



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

APROVECHAMIENTO AGROINDUSTRIAL DE LA PULPA Y CASCARILLA  
DEL CAFÉ (*Coffea arabica*) VARIEDAD CATURRA  
EN EL NOROCCIDENTE DE PICHINCHA.

Autora

Lida Dayanna Suárez Albarracín

Año  
2018



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

APROVECHAMIENTO AGROINDUSTRIAL DE LA PULPA Y CASCARILLA  
DEL CAFÉ (*Coffea arabica*) VARIEDAD CATURRA EN EL NOROCCIDENTE  
DE PICHINCHA.

Trabajo de Titulación presentado en conformidad con los requisitos  
establecidos para optar por el título de Ingeniera Agroindustrial y de Alimentos

Profesor Guía

MSc. Gustavo Adolfo Guerrero Marín

Autora

Lida Dayanna Suárez Albarracín

Año

2018

## **DECLARACIÓN PROFESOR GUÍA**

"Declaro haber dirigido el trabajo, Aprovechamiento agroindustrial de la pulpa y cascarilla del café (*Coffea arabica*) variedad caturra en el Noroccidente de Pichincha, a través de reuniones periódicas con la estudiante Lida Dayanna Suárez Albarracín, en el semestre 2018-2, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación".

---

Gustavo Adolfo Guerrero Marín  
Máster en Desarrollo e Innovación de Alimentos  
CI. 1719602144

## DECLARACIÓN DEL PROFESOR CORRECTOR

"Declaro haber revisado este trabajo, Aprovechamiento agroindustrial de la pulpa y cascarilla del café (*Coffea arabica*) variedad caturra en el Noroccidente de Pichincha, de la estudiante Lida Dayanna Suárez Albarracín, en el semestre 2018-2 dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación".

---

Héctor Abel Palacios Cabrera  
Doctor en.Tecnología de Alimentos  
CI. 0912277480

## **DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE**

“Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes”.

---

Lida Dayanna Suárez Albarracín  
CI. 1722902655

## **AGRADECIMIENTOS**

Le agradezco a Dios por ser mi guía y mi fortaleza, a mi familia por ser el motor para haber culminado mi carrera, a mi novio Ángel Varela por la paciencia, amor y apoyo incondicional a lo largo de mi etapa universitaria, a mi tutor por la dedicación, tiempo y sabiduría transmitida.

## **DEDICATORIA**

Dedico este proyecto de titulación a mi familia, especialmente a Sofía Suárez quien ha sido mi motivación, mi apoyo y sobre todo mi fuerza para jamás rendirme y culminar con éxito esta etapa.

## RESUMEN

Del café se explota exclusivamente la semilla, equivalente al 5% para elaborar bebidas, resultando un 95% de subproductos (pulpa, cascarilla, etc.) que en su mayoría son desechados, causando contaminación al suelo, aire, agua, proliferando plagas. En el Noroccidente de Pichincha, la var. *caturrea* representa el 54% de la producción total de café. El 58% de los caficultores realizan un tratamiento inadecuado a estos subproductos. Por lo tanto, el objetivo de este proyecto es la caracterización físico-química de la pulpa y cascarilla de café de var. *caturrea* para evaluar su potencial agroindustrial. Se realizó los análisis en estado fresco (color, olor, firmeza, pH, sólidos solubles totales) y en estado seco (humedad, cenizas, minerales, carbohidratos, fibra, proteína). La metodología respectiva fue: colorimetría, sensorial, penetrometría, potenciometría, refractometría, secado en estufa al vacío, espectrofotometría, gravimetría, Kjeldhal y revisión bibliográfica de trabajos similares para evaluar el potencial agroindustrial. Los resultados de la caracterización físico-química fueron los siguientes: pulpa de color naranja moderadamente oscuro, con olor muy fuerte a dulce cítrico moderado y cascarilla de color rojo muy oscuro con olor débilmente perceptible a cítrico leve; firmeza polar de 12,3 (N) y firmeza ecuatorial de 12,24 (N) (cereza de café); pH de 4,96 y 5,98 (pulpa y cascarilla); 12,5 °brix y 4,4 °brix sólidos solubles totales (pulpa y cascarilla); 88,94% y 13,99% humedad (pulpa y cascarilla); 15,03% y 3,96% cenizas (pulpa y cascarilla); Ca (0,29%), P (0,20%), Mg (0,09%) y K (4,46%) (pulpa); 3,52% azúcares totales y 3,25% de azúcares reductores (pulpa); 15,02% y 15,59% fibra (pulpa y cascarilla); 14,06% proteína (pulpa). Los potenciales agroindustriales fueron los siguientes: aprovechamiento de potasio en el desarrollo de bebidas isotónicas, harinas enriquecidas, fertilizantes, balanceados y en cosmetología: desodorantes; aprovechamiento de azúcares totales en la producción de bebidas alcohólicas, biocombustibles, edulcorantes y en cosmetología: shampoo. En conclusión, se realizó la caracterización físico-química de la pulpa y cascarilla de la cereza de café var. *caturrea* y se plantearon 9 potenciales agroindustriales.

## ABSTRACT

Coffee is harvested exclusively the seed, equivalent to 5% for drinks, resulting in a 95% of by-products (pulp, husk, etc.), the majority of which are discarded, causing pollution to the soil, air, water, proliferating pests. In the northwest of Pichincha, the var. caturra represents the 54% of the total coffee production. The 58% of the coffee growers made an inappropriate treatment to these by-products. Therefore, the objective of this project is the physical-chemical characterization of the pulp and coffee husk of var. caturra to later evaluate its agro-industrial potential. The analysis was performed in fresh state (color, smell, firmness, pH, total soluble solids) and in the dry state (humidity, minerals, carbohydrates, fiber, ash, protein). The respective methodology was: colorimetry, sensory, penetrometry, potentiometry, refractometry, drying in vacuum stove, spectrophotometry, gravimetry, Kjeldhal and bibliographic review of similar works to evaluate the agro-industrial potential. The results of the physico-chemical characterization were the following: pulp of moderately dark orange color, with a very strong odor of moderate citrus sweet and a very dark red color with a faint smell perceptible to mild citrus; polar firmness of 12.3 (N) and equatorial firmness of 12.24 (N) (coffee cherry); pH of 4.96 and 5.98 (pulp and husk); 12.5° brix and 4.4° brix total soluble solids (pulp and husk); 88.94% and 13.99% humidity (pulp and husk); 15.03% and 3.96% ashes (pulp and husk); Ca (0.29%), P (0.20%), Mg (0.09%) and K (4.46%) (pulp); 3.52% total sugars and 3.25% reducing sugars (pulp); 15.02% and 15.59% fiber (pulp and husk); 14.06% protein (pulp). cherry. The agroindustrial potentials were the following: use of potassium in the development of isotonic drinks, fortified flour, fertilizers, balanced and in cosmetology: deodorants; use of total sugars in the production of alcoholic beverages, biofuels, sweeteners and in cosmetology: shampoo. In conclusion, the physical-chemical characterization of the pulp and husk of the coffee cherry var. caturra and 9 agro-industrial potentials were raised.

# ÍNDICE

INTRODUCCIÓN .....	1
OBJETIVOS .....	3
Objetivo General.....	3
Objetivos Específicos .....	3
1. CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO .....	3
1.1 Generalidades del café .....	3
1.1.1 Origen y distribución .....	4
1.1.2 Taxonomía y morfología .....	7
1.1.3 Especies .....	9
1.1.4 Cultivo.....	11
1.1.4.1 Requerimientos agroecológicos .....	12
1.1.4.2 Buenas Prácticas Agrícolas .....	13
1.1.4.3 Manejo Integrado de Plagas .....	15
1.1.4.4 Cosecha .....	18
1.1.5 Importancia económica.....	22
1.1.5.1 A nivel mundial.....	22
1.1.5.2 A nivel nacional .....	24
1.1.5.3 A nivel local.....	25
1.1.6 Producción.....	26
1.1.6.1 Producción mundial.....	26
1.1.6.2 Producción nacional.....	27
1.1.6.3 Producción local.....	30
1.1.7 Consumo de café.....	32
1.1.8 Composición del café Coffea arábica .....	33

1.1.8.1	Composición química de la pulpa de café.....	35
1.1.8.2	Composición química de la cascarilla de café.....	38
1.1.9	Despulpado (obtención de pulpa y cascarilla de café).....	39
1.1.10	Industrialización del café .....	40
1.2	Características físico-químicas de pulpa y cascarilla .....	43
1.2.1	Características físicas.....	44
1.2.1.1	Color .....	44
1.2.1.2	Olor .....	44
1.2.1.3	Firmeza .....	44
1.2.2	Características químicas .....	45
1.2.2.1	pH .....	45
1.2.2.2	Humedad.....	46
1.2.2.3	Minerales.....	46
1.2.2.4	Carbohidratos.....	47
a)	Azúcares totales.....	47
b)	Azúcares reductores .....	48
1.2.2.5	Fibra.....	48
1.2.2.6	Cenizas .....	49
1.2.2.7	Proteínas.....	49
1.2.2.8	Sólidos solubles totales.....	50
2.	<b>CAPÍTULO II. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL.....</b>	<b>50</b>
2.1	Ubicación del experimento.....	50
2.1.1	Ubicación en el campo .....	50
2.1.2	Ubicación en el laboratorio .....	51
2.2	Análisis físico-químico del material vegetal fresco .....	52

2.2.1	Preparación del material vegetal .....	52
2.2.2	Análisis del color.....	53
2.2.3	Análisis del olor.....	53
2.2.4	Análisis de la firmeza.....	55
2.2.5	Análisis del pH.....	56
2.2.6	Análisis de sólidos solubles totales.....	57
2.3	Análisis físico-químico del material vegetal seco.....	58
2.3.1	Análisis de humedad .....	58
2.3.2	Análisis de cenizas .....	60
2.3.3	Análisis de minerales.....	60
2.3.4	Análisis de azúcares totales y azúcares reductores .....	61
2.3.5	Análisis de fibra .....	64
2.3.6	Análisis de proteína .....	67
2.4	Planteamiento de potenciales agroindustriales.....	69
2.5	Diseño experimental .....	69
3.	<b>CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>71</b>
3.1	Análisis físico-químico del material vegetal fresco .....	71
3.1.1	Determinación del color .....	71
3.1.2	Determinación del olor.....	73
3.1.3	Determinación de la firmeza .....	74
3.1.4	Determinación del pH .....	76
3.1.5	Determinación de sólidos solubles .....	78
3.2.1	Determinación de la humedad.....	81
3.2.2	Determinación de cenizas .....	83
3.2.3	Determinación de minerales .....	85

3.2.3.1	Calcio .....	85
3.2.3.2	Fósforo .....	87
3.2.3.3	Magnesio.....	88
3.2.3.4	Potasio .....	89
3.2.4	Determinación de azúcares totales y azúcares reductores .....	90
3.2.4.1	Azúcares totales.....	90
3.2.4.2	Azúcares reductores .....	92
3.2.5	Determinación de fibra.....	93
3.2.6	Determinación de proteína .....	95
3.3	Potenciales agroindustriales.....	97
3.3.1	Potasio.....	98
3.3.2	Azúcares.....	100
4.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	103
4.1	Conclusiones .....	103
4.2	Recomendaciones.....	104
	REFERENCIAS .....	105
	ANEXOS .....	117

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Superficie cafetalera en el Ecuador.....	5
Tabla 2. Taxonomía de Coffea spp. ....	7
Tabla 3. Plagas y enfermedades más comunes en el café .....	17
Tabla 4. Rendimiento de Coffea arábica en las provincias del Ecuador .....	29
Tabla 5. Rendimiento de Coffea robusta en las provincias del Ecuador .....	29
Tabla 6. Principales consumidores de café en el mundo .....	32
Tabla 7. Principales consumidores de café en América Latina .....	33
Tabla 8. Consumo per cápita de café en el Ecuador.....	33
Tabla 9. Composición química de la pulpa de café fresca en porcentaje.....	35
Tabla 10. Carbohidratos totales de la pulpa de café fresca en porcentaje.....	36
Tabla 11. Tipos de azúcares reductores de la pulpa de café fresca en g/L. ....	36
Tabla 12. Otros compuestos de la pulpa de café en porcentaje.....	37
Tabla 13. Principales minerales de la pulpa de café en porcentaje.....	37
Tabla 14. Composición química de la cascarilla de café en porcentaje. ....	38
Tabla 15. Otros compuestos de la cascarilla de café en porcentaje. ....	39
Tabla 16. Productos desarrollados a partir de los subproductos del café .....	41
Tabla 17. Descripción del campo .....	51
Tabla 18. Descripción del laboratorio de procesamiento de alimentos .....	51
Tabla 19. Escala de intensidad del olor.....	54
Tabla 20. Rotulación y soluciones de los 6 matraces.....	62
Tabla 21. Concentración de glucosa .....	63
Tabla 22. Descripción de los tratamientos .....	70
Tabla 23. Esquema del ANOVA del experimento.....	70
Tabla 24. Color de la pulpa de café.....	71
Tabla 25. Color de la cascarilla de café .....	72
Tabla 26. Olor de la pulpa y cascarilla de café.....	73
Tabla 27. ANOVA de la firmeza polar en cereza de café (n=12).....	75
Tabla 28. ANOVA de la firmeza ecuatorial en cereza de café (n=12). ....	75
Tabla 29. ANOVA del pH en pulpa (n=12). ....	76
Tabla 30. ANOVA del pH en cascarilla (n=12). ....	77
Tabla 31. ANOVA de sólidos solubles en pulpa (n=12).....	78

Tabla 32. ANOVA de sólidos solubles en cascarilla (n=12). .....	79
Tabla 33. Análisis Tukey al 5% de los tratamientos. ....	79
Tabla 34. Análisis físico-químico del material vegetal fresco .....	80
Tabla 35. ANOVA del contenido de humedad en pulpa (n=12).....	81
Tabla 36. ANOVA del contenido de humedad en cascarilla (n=12). ....	82
Tabla 37. ANOVA del contenido de cenizas en pulpa (n=12). ....	83
Tabla 38. ANOVA del contenido de cenizas en cascarilla (n=12). ....	84
Tabla 39. ANOVA del contenido de calcio en pulpa (n=12). ....	85
Tabla 40. Análisis Tukey al 5% de los tratamientos .....	86
Tabla 41. Análisis Tukey al 5% de las repeticiones.....	86
Tabla 42. ANOVA del contenido de fósforo en pulpa (n=12).....	87
Tabla 43. ANOVA del contenido de magnesio en pulpa (n=12). ....	88
Tabla 44. ANOVA del contenido de potasio en pulpa (n=12). ....	89
Tabla 45. ANOVA del contenido de azúcares totales en pulpa (n=12).....	91
Tabla 46. ANOVA del contenido de azúcares reductores en pulpa (n=12). ....	92
Tabla 47. Análisis Tukey al 5% de las repeticiones.....	93
Tabla 48. ANOVA del contenido de fibra en pulpa (n=12).....	94
Tabla 49. ANOVA del contenido de fibra en cascarilla (n=12). ....	94
Tabla 50. ANOVA del contenido de proteína en pulpa (n=12). ....	96
Tabla 51. Análisis físico-químico del material vegetal seco .....	97

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distribución geográfica del café. ....	5
Figura 2. Estructura del fruto del cafeto. ....	8
<i>Figura 3. Variedades del género Coffea spp.</i> .....	11
Figura 4. Ocho estados de madurez del café variedad Colombia. ....	20
Figura 5. Principales países importadores de café desde el año 2012 al 2016 .....	23
Figura 6. Principales países exportadores de café desde el año 2014 al 2017 .....	23
Figura 7. Exportaciones de café (Ecuador) desde el año 2014 al 2017 .....	25
Figura 8. Exportaciones de café en los años 2016, 2017 y proyección 2018*.	25
Figura 9. Producción mundial de café verde. Adaptado de (FAO, 2016) .....	26
Figura 10. Principales países productores de café.....	27
Figura 11. Producción nacional de café verde. ....	28
Figura 12. Producción de café en el Noroccidente de Pichincha .....	31
Figura 13. Variedades de café producidas en Pacto.....	31
Figura 14. Composición de la cereza de café en fresco.....	34
Figura 15. Composición de la cereza de café en seco.....	34
Figura 16. Máquina despulpadora de café .....	40
Figura 17. Manejo de subproductos del café en el Noroccidente de Pichincha.....	43
Figura 18. Determinación del color en cascarilla de café .....	53
Figura 19. Análisis sensorial de la pulpa y cascarilla de café.....	55
Figura 20. Determinación de la firmeza en cereza de café. ....	56
Figura 21. Determinación del pH de la pulpa de café.....	57
Figura 22. Determinación de °brix de la cascarilla de café.....	58
Figura 23. Muestras de la pulpa y cascarilla en la mufla .....	59
Figura 24. Determinación de fibra .....	66
Figura 25. Determinación de proteína .....	69

## INTRODUCCIÓN

En la economía a nivel mundial el café ocupa el segundo lugar de mayor mercancía luego del petróleo siendo la materia prima que se transforma en la bebida más consumida luego del agua embotellada, produciendo ingresos anuales mayores a USD 15 millones especialmente a los países que se dedican a su exportación y generando una fuente de empleo a más de 20 millones de personas (Canet Brenes et al., 2016; Rodríguez & Zambrano, 2010; Sierra, 2013).

