germany.
- Balanza analítica OHAUS, capacidad de 400 g, con graduación de 0,1g.
- Destilador de agua GFL, modelo 2004, capacidad de 4 l/hora.
- Refrigeradora Icebeam Door Cooling LG GR-5392QLC.
- Desionizador de agua modelo D7035 (Barnstead) Germany.
- Espectrofotómetro Genesys 6 (Thermi Electron Corporation) U.S.A.
- Homogeneizador modelo Vortex GENIE-2 (Scientific industries SITM) U.S.A.
- Centrifuga modelo MIKRO R22 (Hettich Zentrifugen) Germany.
- Microondas Samsung modelo AME610B
- Stir plate THERMOLYNE CORPORATION, modelo SPA10208.
- Selladora de bolsas, modelo BP3100S.
- Despulpadora de café IMSA, modelo 3-D, capacidad 2400 kg/hr.
- Detector de humedad SALES COMPANY, modelo 920 N° 002103, rango de humedad mínima 7% y máxima de 30%.
- Piladora de café PINHALENSE, modelo DCR-1, serie 3335 de una capacidad de 300 g.
- Zarandas IMSA, mallas N° 13,14 y 16. Diámetro aproximado de 13/64, 14/64 y 16/64 pulgadas.

- Tostadora de café IMSA, modelo E-2, capacidad de 100 g por muestra, rango de temperatura
- Moledora mecánica marca Corona.
- Molino semi-industrial de café IMSA, modelo SV-120, capacidad 60 kg/h.
- Estufa TOMOS, modelo ODHG-9240<sup>a</sup>, temperatura máxima de 99°C.
- Horno mufla LABOR Műszeripari Művek temperatura regulable de 250 °C a 900°C.

### **3.3.2 Materiales**

- Canastas de bejuco.
- Baldes de plástico, volumen de 25 litros.
- Tanques de madera.
- Costales negros de polietileno.
- Mantada negra de polietileno plastificada.
- Recipientes de plástico contenedores de muestra.
- Bolsas transparente de polietileno de alta densidad.
- Tubos de ensayo de vidrio de 15 ml.
- Gradillas de metal para tubos de ensayo.
- Cubetas de poliestireno de 2 ml.
- Microtubos (1,5 -2,00 ml)
- Tips de 200 y 1000 ul.

- Vasos de precipitación (1000, 500, 100, 50, 10 ml). Marca KIMAX USA.
- Fiolas (1000, 500, 100, 50, 10 ml).
- Probetas de (1000, 500, 100, 50, 10 ml), marca FORTUNA.
- Matraces erlenmeyer de 50 y 250 ml, marca Kimax USA
- Pipetas de vidrio capacidad de 10 ml, marca SUPERIOR.
- Crisoles de porcelana marca HALFWANDFR capa de 25 ml
- Bureta de vidrio de 50 ml.
- Frasco de vidrio (200 ml, 400 ml), marca SIMAX.
- Campana de desecación con perlas de silicagel.
- Termómetro de 0 a 150°C
- Micropipetas regulables de 10-100 µl y de 100 – 1000 µl.
- Papel filtro de paso rápido
- Espátulas metálicas.
- Pinzas metálicas.
- Recipientes de Vidrio borosilicatado pyrex capacidad de 100 ml.
- Cucharitas de plata.
- Tetera de acero inoxidable Oster, capacidad de 1,7 litros.
- Jarras de que plástico marca REY, capacidad de 2 litros.

### **3.3.3 Reactivos y solventes**

- Agua destilada.
- Agua desionizada (H<sub>2</sub>O<sub>dd</sub>).
- Etanol al 96 y 80 %.

- (+)-cathequin, hydrate minimum 98%. Sigma Chemical.
- Folin-cicalteus, Merck. Germany.
- Carbonato de Sodio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) p.a. ISO. Scharlau.
- Hidróxido de Sodio ( $\text{NaOH}$ ) en lentejas p.a. ISO. Merck. Germany.
- Fenoltaleina

### **3.4 Métodos de análisis**

#### **3.4.1 Análisis físico químico.**

**Humedad**, por equipo detector de humedad específico para café método utilizado por la Cooperativa Agraria Industrial Naranjillo Ltda.

**Acidez**, método 920.92 **AOAC (1997)**

**Sólidos solubles**, método 973.21 **AOAC (1997)**

#### **3.4.2 Cuantificación de polifenoles totales.**

Método de espectrofotometría desarrollado por Folin y Cicalteu (1927), modificado por **Sandoval et. al., (2001)**.

#### **3.4.3 Análisis Sensorial.**

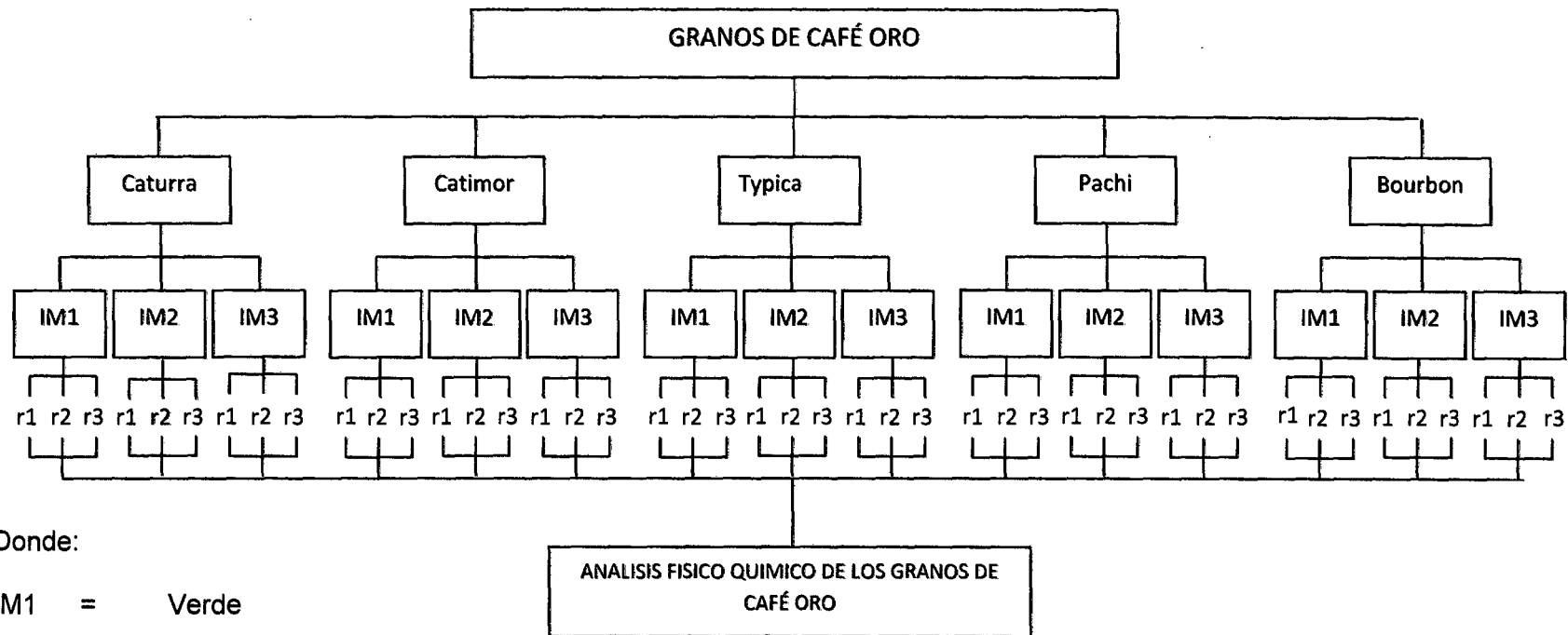
Método descriptivo cuantitativo utilizado por la Cooperativa Agraria Naranjillo Ltda. Utilizando el formulario de citación de la asociación de cafés especiales de América (A-I).

### **3.5 Metodología experimental.**

#### **3.5.1 Análisis físico químico en granos de café oro por variedad en diferentes estados de madurez.**

Se realizó el análisis físico químico del grano del café oro siguiendo los métodos ya descritos en el ítem métodos de análisis, se realizó en las 5 variedades y los tres estados de madurez (verde, maduro y sobre maduro) tal como se describe en el diseño experimental (figura 1).





**Figura 1:** Diseño experimental del análisis físico químico de los granos de café oro en distintas variedades y estados de madurez.

### **3.5.2 Preparación de las muestras.**

Las muestras cosechadas en estado de madurez: verde, maduro y sobre maduro de las diferentes variedades ya mencionadas, fueron despulpadas, fermentadas en cajones de madera 14 horas para luego ser lavadas y posteriormente ser secadas hasta humedad de 11 a 12 % de cada variedad se tomo 3 kg de café pergamino por muestra, para luego ser empacadas con pesos de 500 g de muestra, las bolsas fueron de polietileno de alta densidad para evitar deterioro.

### **3.5.3 Cuantificación de polifenoles totales en granos de café.**

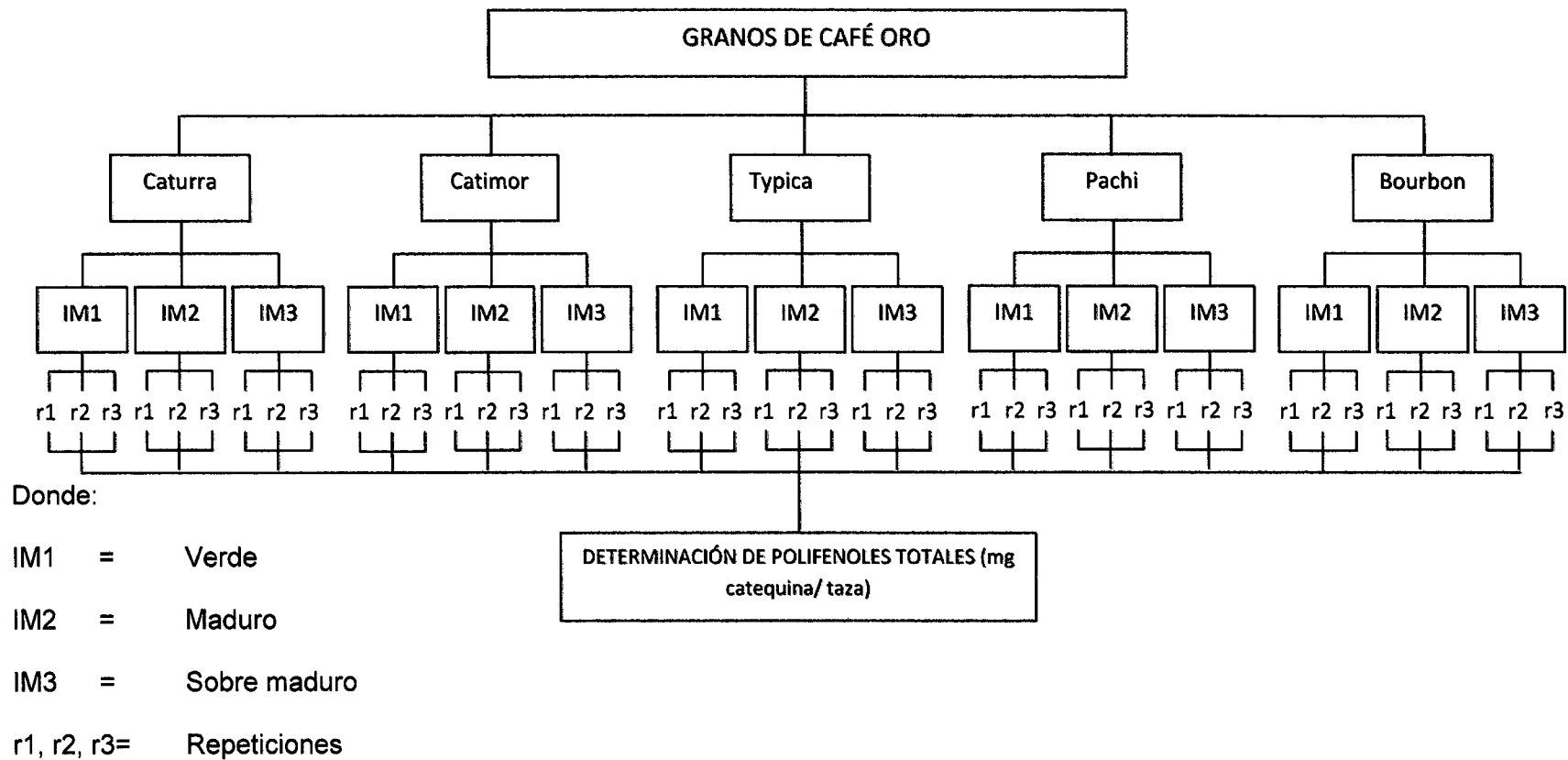
#### **3.5.3.1 Determinación de la curva estándar para la cuantificación de polifenoles totales.**

Para determinar la curva estándar de polifenoles totales se utilizo (+)-catequina, las concentraciones fueron 100, 300, 1000, 3000, 10000  $\mu\text{M}$ , y las lecturas fueron realizadas a 700 nm., posteriormente los resultados fueron ploteados considerando la concentración Vs las lecturas de absorbancia, con los datos se procedió a realizar el cálculo de la ecuación matemática para cuantificar polifenoles y determinar el coeficiente de correlación.