El café es un arbusto denominado cafeto (*Coffea spp.*), del cual se explota exclusivamente la semilla que se encuentra dentro de las bayas carnosas de color rojo (Canet Brenes et al., 2016; MAG, 2016).

Se han descubierto algunas especies, de las cuales *Coffea arábica* Linneo (Arábica) y *Coffea canephora* (Robusta) son las de mayor interés económica en el mundo (Canet Brenes et al., 2016), se producen anualmente 7,7 millones de Tn de café, siendo el 85% de var. *Coffea arábica* en América Latina, predominando Brasil, el 10% de var. *Coffea robusta* en Asia y 5% de var. *Coffea robusta* en África, destacándose Vietnam e Indonesia principalmente (ICO, 2011, León, 2000; OIC, 2016).

En Ecuador se producen 3.905 Tn de café, de las cuales el 65% son de especie arábica, cultivadas en las provincias de Manabí, Loja y Pichincha principalmente, y el 35% son de especie robusta cultivadas en Santa Elena, Guayas, Orellana y Sucumbíos (Guerrero, 2017).

En Pichincha, en la zona del Noroccidente, la var. *caturra* es la que genera mayores rendimientos correspondiente a 0,44 Tn/ha, cuyo rendimiento es favorecido por las condiciones climáticas y un 71% de semilla certificada que utilizan los caficultores (ConQuito, 2016; Guerrero, 2017).

En la actualidad, la industria del café sólo aprovecha el fruto fresco del cafetal, correspondiente al 5% para elaborar bebidas, el principal producto que tiende a consumir la población, reflejándose en forma de residuos un 95%, que abarca a todos los subproductos: pulpa, cascarilla, mucílago, entre otros, los mismos que en pocas ocasiones son utilizados como parte de la alimentación animal y en su mayoría son desechados (Cenicafé, 2016; Rathinavelu & Graziosi, 2005).

Esto se evidencia en el Noroccidente de Pichincha en donde el 58% de los caficultores no realizan un tratamiento adecuado a este tipo de subproductos especialmente a la pulpa, la misma que la dejan a la intemperie para su descomposición o la eliminan por medio de fuentes hídricas, de manera que mediante este inadecuado manejo se corre el riesgo de que los residuos se transformen en una fuente de contaminación de agua, suelo, aire y sea un medio para el desarrollo de plagas (ConQuito, 2015) F. Enríquez y H. Rogel, técnicos de las Cadenas Productivas de ConQuito, comunicación personal, 26 de abril de 2018).

Se han demostrado numerosos aspectos positivos de los compuestos encontrados en los subproductos del café, proporcionando propiedades y beneficios para ser aprovechados en el desarrollo de nuevos productos (Cenicafé, 2016)(Rathinavelu & Graziosi, 2005).

Es importante recalcar que en el Ecuador no se han realizado estudios rigurosos de la caracterización fisicoquímica de los subproductos de café especialmente de la var. *caturrea*, que permitan plantear el beneficio que trae consigo este tipo de desechos, encontrando poca información disponible.

Con lo anterior se resalta la importancia de realizar la caracterización fisicoquímica de la pulpa y cascarilla de la var. *caturrea* que se cultiva mayoritariamente en el Noroccidente de Pichincha, que según Guerrero (2016),

ConQuito (2017) y MAG (2017) es la de mayor rendimiento con 0,08 Tn/ha y por ende la que genera mayores desechos con un promedio de 0,07 Tn/ha en la zona cafetalera. A través de ello es posible identificar y valorar los compuestos químicos presentes, para posteriormente aprovecharlos a partir de sus principales potenciales agroindustriales, reduciendo el impacto ambiental actualmente generado.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General**

Evaluar el potencial agroindustrial de la pulpa y cascarilla del café (*Coffea arábica*) variedad caturra en función del grado de madurez del Noroccidente de Pichincha.

### **Objetivos Específicos**

Caracterizar físicamente la pulpa y cascarilla de la cereza de café variedad caturra.

Caracterizar químicamente la pulpa y cascarilla de la cereza de café variedad caturra.

Plantear potenciales agroindustriales a partir de la caracterización físico-química de la pulpa y cascarilla de la cereza de café variedad caturra.

## **1. CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO**

### **1.1 Generalidades del café**

La palabra café en el vocablo árabe se traduce como “*Qahwa*” cuyo significado hace referencia a una bebida o vino estimulante, sin embargo, en el vocablo

turco se traduce como “*Kahve*” que significa fruto o semilla del cafeto (Echeverri, Buitrago, Montes, Ingrid, & Gonzáles, 2005; García & Rodríguez, 2014).

El uso del grano del café surgió en Etiopía, seguido por Persia a través de la preparación de una bebida aromática, como brebaje con múltiples propiedades: psicoactivas, estimulantes y medicinales, difundida a nivel mundial por el pueblo de Arabia quienes a mediados del siglo IX ya empezaron a cultivarlo (G. Gómez, 2010; Rojo, 2014).

Según el MAG (2017) y el Instituto Ecuatoriano de la Propiedad Intelectual (2014) el café se introdujo en el Ecuador en la provincia de Manabí en el año de 1764 por Thomas Nugent, un navegante irlandés que trajo consigo semillas provenientes de la Isla de Martinica, dando lugar a la actividad cafetalera en 1830 en el cantón de Jipijapa-Manabí.

### **1.1.1 Origen y distribución**

El origen del café no está definido; algunos autores afirman que tiene sus orígenes en los montes boscosos del noroeste de África, en Etiopía, mientras que otros indican que es nativo de Arabia alrededor del siglo X, propagándose en el siglo XII por Europa y posteriormente en América en el siglo XVIII (Canet Brenes et al., 2016; Pedrajas, 2014; Maroto, 2015).

El cultivo de café se distribuye entre los trópicos de Cáncer y Capricornio, alrededor del mundo debido a las condiciones agroecológicas especiales para su crecimiento, como se puede ver en la figura 1, en general el café se distribuye en la formación del “Bosque Húmedo de la Franja Tropical” (Figuroa, Pérez, & Godínez, 2014; Navas, Burbano, Moreira, & Vasco, 1993).

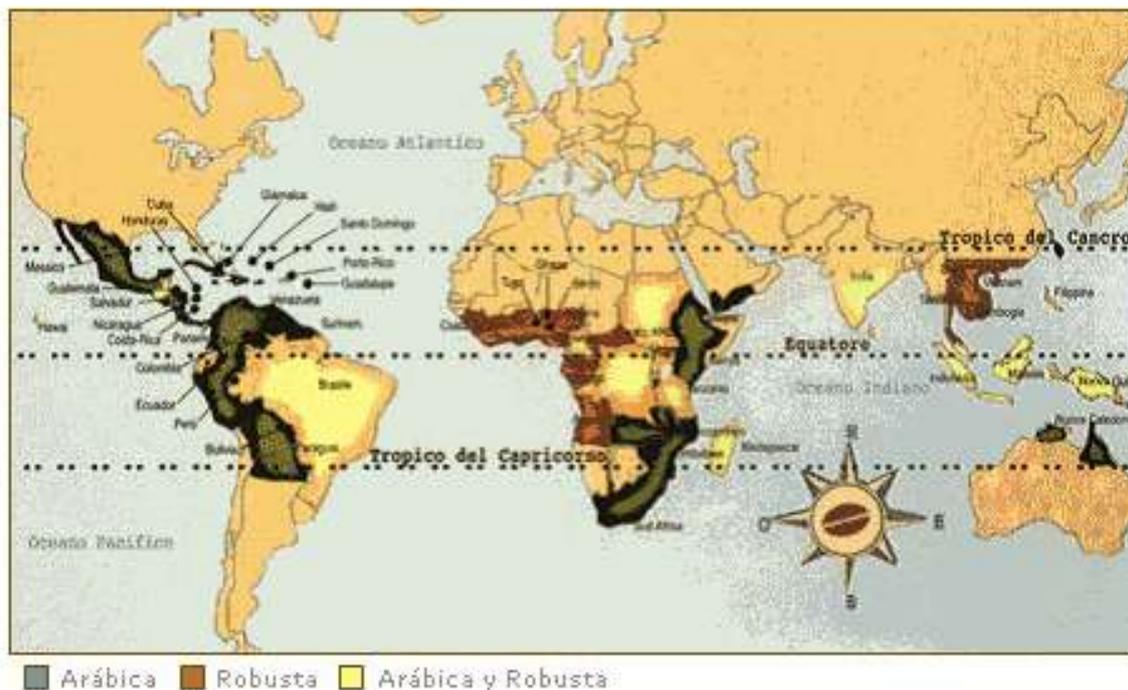


Figura 1. Distribución geográfica del café.

Tomado de (Aroma de cafe, 2014)

En el Ecuador el café se encuentra distribuido en las cuatro regiones, abarcando a todas las provincias con una superficie cafetalera total de 193.009 ha, la superficie cafetalera por provincia se describe en la tabla 1, predominando la producción de especie *Coffea arábica* con 145.575 ha ocupando el 66% del área total, sin embargo, la producción de café se renovará con el “Proyecto de Reactivación de la Caficultura Ecuatoriana”, con un equivalente a 22% de especie *Coffea robusta* y 78% de especie *Coffea arábica* (Guerrero, 2016; MAG, 2017).

Tabla 1.

*Superficie cafetalera en el Ecuador*

Provincias	<i>Coffea arábica</i> (ha)	<i>Coffea robusta</i> (ha)
Esmeraldas	1.800	6.345
Manabí	70.050	0
Santa Elena	1.800	0

Guayas	11.195	425
Los Ríos	4.770	6.610
El Oro	9.730	0
Carchi	195	0
Imbabura	300	0
Pichincha	1.300	1.300
Santo Domingo	0	5.300
Cotopaxi	2.000	1.600
Tungurahua	0	0
Bolívar	3.410	3.780
Chimborazo	880	0
Cañar	370	0
Azuay	420	0
Loja	29.345	0
Sucumbíos	0	17.320
Orellana	0	20.000
Napo	120	4.800
Pastaza	150	0
Morona Santiago	290	120
Zamora Chinchipe	6.350	0
Galápagos	1.100	0

---

Adaptado de (COFENAC, 2010; Cumbicus & Jiménez, 2012)

Además, en la tabla 1 se puede observar que en la provincia de Tungurahua no se describen ha de producción cafetalera, cuyo motivo se debe a que el MAG con el “Proyecto de Reactivación de la Caficultura Ecuatoriana” provisiono 10 kits con semillas de café entre febrero y marzo del 2016, cuyo ciclo del cultivo aún no termina, de modo que aún no se conoce el porcentaje de germinación y por ende el total de ha producidas (La Hora, 2017; MAG, 2017a).

### 1.1.2 Taxonomía y morfología

Tabla 2.

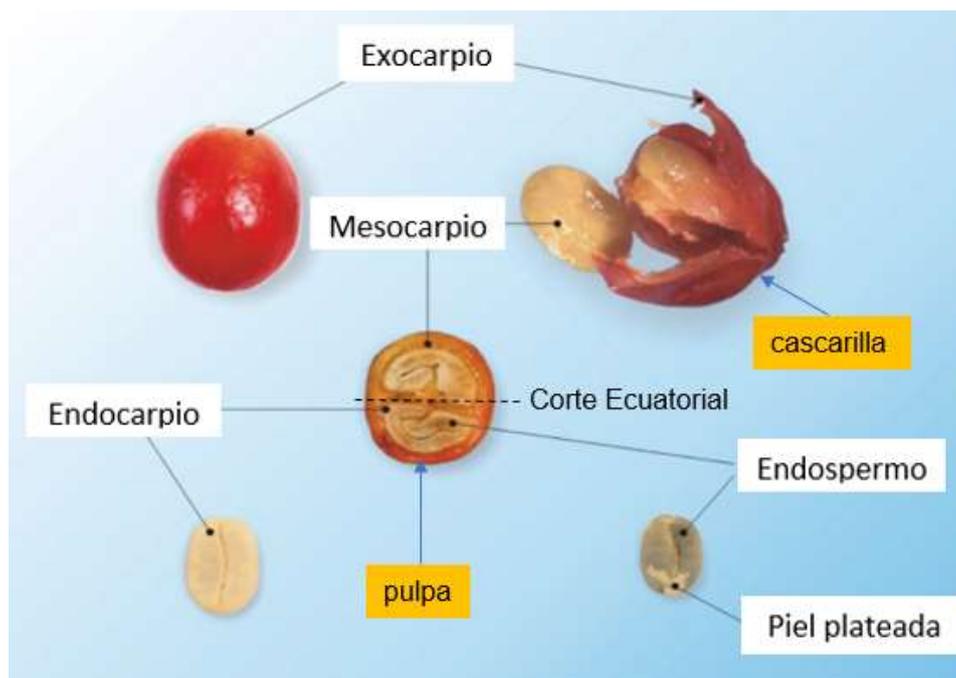
*Taxonomía de Coffea spp.*

Clasificación	Descripción
<b>Reino:</b>	Plantae
<b>Clase:</b>	Magnoliopsida
<b>Orden:</b>	Gentianales
<b>Familia:</b>	Rubiaceae
<b>Género:</b>	<i>Coffea</i>
<b>Especies:</b>	Arábigo ( <i>Coffea arábica</i> ) Robusta ( <i>Coffea canephora</i> ) Liberiano ( <i>Coffea libérica</i> )

Adaptado de (Farah & Santos, 2015; Mora, 2008)

Como se puede evidenciar en la tabla 2, el café es parte de la familia Rubiácea, teniendo características como: fruto con dos semillas, flores hermafroditas, desarrollo de hojas en pares con bordes lisos, que abarca a tres principales especies: Arábigo (*Coffea arábica*), Robusta (*Coffea canephora*) y liberiano (*Coffea libérica*) (Café de Colombia, 2010; Farah & Santos, 2015).

El nombre de cafeto identifica a todas las plantas que forman parte del género *Coffea*, siendo así que la semilla de café está contenida en el fruto del arbusto, que al llegar a su estado de madurez fisiológico se torna de un color rojizo denominado cereza, una drupa de forma ovalada pequeña que se compone de una membrana externa, dos semillas denominadas almendras cada una cubierta por un tegumento llamado piel de plata, que a su vez están cubiertos por el pergamino y el mucilago, aislado de la piel por la pulpa (ver figura 2) (Café de Colombia, 2014; Federación Española del Café, 2017).



*Figura 2.* Estructura del fruto del cafeto.

Tomado de (Café de Colombia, 2014)

Las hojas son perennes que nacen en pares, de manera opuesta de los nudos de las ramas del cafeto, poseen un color verde brillante, son ovaladas y miden entre 10 y 20 cm, de la base de estas se desprenden grupos de 4 o más flores de un color blanco, con cinco pétalos, que luego darán origen al fruto conocido como cereza (Café de Colombia, 2014; Federación Española del Café, 2017; Navas et al., 1993).

Los arbustos de café se presentan en diversos tamaños y formas, de modo que algunos pueden alcanzar 1 m de altura mientras otros pueden llegar a medir 15 m en condiciones silvestres, pese a esto la poda óptima para lograr la cosecha se realiza entre los 2 y 4 m de altura (Federación Española del Café, 2017, Rojo, 2014).

El tronco es recto, leñoso y tiene una textura lisa, en donde nacen abundantes ramas dimórficas: primarias, secundarias y terciarias, las ramas primarias son

de gran importancia debido a que, al ser atacadas por alguna plaga o enfermedad, se pueden llegar a perder y no se pueden renovar, perdiendo un porcentaje de la zona de producción de frutos del cafeto; a mayor cantidad de ramas, mayor cosecha futura (Café de Colombia, 2010, Federación Española del Café, 2017).

### 1.1.3 Especies

Entre las especies de mayor interés económica en el mundo por sus características organolépticas como aroma y acidez pronunciada, tenemos a *Coffea arábica* Linneo y *Coffea canephora* (Canet Brenes et al., 2016, Rojo, 2014), se descarta la especie *Coffea libérica* debido a que es un grano con aroma y sabor muy escaso, cuyo consumo no está muy extendido (ICO, 2011, León, 2000).

La especie *Coffea arábica* Linneo es procedente de Etiopía, cultivándose a una altitud entre los 1.300 a 2.000 m.s.n.m, y por otro lado la especie *Coffea canephora* se sabe que se expandió en el continente africano en un clima tropical a una altitud inferior a 1.000 m.s.n.m (Hatzold, 2012, Ibarra, Aguirre, Ley-De Coss, Cadena, & Zavala, 2014). En Ecuador las condiciones más óptimas oscilan en la zona tropical, hasta más de 2.000 m.s.n.m (Amores et al., 2004, Navas et al., 1993).

La producción mundial de *Coffea arábica* corresponde al 63% mientras la *Coffea robusta* representa el 37%, siendo Ecuador uno de los 17 países que produce estas dos especies (COFENAC, 2010, ICO, 2011).

En la figura 3, se observa claramente las principales variedades derivadas de cada especie, las mismas que se diferencian una de otras por sus cualidades intrínsecas. Por otro lado, también se observa que de la var. *caturra*, de

importancia en este proyecto, se derivan dos subvariedades: *caturra* roja y *caturra* amarilla, cuyo color indica el estado de madurez de los frutos (ICO, 2011; Navas et al., 1993).

*Caturra* es una variedad derivada de la especie *Coffea arábica* que resulta de la mutación de la var. *bourbon*, se caracteriza por sus buenas características organolépticas, agronómicas y su alta productividad, se adapta fácilmente a cualquier condición climática, sin embargo, es muy susceptible a la roya del café (Infocafes, 2016; Navas et al., 1993).

La especie *Coffea arábica* tiene la mitad de cafeína en comparación a la especie *Coffea canephora*, con un promedio de 1,2%, razón por la cual, esta especie es más amarga siendo utilizada para la preparación de café instantáneo y fuertes tostados (ConQuito, 2016; ICO, 2011).

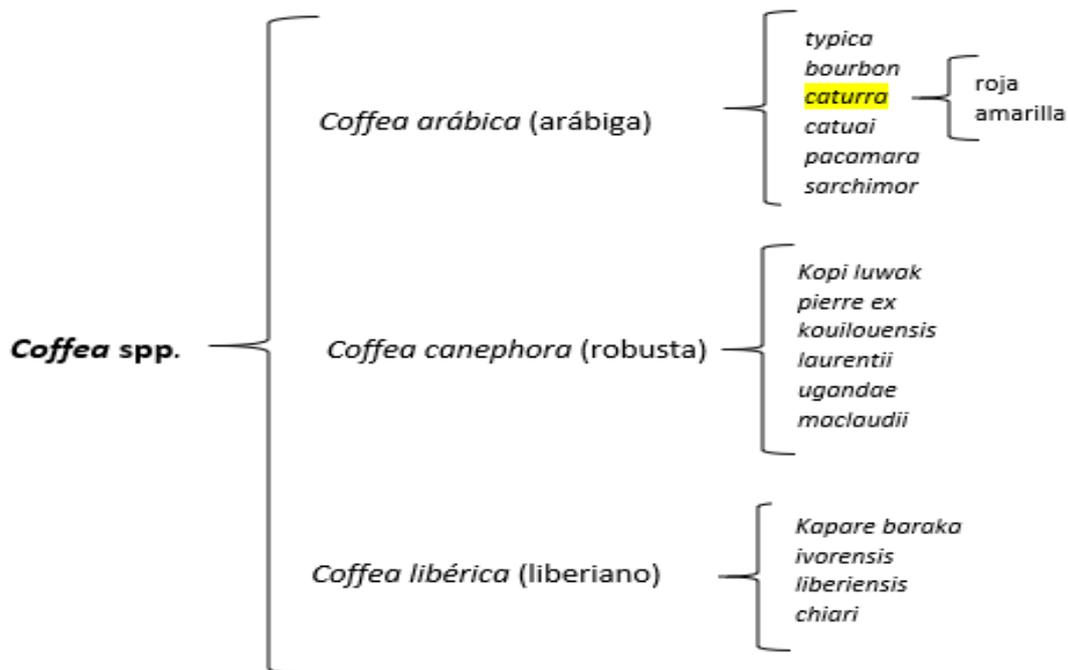


Figura 3. Variedades del género Coffea spp.

Adaptado de (Andrade, 2013; ICO, 2011)

En la zona del Noroccidente de Pichincha se producen las variedades: *caturrea*, *pacamara*, *typica*, *SL28*, *bourbon*, *sarchimor*, siendo favorecidas por las condiciones agroecológicas únicas y especiales (ConQuito, n.d.). La var. *caturrea* es la que genera mayores rendimientos en la provincia de Pichincha con 0,44 Tn/ha, esto se debe a que el cultivo se ve favorecido por condiciones climáticas: zona de mayor altitud y baja luminosidad, cuyos factores logran captar más minerales y generar la maduración del fruto, además que los productores utilizan un 71% de semilla certificada, con alta productividad (ConQuito, 2017; Guerrero, 2017; MAG, 2017).

#### 1.1.4 Cultivo

El café es un arbusto perenne denominado cafeto (*Coffea* spp.), del cual se explota exclusivamente la semilla que se encuentra dentro de las bayas carnosas de color rojo, requiere 2 años para su florecimiento y fructificación, y

alrededor de 4 a 6 años para lograr su producción máxima (Canet Brenes et al., 2016; MAG, 2016).

#### **1.1.4.1 Requerimientos agroecológicos**

El cultivo de café requiere de suelos de alta calidad con un pH ligeramente ácido que va desde 4,2 a 5,5, de tipo franco (arcilloso, arenoso o limoso) profundos (90 cm), que tengan un buen drenaje y una topografía regular, a su vez que dispongan de materia orgánica y ricos en nutrientes (Departamento de Agricultura Costa Rica, 2006; MAGAP, 2014).

Las temperaturas óptimas para el desarrollo del cafetal son entre 17 y 23 °C, de modo que las temperaturas inferiores provocan clorosis y las elevadas aceleran el crecimiento vegetativo, limitando la floración; la humedad relativa ideal depende del tipo de café, sin embargo, debe estar entre 70 y 95%, al alcanzar niveles superiores se propicia la agresión de enfermedades fungosas que disminuyen la calidad del cultivo y por ende del fruto (B. Heredia, 2011; Navas et al., 1993).

La altitud óptima está entre 500 y 1.700 m.s.n.m, ya que a un nivel altitudinal superior la planta se limita solo a su desarrollo; de la misma forma fuertes vientos deterioran el tejido vegetal induciendo a la desecación y favoreciendo la proliferación de enfermedades, por lo que la velocidad ideal es de 5 a 15 km/h (O. Gómez, Ramos, Alegría, Rodríguez, & Martínez, 2010; B. Heredia, 2011)

La siembra de café debe realizarse en los meses de mayo a julio, dependiendo la región, específicamente en las épocas de lluvia, puesto que es el momento cuando el suelo tiene mayor humedad, ideal para garantizar el desarrollo de la

planta, por lo que necesita de precipitaciones entre los 1.500 a 2.5000 mm/año para lograr un apropiado crecimiento y productividad (Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, 2015; Moguel & Toledo, 2004).

El Noroccidente de Pichincha se caracteriza por tener las condiciones agroecológicas apropiadas: suelos volcánicos, pendientes irregulares, que en conjunto forman microclimas que permiten la adaptación de la especie *Coffea arábica*, proveyendo de materia orgánica y minerales, acidez optima, concentración de azúcares, logrando su óptimo estado de madurez (ConQuito, s.f.).

El cafetal al adaptarse fácilmente a la zona del Noroccidente de Pichincha, no es exigente con la pendiente y tipo de suelo, sin embargo, lo ideal es una pendiente menor al 25% y un suelo rico en MO mayor al 3%, de textura franco arcilloso o franco arenoso, con un pH de 5,5 a 6,5. En promedio, la precipitación es de 2.400 mm/año, presenta una temperatura muy variable entre 15 y 30 °C. La altitud ideal es de 1.300 m.s.n.m. La mayor parte de la producción se localiza en bosques nublados con 1.800 horas luz al año (F. Enríquez y H. Rogel, técnicos de las Cadenas Productivas de ConQuito, comunicación personal, 26 de abril de 2018).

#### **1.1.4.2 Buenas Prácticas Agrícolas**

Se definen como el conjunto de normas, métodos o recomendaciones técnicas, aplicables tanto a la producción como al procesamiento de los alimentos, dando como resultado productos de consumo seguro, que a su vez protegen el ambiente y promueven las condiciones de los trabajadores y de su familia (Andrade, 2013; C. Heredia, 2010).

Las BPA's permiten generar una cultura de calidad en la producción para obtener la mejor cosecha de café, sirven como medidas preventivas, pues les resulta muy costoso a los caficultores evaluar los residuos de plaguicidas posterior a la producción, optimizan la efectividad de los insumos empleados sin causar daño alguno al medio ambiente, preservando la conservación del suelo y de su capa orgánica (Andrade, 2013; Café de Colombia, 2010; Giraldo, 2017; Sadeghian & Gonzáles, 2012).

En los cafetales se debe realizar la fertilización adecuada, en la dosis y frecuencia requerida, la misma que se hace en conjunto con la adición de materia orgánica debido al manejo de subproductos del cultivo, siendo así que al no llevar un estricto control y rigurosidad en la aplicación de fertilizantes basado en una agricultura sostenible corre el riesgo el consumidor y los recursos naturales de que los residuos obtenidos se transformen en una fuente de contaminación (Andrade, 2013; Café de Colombia, 2010; Sadeghian & Gonzáles, 2012).

Cenicafé (2016) ha indagado procesos y prácticas como: "producción más limpia" para el control de estos residuos que eviten un fuerte impacto ambiental que cause consecuencias adversas al ecosistema cafetero, logrando incluso adquirir a los productores una certificación que les genera un valor agregado durante la comercialización de su café.

El técnico de campo de ConQuito, Sr. Rogel, afirma que en el Noroccidente de Pichincha los productores realizan la fertilización a los cafetales para tener buena producción y calidad, basándose en un previo análisis del suelo. En promedio realizan 3 fertilizaciones por año, con un costo de \$600/ha. La primera fertilización se realiza a las 6 semanas luego de la floración, la segunda a las 16 semanas principalmente para acentuar el sabor y la tercera a las 20 semanas, realizando la cosecha a partir de la semana 26 hasta la 32, pasado este periodo de tiempo el fruto se sobre madura (H. Rogel, técnico de

la Cadena Productiva de ConQuito, comunicación personal, 26 de abril de 2018).

#### **1.1.4.3 Manejo Integrado de Plagas**

Se define como el conjunto de labores que se realizan en un determinado cultivo con el fin de evitar la proliferación de plagas y microorganismos patógenos que resulten perjudiciales para la planta, empleando técnicas de control y el uso de plaguicidas cuando se considera necesario (Vivas, 2017; Giraldo, 2017).

En el caso de plantaciones convencionales de cafetales se debe tener en cuenta que los plaguicidas sean permitidos y resulten ser los adecuados para el control de plagas, mediante estrategias de control cultural, química, biológica, genética, legal y etológica (Heredia, 2010; Infocafes, 2016). Estas medidas deben ser seguras evitando afectos adversos a la población, fauna y medio ambiente; su buen uso garantiza que el café y por ende los subproductos, conserven sus cualidades organolépticas y a su vez resulten seguros e inocuos para el consumidor final (Andrade, 2013; Cenicafé, 2013).

Para lograr que estos controles resulten ser efectivos es indispensable conocer la fenología del cultivo, con el objetivo de identificar la etapa en donde se vuelve más susceptible al ataque de plagas, así mismo conocer la biología de las plagas para determinar el momento oportuno de mayor susceptibilidad para la aplicación de estas técnicas de modo que no se reduzca el rendimiento de la producción ni afecte el medio ambiente (Cenicafé, 2013; Romero, 2016).

En la Tabla 3, se describen los daños causados al cafetal por las plagas y enfermedades más comunes, identificándose la “Broca” como la plaga más importante debido a que es la causante de las mayores pérdidas económicas

de café al ser responsable de la reducción de la cosecha, al afectar directamente las cualidades físicas del grano que posteriormente afectan la inocuidad del producto final por la presencia de ochratoxinas (Cenicafé, 2013; Giraldo, 2017). En el Ecuador la broca está presente desde 1981 dañando todo tipo de café en cualquier estado fenológico: verde, maduro y almacenado (Amores et al., 2004; Ortega, 2003).

Las especies de café arábigos finos son más susceptibles a plagas como la roya y la broca, siendo la var. *caturra* la más sensible a la roya y a la antracnosis. La roya a alturas mayores a 1.300 m tiene baja incidencia, más bien está presente en zonas más bajas (F. Enríquez y H. Rogel, técnicos de las Cadenas Productivas de ConQuito, comunicación personal, 26 de abril de 2018).

En el Noroccidente de Pichincha para la prevención y el control de las plagas del cafetal, especialmente de la broca se realizan controles culturales, biológicos: trampas, manejo de sombra y uso de enemigos naturales, como el hongo *Beauveria bassiana* que se lo trata de propagar como un mecanismo de defensa, sin embargo, cuando el ataque es muy agresivo se realiza un control químico basado en plaguicidas sistémicos, como: clorpirifos, fenthios, etc., que se aplican cuando el fruto tiene 2 meses, los mismos que son poco efectivos debido a que la broca ingresa al grano, y no hay un insecticida que penetre (F. Enríquez y H. Rogel, técnicos de las Cadenas Productivas de ConQuito, comunicación personal, 26 de abril de 2018).

Tabla 3.

*Plagas y enfermedades más comunes en el café*

<b>Plagas Enfermedades</b>	<b>Daños</b>	<b>Fotografía</b>
Broca ( <i>Hyphotenemus hampei</i> ).	Daño de granos maduros. Caída de granos verdes. Baja calidad del grano. Caída de flores.	
Minador de hojas ( <i>Leucoptera coffeella</i> ).	Defoliación. Disminuye la calidad del grano. Disminución del rendimiento del cafetal.	
Antracnosis ( <i>Colletotrichum coffeanum</i> ).	Lesiones necróticas en hojas. Muerte descendente en ramas y frutos.	
Roya ( <i>Hemileia vastatrix</i> ).	Manchas en las hojas. Lesiones en el envés de las hojas. Defoliación.	
Ojo de gallo ( <i>Mycena citricolor</i> ).	Manchas y perforación de hojas. Los frutos verdes se tornan marrones y los frutos rojos presentan zonas negras hundidas.	

Adaptado de (Catalán, 2012; Cenicafé, 2013; Coral, 2012; Olortegui, 2012; Romero, 2016)

Por otra parte, emplean preventivos para la roya, como: cobre, azufre micronizado, clorotalonil, etc., los cuales se aplican antes de iniciar la época de lluvia, y emplean curativos como: triadimenol, cyproconazol, entre otros (F. Enríquez y H. Rogel, técnicos de las Cadenas Productivas de ConQuito, comunicación personal, 26 de abril de 2018).

Es necesario identificar los granos de café infectados, para su recolección como un modo de saneamiento y para interrumpir el ciclo de vida del insecto que pueda incidir en nuevos granos. Los granos con broca no se descartan, se utilizan para obtener un café de tercera (F. Enríquez y H. Rogel, técnicos de las Cadenas Productivas de ConQuito, comunicación personal, 26 de abril de 2018).

Los técnicos no aconsejan la aplicación de plaguicidas químicos debido a que recalcan que, al momento de aplicar al cafetal, las cerezas de café tendrán compuestos residuales químicos que afectarían su calidad y por ende su reconocimiento por calidad de taza en la zona, además que no sería un alimento de consumo seguro, de modo que de esta manera garantizan la inocuidad del grano y por ende de los subproductos (F. Enríquez y H. Rogel, técnicos de las Cadenas Productivas de ConQuito, comunicación personal, 26 de abril de 2018).

#### **1.1.4.4 Cosecha**

En la mayoría de fincas ecuatorianas, la forma en la que se cosechan los frutos es de manera manual y selectiva, puesto que no todos los granos maduran al mismo tiempo. Este método está ligado a la producción de un café de mejor calidad debido a que se recolectan los frutos con mejores cualidades y aquellos que llegan a su punto óptimo de madurez, pero esto no deja de lado que los productores también recolectan las cerezas verdes, pintonas y maduras

(García & Rodríguez, 2014; Delgado et al., 2002; S. Marín, Arcila, Montoya, & Oliveros, 2003; Puerta, 2000).