#### **3.5.3.2 Cuantificación de polifenoles totales en granos de café oro por variedad en diferentes estados de madurez.**

Para la cuantificación de polifenoles totales se pilaron las muestras de café pergamino, se tamizaron en las mallas (Nº 16, 14, 13) utilizando los granos de la malla Nº14 para luego escoger los granos defectuoso y moler sólo

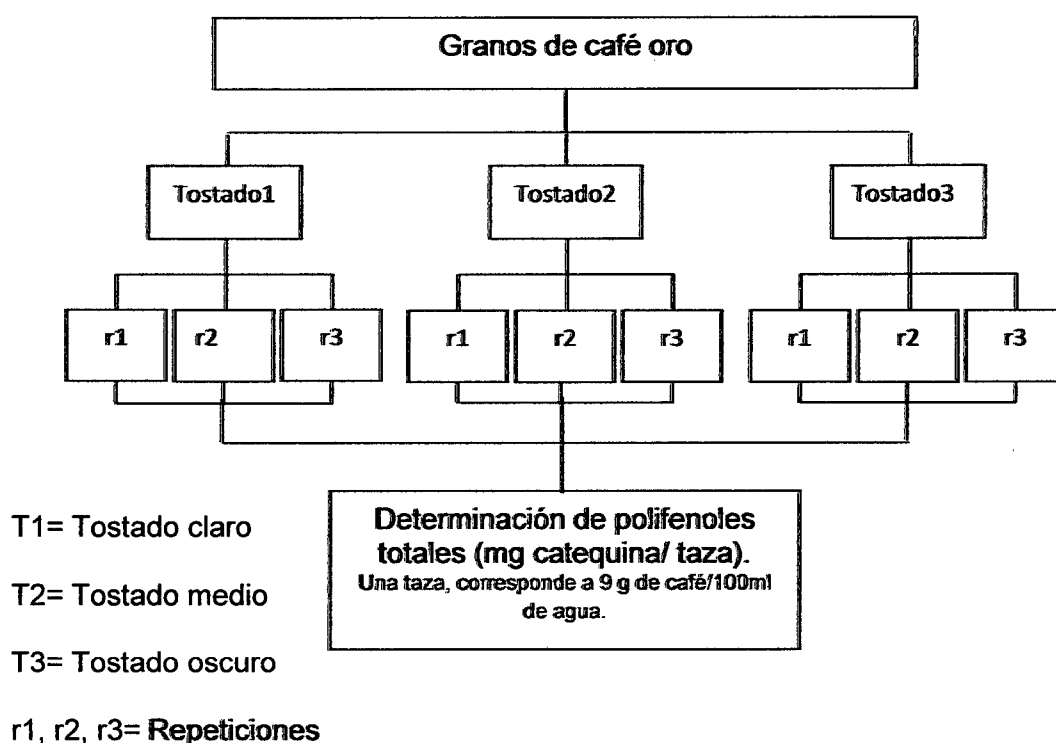
los granos buenos , se preparó extractos tomando 250 mg de cada muestra molida en 30 ml de agua desionizada caliente a una temperatura de 93 °C, una vez fríos estos extractos se tomaron 1,5 ml en diferentes microtubos para luego ser llevados a la centrifuga (10000 rpm, 5 min, 4°C). En un tubo de ensayo se coloco 1580 µl de agua desionizada, 20 µl de muestra, 100 µl de solución de fenol folin Cicalteu y finalmente 300 µl de carbonato de sodio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) al 20 %; para completar la reacción se dejo reposar 2 horas a temperatura ambiente. Luego se monitoreo la absorbancia a 700 nm y en base a la curva patrón se realizó la cuantificación de polifenoles totales el resultado fue expresado en mg de catequina en por taza de café (9 g de café/100ml de agua). Los resultados fueron analizados mediante diseño completamente al azar en los tratamientos donde existe diferencia estadística se procedió a determinar la prueba de Tukey ( $p>0,05$ ) tal como se presenta en el diseño experimental (figura 2).



**Figura 2:** Diseño experimental de la cuantificación de polifenoles totales de los granos de café oro en distintas variedades y estados de madurez.

### 3.5.4 Cuantificación de polifenoles totales en granos de café oro con tostado claro, medio y oscuro por variedad y estados de madurez.

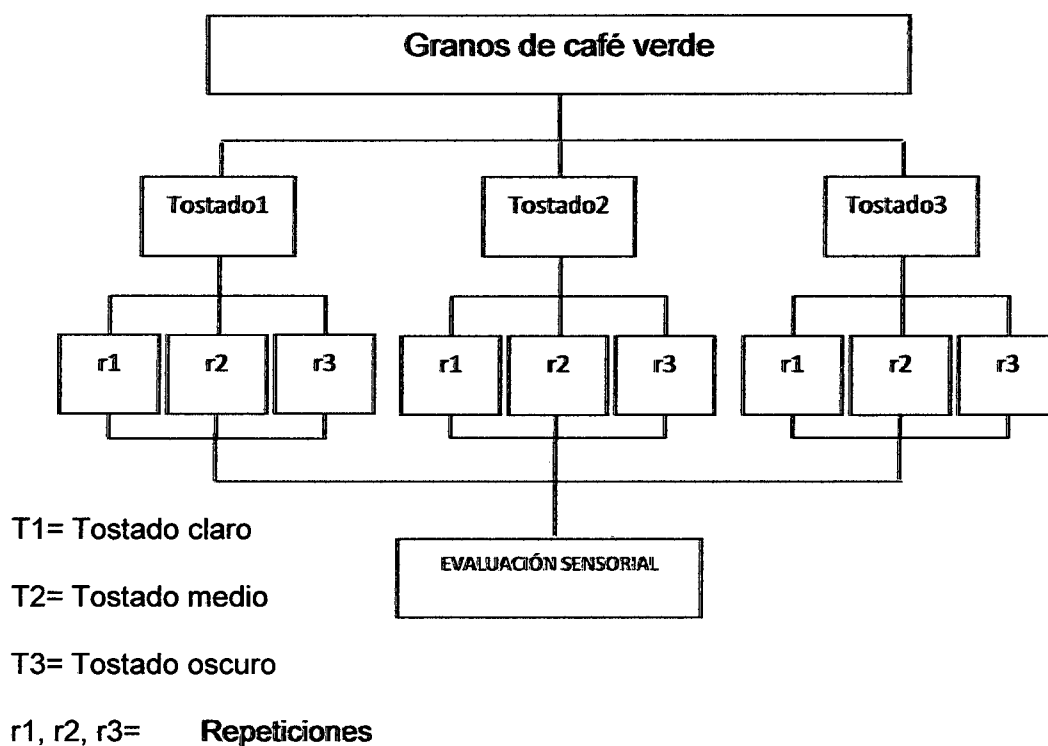
Para la cuantificación de polifenoles totales en granos de café oro con tostado claro, las muestras se pilaron, se tamizaron en las mallas (N° 16,14,13) y se utilizó los granos que quedaron sobre la malla N°14 para luego escoger los granos defectuoso y llevar al tostado claro (180 a 200°C/ 9 min) tostado medio (180 a 205°C/12 min) y tostado oscuro (180 a 205°C/15 min) luego se procedió a moler a 500  $\mu\text{m}$  de tamaño de partícula, la preparación del extracto y el cálculo estadístico fue similar al proceso de cuantificación de polifenoles en granos de café oro por variedad y estado de madurez, la esquematización del diseño experimental se presenta en la figura 3.



**Figura 3:** Diseño experimental de la cuantificación de polifenoles totales en tres grados distintos de torrefacción, variedades y estados de madurez.

### **3.5.5 Perfil de calidad sensorial en granos de café oro con tostado claro, medio y oscuro por variedad y estados de madurez.**

Se realizaron cuatro evaluaciones sensoriales por muestra con el método descriptivo cuantitativo, en donde la calidad del café se determinó por puntos según el formulario de catación de la asociación de cafés especiales de América, que consiste en la calificación de 10 atributos en la taza (aroma, sabor, posgusto, acidez, cuerpo, uniformidad balance, taza limpia, dulzura, apreciación general) cada atributo tiene la calificación de 0 a 10, el puntaje máximo es 100 puntos, también se restan puntos al puntaje total por defectos, dando así un puntaje final que tiene la calificación: menos de 60 no se acepta, de 60 a 69 mala, de 70 a 79 promedio, de 80 a 89 muy bueno y de 90 a 100 sobresaliente. También por muestra se va tomado nota de los diferentes aromas o sabores captados por el panelistas. Los resultados fueron analizados mediante diseño completamente al azar en los tratamientos donde existe diferencia estadística se procedió a determinar la prueba de Tukey ( $p > 0,05$ ) tal como se presenta en diseño experimental (figura 4).



**Figura 4:** Diseño experimental del perfil de calidad sensorial de los granos de café oro en tres grados de torrefacción, distintas variedades y estados de madurez

### 3.5.6 Atributos en catación de café con tostado claro, medio y oscuro por variedad y estados de madurez.

Los granos buenos después de la selección fueron tostados claro (180 a 200°C/9 min), tostado medio (180 a 205°C/12 min) y tostado oscuro (180 a 205°C/15 min) luego se procedió a moler a 500 µm de tamaño de partícula, se prepararon 5 tazas por muestra y cada taza se preparo utilizando 9 g de café molido en 100 ml de agua destilada. La calificación se realizo según el formulario de catación de la asociación de cafés especiales de América. realizándose la citación con 4 panelistas entrenados en 3 sesiones.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Determinación físico químico en granos de café oro por variedad en diferentes estados de madurez

Los resultados físico químico de granos de café oro en las 5 variedades y los estados de madurez se presentan a continuación:

**Cuadro 1.** Resultados del análisis físico químico del grano de café oro en cinco variedades y tres estados de madurez.

Tratamiento	Humedad (%)	Acidez (ml de 0,1 N NaOH )	Sólidos solubles (%)
Catimor verde	11,80±0,12 <sup>ba</sup>	165,00±0,00 <sup>d</sup>	25,09±0,60 <sup>a</sup>
Catimor maduro	11,57±0,03 <sup>bac</sup>	183,00±0,00 <sup>c</sup>	23,41±0,76 <sup>a</sup>
Catimor sobremaduro	11,17±0,17 <sup>edc</sup>	197,00±1,00 <sup>a</sup>	25,46±0,38 <sup>a</sup>
Bourbon verde	11,50±0,06 <sup>bdc</sup>	163,00±1,00 <sup>d</sup>	27,93±1,48 <sup>a</sup>
Bourbon maduro	11,06±0,03 <sup>ed</sup>	181,00±1,00 <sup>c</sup>	26,96±1,20 <sup>a</sup>
Bourbon sobremaduro	11,57±0,03 <sup>bac</sup>	193,00±2,00 <sup>ba</sup>	24,88±1,49 <sup>a</sup>
Caturra verde	12,00±0,23 <sup>a</sup>	162,00±1,73 <sup>d</sup>	26,11±0,91 <sup>a</sup>
Caturra maduro	11,00±0,00 <sup>e</sup>	180,00±1,73 <sup>c</sup>	25,76±0,57 <sup>a</sup>
Caturra sobremaduro	11,60±0,06 <sup>bac</sup>	196,50±0,87 <sup>a</sup>	25,21±0,52 <sup>a</sup>
Typica verde	11,17±0,03 <sup>edc</sup>	163,00±2,65 <sup>d</sup>	25,96±0,25 <sup>a</sup>
Typica maduro	11,70±0,06 <sup>ba</sup>	186,00±1,73 <sup>bc</sup>	25,76±1,03 <sup>a</sup>
Typica sobremaduro	11,60±0,06 <sup>bac</sup>	194,00±2,00 <sup>a</sup>	25,66±0,75 <sup>a</sup>
Pachi verde	11,06±0,03 <sup>ed</sup>	166,00±1,00 <sup>d</sup>	24,25±1,08 <sup>a</sup>
Pachi maduro	11,06±0,03 <sup>ed</sup>	182,00±1,00 <sup>c</sup>	24,83±1,04 <sup>a</sup>
Pachi sobremaduro	11,00±0,00 <sup>e</sup>	196,00±1,00 <sup>a</sup>	25,77±1,00 <sup>a</sup>

Los valores representan (promedio ± SEM) repeticiones (n=3) valores de una misma columna con superíndices diferentes son significativos (p<0,05).



#### 4.1.1 Humedad

Los resultados de humedad se reportan en el cuadro 1 y según el análisis de varianza (A-II) entre los estados de madurez y variedades de café se encontró que existe diferencia significativa ( $p < 0,05$ ). según los resultados la humedad entre variedades y estados de madurez de café verde se encuentra entre 11 a 12%, teniendo el menor porcentaje el pachi sobremaduro 11,06% y caturra maduro 11 % y mayor caturra verde 12%, esto concuerda con lo mencionado por **Puerta (2000)** que manifiesta que el café se seca hasta un contenido de humedad de 10 al 12%. **Katzeff (2001)** Indica que el secado del café consiste en eliminar el contenido de humedad en los granos que va desde 55% al 12% como promedio.

#### 4.1.2 Acidez

Los resultados de acidez se reportan en el cuadro 1 y según el análisis de varianza (A-III) entre los estados de madurez y variedades de café se encontró que existe diferencia significativa ( $p < 0,05$ ). La acidez reportada en los diferentes estados de madurez y variedades varió entre 163 a 197 ml de NaOH 0,1 N. Esto coincide con lo reportado por **Rendón (2007)** que manifiesta que la acidez titulable de los granos verdes de café varia de 164,59 a 230,06 ml de NaOH 0,1N. Se puede observar en el cuadro 1 que los valores reportados de acidez van aumentando según el estado de madurez. En los frutos sobre maduros de todas las variedades se encontró la mayor cantidad de acidez esto es explicado por **Zuluaga (1990)** que indica que cuando se dejan sobre madurar o secar los frutos en la planta comienzan los procesos catabólicos con

la consecuente degradación de la membrana celular y la presencia de compuestos químicos derivados de los procesos fermentativos o del ataque de microorganismos, los cuales también contribuyen al aumento de la acidez.

#### **4.1.3 Sólidos solubles**

El contenido de sólidos solubles se reportan en el cuadro 1 y según el análisis de varianza (A-IV) entre los estados de madurez y variedades de café se encontró que no existe diferencia significativa ( $p < 0,05$ ). El porcentaje de sólidos solubles reportado en el cuadro están comprendidos entre 23,41 a 26,96 % lo cual coincide con lo mencionado por **Chagas (1994)** que manifiesta que el contenido de sólidos solubles en café verde es de 24 a 31 %.

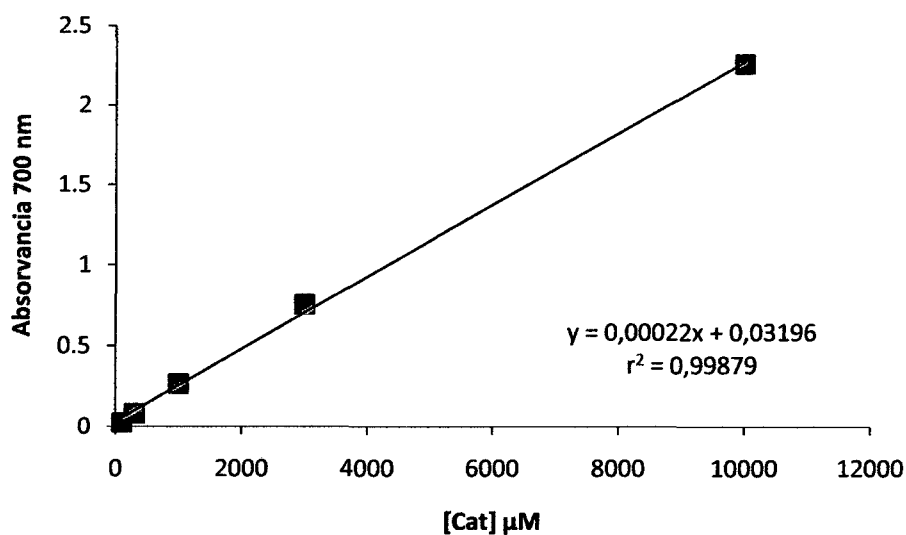
## 4.2 Cuantificación de polifenoles totales en granos de café.

### 4.2.1 Determinación de la curva estándar para la cuantificación de polifenoles totales.

Para realizar la cuantificación de polifenoles totales en granos de café se procedió a la construcción de la curva estándar utilizando como patrón (+) catequina (Cat), los resultados se presentan a continuación.

**Cuadro 2.** Determinación de la curva estándar de catequina

Concentraciones Cat ( $\mu\text{M}$ )	Absorbancia (700 nm)			
	r1	r2	r3	Promedio
10000	2,272	2,174	2,322	2,256
3000	0,746	0,738	0,782	0,755
1000	0,322	0,246	0,231	0,266
300	0,086	0,084	0,080	0,833
100	0,021	0,025	0,026	0,024



**Figura 5:** Regresión lineal de la curva estándar de catequina.

Para la cuantificación de polifenoles totales se realizó una curva estándar con (+)-catequina, para ello se plotó concentraciones de 100 a 10000  $\mu\text{M}$  de catequina, cada prueba se realizó por triplicado y las lecturas de absorbancia se registraron a 700 nm. Luego se procedió a realizar el cálculo mediante un modelo matemático de primer orden cuya ecuación fue  $y=0,00022*X + 0,03196$  y un  $r^2=0.99879$ , según **Reyes (1989)** señala que el término regresión fue dado para explicar fenómeno biológicos debidos a la asociación de dos variables, en la cual a una variable "x" se le llama independiente y a la otra variable "y" se le llama dependiente, refiere también que el coeficiente de determinación ( $r^2$ ) indica el porcentaje de la variación de la variable y es atribuible a la variación de la variable x.

Para la curva patrón de utilización como estándar la (+)-catequina, **Berk y Braverman (1986)** indican que esta clase de flavonoides se caracteriza por tener un solo grupo hidroxilo en la porción de tres carbonos en la posición 3. Según **Aller (2008)** la catequina y la quercetina pueden captar directamente especies reactivas de oxígeno (ROS), como superóxido ( $\text{O}_2^-$ ), agua oxigenada ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) o ácido hipocloroso ( $\text{HOCl}$ ), que pueden ser muy dañinos para lípidos, proteínas y DNA. **Werner (2007)** refiere que las catequinas están presentes en los taninos vegetales así como el té y en diversas clases de frutas y se caracterizan por ser incoloras. **Frankel et. al., (1995)**, mencionan que los monómeros catequina y epicatequina tanto como sus polímeros tienen una importante capacidad antioxidante, incluso más efectiva que la vitamina E.

#### 4.2.2 Cuantificación de polifenoles totales en granos de café oro por variedad en diferentes estados de madurez

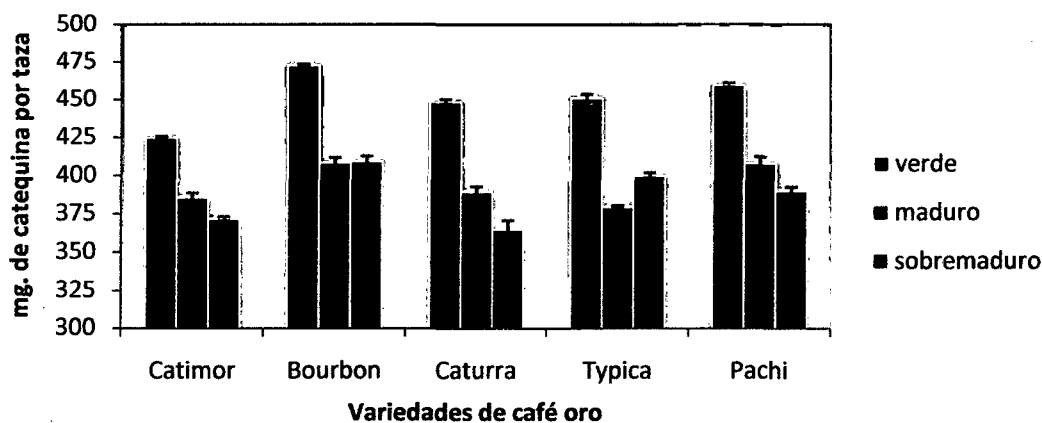
Los resultados de polifenoles totales de granos de café oro en las cinco variedades y los estados de madurez verde, maduro y sobre maduro se presentan a continuación.

**Cuadro 3.-** Cuantificación de polifenoles totales en granos de café oro por variedad en los estados de madurez.

VARIEDAD	Polifenoles Totales /equiv. Catequina (mg/taza)*		
	Verde	Maduro	Sobre maduro
Catimor	424,74 ± 0,79 <sup>d</sup>	385,63 ± 2,83 <sup>b</sup>	371,69 ± 1,21 <sup>b</sup>
Bourbon	472,72 ± 0,75 <sup>a</sup>	408,59 ± 3,03 <sup>a</sup>	409,54 ± 3,09 <sup>a</sup>
Caturra	448,33 ± 1,66 <sup>c</sup>	389,59 ± 2,92 <sup>b</sup>	364,89 ± 5,71 <sup>c</sup>
Typica	450,87 ± 2,51 <sup>c</sup>	379,61 ± 0,86 <sup>b</sup>	400,04 ± 1,66 <sup>ba</sup>
Pachi	459,58 ± 1,24 <sup>b</sup>	408,27 ± 4,00 <sup>a</sup>	364,89 ± 2,48 <sup>c</sup>

Los valores representan (promedio ± SEM) repeticiones (n=9) valores de una misma columna con superíndices diferentes son significativos (p<0,05).

\*Una taza, corresponde a 9 g/100ml.



**Figura 6:** Representación de polifenoles totales en granos de café oro por variedad en diferentes estados de madurez.

De acuerdo a los resultados presentados en el cuadro 3 y la figura 6, se puede apreciar que el contenido de polifenoles varía en función de la variedad y estado de madurez.

Para el estado de madurez verde entre las variedades existe diferencia estadística significativa (A-VI) y comparando los promedios según la prueba de Tukey ( $p < 0,05$ ) el mayor contenido de polifenoles presentó la variedad Bourbon (472, 72 Equiv. catequina (mg/taza) seguido por la variedad pachi 459,58 Equiv. catequina (mg/taza) y el menor contenido la variedad catimor 424,74 Equiv. Catequina (mg/taza) esto puede explicarse por el reportado de **Hwang y Bowen (2005)** quien mencionan que los polifenoles se encuentran presentes en productos de origen vegetal y su concentración puede verse influenciada por diferentes factores como el tiempo de cosecha y el grado de madurez entre otros. Por otro lado, se conoce que los polifenoles son sintetizados como un mecanismo de defensa de las plantas hacia el medio ambiente lo que ocasiona que los productos que los contienen sean poco agradables para insectos y microorganismos. Así mismo, los frutos verdes contienen mayor mecanismo de defensa con la finalidad de que este llegue a la madurez y pueda producir semillas **Akazome (2004)**.

Después de realizar el análisis estadístico de los resultados en los granos de café maduro se encontró diferencia significativa (A-VII) entre las variedades, el mayor contenido de polifenoles se presentó en bourbon 408,59 Equiv. Catequina (mg/taza) y pachi 408,27 equiv. Catequina (mg/taza), al respecto en base a estos resultados se puede apreciar que los promedios disminuyen en comparación con el estado verde; sin embargo, las dos

variedades indicadas en ambos estados tienen el mayor contenido. Según **Arellano et. al., (2005)** indican que la concentración de fenoles totales disminuye significativamente durante la maduración, con una pérdida de aproximadamente 80% desde la madurez fisiológica hasta la madurez para consumo. Con respecto a la variedad pachi esta es similar al caturra en su rusticidad y alta productividad pero en tamaño de grano es cercano a la típica **ACTA-GTZ (2007)**. Del mismo cuadro y figura se puede indicar que el menor contenido lo presentaron en estado maduro las variedades catimor, caturra y Típica 385,63, 389,59 y 379,61 equiv. Catequina (mg/taza) respectivamente; apreciándose que a medida de que el fruto madura el contenido de polifenoles decrece en todas las variedades al respecto **Vargas et. al., (2006)** señalan que los compuestos fenólicos están distribuidos en diferentes partes de la planta hoja, fruto y corteza. Así mismo varían en función al estado de madurez, porque estos compuestos se sintetizan en la planta como mecanismos de defensa contra predadores herbívoros los que prefieren por su mayor calidad nutricional.

Con respecto al estado sobre maduro, analizando los resultados mediante la prueba estadística (A-VIII) se encontró también diferencia significativa entre las variedades, siendo bourbon el que tuvo el mayor contenido 409,54 equiv. catequina (mg/taza) y el menor contenido correspondió a caturra 364,89 y pachi 364,89; al respecto **ACTA-GTZ (2007)** menciona que el caturra es un mutante de la variedad bourbon, son de porte enano y requiere de constante fertilización. Así mismo, según **Arellano et. al., (2005)** refieren que a medida que madura los frutos los compuestos fenólicos constituyen

sustratos susceptibles de ser oxidados por enzimas como polifenol oxidasa y peroxidasa. Según **Marin et. al., (2003)** señalan que la madurez organoléptica es el proceso por el cual los frutos alcanzan las características de color, textura, aroma, sabor, entre otros; este proceso generalmente se inicia al terminar la maduración fisiológica del fruto y constituye el comienzo de la senescencia en esta etapa suceden transformaciones en el color, proteínas, carbohidratos, ácido clorogénico y polifenoles, así como la producción de aroma, incremento de la actividad respiratoria y producción de etileno. Según **Farah y Donangelo (2006)** reportan un total de 8,7% de ácido clorogénico en granos inmaduros de café arábica y disminuye hasta 1,3% en granos sobre maduros.

Correlacionado la variedad con el estado de madurez el mayor contenido de polifenoles totales se encontró en la variedad bourbon y el estado de madurez verde 472,72 equiv. catequina (mg/taza) y el menor contenido correspondió a caturra y pachi sobre maduro 364,89 equiv. catequina (mg/taza). Al respecto de estos resultados **Gutierrez (2002)** en su reporte de café, antioxidante y protección a la salud indica un contenido de polifenoles entre 200-500 mg/taza, en el té entre 150-200 mg/taza y vino 200 -500 mg/taza, en los granos de café se indica que tiene compuestos fenólicos tales como el ácido clorogénico, cafeico, fenílico y cumárico, siendo el ácido clorogénico el mayor componente fenólico del café.



### 4.3 Cuantificación de polifenoles totales en granos de café oro con tostado claro por variedad en diferentes estados de madurez.

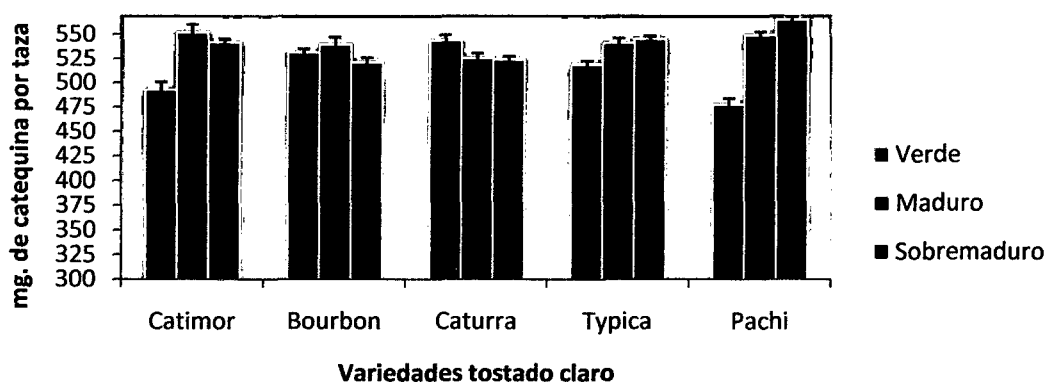
Los resultados de la cuantificación de polifenoles totales de granos de café oro con tostado claro en las cinco variedades y los estados de madurez verde, maduro y sobre maduro se presentan a continuación:

**Cuadro 4.-** Cuantificación de polifenoles totales en granos de café oro con tostado claro por variedad en los diferentes estados de madurez.

VARIEDAD	Polifenoles Totales /equiv. Catequina (mg/taza)*		
	Verde	Maduro	Sobre maduro
Catimor	492,51 ± 7,80 <sup>c</sup>	552,04 ± 8,06 <sup>a</sup>	541,81 ± 3,14 <sup>b</sup>
Bourbon	531,04 ± 3,65 <sup>b</sup>	539,46 ± 7,10 <sup>ba</sup>	520,94 ± 4,51 <sup>c</sup>
Caturra	543,76 ± 5,32 <sup>a</sup>	525,55 ± 4,61 <sup>b</sup>	524,01 ± 3,23 <sup>c</sup>
Typica	518,78 ± 3,40 <sup>b</sup>	541,16 ± 4,47 <sup>ba</sup>	545,30 ± 2,60 <sup>b</sup>
Pachi	477,36 ± 5,93 <sup>c</sup>	548,93 ± 3,43 <sup>ba</sup>	565,19 ± 2,85 <sup>a</sup>

Los valores representan (promedio ± SEM) los datos provienen del experimento (n=9) valores de una misma columna con superíndices diferentes son significativos. (p<0,05).

\*Una taza, corresponde a 9 g/100ml.



**Figura 7:** Representación de polifenoles totales en granos de café oro con tostado claro por variedad en diferentes estados de madurez.

De acuerdo a los resultados presentados en el cuadro 4 y la figura 7, se puede apreciar que el contenido de polifenoles varía en función de la variedad y estado de madurez y el grado de tostado.

Para el estado de madurez verde entre las variedades existe diferencia estadística significativa (A-X) y comparando los promedios mediante la prueba de Tukey ( $p \leq 0,05$ ) el mayor contenido de polifenoles lo presentó la variedad caturra (543,76 equiv. catequina mg/taza) y el menor contenido se cuantificó en la variedad pachi (477,36 equiv. catequina mg/taza). Comparando estos resultados en los granos de café en estado de madurez verde sin tostar se observa en general que el contenido de polifenoles aumenta según **Siqueira y Abreu (2006)** reportan que el contenido de polifenoles libres es menor en el grano de café verde y aumenta durante la torrefacción.

Para el estado de madurez maduro entre las variedades también existe diferencia estadística significativa (A-XI). Analizando las variedades catimor, pachi, typica y bourbon no existió diferencia estadística (552,04, 548,93, 541,167 y 539,46 equiv. catequina mg/taza) respectivamente. La variedad que presentó diferencia y tiene el menor contenido fue caturra (525,55 equiv. catequina mg/taza). Al respecto **Siqueira y Abreu (2006)** indican que la variación del contenido de polifenoles en el tostado se debe a la composición química inicial del grano, variedad, estado de madurez ya que en el tostado se dan otras reacciones químicas que permiten aumentar y disminuir el contenido de polifenoles.

De los resultados del grano sobre maduro en el tostado claro se puede apreciar que entre las variedades existe diferencia estadística altamente

significativa (A-XII) según la comparación de medias se puede observar que la variedad pachi presentó el mayor contenido de polifenoles 565,19 equiv. catequina mg/taza y el menor contenido fue en la variedad bourbon 520,94 equiv. catequina mg/taza; en general se puede indicar que el grano maduro y sobre maduro presentaron el mayor contenido de polifenoles. Según **Duarte et. al., (2005)** indican que los granos de café verde contienen una gran cantidad y variedad de ácidos fenólicos. El ácido clorogénico incluye algunos grupos de isómeros como ácido cafealquínico, defealquínico y ferualquínico, estos ácidos son importantes en la formación de pigmentos que dan a las bebidas de café aroma y palatabilidad.