Los cafetos en el Ecuador se cultivan mayoritariamente en condiciones de sombra permanente, de tal forma que la producción comienza a los 2 años de haber sido sembrado, aumentando de forma abundante la producción ya para el tercer año (ConQuito, 2015; Navas et al., 1993).

### **Grado de madurez y criterio de cosecha**

La cosecha de los frutos del café se hace basándose en el criterio de coloración de la cereza, que indica el grado de madurez, que va desde tonalidades verdes a tonalidades amarillas y rojas, de acuerdo a la variedad, caracterizándose cada fruto por sus cualidades físicas y químicas específicas (Pulgarín, 2007; Rodríguez, Sanz, Oliveros, & Ramírez, 2015). De modo que se describe al grado de madurez como el índice o indicador para realizar la cosecha de frutos (FAO, 1987; López, 2003).

La madurez del café puede ser comercial o fisiológica dependiendo del método de cosecha del productor. Según la FAO (1987) y López (2003) la primera es aquel estado el cual el mercado requiere de acuerdo a la preferencia de los consumidores y la segunda se logra cuando el fruto ha completado su máximo crecimiento y desarrollo.

Marín, Arcila, Montoya, & Olivero (2003) y Pulgarín (2007) tal como se puede ver en la figura 4 han definido una escala de madurez empleando la carta de color Pantone para describir la tonalidad del color de acuerdo a la maduración de la cereza de café e identificar su etapa de cosecha, principalmente de la especie *Coffea arábica* var. colombiana. Esta escala describe de manera cuantitativa el contenido de los pigmentos presentes: (C)=cian, (M)=magenta,

(Y)=amarillo y (K)=negro, en base a estos parámetros identificaron 8 estados de madurez que va desde verde inmaduro con 182 días ddf, hasta el rojo maduro con 217 ddf y finalmente el estado seco con 231 ddf (ver figura 4).



*Figura 4.* Ocho estados de madurez del café variedad Colombia.  
Tomado de (Marín, Arcila, Montoya y Oliveros, 2003)

En cuanto a los criterios de cosecha, el color es el principal indicador de madurez, los frutos que presentan una coloración verde aún están tiernos a diferencia de los que se tornan de color rojo, los cuales están en un proceso de maduración, el color varía por la presencia de pigmentos como la clorofila y las antocianinas (L. Marín et al., 2003; Navas et al., 1993).

Otro criterio a tomar en cuenta es la forma, el fruto en su estado de madurez tiene una forma esférica, sus ejes de simetría son iguales, sin embargo, a medida que sobrepasa su madurez, la pulpa se seca quedando una forma elipsoide alargada (Pulgarín, 2007; Sandoval & Prieto, 2007).

En general según E. Cossio (2010) y S. Reid (2002) para identificar la madurez del café, se toman en consideración los siguientes parámetros:

- 1) Tonalidades de color.
- 2) Ablandamiento de la pulpa (firmeza).
- 3) Contenido máximo de azúcar y materia seca en el mucílago.
- 4) Componentes aromáticos.

Según Andrade (2013) y Navas et al., (1993) se establecen los siguientes criterios para las prácticas de cosecha:

- a. El café debe ser cosechado en el óptimo estado de madurez, de acuerdo a la variedad cultivada: rojo o amarillo.
- b. Previo al proceso de cosecha, se debe establecer un procedimiento de higiene de las herramientas y equipos necesarios para realizar la recolección, evitando así la contaminación.
- c. Se debe realizar una cosecha selectiva, escogiendo sólo aquellos frutos maduros.
- d. Las balanzas empleadas para medir el peso del café recolectado deben calibrarse por lo menos una vez al año.

Localmente, la cosecha de las cerezas de café se la realiza de forma manual y selectiva en estado estrictamente maduro, rojo o punto sangre de toro (Estado 6), sin embargo, por el cambio climático, variedades y altitudes el nuevo parámetro a considerar son los °brix con un promedio entre 20 y 21 °brix. Adicional, se verifica que la cereza expulse al menos 3 gotas de jugo. Hay que

recalcar que en Brasil cosechan todo grano: vano, verde, maduro, sobre maduro e inclusive lo que está en suelo, de manera que venden volumen, sobre la calidad, a diferencia de los productores del Noroccidente de Pichincha, siendo pocos los que cosechan cerezas en estado pintón. La cosecha va desde abril hasta agosto (F. Enríquez y H. Rogel, técnicos de las Cadenas Productivas de ConQuito, comunicación personal, 26 de abril de 2018).

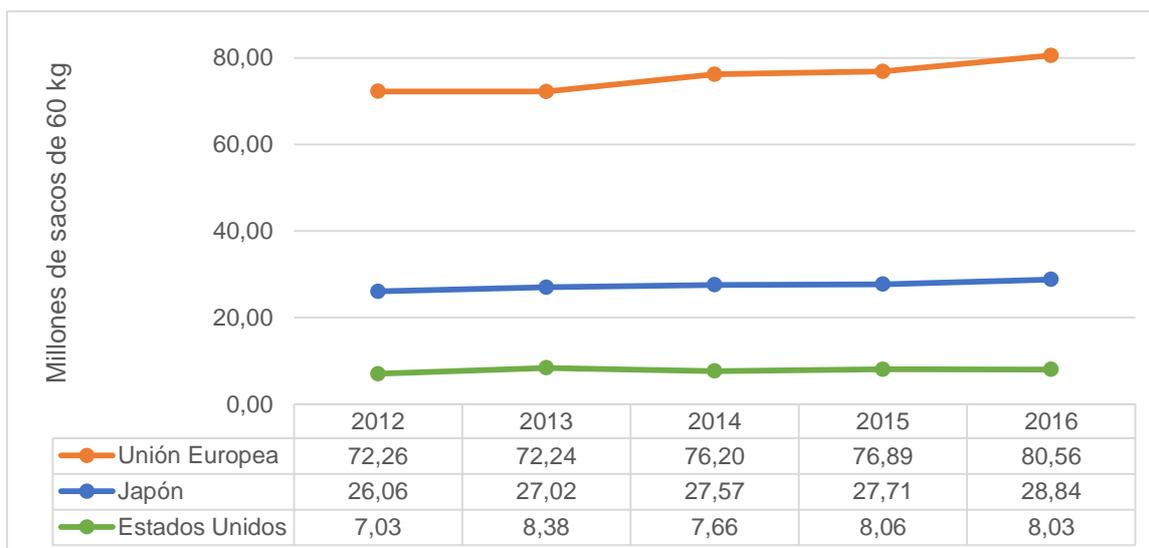
### **1.1.5 Importancia económica**

Actualmente, el café ocupa el segundo lugar de mayor mercancía en el mundo luego del petróleo, siendo la materia prima que se transforma en la bebida más consumida luego del agua embotellada (Canet Brenes et al., 2016; Sierra, 2013). Sin embargo, el café no se encuentra dentro del ranking de los 10 productos agrícolas de mayor demanda a nivel mundial (azúcar, maíz, arroz, trigo, papa, banano, etc.) (Cuasapaz, 2016).

#### **1.1.5.1 A nivel mundial**

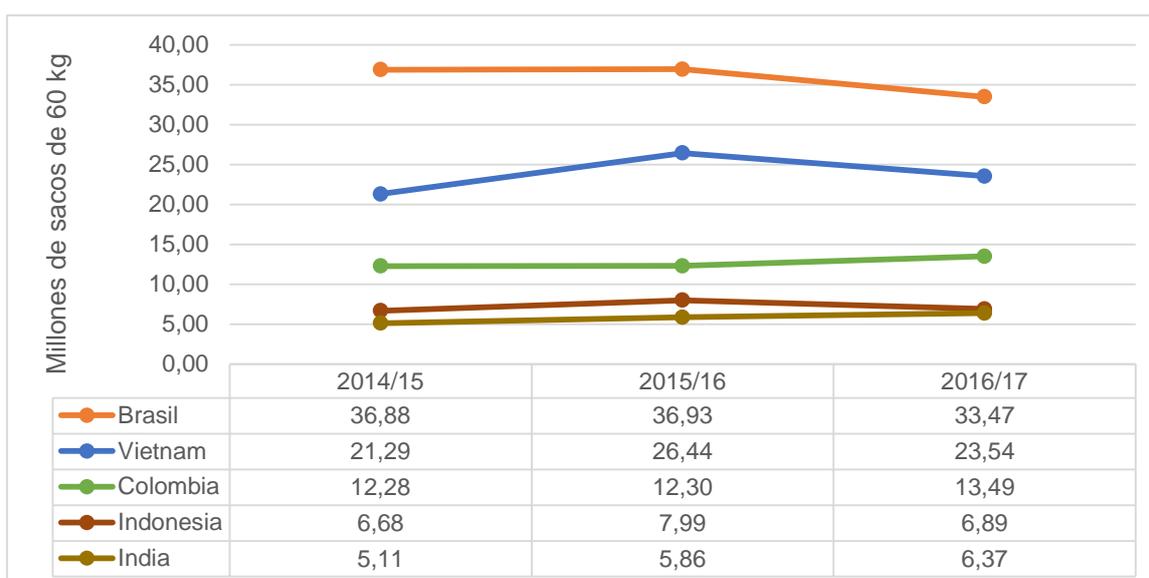
Según Canet Brenes et al., (2016) y Monroig (2015) a nivel mundial el cultivo de café genera ingresos anuales mayores a USD 15 millones especialmente a los países que se dedican a su exportación y brinda empleo a más de 20 millones de personas, siendo así que 125 millones de personas subsisten de este de los cuales 25 millones corresponde a pequeños caficultores.

Entre los mayores importadores de café a nivel mundial, en el 2016, la Unión Europea lideró con 80,56 millones de sacos, seguido por Japón con 28,84 millones de sacos, y por último Estados Unidos con 8,03 millones de sacos, como se puede ver en la figura 5 (ICO, 2016).



*Figura 5.* Principales países importadores de café desde el año 2012 al 2016  
Adaptado de (ICO, 2016)

En cuanto a las exportaciones en el año 2016/17, Brasil ocupó el primer lugar con 33,47 millones de sacos, seguido por Vietnam con 23,54 millones de sacos y a su vez seguido por Colombia con 13,49 millones de sacos, como se puede ver en la figura 6 (ICO, 2017).



*Figura 6.* Principales países exportadores de café desde el año 2014 al 2017

Adaptado de (ICO, 2017)

#### **1.1.5.2 A nivel nacional**

Según el Banco Central del Ecuador (2017) señala que de acuerdo a las cifras expuestas en la Asociación Nacional de Exportadores de Café (ANACAFÉ), Ecuador exportó en el año 2016 un total de 921.174,29 sacos de 60 kg de café en grano de especie *Coffea robusta* y *Coffea arábica*, e industrializado, que representan alrededor de USD 146 millones de ingresos.

Para el año 2017 el BCE (2017) da a conocer exportaciones de 5.049,70 Tn de café en grano, equivalente a 3.190 Tn de especie *Coffea arábica* (63%) y 1.766,10 Tn de especie *Coffea robusta* (37%), para el año 2018 sólo se tiene datos del primer trimestre, equivalente a 273,5 Tn de especie *Coffea arábica* y 450,6 Tn de especie *Coffea robusta*, sin embargo, de acuerdo a la tendencia se tendría 51% y 49%, respectivamente (ver figuras 7 y 8). Los principales importadores de café son: Colombia, Estados Unidos y Cuba (BCE, 2017; PRO ECUADOR, 2018).

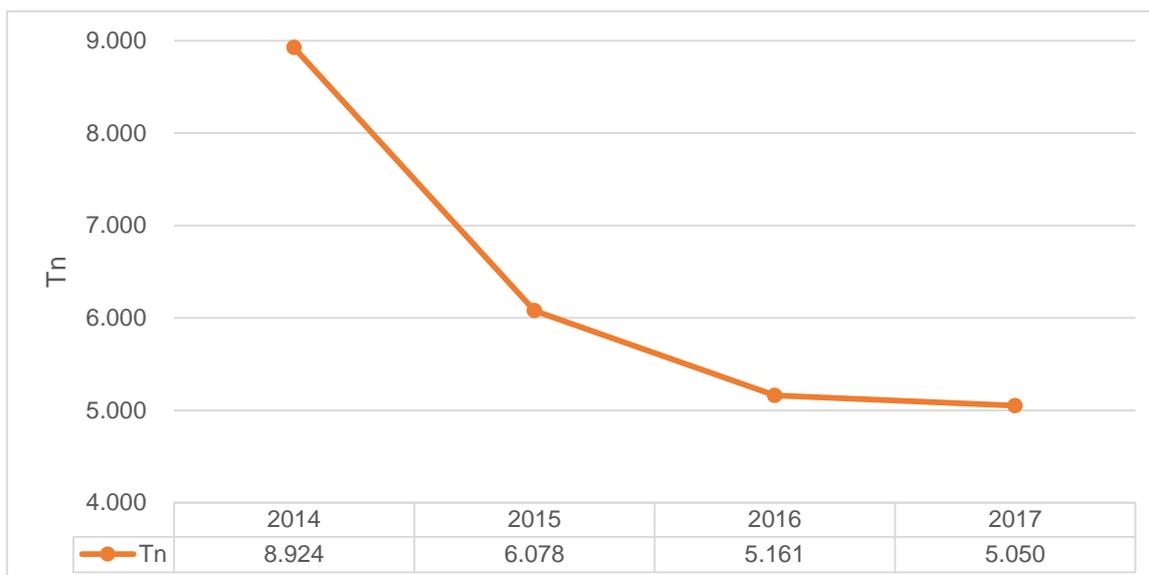


Figura 7. Exportaciones de café (Ecuador) desde el año 2014 al 2017

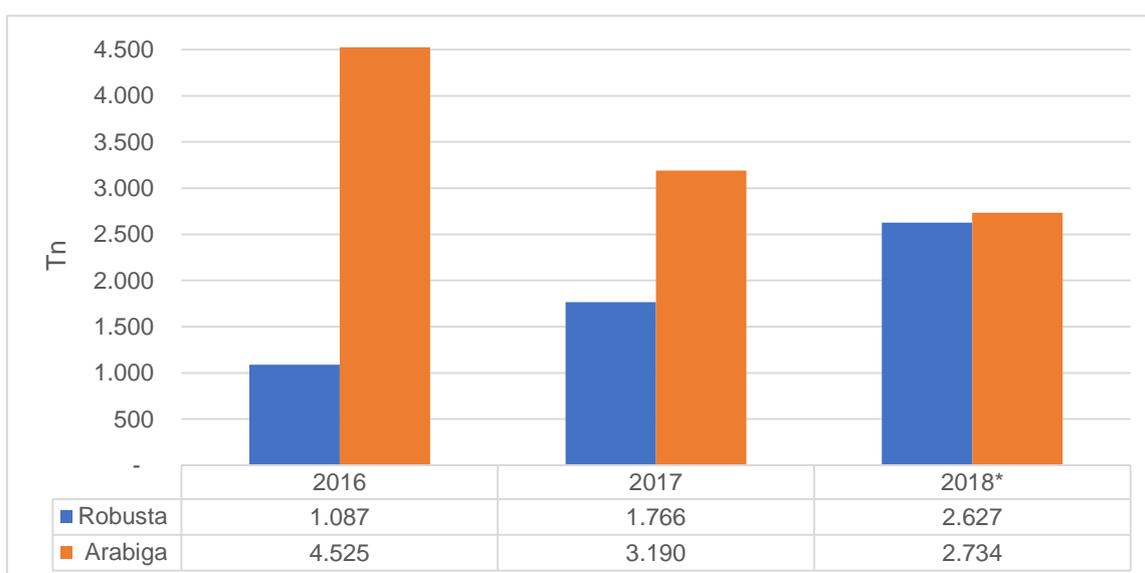


Figura 8. Exportaciones de café en los años 2016, 2017 y proyección 2018\*.

### 1.1.5.3 A nivel local

Según El telégrafo (2014) en base a los datos de ConQuito, el grano de café representa el 40% de la superficie agrícola producida en el Noroccidente del Distrito Metropolitano de Quito (DMQ), cuyo producto contribuye con el 27% del

ingreso de la zona y con el 11,6% de ganancias totales. Se estima que se tiene 53,75% de ha producidas.

## 1.1.6 Producción

### 1.1.6.1 Producción mundial

A nivel mundial se producen anualmente aproximadamente 7,7 millones de Tn de café en una superficie de 10,5 millones de ha distribuidas en más de 50 países, representando el 85% de la producción la especie *Coffea arábica* en América Latina, siendo el principal Brasil con 2,2 millones de Tn; por otra parte, la producción de especie *Coffea robusta* se refleja el 10% en Asia y el 5% en África, destacándose Vietnam e Indonesia principalmente, produciendo entre 0,6-1 millón de Tn (Monroig, 2015; OIC, 2016).