Realizando el análisis estadístico entre las variedades y el estado de madurez en el tostado claro se tiene el mayor contenido de polifenoles totales correspondió a pachi sobre maduro 565,19 equiv. catequina mg/taza y el menor fue para pachi verde 477,36 equiv. catequina mg/taza y catimor verde 492,51 equiv. catequina mg/taza. Al respecto **Duarte et. al., (2005)** mencionan que la concentración de polifenoles decrece con el incremento de tostado. La mayor parte de polifenoles son los taninos los cuales son compuestos fenólicos solubles en agua y tienen actividad biológica y farmacológica incluyendo actividad antioxidante y propiedades para captar radicales libres, según los resultados de su investigación sugieren que las bebidas preparadas con café tostado claro son mejores por que protegen la células de los agentes oxidantes. Cuando compara con BHT este muestra la máxima inhibición de oxidación de guayacol 56,94% y la bebida de café con un tostado claro presenta una inhibición de 43,79%.

#### 4.4 Cuantificación de polifenoles totales en granos de café oro con tostado medio por variedad en diferentes estados de madurez.

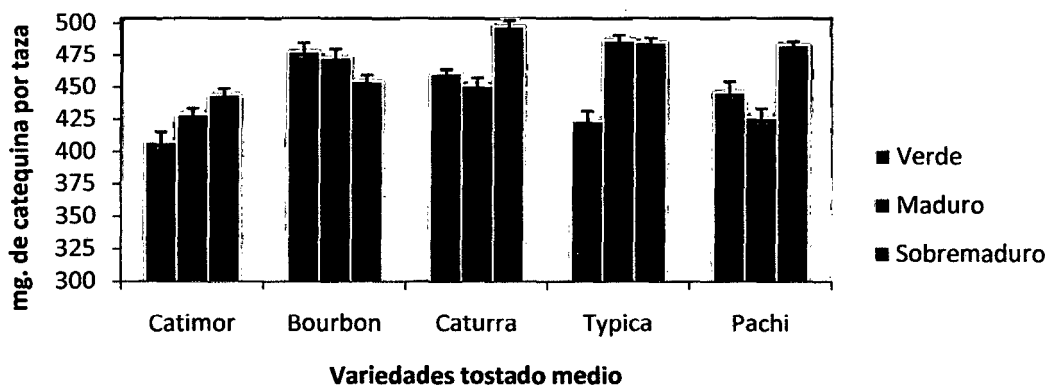
Los resultados de la determinación de polifenoles totales en los granos de café con tostado medio en las cinco variedades y estados de madurez verde, maduro y sobre maduro se presentan en el siguiente cuadro.

**Cuadro 5.-** Cuantificación de polifenoles totales en granos de café con tostado medio por variedad en diferentes estados de madurez.

VARIEDAD	Polifenoles Totales /equiv. Catequina (mg/ taza)		
	Verde	Maduro	Sobre maduro*
Catimor	407,69 ± 7,40 <sup>d</sup>	428,96 ± 4,08 <sup>c</sup>	444,37 ± 4,36 <sup>b</sup>
Bourbon	477,83 ± 6,64 <sup>a</sup>	473,45 ± 6,17 <sup>a</sup>	454,87 ± 4,12 <sup>b</sup>
Caturra	460,84 ± 2,84 <sup>ba</sup>	451,44 ± 5,41 <sup>b</sup>	497,68 ± 4,14 <sup>a</sup>
Typica	423,89 ± 6,89 <sup>dc</sup>	486,99 ± 3,47 <sup>a</sup>	485,28 ± 3,08 <sup>a</sup>
Pachi	446,08 ± 8,01 <sup>bc</sup>	426,48 ± 6,55 <sup>c</sup>	483,22 ± 2,27 <sup>a</sup>

Los valores representan (promedio ± SEM) los datos provienen del experimento (n=9) valores de una misma columna con superíndices diferentes son significativos. (p<0,05).

\*Una taza, corresponde a 9 g/100ml.



**Figura 8:** Representación de polifenoles totales en granos de café oro con tostado medio por variedad en diferentes estados de madurez.

En el Cuadro 5 y la figura 8 se presenta los resultados de la cuantificación de polifenoles totales en granos de café con tostado medio por variedad en diferentes estados de madurez (verde, maduro y sobre maduro).

Analizando los resultados de los granos cosechados en estado de madurez verde se encuentra que entre las variedades existe diferencia estadística altamente significativa (A-XIV), comparando los promedios mediante Tukey ( $p \leq 0,05$ ) el mayor contenido de polifenoles se encontró en el bourbon 477,83 equiv. catequina mg/taza y el menor contenido se encontró en la variedad catimor 407,69 equiv. catequina mg/taza, si se compara con el contenido de polifenoles de los granos sin tostar en el mismo estado de madurez el contenido de polifenoles es el bourbon fue 472,72 equiv. catequina mg/taza ya para el catimor 424,72 equiv. catequina mg/taza. Según estos resultados el contenido de polifenoles no se incrementó como en el caso del tostado claro. Al respecto **Duarte et. al., (2005)** indican que el grado de tostado reduce la actividad antioxidante de los granos de café. **Morais et. al., (2008)** señalan que el café presenta actividad antioxidante principalmente por poseer sustancias bioactivas. Investigaciones muestran que el café, además de cafeína, presenta muchos otros compuestos bioactivos como la vitamina B-3, ácidos clorogénicos, quínicos (formados en la torrefacción del café a partir de los ácidos clorogénicos).

Los granos de café cosechados en el estado de madurez maduro al ser analizados estadísticamente se encontró que presenta diferencia estadística significativa (A-XV) entre las variedades el mayor valor correspondió a bourbon 473,45 equiv. catequina mg/taza y típica 486,99 equiv.

catequina mg/taza, comparando con el grano sin tostar en el mismo estado de madurez el bourbon tiene 408,59 equiv. catequina mg/taza, y típica 379,61 equiv. catequina mg/taza, como se puede apreciar el contenido de polifenoles ha aumentado en la torrefacción. Según **Siqueira y Abreu (2006)** mencionan que con la torrefacción ligera presenta un ligero aumento en el contenido de ácido clorogénico y la torrefacción media disminuye este valor; así mismo los diferentes tipos de procesamiento siguen el mismo comportamiento que sucede en la torrefacción. Por otro lado, **Morais et. al., (2008)** refieren que los compuestos bioactivos son reconocidos por sus propiedades benéficas a la salud humana; numerosos estudios han sugerido que dietas ricas en vegetales y frutas no procesadas o cocidas pueden reducir los riesgos de incidencia de muchas dolencias crónicas como cáncer, diabetes y dolencias cardiovasculares.

Para el estado de cosecha sobre maduro los resultados presentados en el Cuadro 4 y figura 8 indican que entre las variedades existe diferencia estadística significativa (A-XVI) comparando los promedios por medio de Tukey ( $p \leq 0,05$ ) se encontró que el mayor contenido de polifenoles lo presentaron las variedades de Caturra 497,68 equiv. catequina mg/taza, típica 485,28 equiv. catequina mg/taza y pachi 483,22 equiv. catequina mg/taza, si se compara con los granos sin tostar en las mismas variedades se observa que el contenido de polifenoles se ha incrementado, **Nascimento et. al., (2008)** refieren que la calidad del café depende de muchos factores, tales como las buenas prácticas agrícolas, poscosecha, almacenamiento, transporte e industrialización. **Morais et. al., (2008)** indican que la variación en los del

contenido de cafeína con respecto al grado de torrefacción fue poco significativo, observándose un aumento en los granos sometidos a una torrefacción clara y decrece ligeramente en la torrefacción media.

Realizando el análisis de los resultados de las variedades y los estados de madurez en el tostado medio se encontró que el mayor contenido de polifenoles totales correspondió a caturra sobre madura 497,68 equiv. catequina mg/taza y Typica madura 486,99 equiv. catequina mg/taza y el menor contenido se encontró en la variedad catimor verde 407,69 equiv. catequina mg/taza. **Duarte et. al., (2005)** señalan que durante la torrefacción los granos son calentados entre 200 a 240 °C por 10 a 15 min. El cual es generalmente evaluado por color, esto direcciona a diferentes cambios en la composición química del café tales como proteína, aminoácidos, azúcares reductores, sacarosa, trigonelina, ácido clorogénico y decrecimiento de agua y formación de melanoidinas, algunos de los cuales son debido a la reacción de maillard. Esto ocurre cuando el azúcar reacciona con un aminoácido, péptidos o proteínas dando como producto la formación de una variedad de compuestos que poseen actividad antioxidante. **Morais et. al., (2008)** reportan que la formación de melanoidinas poseen un elevado potencial antioxidante, ocurre solamente en determinadas fases de la torrefacción especialmente entre el tostado claro y medio.

#### 4.5 Cuantificación de polifenoles totales en granos de café oro con tostado oscuro por variedad en diferentes estados de madurez.

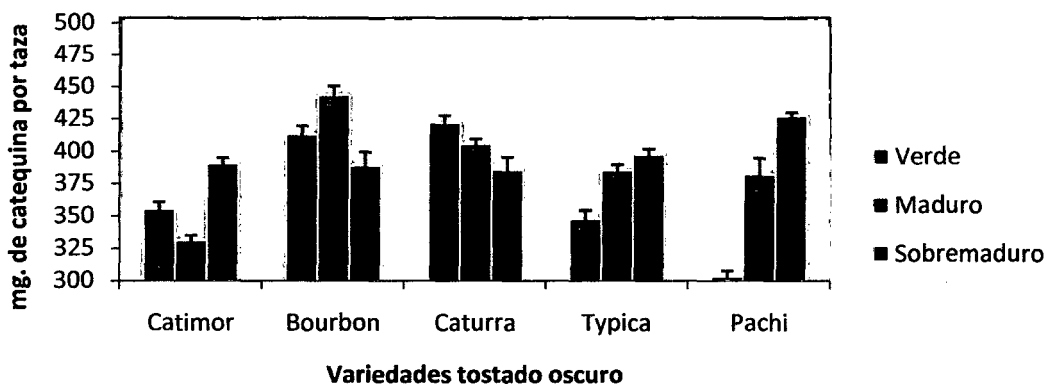
Los resultados de la determinación de polifenoles totales en los granos de café con tostado oscuro en las cinco variedades y estados de madurez verde, maduro y sobre maduro se presentan en el siguiente cuadro.

**Cuadro 6.-** Cuantificación de polifenoles totales en granos de café con tostado oscuro por variedad en diferentes estados de madurez.

VARIEDAD	Polifenoles Totales /equiv. Catequina (mg/ taza)*		
	Verde	Maduro	Sobre maduro
Catimor	355,59 ± 4,80 <sup>b</sup>	331,52 ± 3,35 <sup>c</sup>	390,37 ± 4,17 <sup>b</sup>
Bourbon	412,91 ± 6,26 <sup>a</sup>	443,58 ± 6,66 <sup>a</sup>	389,00 ± 10,00 <sup>b</sup>
Caturra	421,94 ± 5,42 <sup>a</sup>	405,73 ± 3,51 <sup>b</sup>	385,73 ± 9,40 <sup>b</sup>
Typica	348,08 ± 6,34 <sup>b</sup>	385,36 ± 3,96 <sup>b</sup>	397,66 ± 4,04 <sup>b</sup>
Pachi	303,44 ± 4,18 <sup>c</sup>	382,30 ± 12,22 <sup>b</sup>	424,31 ± 2,38 <sup>a</sup>

Los valores representan (promedio ± SEM) los datos provienen del experimento (n=9) valores de una misma columna con superíndices diferentes son significativos. (p<0,05).

\*Una taza, corresponde a 9 g/100ml.



**Figura 9:** Representación de polifenoles totales en granos de café oro con tostado oscuro por variedad en diferentes estados de madurez.



En el cuadro 6 y figura 9 se presenta los resultados del contenido de polifenoles totales en granos de café oro con tostado oscuro por variedad en diferentes estados de madurez. Al respecto en el estado de madurez verde entre las variedades existe diferencia estadística significativa (A-XVIII), comparando los resultados del presente cuadro el mayor contenido lo presentan las variedades de bourbon 412,91 equiv. catequina mg/taza y caturra 421,94 equiv. catequina mg/taza, el menor contenido se encontró en la variedad pachi 303,44 equiv. catequina mg/taza. Comparando la variedad bourbon en grano sin tostar se tiene 472,72 equiv. catequina mg/taza, en grano tostado claro 531,04 equiv. catequina mg/taza, en tostado medio 477,83 equiv. catequina mg/taza. Según estas comparaciones se aprecia que a medida que se aumenta el grado de tostado el contenido de polifenoles disminuye, al respecto **Duarte et. al., (2005)** indican que el ácido cafealquínico es un compuesto polifenólico formado por el ácido quínico esterificado con ácido cafeico y el ácido clorogénico el cual juega un rol importante en la formación de pigmentos, sabor y aromas en el café; considerando que los compuestos fenólicos poseen la actividad antioxidante, en la investigación con un tostado oscuro se mejora las características del café de taza, pero se disminuye la actividad antioxidante debido a la pérdida de compuestos fenólicos incluyendo el contenido de ácido cafealquínico y taninos. También se puede apreciar en la figura las diferencia de contenido polifenolico entre estados de madurez estos son explicados por **Marín et. al., (2003)** que manifiesta que en la maduración del café hay lugar a un serie de transformaciones físicas, bioquímicas y fisiológicas y que entre las alteraciones de estos cambios se encuentran los

polifenoles, **Gutierrez (2002)** explica que al tostarse el café se afecta marcadamente su composición en fenoles.

El contenido de polifenoles en los granos de café cosechado maduro se encuentra que existe diferencia estadística (A-XIX) entre las variedades siendo el bourbon el que tiene el mayor contenido 443,58 equiv. catequina mg/taza y en menor correspondió a catimor 331,52 equiv. catequina mg/taza. Con respecto a la variedad Bourbon en estado maduro sin tostar tuvo 408,59 equiv. catequina mg/taza, con tostado claro 539,46 equiv. catequina mg/taza, tostado medio 473,45 equiv. catequina mg/taza como se puede observar el contenido de polifenoles totales en granos sin tostar es menor que en granos tostados. **Morais et. al., (2008)** reportan que la torrefacción provoca a degradación de los compuestos que contienen grupos OH, resultando en la formación de compuestos volátiles de aroma, dióxido de carbono y otros compuestos poco volátiles.

Los granos sobre maduros al ser evaluados en las diferentes variedades se aprecia que existe diferencia estadística (A-XX) el mayor contenido de polifenoles se encontró en la variedad pachi 424,31 equiv. catequina mg/taza, comparado al grano sin tostar este tiene 364,89 equiv. catequina mg/taza, esto indica que el contenido de polifenoles con la torrefacción aumento. Según **Siqueira y Abreu (2006)** en su investigación concluyen que para cada tipo de grano, torrefacción clara y tipo de café natural presentó los mejores resultados de pH, acidez, cafeína y polifenoles.

Realizando la cuantificación de polifenoles totales en granos de café oro con tostado oscuro en las variedades y estado de madurez se

determinó el mayor contenido en bourbon maduro 443,58 equiv. catequina mg/taza y el menor contenido se encontró en typica verde 348,08 equiv. catequina mg/taza. **Siqueira y Abreu (2006)** mencionan que la concentración de polifenoles es inversamente proporcional a la calidad de la bebida, siendo directamente relacionada a el grado de ataque de microorganismos y el estado de maduración de los frutos. Así mismo, **Duarte et. al., (2005)** mencionan que la actividad antioxidante del café depende del grado de tostado y esto puede ser atribuido a la perdida de compuestos polifenólicos, también indica que la actividad antioxidante varía de acuerdo al tipo de café, condiciones de tostado y proceso de extracción. Así mismo **Farah y Donangelo (2006)** indican que el tostado drástico puede producir pérdidas de hasta 95% de ácido clorogénico. Según **Fernades et. al., (2001)** señalan un contenido de polifenoles de 530 – 590 µg /taza en cafés tostados y estos están enmarcados dentro de los resultados.

#### 4.6 Perfil de calidad sensorial de café por variedad y estados de madurez.

##### 4.6.1 Tostado claro.

Los resultados de la calidad en taza del café con tostado claro en las variedades catimor, bourbon, caturra, typica, pachi y estados de madurez verde, maduro y sobre maduro se presentan en el siguiente cuadro.

**Cuadro 7.-** Resultados de la calidad en taza de café con tostado claro por variedad y estados de madurez.

Tratamiento	Puntaje	Calidad sensorial
Catimor verde	75,25 ±1,93 <sup>ba</sup>	Promedio
Catimor maduro	77,38 ±1,03 <sup>ba</sup>	Promedio
Catimor sobremaduro	78,13 ±1,56 <sup>ba</sup>	Promedio
Bourbon verde	57,63 ±1,68 <sup>c</sup>	No se acepta
Bourbon maduro	83,13 ±1,84 <sup>a</sup>	Muy bueno
Bourbon sobremaduro	81,75 ±1,71 <sup>a</sup>	Muy bueno
Caturra verde	69,63 ±3,06 <sup>b</sup>	Mala
Caturra maduro	80,25 ±1,44 <sup>a</sup>	Muy bueno
Caturra sobremaduro	80,63 ±1,20 <sup>a</sup>	Muy bueno
Typica verde	76,13 ±3,02 <sup>ba</sup>	Promedio
Typica maduro	75,63 ±1,55 <sup>ba</sup>	Promedio
Typica sobremaduro	74,50 ±1,57 <sup>ba</sup>	Promedio
Pachi verde	58,50 ±1,88 <sup>c</sup>	No se acepta
Pachi maduro	74,50 ±0,61 <sup>ba</sup>	Promedio
Pachi sobremaduro	79,56 ±0,50 <sup>a</sup>	Promedio

Los valores representan (promedio ± SEM) los datos provienen del experimento (n=4) valores de una misma columna con superíndices diferentes son significativos. (p<0,05). Una taza, corresponde a 9 g/100ml.

Los resultados de la calidad de taza de café con tostado claro por variedad y estado de madurez se presentan en el cuadro 7. Realizando el análisis estadístico se encontró que existe diferencia significativa (A-XXI) como resultado de la comparación de los puntajes mayores de 80 cuyo calificativo fue “Muy bueno” para el bourbon maduro y sobre maduro, caturra maduro y sobre maduro el resto fue descalificado. En todas las variedades el estado de madurez verde fue descalificado al respecto **Marin et. al., (2003)** indican que los frutos secos al igual que los verdes dan como resultado tazas de baja calidad con defectos marcados de metal lo cual es causa de demérito de la calidad de la bebida, en consecuencia estos estados no deberían ser recolectados. Según **AMCCE (2007)** mencionan 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. Mientras que los tuestes oscuros desarrollan mas los sabores a tostado y este puede ser tan dominante que incluso opacan la acidez y sabor original del grano. **Murillo (2003)** refiere que los tuestes claros desarrollan mejores sabores y aromas dulces del café. Los tuestes oscuros desarrollan sabores y aromas amargos por lo que se recomiendan tostados claros para la catación para poder apreciar mejor los atributos o defectos con que cuenta la muestra. Si al final del proceso el café libera aceite indica que se ha malogrado la muestra. Los tostados oscuros se realizan para cafés tipo “espresso”, los claros para cafés convencionales o de percolador.

#### 4.6.2 Tostado medio.

Los resultados de la calidad en taza en los granos de café con tostado Medio en las variedades catimor, bourbon, caturra, typica, pachi y estados de madurez verde, maduro y sobre maduro se presentan en el siguiente cuadro.

**Cuadro 8.-** Resultados de la calidad en taza de café con tostado medio por variedad y estados de madurez.

Tratamiento	Puntaje	Calidad sensorial
Catimor verde	74,63 ±1,03 <sup>a</sup>	Promedio
Catimor maduro	78,50 ±0,74 <sup>a</sup>	Promedio
Catimor sobremaduro	77,00 ±0,91 <sup>a</sup>	Promedio
Bourbon verde	55,50 ±4,27 <sup>c</sup>	No se acepta
Bourbon maduro	79,88 ±1,21 <sup>a</sup>	Promedio
Bourbon sobremaduro	80,63 ±0,83 <sup>a</sup>	Muy bueno
Caturra verde	72,25 ±1,59 <sup>ba</sup>	Promedio
Caturra maduro	77,50 ±1,50 <sup>a</sup>	Promedio
Caturra sobremaduro	79,88 ±1,13 <sup>a</sup>	Promedio
Typica verde	62,88 ±4,01 <sup>b</sup>	Malo
Typica maduro	78,19 ±0,73 <sup>a</sup>	Promedio
Typica sobremaduro	74,88 ±3,23 <sup>a</sup>	Promedio
Pachi verde	55,50 ±4,27 <sup>c</sup>	No se acepta
Pachi maduro	76,88 ±1,40 <sup>a</sup>	Promedio
Pachi sobremaduro	79,00 ±1,15 <sup>a</sup>	Promedio

Los valores representan (promedio ± SEM) los datos provienen del experimento (n=4) valores de una misma columna con superíndices diferentes son significativos. (p<0,05). Una taza, corresponde a 9 g/100ml.

En el cuadro 8 se presenta los resultados de la calidad en taza de café con tostado medio por variedad y estados de madurez, analizando estadísticamente los puntajes de las respuestas se encontró diferencia estadística (A-XXII) comparando los calificativos la variedad bourbon y estado sobre maduro supero los 80 puntos cuyo calificativo corresponde a "muy bueno" el resto no tuvo aprobación de calidad de taza. Según **Marin et. al., (2003)** entre los 210 y 224 días después de la floración (estado pintón, maduro y sobre maduro) los sólidos solubles están entre 12,03 y 23,83 °brix, la firmeza polar está entre 23,63 y 8,78N, la firmeza ecuatorial entre 23,32 y 6,93N, estos cambios físico químicos permiten el beneficio adecuado de los frutos y obtener una mejor calidad de café pergamino. Según **Siqueira y Abreu (2006)** como resultado de análisis sensorial de cafés con grado de torrefacción claro y medio independientemente del sistema de procesamiento, los cafés presentaron buena calidad siendo clasificado como bebida dura. Así mismo **Lara (2005)** indica que el grado de tostado es valorado cualitativamente por el color, resultando una simple categorización de ligero, medio y oscuro. En general, los tostados oscuros tienden a realzar el cuerpo y disminuir los atributos del sabor. Tostados ligeros o claros realzan la acidez pero producen una bebida más ligera. Los tostados claros son más útiles para definir la calidad de un café por un experto catador.

### 4.6.3 Tostado oscuro.

Los resultados de la calidad en taza en los granos de café con tostado oscuro en las variedades catimor, bourbon, caturra, typica, pachi y estados de madurez verde, maduro y sobre maduro se presentan en el siguiente cuadro.

**Cuadro 9.-** Resultados de la calidad en taza de café con tostado oscuro por variedad y estados de madurez.

Tratamiento	Puntaje	Calidad sensorial
Catimor verde	63,38 ±0,66 <sup>e</sup>	Malo
Catimor maduro	78,13±0,24 <sup>bcd</sup>	Promedio
Catimor sobremaduro	75,88 ±0,13 <sup>d</sup>	Promedio
Bourbon verde	44,00 ±0,00 <sup>g</sup>	No se acepta
Bourbon maduro	79,81 ±0,24 <sup>ba</sup>	Promedio
Bourbon sobremaduro	78,25 ±0,32 <sup>bc</sup>	Promedio
Caturra verde	56,38 ±0,66 <sup>b</sup>	No se acepta
Caturra maduro	77,50 ±0,29 <sup>cd</sup>	Promedio
Caturra sobremaduro	76,00 ±0,20 <sup>cd</sup>	Promedio
Typica verde	65,63 ±0,99 <sup>e</sup>	Malo
Typica maduro	76,88 ±0,24 <sup>cd</sup>	Promedio
Typica sobremaduro	80,63 ±0,83 <sup>a</sup>	Muy bueno
Pachi verde	44,00 ±0,00 <sup>g</sup>	No se acepta
Pachi maduro	76,00 ±0,20 <sup>cd</sup>	Promedio
Pachi sobremaduro	76,63 ±0,24 <sup>cd</sup>	Promedio

Los valores representan (promedio ± SEM) los datos provienen del experimento (n=4) valores de una misma columna con superíndices diferentes son significativos. (p<0,05). Una taza, corresponde a 9 g/100ml.



Los resultados del cuadro 9 indican la calidad en taza de café con tostado oscuro por variedad y estado de madurez. Realizando el análisis estadístico se encontró que existe diferencia significativa (A-XXIII) entre los tratamientos, en este tipo de tostado la variedad típica y grano sobre maduro supero los 80 puntos obteniendo un calificativo de “muy bueno” el resto de tratamientos fueron descalificados, Según **Monteiro et. al., (2002)** en tostado oscuro de café se provoca diversas alteraciones en los granos de café, como expansión del grano, alteraciones en la estructura y coloración. Así mismo, los lípidos son liberados formando humos rojo y se provoca la ruptura de la estructura celular con liberación de grasa químicamente ligada y una vez libres humedecen la superficie del grano.

#### 4.7 Atributos en catación de café por variedad y estados de madurez.

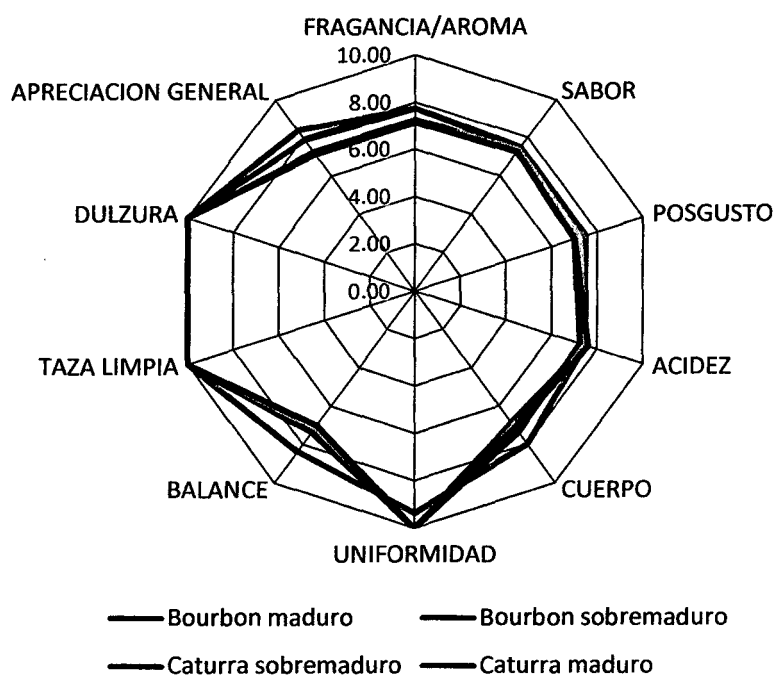
##### 4.7.1 Tostado claro.

Los atributos evaluados en catación de los granos de café con tostado claro por variedad y estado de madurez de los que alcanzaron el mejor calificativo de calidad en taza se presentan en el siguiente cuadro.

**Cuadro 10.-** Resultado de los atributos en catación de café por variedad y estado de madurez con tostado claro.

ATRIBUTOS	Puntaje de atributos			
	Bourbon maduro	Bourbon sobremaduro	Caturra sobremaduro	Caturra saduro
Fragancia/aroma	7,75 ± 0,14 <sup>b</sup>	7,75 ± 0,25 <sup>b</sup>	7,25 ± 0,25 <sup>b</sup>	7,31 ± 0,31 <sup>b</sup>
Sabor	7,50 ± 0,20 <sup>b</sup>	7,38 ± 0,13 <sup>b</sup>	7,38 ± 0,24 <sup>b</sup>	7,25 ± 0,25 <sup>b</sup>
Posgusto	7,50 ± 0,20 <sup>b</sup>	7,00 ± 0,20 <sup>b</sup>	7,25 ± 0,32 <sup>b</sup>	7,00 ± 0,35 <sup>b</sup>
Acidez	7,50 ± 0,00 <sup>b</sup>	7,25 ± 0,14 <sup>b</sup>	7,50 ± 0,35 <sup>b</sup>	7,63 ± 0,31 <sup>b</sup>
Cuerpo	8,00 ± 0,71 <sup>b</sup>	7,38 ± 0,24 <sup>b</sup>	6,88 ± 0,13 <sup>b</sup>	7,13 ± 0,24 <sup>b</sup>
Uniformidad	9,38 ± 0,63 <sup>ba</sup>	10,00 ± 0,00 <sup>a</sup>	10,00 ± 0,00 <sup>a</sup>	10,00 ± 0,00 <sup>a</sup>
Balance	8,38 ± 0,55 <sup>ba</sup>	7,38 ± 0,24 <sup>b</sup>	7,13 ± 0,13 <sup>b</sup>	7,00 ± 0,20 <sup>b</sup>
Taza limpia	10,00 ± 0,00 <sup>a</sup>	10,00 ± 0,00 <sup>a</sup>	10,00 ± 0,00 <sup>a</sup>	10,00 ± 0,00 <sup>a</sup>
Dulzura	10,00 ± 0,00 <sup>a</sup>	10,00 ± 0,00 <sup>a</sup>	10,00 ± 0,00 <sup>a</sup>	10,00 ± 0,00 <sup>a</sup>
Apreciación general	8,38 ± 0,55 <sup>ba</sup>	7,88 ± 0,31 <sup>b</sup>	7,25 ± 0,14 <sup>b</sup>	7,13 ± 0,13 <sup>b</sup>

Los valores representan (promedio ± SEM) los datos provienen del experimento (n=4) valores de una misma columna con superíndices diferentes son significativos. (p<0,05). Una taza, corresponde a 9 g/100ml.