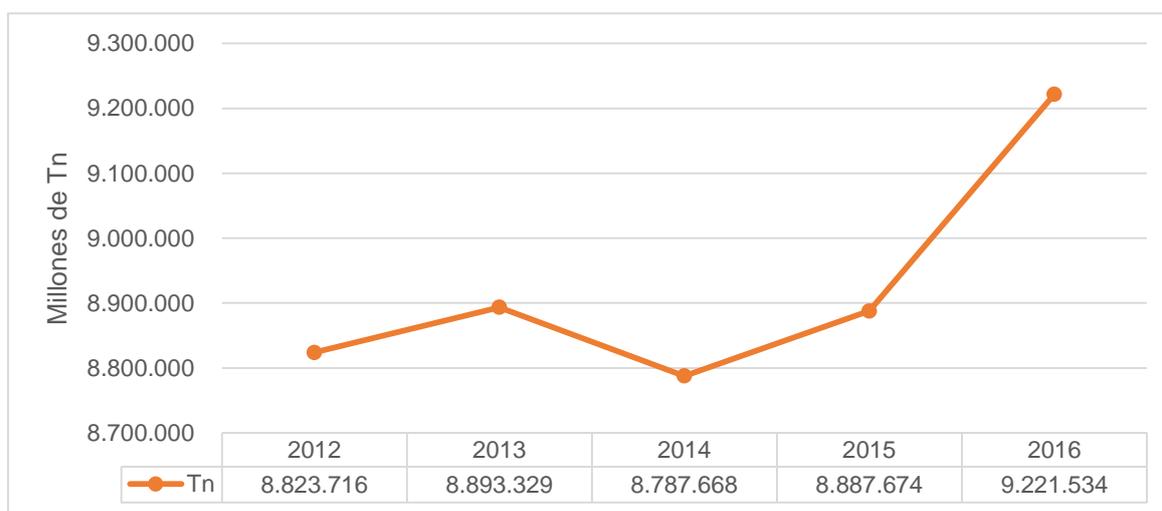


Figura 9. Producción mundial de café verde. Adaptado de (FAO, 2016)

En la figura 9, se puede observar que en el año 2016 la producción de café verde a nivel mundial, aumentó un 3,75% en comparación al año 2015, teniendo 9.221.534 Tn, lo que sugiere una mayor generación de subproductos y desechos.

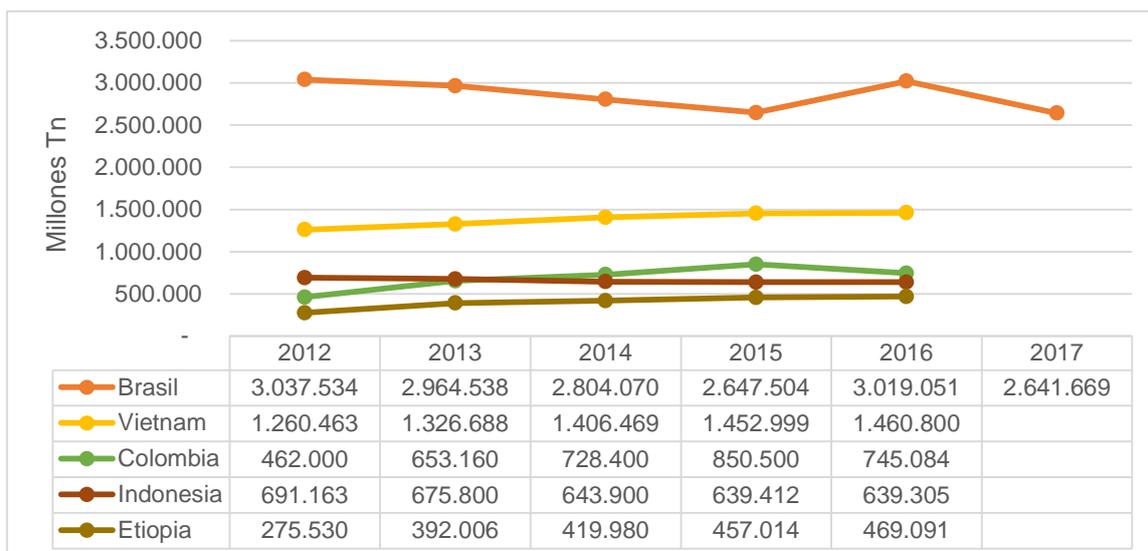


Figura 10. Principales países productores de café.

Adaptado de (Reuters, 2017; FAO, 2016)

En la figura 10, se evidencia claramente en el año 2016 Brasil es el primer productor mundial de café (arabica y robusta), produciendo 3.019.051 millones de Tn, seguido por Vietnam con 1.460.800 millones de Tn.

Colombia y Brasil son los mayores productores de la especie *Coffea arabica* var. *caturrea*, en Colombia de las 931.746 ha. sembradas de café, 434.700 ha. corresponden a var. *castillo*, 250.900 ha. var. *colombia*, 204.600 ha. var. *caturrea* y el resto a otras variedades (Canet Brenes et al., 2016; La Patria, 2017).

#### 1.1.6.2 Producción nacional

La producción de café verde en el país en el año 2016 descendió en comparación al año anterior, teniendo 3.905 Tn, la producción de café en el año 2017 incrementó en un 12% (ver figura 11) debido al ingreso de cafetales nuevos con el “Proyecto de Reactivación de la Caficultura Ecuatoriana”, cuyo proyecto pretende que el Ecuador recupere su posición como quinto productor

a nivel mundial, que actualmente se ubica en el puesto 28 (BCE, 2017; MAG, 2017).

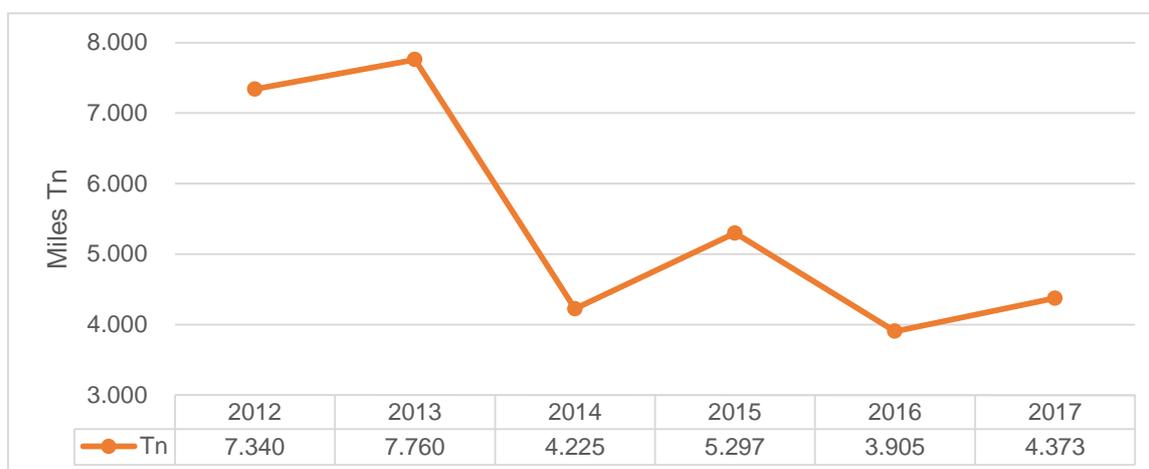


Figura 11. Producción nacional de café verde.

Adaptado de (FAO, 2016)

De la producción de café en el Ecuador, el 65% es de especie *Coffea arábica*, con las siguientes variedades más utilizadas: *caturra* (25% superficie), *catucai* (19% superficie) y *sarchimor* (18% superficie), cultivadas en las provincias de Manabí, Loja y Pichincha principalmente, con un rendimiento de 0,23 Tn/ha. El restante 35% es de la especie *Coffea robusta* con las siguientes variedades más utilizadas: *conilón* (29% superficie) y *napo payamino* (29% superficie), cultivadas en Santa Elena, Guayas, Orellana y Sucumbíos, con un rendimiento de 0,49 Tn/ha (Guerrero, 2017; El Productor, 2017). Los rendimientos de producción de *Coffea arábica* y *Coffea robusta* se indican respectivamente en las tablas 4 y 5.

En la tabla 4, se pueden observar que hay 4 bloques diferenciados del rendimiento de producción de *Coffea arábica* en Tn/ha, encontrando a pichincha en 3er lugar, dentro del segundo bloque, con 0,74, principalmente de la var. *castillo*, superado por Carchi (principalmente la var. *castillo*) y Zamora Chinchipe (con la var. *catimor*).

Tabla 4.

*Rendimiento de Coffea arábica en las provincias del Ecuador*

<b>Provincias</b>	<b>Variedad (% Superficie)</b>	<b>Rendimiento (Tn/ha)</b>
Carchi	<i>castillo</i> (52)	0,93
Zamora Chinchipe	<i>catimor</i> (42)	0,88
Pichincha	<i>castillo</i> (40)	0,74
Imbabura	<i>caturra</i> (69)	0,72
Morona Santiago	<i>catucaí</i> (67)	0,69
Sto. Domingo de los Tsáchilas	<i>catucaí</i> (43)	0,68
El Oro	<i>catucaí</i> (70)	0,34
Loja	<i>catucaí</i> (60)	0,32
Sucumbíos	<i>sarchimor</i> (100)	0,24
Manabí	<i>sarchimor</i> (44)	0,18
Chimborazo	<i>catucaí</i> (75)	0,13
Bolívar	<i>catucaí</i> (64)	0,03
Cotopaxi	<i>catucaí</i> (100)	0,02
Pastaza	<i>catucaí</i> (71)	-

Adaptado de (Guerrero, 2017; El Productor, 2017)

En la tabla 5, se pueden observar que hay 6 bloques diferenciados del rendimiento de producción de *Coffea robusta* en Tn/ha, encontrando a pichincha en 8vo lugar, dentro del cuarto bloque, con 0,21, que representa un rendimiento bajo, inferior a la mitad del promedio general. Está superado por Guayas y Santo Domingo de los Tsáchilas (principalmente la var. *conilón*).

Tabla 5.

*Rendimiento de Coffea robusta en las provincias del Ecuador*

<b>Provincias</b>	<b>Variedad (% Superficie)</b>	<b>Rendimiento (Tn/ha)</b>
Guayas	<i>conilón</i> (48)	1,30
Sto. Domingo de los Tsáchilas	<i>conilón</i> (72)	1,08
Los Ríos	<i>cobusta</i> (100)	1,02

Santa Elena	<i>conilón</i> (100)	0,71
Sucumbíos	<i>pepón brasileño</i> (30)	0,49
Orellana	<i>napo payamino</i> (71)	0,45
Bolívar	<i>robusta</i> (100)	0,22
Pichincha	<i>napo payamino</i> (60)	0,21
Napo	<i>conilón</i> (100)	0,16
Cotopaxi	<i>robusta</i> (100)	0,05

---

Adaptado de (Guerrero, 2017, El Productor, 2017)

### 1.1.6.3 Producción local

En Pichincha la zona de mayor producción se concentra en el Noroccidente de Pichincha, con 209 ha producidas, especialmente en Pacto, Nanegal, Nanegalito, Gualea y Minas, donde se cultivan especies arábicas como: *caturra*, *SL28*, *bourbon*, *typica*, *sarchimor*, *pacamara* y *sidra* (ConQuito, 2016; Gonzáles, 2017). En la figura 12 se puede ver que la mayor producción de café está en Nanegal con el 28%, seguido por Pacto con el 25%, Nanegalito 24%, Gualea 12% y en Minas con el 11% (ConQuito, 2016).

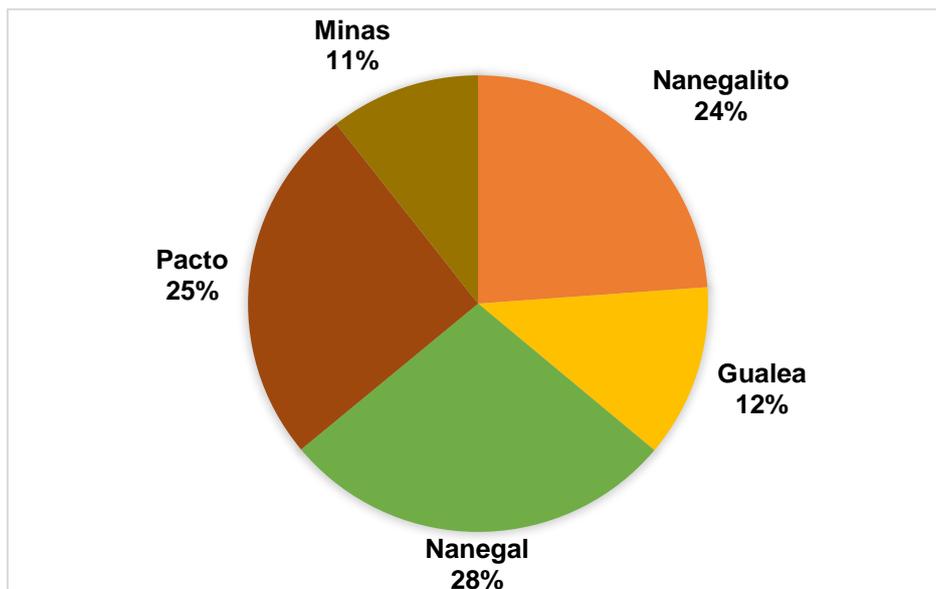


Figura 12. Producción de café en el Noroccidente de Pichincha

En la parroquia de Pacto se produce mayormente la var. *caturrea* con 28,75 ha., que representa el 54% de la producción total de café de esta zona (ConQuito, 2016). (ver figura 13).

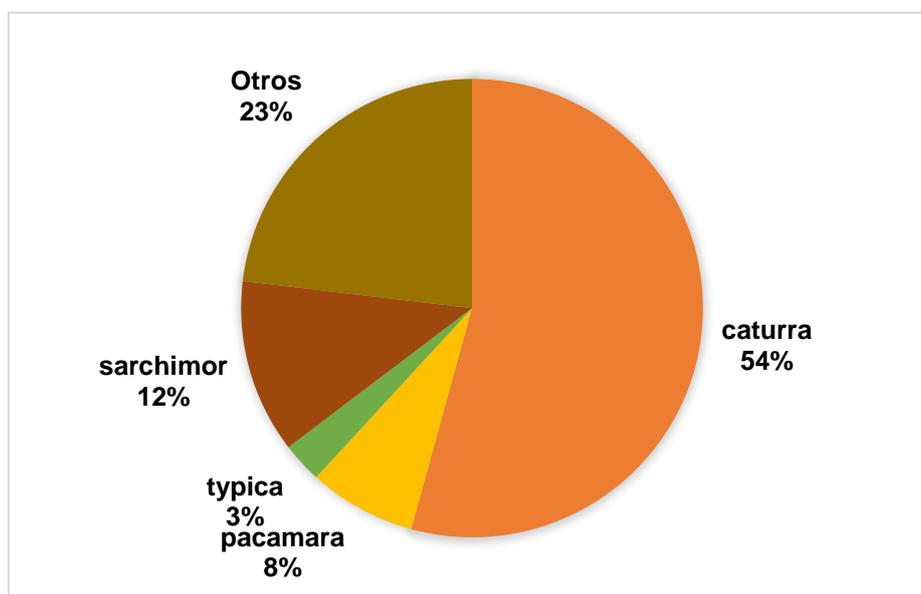


Figura 13. Variedades de café producidas en Pacto.

### 1.1.7 Consumo de café

El café es la segunda bebida más consumida a nivel mundial luego del agua embotellada (Sierra, 2013; Valencia, 2016). Según la CÁMARA DE COMERCIO DE ARMENIA Y DEL QUINDÍO (2014) y la ICO (2015) y la tendencia de consumo de café a nivel mundial está en constante crecimiento, de tal manera que se estima una demanda de 175 millones de sacos de 60 kg para el año 2020, especialmente por los mercados de China, Corea del Sur y Rusia.

En África y Asia se registró un crecimiento en la demanda del café del 5% y 4% respectivamente, en Europa fue de 0,8%, en Norteamérica de 2,6%, en Centroamérica de 3% y en Sudamérica del 2% equivalente a 25,4 millones de sacos (Fórum café, 2017; ICO, 2015).

En base a esto se puede decir que al aumentar año tras año la tendencia de consumo de café, la producción del grano también incrementa los desechos generados, causando mayor contaminación ambiental al no tratar adecuadamente estos subproductos (pulpa, cascarilla, etc.).