**Figura 10:** Representación de atributos evaluados en catación de café con tostado claro.

Los resultados de los atributos de catación se presentan en el cuadro 10 y figura10, realizando el análisis estadístico de cada tratamiento (variedad y estado de madurez) con los atributos se encontró diferencia estadística significativa (A-XXIV, A-XXV, A-XXVI y A-XXVII). Analizando los resultados encontramos que el mayor puntaje en el atributo fragancia/aroma logró el bourbon maduro y sobre maduro; en el atributo sabor y postgusto el mayor puntaje correspondió a la variedad bourbon maduro; con respecto al atributo acidez el bourbon maduro y caturra sobre maduro lograron los puntajes más alto; en el atributo cuerpo solo el bourbon maduro alcanzó el mayor puntaje; en el atributo uniformidad los puntajes más altos correspondieron a

bourbon sobre maduro, caturra sobre maduro y caturra maduro; en el atributo balance solo el bourbon maduro alcanzó el puntaje mayor; Con respecto al atributo taza limpia y dulzura todos tuvieron el máximo puntaje bourbon maduro y sobre maduro, caturra maduro y sobre maduro, en el último atributo evaluado apariencia general solo destacó la variedad bourbon con estado de madurez maduro. Evaluando de manera conjunta todos los atributos el bourbon maduro logró el mayor puntaje en 9 atributos (excepto uniformidad), le siguió el bourbon sobre maduro alcanzando solo puntajes altos en 4 atributos (fragancia/aroma, uniformidad, taza limpia y dulzura), de igual manera se comportó el caturra sobre maduro (acidez, uniformidad, taza limpia y dulzura) y el caturra maduro fue el que tuvo menor calificativo. Según **Katzeff (2001)** indica que 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. Un catador debe saber que hace en un café en tostados diferentes, muchas veces, un café es regular en un tostado claro y muy bueno en un tostado oscuro.

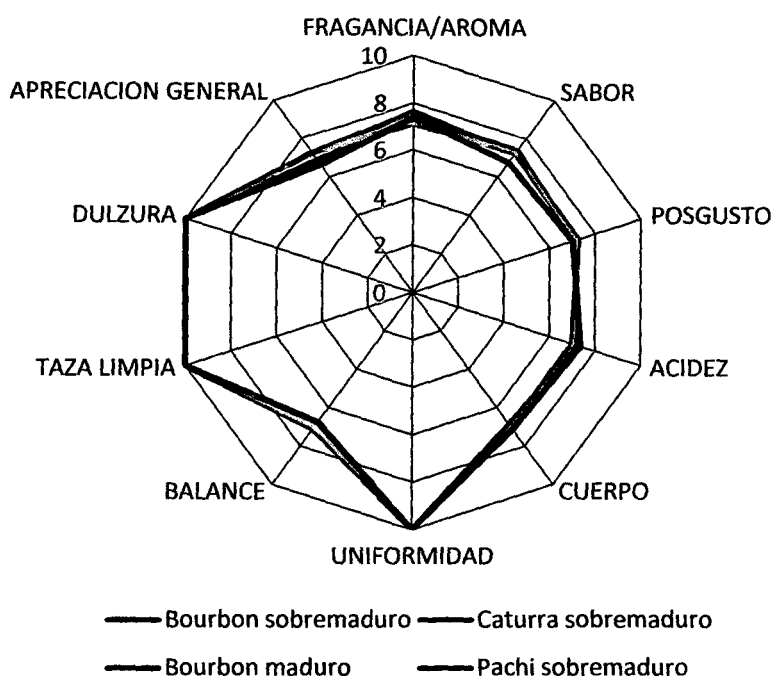
#### 4.7.2 Tostado medio.

Los atributos evaluados en catación de café con tostado medio para las variedades en estudio se presentan en el siguiente cuadro.

**Cuadro 11.-** Resultado de los atributos en catación de café por variedad y estado de madurez con tostado medio.

ATRIBUTOS	Puntaje de atributos			
	Bourbon sobremaduro	Caturra sobremaduro	Bourbon maduro	Pachi sobremaduro
Fragancia/aroma	7,63 ± 0,24 <sup>b</sup>	7,38 ± 0,24 <sup>b</sup>	7,13 ± 0,31 <sup>b</sup>	7,38 ± 0,13 <sup>b</sup>
Sabor	7,25 ± 0,14 <sup>b</sup>	7,38 ± 0,24 <sup>b</sup>	7,25 ± 0,25 <sup>b</sup>	6,75 ± 0,14 <sup>b</sup>
Posgusto	7,13 ± 0,13 <sup>b</sup>	7,13 ± 0,13 <sup>b</sup>	7,25 ± 0,25 <sup>b</sup>	7,00 ± 0,29 <sup>b</sup>
Acidez	7,25 ± 0,25 <sup>b</sup>	7,25 ± 0,14 <sup>b</sup>	7,00 ± 0,00 <sup>b</sup>	7,38 ± 0,38 <sup>b</sup>
Cuerpo	7,00 ± 0,20 <sup>b</sup>	6,88 ± 0,13 <sup>b</sup>	7,00 ± 0,20 <sup>b</sup>	7,13 ± 0,24 <sup>b</sup>
Uniformidad	10,00 ± 0,00 <sup>a</sup>	10,00 ± 0,00 <sup>a</sup>	10,00 ± 0,00 <sup>a</sup>	10,00 ± 0,00 <sup>a</sup>
Balance	7,13 ± 0,24 <sup>b</sup>	7,00 ± 0,20 <sup>b</sup>	7,00 ± 0,00 <sup>b</sup>	6,75 ± 0,14 <sup>b</sup>
Taza Limpia	10,00 ± 0,00 <sup>a</sup>	10,00 ± 0,00 <sup>a</sup>	10,00 ± 0,00 <sup>a</sup>	10,00 ± 0,00 <sup>a</sup>
Dulzura	10,00 ± 0,00 <sup>a</sup>	10,00 ± 0,00 <sup>a</sup>	10,00 ± 0,00 <sup>a</sup>	10,00 ± 0,00 <sup>a</sup>
Apreciación general	7,25 ± 0,14 <sup>b</sup>	6,88 ± 0,43 <sup>b</sup>	7,25 ± 0,25 <sup>b</sup>	6,63 ± 0,24 <sup>b</sup>

Los valores representan (promedio ± SEM) los datos provienen del experimento (n=4) valores de una misma columna con superíndices diferentes son significativos. (p<0,05). Una taza, corresponde a 9 g/100ml.



**Figura 11:** Representación de atributos evaluados en catación de café con tostado medio.

Los resultados de los atributos en catación de café por variedad y estado de madurez con tostado medio se presentan en el cuadro 11 y figura 11. Analizando los puntajes con cada atributo se encontró diferencia estadística significativa (A-XXVIII, A-XXIX, A-XXX y A-XXXI). Para el atributo fragancia /aroma y balance el mayor puntaje correspondió a bourbon sobre maduro; en el atributo sabor destacaron el bourbon maduro y sobre maduro y caturra sobre maduro; en el atributo posgusto el mayor calificativo fue para el bourbon maduro; en el atributo acidez destacaron pachi sobre maduro, bourbon sobre maduro y caturra sobre maduro; para el atributo cuerpo el mejor puntaje correspondió a pachi sobre maduro, bourbon maduro y sobre maduro; en los atributos uniformidad, taza limpia y dulzura los puntajes fueron iguales para

todos caturra sobre maduro, bourbon maduro y sobre maduro y pachi sobre maduro; con respecto al atributo apariencia general el bourbon maduro y sobre maduro alcanzaron los puntajes más altos.

El mejor resultado de la evaluación sensorial utilizando 10 atributos en el tostado medio correspondió a la variedad bourbon con estado de madurez sobre maduro logrando el puntaje más alto en 9 atributos excepto posgusto; el segundo lugar fue para el bourbon maduro logrando puntajes altos en 7 atributos a excepción de fragancia/aroma, acidez y balance y las variedades caturra sobre maduro y pachi sobre maduro solo lograron ser calificados solo en 5 atributos. Al respecto **Marín et. al., (2003)** afirman que las cerezas óptimas para la recolección son las pintonas (210 días después de la floración), maduras (217 ddf) y sobre maduras (224ddf), presentando los mejores calificativos de intensidad de aroma del café molido, aroma de la bebida, acidez, amargo e impresión global.

### 4.7.3 Tostado oscuro.

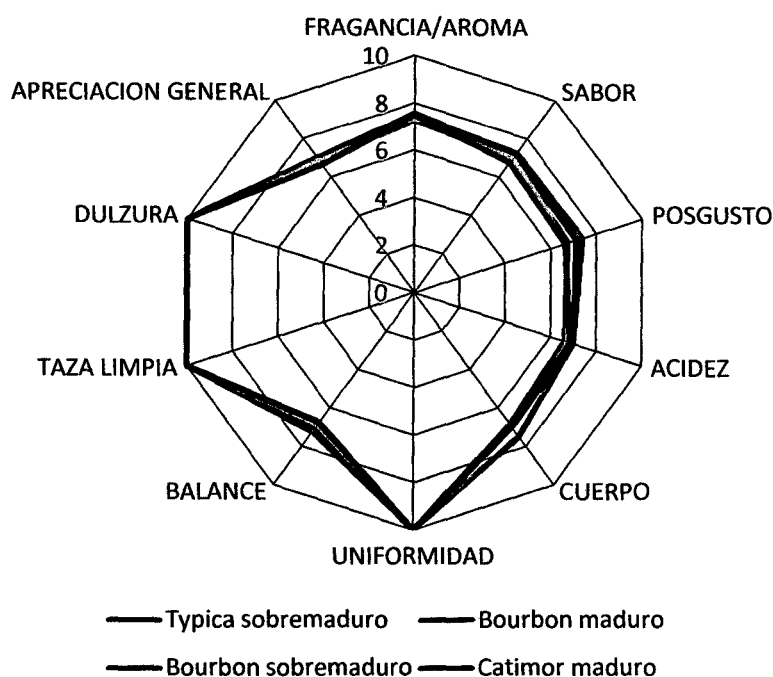
Los atributos evaluados en catación de los granos de café con tostado oscuro de los 4 primeros puntajes más altos logrados en calidad en taza se presentan en el siguiente cuadro.

**Cuadro 12.-** Resultado de los atributos en catación de café por variedad y estado de madurez con tostado oscuro.

ATRIBUTOS	Puntaje de atributos			
	Typica sobremaduro	Bourbon maduro	Bourbon sobremaduro	Catimor maduro
Fragancia/aroma	7,50 ± 0,20 <sup>b</sup>	7,56 ± 0,21 <sup>b</sup>	7,25 ± 0,25 <sup>b</sup>	7,50 ± 0,20 <sup>b</sup>
Sabor	7,25 ± 0,14 <sup>b</sup>	7,13 ± 0,13 <sup>cb</sup>	7,00 ± 0,20 <sup>b</sup>	6,75 ± 0,14 <sup>c</sup>
Posgusto	7,38 ± 0,13 <sup>b</sup>	7,13 ± 0,13 <sup>cb</sup>	6,75 ± 0,25 <sup>b</sup>	6,63 ± 0,13 <sup>c</sup>
Acidez	7,00 ± 0,20 <sup>b</sup>	7,00 ± 0,00 <sup>c</sup>	6,63 ± 0,24 <sup>b</sup>	6,88 ± 0,13 <sup>cb</sup>
Cuerpo	7,50 ± 0,20 <sup>b</sup>	7,00 ± 0,20 <sup>c</sup>	6,88 ± 0,13 <sup>b</sup>	7,00 ± 0,20 <sup>cb</sup>
Uniformidad	10,00 ± 0,00 <sup>a</sup>	10,00 ± 0,00 <sup>a</sup>	10,00 ± 0,00 <sup>a</sup>	10,00 ± 0,00 <sup>a</sup>
Balance	7,25 ± 0,25 <sup>b</sup>	7,00 ± 0,00 <sup>c</sup>	6,88 ± 0,24 <sup>b</sup>	6,75 ± 0,14 <sup>c</sup>
Taza Limpia	10,00 ± 0,00 <sup>a</sup>	10,00 ± 0,00 <sup>a</sup>	10,00 ± 0,00 <sup>a</sup>	10,00 ± 0,00 <sup>a</sup>
Dulzura	10,00 ± 0,00 <sup>a</sup>	10,00 ± 0,00 <sup>a</sup>	10,00 ± 0,00 <sup>a</sup>	10,00 ± 0,00 <sup>a</sup>
Apreciación general	6,75 ± 0,25 <sup>b</sup>	7,00 ± 0,00 <sup>c</sup>	6,88 ± 0,13 <sup>b</sup>	6,63 ± 0,24 <sup>c</sup>

Los valores representan (promedio ± SEM) los datos provienen del experimento (n=4) valores de una misma columna con superíndices diferentes son significativos (p<005). Una taza, corresponde a 9 g/100ml.





**Figura 12:** Representación de atributos evaluados en catación de café con tostado oscuro.

Los resultados de catación de café por variedad y estado de madurez en el tostado oscuro se presenta en el cuadro 12 y figura 12. Analizando estadísticamente los puntajes se encontró diferencia estadística significativa (A-XXXII, A-XXXIII, A-XXXIV y A-XXXV). Los calificativo mayores en los atributos de fragancia/aroma, cuerpo, balance y sabor correspondió a típica sobre maduro; en los atributos posgusto y acidez el mayor pontaje fue para típica sobre maduro y bourbon maduro; para los atributos uniformidad, taza limpia y dulzura los puntajes fueron iguales para típica sobre maduro, bourbon maduro y sobre maduro y catimor maduro; finalmente con respecto al atributo de apariencia general el puntaje más alto correspondió a bourbon maduro.

Analizando los resultados de la evaluación sensorial en los 10 atributos establecidos en el tostado oscuro se encontró que el puntaje más alto correspondió a la variedad típica sobre maduro alcanzando el mayor puntaje en 9 atributos a excepción de apariencia general, el segundo lugar correspondió a la variedad bourbon maduro con la aprobación de 7 atributos a excepción de sabor, cuerpo y balance. La variedad catimor maduro logró calificativos altos en 4 atributos fragancia/aroma, uniformidad, taza limpia y dulzura y la variedad bourbon sobre maduro solo logro puntaje alto en taza limpia y dulzura. Al respecto **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, acidez y cuerpo. Los tostados más oscuros pierden estos sabores pero ganan complejidad y un sabor a carbón.