Tabla 6.

*Principales consumidores de café en el mundo*

<b>Países</b>	<b>Consumo (kg/persona)</b>
Finlandia	9,5
Noruega	7,3
Países Bajos	6,7
Eslovenia	6,1
Austria	5,5

Adaptado de (Coffee IQ, 2015; Infobae, 2014)

Tabla 7.

*Principales consumidores de café en América Latina*

<b>Países</b>	<b>Consumo (kg/persona)</b>
República Dominicana	3,7
Costa Rica	3,6
Guatemala	2,0
Venezuela	1,6
Colombia	1,4

Adaptado de (Coffee IQ, 2015; Infobae, 2014)

Tabla 8.

*Consumo per cápita de café en el Ecuador*

<b>País</b>	<b>Consumo (kg/persona)</b>
Ecuador	0,67

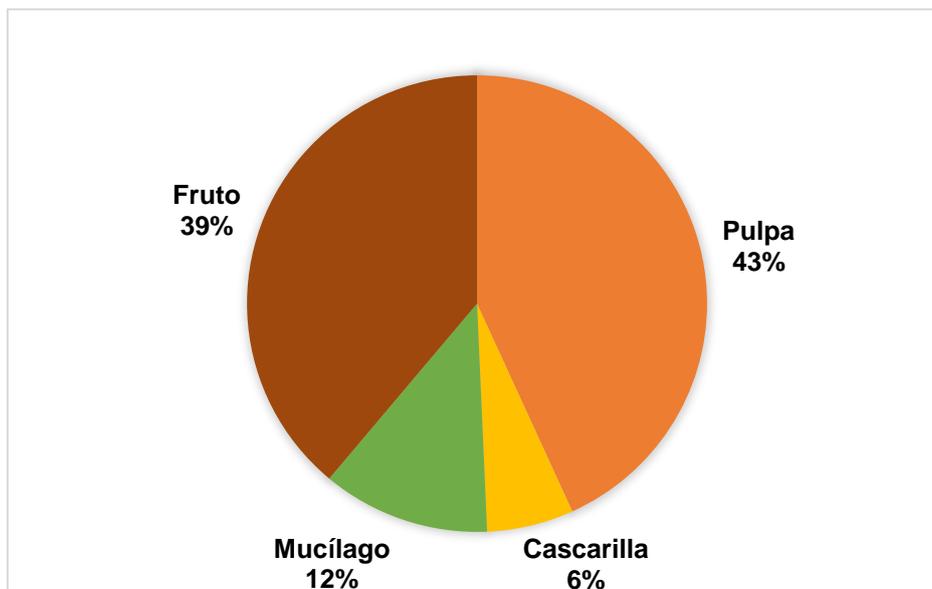
Adaptado de (Coffee IQ, 2015; Pizarro, Barrezueta, & Prado, 2016)

En las tablas 6, 7 y 8 se observa que los principales consumidores en el mundo son países europeos, quienes en comparación a América Latina consumen tres veces más y 10 veces comparados con Ecuador.

### **1.1.8 Composición del café *Coffea arábica***

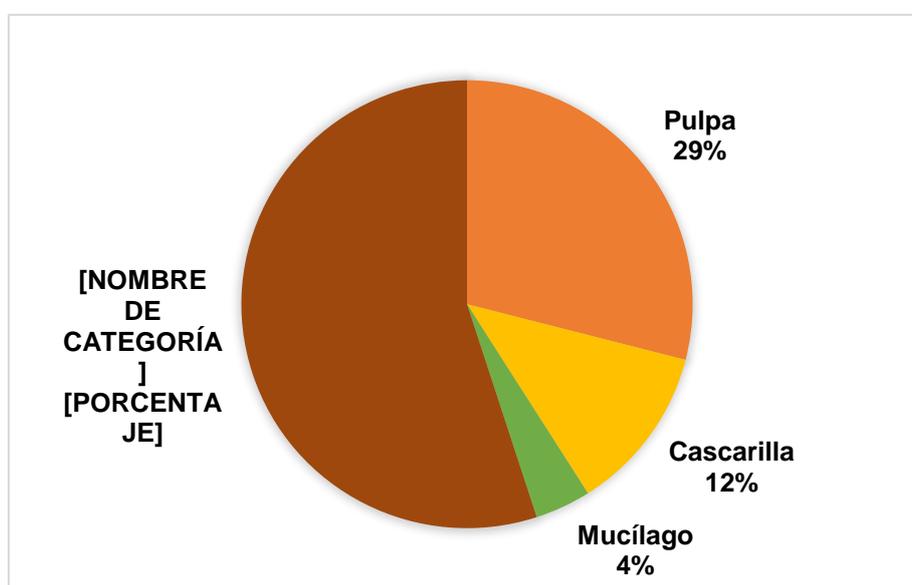
A continuación, se puede observar la composición de la cereza de café, en estado fresco y seco o deshidratado, en donde se evidencia que después del deshidratado de la cereza de café, la cascarilla aumenta su representación porcentual debido a que el fruto, mucílago y la pulpa tienen un mayor contenido de agua (ver figura 14 y ver figura 15).

Según Braham & Bresasani (1978) por cada 1.000 g de cereza de café en fresco se tiene la siguiente composición:



*Figura 14.* Composición de la cereza de café en fresco.  
Adaptado de (Braham & Bresasani, 1978)

Por otro lado, según Braham & Bresasani (1978) por cada 100 g de cerezas de café en seco se tiene la siguiente composición:



*Figura 15.* Composición de la cereza de café en seco.  
Adaptado de (Braham & Bresasani, 1978)

### 1.1.8.1 Composición química de la pulpa de café

La información recopilada que se indica en cada una de las siguientes tablas, corresponde a la especie *Coffea arábica* de diferentes variedades, teniendo poca información disponible de la var. *caturra*.

A continuación, se detalla la composición química de la pulpa de café según varios autores:

*Tabla 9.*

Composición química de la pulpa de café fresca en porcentaje.

<b>Variedad</b>	<b>Hum</b>	<b>pH</b>	<b>Cenizas</b>	<b>CHO</b>	<b>Fibra</b>	<b>Proteína</b>	<b>Lípidos</b>	<b>MO</b>
DND	-	-	-	-	DND	11,5 ± 2,0	2,0 ± 2,6	-
<i>catuai</i>	82,4	-	7,3	-	14,1	14,8	1,2	-
<i>catuai</i>	-	-	9,1	-	22,9	3,9	-	90,9
Mezcla	-	-	-	50,0	20,0	10,0	2,5	-
<i>C.arab.</i>	74,8	4,4	6,7	-	11,4	11,0	1,6	93,3
<i>C.arab.</i>	76,3	4,7	11,2	68,2	11,8	7,1	1,7	88,8
DND	76,7	4,5	-	-	-	10,1	-	-
DND	-	-	-	-	-	14,3 ± 1,9	1,3	90,7

Adaptado de (Blandón, Dávila, & Rodríguez, 1999; Braham & Bresasani, 1978; Bonilla-Hermosa, Duarte, & Schwan, 2014; Delgado et al., 2002; Heeger, Kosińska-Cagnazzo, Cantergiani, & Andlauer, 2017; P. Murthy & Naidu, 2012; Pleissner et al., 2016; Rodríguez & Zuluaga, 1994; Soto & Muñoz, 2002).

En la tabla 9, se observa que la pulpa de café tiene una humedad entre 74,8 y 82,4%, un pH entre 4,4 y 7,0 y un porcentaje representativo de carbohidratos mayor al 50%.

Tabla 10.

Carbohidratos totales de la pulpa de café fresca en porcentaje

Variedad	A. totales	A. reductores	A. no reductores
DND	14,3 ± 5,3	-	-
<i>catuai</i>	9,7	9,6	0,07
DND	14,4 ± 0,9	-	-
DND	-	7,9 ± 0,2	-
DND	-	3,2 ± 0,04	-
<i>caturra</i>	9,51	9,21	-
DND	-	12,4	2,0

Adaptado de (Bonilla-Hermosa et al., 2014; Camacho, García, Gutiérrez, & Alarcón, 2014; P. Murthy & Naidu, 2012; Pleissner et al., 2016)

Tabla 11.

Tipos de azúcares reductores de la pulpa de café fresca en g/L.

Variedad	Xilosa	Arabinosa	Fructosa	Glucosa	Sacarosa	Maltosa
DND	-	-	2,2 ± 0,8 <sup>a</sup>	2,4 ± 0,6 <sup>a</sup>	0,1 ± 0,04 <sup>a</sup>	-
DND	4,2 <sup>b</sup>	5,8 <sup>b</sup>	-	20,2 <sup>b</sup>	-	-
DND	0,1 <sup>c</sup>	0,2 <sup>c</sup>	-	-	-	-
DND	0,9 <sup>d</sup>	3,1 <sup>d</sup>	-	0,9 <sup>d</sup>	2,4 <sup>d</sup>	-
<i>caturra</i>	0,1 - 3,2 <sup>e</sup>	0,2 - 11,3 <sup>e</sup>	0,9 - 3,0 <sup>e</sup>	1,3 - 6,3 <sup>e</sup>	0,1 - 3,9 <sup>e</sup>	0,01 - 3,5 <sup>e</sup>

Adaptado de (Camacho et al., 2014; Gurrám et al., 2016; Jiménez, 2016)

En la tabla 10 y tabla 11, se refleja que la pulpa de café tiene alrededor de un 14% de azúcares totales, predominando los azúcares reductores, entre los cuales se encuentran fructosa, glucosa y sacarosa que los más usados en la industria alimentaria, con un contenido entre 0,9-13 g/L, 0,8-20 g/L y 0,1-3,9 g/L respectivamente.

Tabla 12.

Otros compuestos de la pulpa de café en porcentaje.

Variedad	Taninos	Lignina	Celulosa	Sustancias pépticas	Cafeína	Ác. clorogénico
<i>catuai</i>	-	10,1 ± 3,7	14,7 ± 1,6	-	-	-
<i>catuai</i>	-	14,3	20,7	-	-	-
DND	3,0 ± 5,0	17,5 ± 2,2	63,0 ± 2,5	6,5 ± 1,0	1,5 ± 1,0	2,4 ± 1,0
<i>catuai</i>	0,06	-	-	-	-	-
<i>C. arábica</i>	-	-	-	-	1,3	-
DND	1,8 – 8,6	-	-	6,5	1,3	2,6

Adaptado de (Bonilla-Hermosa et al., 2014; Heeger et al., 2017; Noriega, Siilva, & García, 2009; P. Murthy & Naidu, 2012; Pleissner et al., 2016)

En la tabla 12, se puede ver que la pulpa de café contiene otro tipo de compuestos tales como taninos, lignina, celulosa y sustancias pépticas, cuyos rangos de porcentaje son los más representativos. Hay que tomar en cuenta que en este proyecto no se determinarán dichos compuestos.

Tabla 13.

Principales minerales de la pulpa de café en porcentaje.

Variedad	Mg	P	K	Ca	N
<i>C. arábica</i>	0,4	0,3	DND	DND	1,6
<i>colombia</i>	0,1	0,1	3,3	0,3	1,7
<i>C. arábica</i>	0,1	0,1	2,8	0,3	1,8
<i>C. arábica</i>	0,1	0,2	3,3	DND	3,0
<i>C. arábica</i>	0,1	0,1	3,5	0,4	1,1

Adaptado de (Pérez, Céspedes, & Núñez, 2008; Sadeghian, Mejía, & Arcila, 2006; Soto & Muñoz, 2002).

En la tabla 13, se refleja que la pulpa de café tiene trazas mínimas de minerales, sin embargo, se considera una buena fuente de potasio con un porcentaje que oscila entre 2,8 y 3,5%.

### 1.1.8.2 Composición química de la cascarilla de café

A continuación, se detalla la composición química (%) de la cascarilla de café según varios autores:

Tabla 14.

*Composición química de la cascarilla de café en porcentaje.*

Variedad	Hum.	pH	Cenizas	CHO	Fibra	Proteína	Lípidos
DND	8,6	6,2	3,67	-	-	-	-
DND	-	-	-	58,0 ± 20	24,0 ± 5,9	8,0 – 5,0	0,5 - 5
DND	13,0 ± 0,6	5,3	-	-	-	-	-
DND	11,4	-	0,8	-	69,4	-	-
DND	-	6,5	3,41	-	41,7	-	-
DND	15,0	-	5,4	-	-	-	-

Adaptado de (Arias & Meneses, 2016; Gouvea, Torres, Franca, Oliveira, & Oliveira, 2009; Monterroso, 2013; Ortíz, Valdivié, & Elías, 2003; P. Murthy & Naidu, 2012; Shemekite et al., 2014).

En la tabla 14, se observa que la fibra es el componente más representativo en la cascarilla de café teniendo entre 24 y 70%. Además, la humedad varía entre 8,6 y 13,6%, y el pH entre 5,3 y 6,5.

Tabla 15.  
*Otros compuestos de la cascarilla de café en porcentaje.*

Variedad	Taninos	Lignina	Celulosa	Sustancias pépticas	Cafeína	Ácido clorogénico
DND	-	15,9	36,7	-	-	-
DND	5,0 ± 2,0	9,0 ± 1,6	43,0 ± 8,0	1,6 ± 1,2	1,0 ± 0,5	2,5 ± 0,6
DND	-	22,1	-	9,9	-	-

Adaptado de (Arias & Meneses, 2016; Monterroso, 2013; P. Murthy & Naidu, 2012).

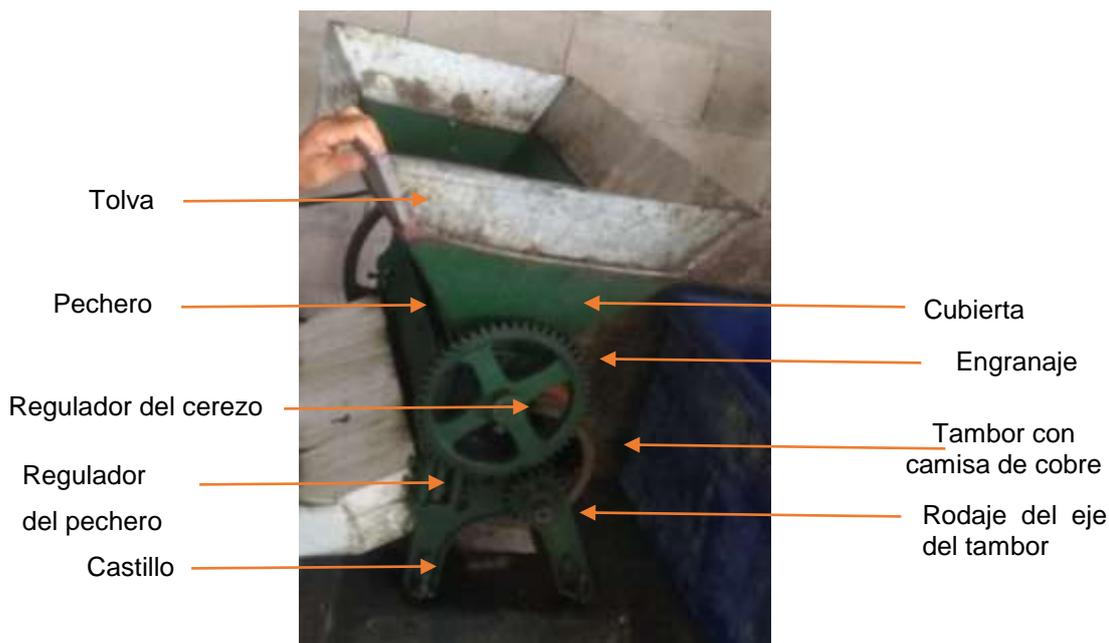
En la tabla 15, se evidencia que el compuesto más abundante en la cascarilla de café es la celulosa teniendo en un rango entre 36,7 y 51%, seguido por hemicelulosa que tiene entre 23,01 y 47,4%.

### 1.1.9 Despulpado (obtención de pulpa y cascarilla de café)

En la zona del Noroccidente de Pichincha, los caficultores despulpan la cereza de café antes de sus 8 horas de recolección en una despulpadora manual de marca PENAGOS, la cual debe estar absolutamente limpia para esta operación. El despulpado debe realizarse a penas se cosecha la café cereza, su retraso por más de 6 horas, afecta la calidad de la bebida originando un sabor a fermentado (ConQuito, 2015).

Previo al despulpado, la máquina debe ser calibrada adecuadamente para evitar granos cortados y mordidos que dan una mala apariencia, para lo cual se debe ajustar el pechero de acuerdo al tamaño del fruto, es la principal pieza que retira la pulpa del fruto al comprimirlos contra los dientes de la camisa (ConQuito, 2015; Duícela, Farfán, García, Corral, & Chilán, 2004).

El principio consiste en que la cereza de café ingresa a la máquina a un disco despulpador que es accionado manualmente por una manivela, éste arranca la pulpa llevándola a un recipiente de recolección, separando el grano (ConQuito, 2015; Martinez, Gonzales, & Daza, 2008).



*Figura 16.* Máquina despulpadora de café

### 1.1.10 Industrialización del café

Actualmente, la industria del café solo aprovecha el 5% del fruto (semilla) para elaborar bebidas, el 95% del peso del fruto fresco se refleja en forma de residuos que abarca a todos los subproductos: pulpa, cascarilla, mucílago, entre otros, los mismos que en pocas ocasiones son utilizados como parte de la alimentación animal y en su mayoría son desechados (Cenicafé, 2016; Rathinavelu & Graziosi, 2005).

Desde la segunda guerra mundial, se aprovechaban las semillas y cáscaras para realizar infusiones, los musulmanes elaboraban vinos a partir de la pulpa

fermentada conocida como “qishr” (Lascasas, 2010; Montoya, n.d.), siendo la pulpa de café una fuente representativa de carbono que sirve para sintetizar la enzima beta-glucosidasa que hoy en día se emplea en la producción de bebidas, productos farmacéuticos, etanol y cosméticos (Bhoite & Murthy, 2015; Krisch, Takó, Papp, & Vágvolgyi, 2010).

Tabla 16.

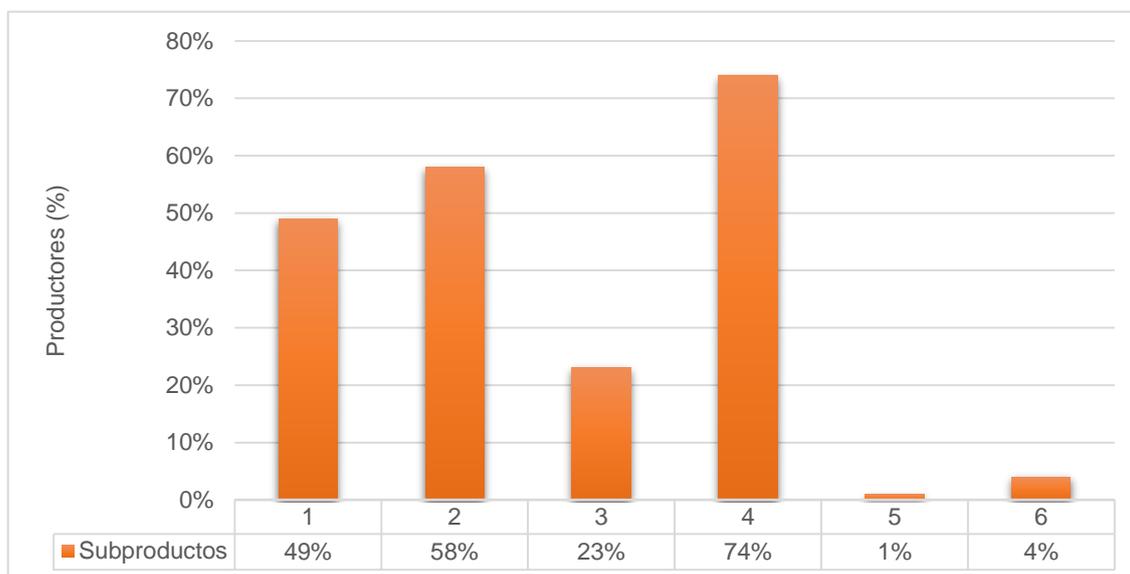
Productos desarrollados a partir de los subproductos del café

<b>Fuente</b>	<b>Subproducto</b>	<b>Producto</b>	<b>Descripción</b>
IEC, 2016	Semillas, pulpa, mucílago	Té	Suave, saludable y con poca cafeína, en muchas ocasiones descafeinado.
Perlman, 2016	Fruto	Harina de café	Tostada y dorada que conserva casi el total de los antioxidantes del café.
Balladares, 2015 COFFEA, 2015	Cascarilla	Papel	A la pulpa de celulosa, normalmente, se le añaden sustancias como el polipropileno o el polietileno con el fin de proporcionar diversas características que forman el papel.
Rodríguez; 2013	Pulpa	Alcohol	De 1 millón de sacos de café verde de los residuos de pulpa y mucílago es posible obtener 1.619.388 y 1.938.301 Gal de etanol.
Salazar, 2009	Pulpa	Bebida fermentada	Traslúcida, 6% alcohol, 14°Brix.
Noriega, 2007	Pulpa	Alimento animal	Tanto el ensilaje se lo destina a alimentación animal, este proceso se lo realiza mediante secado después se genera una torta de pulpa de café, se extrae los jugos por procesos microbiológicos y se originan productos con alta energía.
SÉLSODA	Frutos de café descartados	Coctel	Sabor natural a miel y naranja con un toque burbujeante.
COFFEE FLOUR	Cascarilla, semillas, pulpa	Harina de café	Libre de gluten, más fibra que la harina integral de trigo y más hierro que espinaca.

Además, contiene compuestos volátiles con los cuales se han producido ingredientes alimentarios con sabor floral y afrutado, aportando los subproductos con sabor natural a la industria alimentaria (Bonilla-Hermosa et al., 2014; Soares, Christen, Pandey, & Soccol, 2000), de la cáscara se ha elaborado ácido cítrico, obteniendo 1,5 g por cada 10 g de cascarilla (Shankaranand & Lonsane, 1994). En la tabla 16, se describen algunos de los productos que se pueden elaborar a partir de los subproductos del café, evidenciándose variedad de beneficios, como: productos alimenticios, productos químicos, biocombustibles, etc.

En el Noroccidente de Pichincha, la mayor parte de los caficultores no realizan un tratamiento adecuado de los subproductos, el 58% de los productores dejan en el suelo la pulpa para su descomposición o la eliminan por medio de las fuentes hídricas, cabe mencionar que en algunas ocasiones los productores utilizan la pulpa como compost, sin embargo, algunos productores la venden a grandes empresas, las mismas que extraen todo el contenido de azúcar y nuevamente lo devuelven al productor (F. Enríquez y H. Rogel, técnicos de las Cadenas Productivas de ConQuito, comunicación personal, 26 de abril de 2018).

En la figura 17, se observa que es muy representativo el porcentaje de productores del Noroccidente de Pichincha (58%), que no le dan un valor a la pulpa, simplemente la descartan causando contaminación al suelo, aire, agua y un medio para el desarrollo de plagas.



**Figura 17.** Manejo de subproductos del café en el Noroccidente de Pichincha  
Adaptado de (ConQuito, 2015)

Nota:

- a) realiza compost con la pulpa
- b) deja la pulpa botada a que se descomponga
- c) utiliza canales de filtración para aguas mieles
- d) deja que las mieles se filtren en la tierra
- e) ninguna opción
- f) no indica

## 1.2 Características físico-químicas de pulpa y cascarilla

En los estudios que se han realizado en pulpa y cascarilla de especie *Coffea arábica* se conocen que los mayores contenidos son de agua, carbohidratos, fibra, proteína, minerales (K, Ca, Mg, P) y sólidos solubles.

## **1.2.1 Características físicas**

Las características físicas permiten describir la calidad de los subproductos del café. Lo más importante a considerar son cualidades como: color, olor y firmeza; factores que varían según el grado de madurez de la cereza.

### **1.2.1.1 Color**

Es la propiedad óptica más importante en la pulpa de café puesto que indica la adecuada maduración de la cereza, generada por la degradación o síntesis de pigmentos específicos como: clorofila, carotenoides, antocianinas, etc. Estos pigmentos responden a los cambios en la concentración de sólidos solubles y acidez de los subproductos (L. Marín et al., 2003; Pulgarín, 2007).

### **1.2.1.2 Olor**

Se asocia con la fermentación, un proceso desarrollado durante la maduración de la cereza que genera aromas muy fuertes durante la producción de etileno debido al contenido de azúcares y otros compuestos como alcoholes, ésteres, aldehídos, etc., presentes en los subproductos (L. Marín et al., 2003; Rodríguez et al., 2015). El aroma se describe mediante una escala de intensidad del olor, como se puede ver en la tabla 12 ubicada en el apartado de Metodología 2.2.2.2.

### **1.2.1.3 Firmeza**

La condición de firmeza o ablandamiento es un indicador que se relaciona directamente con el estado de madurez, estructura de la pared celular y composición de la pulpa o cascarilla del café, teniendo componentes como:

hemicelulosa, celulosa y pectina que atribuyen dichas propiedades (Domene & Segura, 2014; Pulgarín, 2007).

## **1.2.2 Características químicas**

Establecen el valor nutricional de los alimentos influenciados por la concentración iónica de hidrógeno que condiciona el equilibrio de las fracciones químicas (ácidos orgánicos y azúcares) de la cereza de café.

### **1.2.2.1 pH**

La concentración iónica de hidrógeno influye directamente con la velocidad de oxidación y deterioro de la calidad organoléptica de un producto, a mayor pH, mayor riesgo de oxidación durante su conservación. El incremento de la temperatura es inversamente proporcional al pH, a mayor temperatura más rápido decrece el pH (Acosta, 2012; UDEP, 2016).

El pH es un indicador de la maduración de la cereza del café, de manera que al aumentar el grado de madurez disminuye el pH. Además, tiene estrecha relación con la concentración de ácidos orgánicos y la fermentación de sus azúcares, es decir condiciona el equilibrio entre las fracciones químicas del fruto (Acosta, 2012).

Para determinar el pH se emplea indicadores líquidos o de papel, sin embargo, el método más exacto y preciso es el análisis por potenciometría (Torres Camacho & Cori Callisaya, 2014).

### **1.2.2.2 Humedad**

Se define como el contenido de agua presente en los alimentos, siendo un criterio muy importante para conservar la calidad y mantener sus cualidades organolépticas (Puerta, 2006; UNAM, 2008; Ramírez, 2008).

Controlar la humedad de la cereza de café, ayuda a preservar su calidad, teniendo una humedad mayor al 13% existe el riesgo de daño físico, decoloración, baja calidad de los productos derivados del café, características sensoriales desagradables y descomposición por microorganismos (Jaramillo, 2013; Puerta, 2006; Villacorta, 2015).

Se requiere una cantidad mínima de agua libre en los alimentos para aumentar la velocidad de las reacciones de deterioro, por lo que la actividad del agua ( $A_w$ ) determina el agua disponible ya sea para su conservación o deterioro. En general un alimento con  $A_w$  menor a 0,7 se mantiene estable a reacciones de deterioro: físico, químico o biológico, y a su vez al tener  $A_w$  inferior a 0,6 es muy estable al daño causado por microorganismos (Duicela, Guamán & Farfán, 2015; Puerta, 2006).

Para determinar la humedad existen diversos métodos, como el de secado: en estufa, en estufa al vacío, en termobalanza, otro por destilación azeotrópica, y otro químico denominado Karl Fischer basado en un reactivo (Jaramillo, 2013; UNAM, 2008).

### **1.2.2.3 Minerales**

Los minerales en mayor proporción encontrados en la pulpa de café son: calcio (Ca), potasio (K), fósforo (P) y magnesio (Mg), los cuales son compuestos inorgánicos que tienen importancia desde un punto de vista nutricional.

Para su cuantificación, se determina el porcentaje total de cenizas por métodos como: calcinación por secado, calcinación por vía húmeda o calcinación a bajas temperaturas (FAO, 2002; Peralta, Maldonado, & Centeno, 2015).

#### **1.2.2.4 Carbohidratos**

Los carbohidratos son moléculas formadas por carbono, hidrógeno y oxígeno, que de acuerdo a su estructura se clasifican en: monosacáridos, oligosacáridos, polisacáridos y glucosaminoglicanos (Cárabez Trejo & Chavarria, 2013; UNAM, 2008). Son la principal fuente energética para el cuerpo humano, principalmente en forma de glucosa (Mollinedo Patzi & Benavides Calderón, 2014; Partearroyo, Sánchez, & Gregorio, 2013).

##### **a) Azúcares totales**

Los azúcares totales: reductores y no reductores definen el equilibrio de la concentración de acidez de los ácidos orgánicos en los alimentos. La degradación de los azúcares totales y su acidificación, se relaciona directamente con el tiempo de fermentación del café debido al consumo del sustrato, desarrollo bacteriano y presencia de levaduras fermentadoras, produciendo etanol, CO<sub>2</sub>, metanol, ácidos y aldehídos (Cenicafé, 2012; Cortes, Ibla, Calderón, Herrera, 2013).

Los microorganismos que se originan durante la fermentación son responsables de la disminución de minerales, debido a que forman parte de su alimentación, especialmente el Fósforo (P) y Azufre (S). Cabe recalcar que no todos los azúcares se fermentan ni las sustancias pépticas se degradan (Cenicafé, 2012; Puerta, 2010).

Para su determinación se emplea métodos como: cromatografía líquida de alta resolución (HPLC), espectrofotometría, refractometría o colorimetría utilizando reactivos fenol y ácido sulfúrico (López-Legarda, Taramuel-Gallardo, Arboleda-Echavarría, Segura-Sánchez, & Restrepo-Betancur, 2017; Mederos, Reynaldo, & Monte, 2014).

## **b) Azúcares reductores**

Estos azúcares son mono y oligosacáridos que están constituidos por un grupo aldehído o cetona libre que actúan sobre determinados agentes oxidantes por su efecto reductor (INEN, 2012; Plaza, Martínez, & Hernández, 2013).

Según Peralta, Maldonado y Centeno (2015) son los responsables del sabor dulce de la pulpa madura. Los principales azúcares son: fructosa, glucosa y sacarosa, los cuales tienen la facilidad de transformarse en reductonas cuando se los calienta en estados alcalinos, esas reductonas se oxidan en presencia de oxígeno (Cenicafé, 2012; Cortes, Ibla, Calderón, Herrera, 2013).

Este tipo de azúcares se determina mediante el método de ácido dinitrosalicílico (DNS) y método de Fehling (López-Legarda et al., 2017; UNAM, 2008).

### **1.2.2.5 Fibra**

La fibra es un compuesto vegetal orgánico insoluble, compuesta por celulosa, lignina y hemicelulosa, su fracción varía durante la fermentación de la pulpa del café debido a la disminución de sus azúcares (Cenicafé, 2012; Rodríguez, 2011). Se emplean métodos gravimétricos y enzimático-químicos para su determinación (Olivares, 1997; Grossi, Haydée y De Michelis, s.f.).

### **1.2.2.6 Cenizas**

Las cenizas son residuos inorgánicos que resultan de la incineración del alimento, posterior a este proceso es posible que no conserven las sustancias del alimento original como los minerales, puesto que pueden perderse por volatilización o interacciones químicas de los constituyentes (Olivares, 1997; UNAM, 2008). Es importante su determinación en la pulpa para determinar el contenido total de minerales.

Existen algunos métodos para determinar las cenizas totales: calcinación por secado, calcinación por vía húmeda y calcinación de plasma a baja temperatura (Martínez & Segovia, 2012; Peralta et al., 2015).

### **1.2.2.7 Proteínas**

Las proteínas son sustancias complejas compuestas por elementos como: carbono, hidrogeno, nitrógeno, oxígeno, azufre y en algunas ocasiones por fósforo, se conforman de la unión de aminoácidos mediante enlaces peptídicos (A. Martínez & V. Martínez, 2006; UNAM, 2008).

En el café verde predominan aminoácidos como: arginina, ácido aspártico, histidina y cistidina; su fracción tiende a disminuir a medida que aumenta la maduración del fruto y son las responsables de la formación de los compuestos aromáticos al reaccionar con los carbohidratos en la etapa del tueste (Gil, 2010; Rodríguez & Zambrano, 2010)

El método Kjeldahl es el más común para la determinación de proteínas, siendo así que mide la materia nitrogenada total presente en el alimento (Lanza, Churión, & Gómez, 2016; UNAM, 2008).

### **1.2.2.8 Sólidos solubles totales**

Los sólidos solubles se expresan como grados brix, los cuales miden la cantidad aproximada de azúcares e incluye a los carbohidratos, ácidos orgánicos, proteínas, grasas y minerales (Domene & Segura, 2014). Según Marín, Arcila y Montoya (2003) y Rodríguez et al. (2015) a medida la cereza de café madura se incrementa el contenido de sólidos solubles totales: azúcares, ácidos y sales y otros compuestos solubles en agua presentes en la pulpa; teniendo un valor entre 12 y 24 ° brix en los frutos con 210 y 224 ddf.