## V. CONCLUSIONES

- El mayor contenido de polifenoles en grano oro de café por variedad y estado de madurez correspondió al bourbon verde 472,72 equiv. catequina (mg/taza); el mayor contenido de polifenoles en grano oro de café con tostado claro y medio fue para la variedad pachi sobre maduro 565,19 y 483,22 equiv. catequina (mg/taza) y en tostado oscuro el bourbon maduro 443,58 equiv. catequina (mg/taza).
- El mejor perfil sensorial en tostado claro fue para bourbon maduro y sobre maduro, caturra madura y sobre madura, en tostado medio fue bourbon sobre maduro y el tostado oscuro correspondió típica sobre maduro.
- Los atributos de catación son afectados por el grado de tostado, variedad y estado de madurez. En tostado claro y medio fue el mejor el bourbon sobre maduro y en tostado oscuro típica sobre madura.

## **VI. RECOMENDACIONES**

- Cuantificar el contenido de ácido clorogénico, cafeico en la variedad bourbon por tener mejor contenido de polinoles y atributos sensoriales.
- Realizar estudios de correlación de la actividad antioxidante y las variedades cultivadas en la región.
- Evaluar el efecto de la fermentación, secado y almacenamiento en la actividad antioxidante del grano oro de café.
- Estudiar la actividad antioxidante y la calidad de café de taza que se comercializa en Tingo María.
- Estudiar los parámetros tecnológicos para la elaboración de bebidas de café con actividad antioxidante.

## VII. BIBLIOGRAFIA

- AGENCIA DE COOPERACIÓN TÉCNICA ALEMANA – GTZ (ACTA-GTZ).  
2007. Ficha técnica y comercial del café. Programa desarrollo rural sostenible. Lima – Perú. 13p.
- AGUSTÍ, M. 2004. Fruticultura. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid. 493 p.
- AKAZOME, Y. 2004. Characteristic and physiological functions of polyphenols from apples. *Bio Factor*. 22:311-314.
- ALLER, L. 2008. Papel de los flavonoides del té en la protección cardiovascular. *An. Med. Interna*. Madrid, España. 25(3):105-107.
- AOAC. 1997. Official Methods of analysis of AOAC (Association of official analytical chemists) International; Agricultural Chemicals, Foods, Contaminants and Drugs. V1 y V2 Arlington: A.O.A.C. Inc. 2658 p.
- ARELLANO, L. , SAUCEDO, C. , AREVALO, L. 2005. Cambios bioquímicos y fisiológicos durante la maduración de frutos de zapote negro (*Diospyros digyna* Jacq.). *Agrociencia*. 39:173-181
- ASOCIACIÓN MEXICANA DE CAFÉS Y CAFETERÍAS DE ESPECIALIDAD A.C. (AMCCE). 2007. Introducción al tueste de café. México D.F. Boletín informativo N°7. 6 p.
- BARRIOS, A., OVALLE DE LA VEGA, C., DAVILA, R., VALDE, R., SOLÍS, M., MUÑOZ, R. 1998. Beneficiado Húmedo y su Control de Calidad. In

- Manual de Caficultura. ANACAFE. Ciudad de Guatemala. Guatemala. p 229-259.
- BERK, Z. BRAVERMAN, J.B.S. 1986. Introducción a La bioquímica de los alimentos de J.B.S. Braverman. Mexico D.F. El manual moderno. 358 p.
- BERTHAUD, J., CHARRIER, A. 1988. Genetic resources of Coffea. In: CLARKE, R. J.; MACRAE, R. Coffee: Agronomy. London: Elsevier Applied Science. 4:1-42.
- BRAVO, L. 1998. Poliphenol: chemistry, dietary sources, metabolism and nutritional significance. Nutr Rev. 56 (11): 317-333.
- CASTAÑEDA, P. 2007. Bases potenciales: De la chacra cafetalera diversificada y amigable con el medio ambiente. Edit. TECNATROP S.R.L. Lima – Perú. 190 p.
- CASTAÑEDA, P. 1997. Manual técnico cafetalero. Convenio USAID-Lima, Perú. 162pp.
- CENTRO DE COMERCIO INTERNACIONAL (CCI). 1992. Café: Guía del Exportador. Suiza. Centro de Comercio Internacional (CCI). 402 p.
- CHAGAS, S. 1994. Caracterização química e qualitativa de cafés de alguns municipios de três regiões produtoras de Minas Gerais. Lavras. Universidade Federal de Lavras. 83 p.
- CLARKE, R. 1985. Green Coffee Processing. In Clifford, M; Willson, K Eds. Coffee: Botany, Biochemistry an Production of Beans and Beverage. Great Britain. Croom Helm. p 230-250.
- COSTE, A. 1969. El café. Editorial Salvat S.A. Lima-Perú. 289p.

- COOPERATIVA AGRARIA INDUSTRIAL NARANJILLO Ltda. 2008. Método de cata de café.
- DUARTE, S., ABREU, C., MENESES, H., SANTOS, M., GOUVÊA, C. 2005. Efecto of processing and roasting on the antioxidant activity of coffee brews. *Ciênc. Tecnol. Aliment. Campinas.* 25 (2): 387-393.
- FARAH, A., DONANGELO, C. 2006. phenolic compounds in coffee. *Braz. J. Plant. Physiol.* 18(1):23-26.
- FAO/OMS. 1984. Manuales para el control de calidad de los alimentos: pos cosecha de frutas y hortalizas. Roma. Italia. 161 p.
- FERNÁNDES, S., PINTO, N., THÉ, P., PEREIRA, P., CARVALHO, V. 2001. Teores de polifenóis, ácido clorogénico, cafeína e proteína em café torrado. *Ver. Braz. de agrociência.* 7(3):197-199.
- FRANKEL, N., WATERHOUSE, L., TEISSEDE, R. L., 1995. principal phenolic phytochemicals in selected California wine and their antioxidant activity in inhibiting oxidation of human low density lipoproteins. *J. Agric. Food chem.* 43:890-894.
- GARAYAR, H., COBRERA. 1992. El café de Nicaragua. Editorial Lumisa S.A. p 240-245.
- GONZÁLES, Y., PEÑA M., SÁNCHEZ, R., SANTONA, L. 2001. Taninos de diferentes especies vegetales en la prevención del fotoenvejecimiento. *Revista Cubana Investigación Biomed.* 20(1):16-20.
- GUTIERREZ, A. 2002. Café antioxidantes y protección a la salud. *Medisan.* 6(4):72-81.

- HAWNG, E., BOWEN, P. 2005. Effects of tomato paste extracts on cell proliferation, cell-cycle arrest and apoptosis in LNCaP human prostate cancer cell. *Bio Factor*. 22: 241-243.
- ISAZA, H. 2007. Taninos o polifenoles vegetales. *Scientia et technica* año XIII, N°33. p. 13-18
- KATZEFF, P. 2001. El manifiesto de los catadores de café. 1 ed. April Pojman. 84 p.
- KIRK, R. SAWYER, R. EGAN, H. 2006. Composición y análisis de alimentos de Pearson, 2<sup>da</sup> ed. Edit. Continental. Mexico.
- LA TORRE, C. 2003. Cosecha y procesos del beneficio de café. 1 ed. Charles de Weck. 31 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. Mag. Sc. en agroforestería tropical. Turrialba, Costa Rica. Escuela de posgrado del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. 92 p.
- LINGLE, T. 1999. Fundamentos para la catación de café. ABECAFE Abril-Mayo-Junio. p 21-22.
- MARÍN, S. M., ARCILA, J., MONTIYA, E. C., OLIVERO, C. E. 2003. Cambios físicos y químicos durante la maduración del fruto de café (*coffea arábica* L. var. colombia). *Cenicafe*. 54:208-225.
- MARTÍNEZ-VALVERDE, I., PERIAGO, M., ROS, G. 2000. Significado nutricional de los compuestos fenólicos de la dieta. *Archivos*



- Latinoamericanos de nutrición. Órgano oficial de la sociedad latinoamericana de nutrición. 50(1):5-15.
- 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. R. Bras. Armaz, Especial café – Viçosa – MG, 5:55-59.
- MORAIS, S., AQUINO, F., NASCIMENTO, E., OLIVEIRA, G., CHANG, R., SANTOS, N., ROSA, G. 2008. Análise de compostos bioativos, grupos ácidos e d actividade antioxidante do café arábica (*coffea arabica*) do cerrado e de seus grãos defeituosos (PVA) submetidos a diferentes torras.
- MONROIG I. 2005. Descripción botánica del cafeto. [En línea]: Ecos del café. (<http://academic.uprm.edu/mmonroig/id51.htm>). Documento, 14 Dic. 2009.
- MUÑOZ, A., RAMOS, D., ALVARADO, C., CASTAÑEDA, B. 2007. Evaluación de la capacidad antioxidante y contenido de compuestos fenolicos en recursos vegetales promisorios. Rev. Soc. Quím. Perú. 73, N°3:142-149.
- MURILLO, E. 2003. Desarrollo de perfiles de tostado de café. Centro de desarrollo de agronegocios. FINTRAC – Honduras. 2 p.
- NASCIMENTO, L., LIMA, L., PICOLLI, R., FIORINI, J., DUARTE, J., SILVA, J., OLIVEIRA, N., VEIGA, S., 2008. Ozônio e ultra-som: processos alternativos para o tratamento do café despulpado. Ciênc. Tecnol. Aliment., Campinas, 28(2):282-294.

- NOSTI N., J. 1973. Cacao, café y té. Editorial Salvat S.A. 3ª edición. Barcelona. España. 687 p.
- POTTER, N. 1978. La ciencia de los alimentos. Edit. Edutex. México, D.F. 749 p.
- PUERTA, G. 2000. Influencia de los granos de café cosechados verdes, en la calidad física y organoléptica de la bebida. Cenicafé. 51(2):136-150.
- RENDÓN, M. 2007. Acidez do café e a qualidade da bebida. Londrina, Brasil. Universidade Estadual de Londrina. 84 p.
- REYES, P. 1989. Bioestadística aplicada: agronomía, biología, química. 4<sup>ta</sup> impresión. Edit. Trilla S.A. México. 217 p.
- ROSSKAMP P., R. 1996. Proyecto café orgánico. Editorial Novella S.A. Lima-Perú. 167p.
- SANDOVAL, M.; OKUHAMA, N.; ÁNGELES, F.; MELCHOR, V.; CONDEZO, L.; LAO, J.; MILLER, M. 2001. Antioxidant activity of the cruciferous vegetable maca (*Lepidium meyenii*). Publicacion aceptada. Food chemistry. p1-23.
- SHAIJI, F., NACZK, M. 1995. Foods phenolics. Sources, chemistry, effects, application. Technomic, publishing CO. INC. eds. Lancaster. Pennsylvania, USA.
- SHANKARANARAYANA, M; ABRAHAM, K. 1986. Evaluation of Coffee Quality Using Chemical and Instrumental Methods. Journal of Coffee Research 16(12):14-22.

- SIQUEIRA, H., ABREU, C. 2006. composição físico-química e qualidade do café submetido a dois tipos de torração e com diferentes formas de processamento. *Ciênc. Agrotec. Lavras*. 30(1):112-117.
- VAAST, P., PERRIOT, J., CILAS, C. 2003. Mejoramiento y Fortalecimiento en los Procesos de Certificación de Calidades y Comercialización del Café. Reporte. CIRADUNICAFE. 40 p.
- VARGAS, D., SOT, M., GONZALEZ, V., ENGLEMAN, M., MARTINEZ, A. 2006. Cinética de acumulación y distribución de flavonoides en guayaba (*Psidium guayaba L.*). *AGROCIENCIA*. 40:109-115.
- WATSON C., E. 1985. Cultivos tropicales adaptados a la Selva Alta Peruana. Editorial Abril S.A. Lima-Perú. 403p.
- WHEELER, M. 2001. The speciality coffee market. In P, Baker. Eds. *Coffee Futures: A source book of some critical issues confronting the coffee industry*. Chinchina, Colombia. CABIFEDERACEFE, USADAICO. p 66-73.
- WERNER, B. 2007. Química de los alimentos. 1 ed. Edit. Acribia. S.A. Zaragoza. España. 494 p.
- WILLSON, K.C. 1985. Climate and soil. In: M.N. Clifford and K.C. Willson, eds. *Coffee: botany, biochemistry, and production of beans and beverage*. The AVI Publishing Company, Inc., Westport, CN. p. 97-107.
- WRIGLEY, G. 1988. *Coffee*. Longman Scientific Technical and John Wiley & Sons, Inc. New York. 639 p.

ZULUAGA, V. 1990. Los factores que determinan la calidad del café verde. Chinchiná, Colombia. Centro Nacional de Investigaciones de Café. 50 Años de Cenicafé 1938-1988. Conferencias conmemorativas. P. 167-183.

## **IX. ANEXO**

A-I.- Formulario de catación

La Asociación de Cafés Especiales de América.

Nombre: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

Muestra #	Nivel de Tostado	Fragmentos/Aroma	Sabor	Acidez	Cuerpo	Uniformidad	Traza Limpia	Defectos (Única muestra)	Puntaje Total
	Puntaje 	Puntaje 	Puntaje 	Puntaje 	Puntaje 	Puntaje 	Puntaje 	Puntaje 	Puntaje 
Nivel de Tostado 		Puntaje 	Puntaje 	Puntaje 	Puntaje 	Puntaje 	Puntaje 	Puntaje 	Puntaje 
Notas: _____									
Puntaje Final									

Muestra #	Nivel de Tostado	Fragmentos/Aroma	Sabor	Acidez	Cuerpo	Uniformidad	Traza Limpia	Defectos (Única muestra)	Puntaje Total
	Puntaje 	Puntaje 	Puntaje 	Puntaje 	Puntaje 	Puntaje 	Puntaje 	Puntaje 	Puntaje 
Nivel de Tostado 		Puntaje 	Puntaje 	Puntaje 	Puntaje 	Puntaje 	Puntaje 	Puntaje 	Puntaje 
Notas: _____									
Puntaje Final									

Muestra #	Nivel de Tostado	Fragmentos/Aroma	Sabor	Acidez	Cuerpo	Uniformidad	Traza Limpia	Defectos (Única muestra)	Puntaje Total
	Puntaje 	Puntaje 	Puntaje 	Puntaje 	Puntaje 	Puntaje 	Puntaje 	Puntaje 	Puntaje 
Nivel de Tostado 		Puntaje 	Puntaje 	Puntaje 	Puntaje 	Puntaje 	Puntaje 	Puntaje 	Puntaje 
Notas: _____									
Puntaje Final									

**A-II.-Análisis de varianza de los resultados de humedad.**

Fuente de variación	GL	SC	CM	FC	Sig.
Tratamiento	14	4,54977778	0,32498413	14,20	**
Error	30	0,68666667	0,02288889		
Total	44	5,23644444			
$r^2 = 0,868868$ CV =1,328147 SEM = 0,151291 Promedio = 11,39111					

**A-III.- Análisis de varianza de los resultados de acidez.**

Fuente de variación	GL	SC	CM	FC	Sig.
Tratamiento	14	7654,501546	546,750110	88,90	**
Error	30	184,500042	6,150001		
Total	44	7839,001588			
$r^2 = 0,976464$ CV =1,373917 SEM = 2,479920 Promedio = 180,50					

**A-IV.- Análisis de varianza de los resultados de sólidos solubles.**

Fuente de variación	GL	SC	CM	FC	Sig.
Tratamiento	14	47,4862978	3,3918784	1,27	n.s
Error	30	79,9472667	2,6649089		
tal	44	127,4335644			
$r^2 = 0,372636$ CV =6,392536 SEM = 1,632455 Promedio = 25,53689					

**A-V.-** Análisis de varianza con arreglo factorial de la cuantificación de polifenoles totales en granos de café oro por variedad y estado de madurez.

Fuente de variación	GL	SC	CM	FC	Sig.
Variedad	4	25485,6239	6371,4060	167,48	**
Estado de madurez	2	106413,7262	53206,8631	1398,61	**
Variedad * Estado de madurez	8	7221,2547	902,6568	23,73	**
Error	120	4565,1257	38,0427		
<b>Total</b>	<b>134</b>	<b>143685,7305</b>			
$r^2 = 0,970493$ $CV = 3,740945$ $SEM = 0,292261$ Promedio = 7,812500					

**A-VI.-** Análisis de varianza de la cuantificación de polifenoles totales en granos de café oro por variedad y estado de madurez verde.

Fuente de variación	GL	SC	CM	FC	Sig.
Tratamiento	4	11174,93154	2793,73288	131,50	**
Error	40	849,83385	21,24585		
<b>Total</b>	<b>44</b>	<b>12024,76539</b>			
$r^2 = 0,929326$ $CV = 1,021464$ $SEM = 4,609322$ Promedio = 451,2465					

**A-VII.-** Análisis de varianza de la cuantificación de polifenoles totales en granos de café verde por variedad y estado de madurez maduro.

Fuente de variación	GL	SC	CM	FC	Sig.
Tratamiento	4	6412,793006	1603,198251	20,96	**
Error	40	3059,492138	76,487303		
<b>Total</b>	<b>44</b>	<b>9472,285144</b>			
$r^2 = 0,677006$ $CV = 2,217823$ $SEM = 8,745702$ Promedio = 394,3372					



**A-VIII.- Análisis de varianza de la cuantificación de polifenoles totales en granos de café por variedad y estado de madurez sobremaduro.**

Fuente de variación	GL	SC	CM	FC	Sig.
Tratamiento	4	12693,53003	3173,38251	33,61	**
Error	40	3776,63818	94,41595		
Total	40	3776,63818	94,41595		
$r^2 = 0,770698$ CV = 2,509220 SEM = 9,716787 Promedio = 387,2433					

**A-IX.- Análisis de varianza con arreglo factorial de la cuantificación de polifenoles totales en granos de café con tostado claro por variedad y estado de madurez.**

Fuente de variación	GL	SC	CM	FC	Sig.
Variedad	4	591,48373	147,87093	0,66	n.s.
Estado de madurez	2	23186,24705	11593,12353	51,79	**
Variedad * Estado de madurez	8	41734,77915	5216,84739	23,31	**
Error	120	26861,87509	223,84896		
Total	134	92374,38502			
$r^2 = 0,709206$ CV = 2,816597 SEM = 14,96158 Promedio = 531,1936					

**A-X.- Análisis de varianza de la cuantificación de polifenoles totales en granos de café con tostado claro por variedad y estado de madurez verde.**

Fuente de variación	GL	SC	CM	FC	Sig.
Tratamiento	4	26950,69499	6737,67375	25,07	**
Error	40	10749,25856	268,73146		
Total	44	37699,95355			
$r^2 = 0,714873$ CV = 3,197423 SEM = 16,39303 Promedio = 512,6951					

**A-XI.- Análisis de varianza de la cuantificación de polifenoles totales en granos de café con tostado claro por variedad y estado de madurez maduro.**

Fuente de variación	GL	SC	CM	FC	Sig.
Tratamiento	4	3827,23366	956,80842	3,16	*
Error	40	12122,57256	303,06431		
Total	44	15949,80622			
$r^2 = 0,239955$ $CV = 3,215307$ $SEM = 17,40874$ Promedio = 541,4333					

**A-XII.- Análisis de varianza de la cuantificación de polifenoles totales en granos de café con tostado claro por variedad y estado de madurez sobremaduro.**

Fuente de variación	GL	SC	CM	FC	Sig.
Tratamiento	4	11548,33422	2887,08356	28,94	**
Error	40	3990,04398	99,75110		
Total	44	15538,37820			
$r^2 = 0,743214$ $CV = 1,851424$ $SEM = 9,987547$ Promedio = 539,4522					

**A-XIII.-** Análisis de varianza con arreglo factorial de la cuantificación de polifenoles totales en granos de café con tostado medio por variedad y estado de madurez.

Fuente de variación	GL	SC	CM	FC	Sig.
Variedad	4	35127,86281	8781,96570	34,43	**
Estado de madurez	2	20670,58661	10335,29331	40,52	**
Variedad * Estado de madurez	8	37068,56125	4633,57016	18,17	**
Error	120	30605,9222	255,0494		
<b>Total</b>	<b>134</b>	<b>123472,9329</b>			
$r^2 = 0,752124$ $CV = 3,497583$ $SEM = 15,97026$ Promedio = 456,6086					

**A-XIV.-** Análisis de varianza de la cuantificación de polifenoles totales en granos de café con tostado medio por variedad y estado de madurez verde.

Fuente de variación	GL	SC	CM	FC	Sig.
Tratamiento	4	28376,07704	7094,01926	18,04	**
Error	40	15725,82426	393,14561		
<b>Total</b>	<b>44</b>	<b>44101,90130</b>			
$r^2 = 0,643421$ $CV = 4,473101$ $SEM = 19,82790$ Promedio = 443,2697					

**A-XV.- Análisis de varianza de la cuantificación de polifenoles totales en granos de café con tostado medio por variedad y estado de madurez maduro.**

Fuente de variación	GL	SC	CM	FC	Sig.
Tratamiento	4	25708,86165	6427,21541	25,68	**
Error	40	10011,36790	250,28420		
Total	44	35720,22955			
$r^2 = 0,719728$ CV = 3,488748    SEM = 15,82037    Promedio = 453,4685					

**A-XVI.- Análisis de varianza de la cuantificación de polifenoles totales en granos de café con tostado medio por variedad y estado de madurez sobremaduro.**

Fuente de variación	GL	SC	CM	FC	Sig.
Tratamiento	4	18111,48537	4527,87134	37,20	**
Error	40	4868,73009	121,71825		
Total	44	22980,21546			
$r^2 = 0,788134$ CV = 2,332041    SEM = 11,03260    Promedio = 473,0877					

**A-XVII.-** Análisis de varianza con arreglo factorial de la cuantificación de polifenoles totales en granos de café con tostado oscuro por variedad y estado de madurez.

Fuente de variación	GL	SC	CM	FC	Sig.
Variedad	4	59767,47166	14941,86791	40,83	**
Estado de madurez	2	21035,18591	10517,59295	28,74	**
Variedad * Estado de madurez	8	96994,47386	12124,30923	33,13	**
Error	120	43914,6568	365,9555		
Total	134	221711,7882			
$r^2 = 0,801929$ $CV = 4,963912$ $SEM = 19,12996$ Promedio = 385,3808					

**A-XVIII.-** Análisis de varianza de la cuantificación de polifenoles totales en granos de café con tostado oscuro por variedad y estado de madurez verde.

Fuente de variación	GL	SC	CM	FC	Sig.
Tratamiento	4	86796,51395	21699,12849	80,78	**
Error	40	10744,30810	268,60770		
Total	44	97540,82205			
$r^2 = 0,889848$ $CV = 4,448803$ $SEM = 16,38926$ Promedio = 368,3970					

**A-XIX.-** Análisis de varianza de la cuantificación de polifenoles totales en granos de café con tostado oscuro por variedad y estado de madurez maduro.

Fuente de variación	GL	SC	CM	FC	Sig.
Tratamiento	4	59563,70992	14890,92748	35,52	**
Error	40	16767,95858	419,19896		
Total	44	76331,66850			
$r^2 = 0,780328$ CV = 5,253835 SEM = 20,47435 Promedio = 389,7029					

**A-XX.-** Análisis de varianza de la cuantificación de polifenoles totales en granos de café con tostado oscuro por variedad y estado de madurez sobremaduro.

Fuente de variación	GL	SC	CM	FC	Sig.
Tratamiento	4	10401,72165	2600,43041	6,34	*
Error	40	16402,39011	410,05975		
Total	44	26804,11176			
$r^2 = 0,388064$ CV = 5,087380 SEM = 20,24993 Promedio = 398,0425					

**A-XXI.-** Análisis de varianza de la catación en granos de café con tostado claro por variedad y estado de madurez.

Fuente de variación	GL	SC	CM	FC	Sig.
Tratamiento	14	3247,431250	231,959375	18,35	**
Error	45	568,796875	12,639931		
Total	59	3816,228125			
$r^2 = 0,850953$ CV = 4,750650 SEM = 3,555268 Promedio = 74,83750					

**A-XXII.- Análisis de varianza de la catación en granos de café con tostado  
medio por variedad y estado de madurez.**

Fuente de variación	GL	SC	CM	FC	Sig.
Tratamiento	14	4057,993750	289,856696	14,03	**
Error	45	929,984375	20,666319		
Total	59	4987,978125			
$r^2 = 0,813555$ $CV = 6,181910$ $SEM = 4,546022$ Promedio = 73,53750					

**A-XXIII.- Análisis de varianza de la catación en granos de café con tostado  
oscuro por variedad y estado de madurez.**

Fuente de variación	GL	SC	CM	FC	Sig.
Tratamiento	14	8791,156250	627,939732	775,83	**
Error	45	36,421875	0,809375		
Total	59	8827,578125			
$r^2 = 0,995874$ $CV = 1,286367$ $SEM = 0,899653$ Promedio = 69,93750					

**A-XXIV.- Análisis de varianza de los atributos en catación de café Bourbon  
maduro con tostado claro.**

Fuente de variación	GL	SC	CM	FC	Sig.
Tratamiento	9	36,28125000	4,03125000	6,26	**
Error	30	19,31250000	0,64375000		
Total	39	55,59375000			
$r^2 = 0,652614$ $CV = 9,509219$ $SEM = 0,802340$ Promedio = 8,437500					

**A-XXV.- Análisis de varianza de los atributos en catación de café Bourbon  
sobremaduro con tostado claro.**

Fuente de variación	GL	SC	CM	FC	Sig.
Tratamiento	9	57,65000000	6,40555556	45,22	**
Error	30	4,25000000	0,14166667		
Total	39	61,90000000			
$r^2 = 0,931341$ $CV = 4,590077$ $SEM = 0,376386$ Promedio = 8,200000					

**A-XXVI.- Análisis de varianza de los atributos evaluados en catación de café  
Caturra sobremaduro con tostado claro.**

Fuente de variación	GL	SC	CM	FC	Sig.
Tratamiento	9	65,28125000	7,25347222	45,22	**
Error	30	4,81250000	0,16041667		
Total	39	70,09375000			
$r^2 = 0,931342$ $CV = 4,967696$ $SEM = 0,400520$ Promedio = 8,062500					

**A-XXVII.- Análisis de varianza de los atributos en catación de café Caturra  
maduro con tostado claro.**

Fuente de variación	GL	SC	CM	FC	Sig.
Tratamiento	9	67,97500000	7,55277778	37,76	**
Error	30	6,00000000	0,20000000		
Total	39	73,97500000			
$r^2 = 0,918892$ $CV = 5,572755$ $SEM = 0,447214$ Promedio = 8,025000					



**A-XXVIII.- Análisis de varianza de los atributos en catación de café de Bourbon  
sobremaduro con tostado medio.**

Fuente de variación	GL	SC	CM	FC	Sig.
Tratamiento	9	65,28125000	7,25347222	65,69	**
Error	30	3,31250000	0,11041667		
Total	39	68,59375000			
$r^2 = 0,951708$ CV =4,121427 SEM = 0,332290 Promedio = 8,062500					

**A-XXIX.- Análisis de varianza de los atributos en catación de café Catimor  
sobremaduro con tostado medio.**

Fuente de variación	GL	SC	CM	FC	Sig.
Tratamiento	9	70,55625000	7,83958333	50,17	**
Error	30	4,68750000	0,15625000		
Total	39	75,24375000			
$r^2 = 0,937702$ CV =4,948791 SEM = 0,395285 Promedio = 7,987500					

**A-XXX.- Análisis de varianza de los atributos en catación de café Bourbon  
maduro con tostado medio.**

Fuente de variación	GL	SC	CM	FC	Sig.
Tratamiento	9	69,80625000	7,75625000	59,10	**
Error	30	3,93750000	0,13125000		
Total	39	73,74375000			
$r^2 = 0,946606$ CV =4,535642 SEM = 0,362284 Promedio = 7,987500					

**A-XXXI.- Análisis de varianza de los atributos en catación de café Pachi**  
sobremaduro con tostado medio.

Fuente de variación	GL	SC	CM	FC	Sig.
Tratamiento	9	77,85000000	8,65000000	61,06	**
Error	30	4,25000000	0,14166667		
Total	39	82,10000000			
$r^2 = 0,948234$ CV = 4,764384 SEM = 0,376386 Promedio = 7,900000					

**A-XXXII.- Análisis de varianza de los atributos en catación de café Typica**  
sobremaduro con tostado oscuro.

Fuente de variación	GL	SC	CM	FC	Sig.
Tratamiento	9	66,15625000	7,35069444	64,15	**
Error	30	3,43750000	0,11458333		
Total	39	69,59375000			
$r^2 = 0,950606$ CV = 4,198469 SEM = 0,338502 Promedio = 8,062500					

**A-XXXIII.- Análisis de varianza de los atributos en catación de café Bourbon**  
maduro con tostado oscuro.

Fuente de variación	GL	SC	CM	FC	Sig.
Tratamiento	9	70,87656250	7,87517361	166,16	**
Error	30	1,42187500	0,04739583		
Total	39	72,29843750			
$r^2 = 0,980333$ CV = 2,727716 SEM = 0,217706 Promedio = 7,981250					

**A-XXXIV.- Análisis de varianza de los atributos en catación de café Bourbon  
sobremaduro con tostado oscuro.**

Fuente de variación	GL	SC	CM	FC	Sig.
Tratamiento	9	82,02500000	9,11388889	72,91	**
Error	30	3,75000000	0,12500000		
Total	39	85,77500000			
$r^2 = 0,956281$ $CV = 4,518254$ $SEM = 0,353553$ Promedio = 7,825000					

**A-XXXV.- Análisis de varianza de los atributos en catación de café Catimor  
maduro con tostado oscuro.**

Fuente de variación	GL	SC	CM	FC	Sig.
Tratamiento	9	84,28125000	9,36458333	109,63	**
Error	30	2,56250000	0,08541667		
Total	39	86,84375000			
$r^2 = 0,970493$ $CV = 3,740945$ $SEM = 0,292261$ Promedio = 7,812500					