Para su determinación se utiliza un refractómetro, que mide la refracción de la luz que dependiendo la densidad de la sustancia este índice aumente proporcionalmente (Chao, 2013; InfoAgro, n.d.).

## **2. CAPÍTULO II. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL**

### **2.1 Ubicación del experimento**

#### **2.1.1 Ubicación en el campo**

Las cerezas de café (*Coffea arábica*) var. *caturra* fueron recolectadas de las fincas más representativas del Noroccidente de Quito de acuerdo a superficie (ha), de tres pisos altitudinales: <1.000 m.s.n.m (alto), 1.001-1.500 m.s.n.m (medio) y > 1.500 m.s.n.m (bajo). Las características del lugar se describen en la tabla 17.

Tabla 17.

*Descripción del campo*

<b>Características</b>	<b>Nanegalito</b>	<b>Gualea</b>	<b>San José de Minas</b>
<b>Provincia</b>	Pichincha	Pichincha	Pichincha
<b>Capital</b>	Quito	Quito	Quito
<b>Cantón</b>	Quito	Quito	Quito
<b>Sector</b>	Miraflores	Vista Hermosa	Playa Rica
<b>Finca</b>	Vista Hermosa	San José De Las Palmas	Playa Rica
<b>Coordenadas</b>	0°3'50"N 78°40'50"O	0°5'4"N 78°44'36"O	0°10'17"N 78°24'40"O
<b>Altitud</b>	1.897 m	1.214 m	965 m
<b>Temperatura</b>	12 °C - 22°C	20 °C - 24°C	10 °C - 20°C
<b>Humedad</b>	75% - 80%	72% - 80%	71%
<b>Tipo de suelo</b>	Franco arcilloso	Franco arenoso	Franco arcilloso

**2.1.2 Ubicación en el laboratorio**

Los análisis se realizaron en el laboratorio del Departamento de Nutrición y Calidad de la Estación Experimental Santa Catalina del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), ubicado en el cantón Mejía; y en el laboratorio de procesamientos de alimentos de la Universidad de las Américas, en el campus Queri, ubicado en la zona norte del Distrito Metropolitano de Quito. Las características de los lugares se describen en la tabla 18.

Tabla 18.

*Descripción del laboratorio de procesamiento de alimentos*

<b>Características</b>	<b>INIAP</b>	<b>UDLA</b>
<b>Provincia</b>	Pichincha	Pichincha

<b>Capital</b>	Quito	Quito
<b>Cantón</b>	Mejía	Quito
<b>Coordenadas</b>	0°18'60"S 78°32'37"O	0°10'02"S 78°28'21"W
<b>Altitud</b>	3.058 m	2.850 m
<b>Temperatura</b>	5 °C - 15°C	21,3 °C
<b>Humedad</b>	79% - 85%	60%

## 2.2 Análisis físico-químico del material vegetal fresco

Del material vegetal fresco se realizaron los siguientes análisis: color, olor, firmeza, pH y sólidos solubles. Previo a estos análisis se realizó la preparación del material vegetal: pulpa y cascarilla de café var. *caturra*.

### 2.2.1 Preparación del material vegetal

#### Materiales, equipos y reactivos utilizados en la preparación del material vegetal

- ~ Fundas LLDPE (polietileno lineal de baja densidad) con cierre simple Ziploc
- ~ Balanza analítica digital marca Boeco Germany modelo BPS 52 (2,5 kg)

#### Procedimiento para la preparación del material vegetal

Las cerezas de café fueron peladas y despulpadas, de modo que se extrajeron 3 fracciones diferenciadas: cascarilla, pulpa y semilla. Estas estructuras fueron debidamente pesadas y almacenadas en diferentes fundas LLDPE con cierre simple Ziploc, las cuales fueron congeladas entre -8°C y -14°C para su conservación.

### 2.2.2 Análisis del color

#### **Materiales, equipos y reactivos utilizados en la determinación del color**

~ Colorímetro marca Lovibond Tintometer modelo LC100

#### **Procedimiento para la determinación del color**

Se tomó la cascarilla y pulpa de café por separado, las mismas que se colocaron en el colorímetro de manera que se pueda observar claramente su color característico.



*Figura 18.* Determinación del color en cascarilla de café

### 2.2.3 Análisis del olor

#### **Materiales, equipos y reactivos utilizados en la determinación del olor**

~ Recipientes bowls de acero inoxidable (9 cm)

### Procedimiento para la determinación del olor

Se colocó la muestra en un pequeño recipiente de acero inoxidable, siendo así que el olor se determinó de manera subjetiva mediante el sentido del olfato, para lo cual se utilizó una escala del 1 al 6 que indica el nivel de intensidad del aroma, de modo que se calificó como 0 a un olor no perceptible y 6 a un olor extremadamente fuerte, como se puede ver en la tabla 19. Este procedimiento se realizó tanto para la pulpa como para la cascarilla.

Tabla 19.

*Escala de intensidad del olor*

<b>Nivel de Intensidad</b>	<b>Olor</b>
0	No perceptible
1	Muy débilmente perceptible
2	Débilmente perceptible
3	Distinguible
4	Fuerte
5	Muy fuerte
6	Extremadamente fuerte

Tomado de (Olores, 2008)



*Figura 19.* Análisis sensorial de la pulpa y cascarilla de café

#### **2.2.4 Análisis de la firmeza**

##### **Materiales, equipos y reactivos utilizados en la determinación de la firmeza**

- ~ Penetrómetro digital modelo PCE-PTR 200 (196 N / 20 kg)

##### **Procedimiento para la determinación de la firmeza**

Para medir la firmeza polar de la cereza de café en Newtons (N), se introdujo la punta cónica perpendicularmente en el ápice, ejerciendo la presión necesaria hasta lograr su ruptura, de la misma manera para medir la firmeza ecuatorial, se introdujo la punta cónica transversalmente por la parte central. Para medir la firmeza polar, se tomó como referencia la escala empleada por Pulgarín (2007) quien establece un nivel de  $23,63 \pm 0,69$  N (muy firme) en cereza estado pintón (210 ddf), un nivel de  $12,37 \pm 0,45$  N (firme) en cereza estado maduro (217 ddf) y un nivel de  $8,78 \pm 0,42$  N (blando) en cereza estado sobre maduro (224 ddf).



*Figura 20.* Determinación de la firmeza en cereza de café.

### **2.2.5 Análisis del pH**

#### **Materiales, equipos y reactivos utilizados en la determinación del pH**

- ~ Agua potable (100ml)
- ~ Potenciómetro digital marca HANNA modelo HI99163
- ~ Solución tampón buffer pH 4,01 y 7,01

#### **Procedimiento para la determinación del pH**

Según la AOAC 970.2 (2005) (como se citó en Díaz, 2010), se utilizó el método del potenciómetro, adaptado por el Departamento de Nutrición y Calidad del INIAP.

Para medir el pH se pesó  $10,0 \pm 0,1$  g de la muestra; se disolvió en 100 ml de agua a una temperatura de 25 °C y con la ayuda del potenciómetro digital previamente calibrado con las soluciones buffer (4,01 y 7,01), se

determinó el pH. Este procedimiento se realizó tanto para la pulpa como para la cascarilla.



*Figura 21.* Determinación del pH de la pulpa de café

### **2.2.6 Análisis de sólidos solubles totales**

#### **Materiales, equipos y reactivos utilizados en la determinación de sólidos solubles totales**

- ~ Refractómetro de mano marca HANNA modelo PCE-4582 (0-20 °brix)
- ~ Mortero de porcelana blanca (6x8 cm)

#### **Procedimiento para la determinación de sólidos solubles totales**

Se utilizó el método refractométrico, adaptado por el Departamento de Nutrición y Calidad del INIAP el cual se basó en el método de referencia (MO-LSAIA-01).

Para la determinación de los sólidos solubles totales se procedió a extraer el zumo de la muestra utilizando el mortero, este zumo con un gotero se colocó

en el prisma del refractómetro, se observó el resultado frente a un lugar iluminado, y finalmente se registró los brix obtenidos.



*Figura 22.* Determinación de °brix de la cascarilla de café

### **2.3 Análisis físico-químico del material vegetal seco**

Del material vegetal seco se realizaron los siguientes análisis: humedad, cenizas, minerales, carbohidratos, fibra y proteína.

#### **2.3.1 Análisis de humedad**

##### **Materiales, equipos y reactivos utilizados en la determinación de humedad**

- ~ Balanza analítica digital marca Boeco Germany modelo BPS 52 (2,5 kg)
- ~ Estufa de desecación al vacío modelo VOcool 200
- ~ Crisol con tapa de porcelana blanca (40 ml)

##### **Procedimiento para la determinación de humedad**

Según la AOAC 920.3151 (2005) (como se citó en Díaz, 2010), se utilizó el método gravimétrico en estufa al vacío, adaptado por el Departamento de Nutrición y Calidad del INIAP el cual se basó en el método de referencia (MO-LSAIA-01.01) de la U. Florida de 1970.

Para medir la humedad se pesó  $2,0 \pm 0,1$  g de muestra, se colocó en un crisol y se la introdujo en la estufa al vacío a una temperatura de  $70\text{ }^{\circ}\text{C}$  durante 5 horas, finalmente se dejó enfriar a temperatura ambiente obteniendo los resultados por diferencia de pesos (Ver ecuación 1).

Se realizaron los debidos cálculos para determinar el contenido de humedad, con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Humedad} = \frac{P-P1}{P2} * 100 \quad (\text{Ecuación 1})$$

En donde:

P = peso del crisol (g)

P1 = peso del crisol más muestra (g)

P2 = peso de la muestra (g)



Figura 23. Muestras de la pulpa y cascarilla en la mufla

### **2.3.2 Análisis de cenizas**

#### **Materiales, equipos y reactivos utilizados en la determinación de cenizas**

- ~ Crisoles con tapa de porcelana blanca (40 ml)
- ~ Mufla marca Thermo Scientific Thermolyne modelo FB1410M-33
- ~ Balanza analítica digital marca Boeco Germany modelo BPS 52 (2,5 kg)

#### **Procedimiento para la determinación de cenizas**

Se utilizó el método de calcinación, adaptado por el Departamento de Nutrición y Calidad del INIAP el cual se basó en el método de referencia (MO-LSAIA-01.02) de la U. Florida de 1970.

Se procedió a pesar 2 g de la muestra, la misma que se colocó en los crisoles, los que fueron introducidos en la mufla a una temperatura de 100 °C que paulatinamente fue incrementado hasta llegar a 575 °C hasta que se logró la carbonización total de la muestra, luego se dejó calcinar durante 3 horas más hasta no evidenciar partícula negra alguna, finalmente a temperatura ambiente se dejó enfriar los crisoles y se pesó el residuo.

### **2.3.3 Análisis de minerales**

#### **Materiales, equipos y reactivos utilizados en la determinación de minerales**

- ~ Espectrofotómetro de luz visible marca RAYLEIGH modelo VIS-723G

## **Procedimiento para la determinación de minerales**

Según la AOAC 965.30, AOAC 970.39 y AOAC 991.25 (2005) (como se citó en J. Figueroa & Mendoza, 2010), se utilizó la metodología de espectrofotometría, adaptado por el Departamento de Nutrición y Calidad del INIAP el cual se basó en el método de referencia (MO-LSAIA-03) de la U. Florida de 1980.

Para cuantificar los minerales presentes en la pulpa de café, previamente se debe calcinar la muestra, de modo que se debe obtener las cenizas totales para proceder a realizar la metodología de espectrofotometría.

### **2.3.4 Análisis de azúcares totales y azúcares reductores**

#### **Materiales, equipos y reactivos utilizados en la determinación de azúcares totales y azúcares reductores**

- ~ Tubos de ensayo de cristal fondo cónico (15x100mm)
- ~ Gradilla de madera (12 tubos)
- ~ Pinzas metálicas de acero inoxidable para tubos de ensayo
- ~ Vaso de precipitación de vidrio (100 ml)
- ~ Matraz aforado de vidrio (100 ml)
- ~ Balanza analítica digital marca Boeco Germany modelo BPS 52 (2,5 kg)
- ~ Agitador magnético digital marca Stuart
- ~ Agitador Vortex modelo VTX-5
- ~ Espectrofotómetro de luz visible marca RAYLEIGH modelo VIS-723G
- ~ Fenol al 5%
- ~ Ácido sulfúrico concentrado
- ~ Glucosa estándar
- ~ Glucosa stock al 1%

~ Agua destilada

### **Procedimiento para la determinación de azúcares totales y azúcares reductores**

Según Dubois et al., (1996) (como se citó en Díaz, 2010) (Arias & Meneses, 2016)), se utilizó el método fenol-sulfúrico, adaptado por el Departamento de Nutrición y Calidad del INIAP (MO-LSAIA-21).

Para la determinación de los carbohidratos totales se procedió a preparar una curva patrón de manera que a los 6 matraces se realizó la rotulación y soluciones que se indican en la tabla 20.

Tabla 20.

*Rotulación y soluciones de los 6 matraces*

<b>Matraz #</b>	<b>Rotulación</b>	<b>Solución</b> <b>(glucosa estándar + agua destilada)</b>
1	Blanco	0 ml + 100 ml
2	Glucosa al 20%	20 ml + 80 ml
3	Glucosa al 40%	40 ml + 60 ml
4	Glucosa al 60%	60 ml + 40 ml
5	Glucosa al 80%	80 ml + 20 ml
6	Glucosa al 100%	100 ml + 0 ml

Adaptado de (A. Díaz, 2010)

Se realizó la curva de calibración basado en cinco concentraciones de glucosa, las cuales permiten identificar un patrón numérico de reflectancia en el espectrofotómetro para de esta manera determinar el valor máximo de absorbancia de la muestra. Para esto se preparó algunas soluciones (ver tabla 21). Para su preparación es importante realizar un “baño maría” para lograr que

los polisacáridos se descompongan en monosacáridos por la presencia del ácido sulfúrico.

Tabla 21.

*Concentración de glucosa*

Reactivo	Tubos de ensayo (ml)					
	Blanco	1	2	3	4	5
<b>Solución estándar</b>	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
<b>Fenol 5%</b>	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
<b>H2SO4 concentrado</b>	5	5	5	5	5	5

Adaptado de (A. Díaz, 2010)

Una vez preparados los diferentes tubos de ensayo se procedió a colocar con la ayuda de las pinzas en el agitador Vortex, previamente calibrado para lograr la homogenización uniforme de estas soluciones. Cuando se homogenizó por completo, se las sometió a “baño maría” durante 5 minutos para lograr la síntesis de los azúcares. A continuación, se las colocó en vasos de precipitación para su enfriamiento.

Finalmente, se realizó la lectura de cada uno de los estándares empleando el espectrofotómetro a una longitud de onda de 650 nm. Hay que tomar en cuenta que aquellas soluciones que tenían un volumen menor a 10 ml se les adicionó agua destilada para una mejor lectura en el espectrofotómetro.

En el anexo 3, 4 y 5 se describen los estándares y las absorbancias según la longitud de onda (650 nm) para la curva de calibración de la glucosa.

## **Preparación de reactivos**

### **a) Preparación de glucosa stock al 1%**

Para preparar esta solución se procedió a colocar 50 ml de agua destilada y 1 g de glucosa pulverizada en un matraz aforado de 100 ml, posteriormente se agitó hasta evidenciar su homogenización y finalmente se aforó a un volumen de 100 ml.

### **b) Preparación de glucosa estándar al 0,1%**

Para preparar esta solución se procedió a colocar 50 ml de agua destilada y 10 ml de glucosa stock al 1% en un matraz aforado de 100 ml, posteriormente se agitó durante 30 segundos hasta evidenciar su homogenización y finalmente se aforó a un volumen de 100 ml.

### **c) Preparación de Fenol al 5%**

Se procedió a colocar en un balón aforado de 100 ml, 5 g de fenol y 50 ml de agua destilada, posteriormente se agitó durante 5 minutos hasta homogenizar y finalmente se aforó.

## **2.3.5 Análisis de fibra**

### **Materiales, equipos y reactivos utilizados en la determinación de fibra**

- ~ Crisoles de vidrio
- ~ Pinzas metálicas de acero inoxidable para crisol

- ~ Probetas de vidrio (50 ml y 25 ml)
- ~ Matraz aforado de vidrio (1000 ml)
- ~ Desecador de vidrio
- ~ Balanza analítica digital marca Boeco Germany modelo BPS 52 (2,5 kg)
- ~ Mufla marca Thermo Scientific Thermolyne modelo FB1410M-33
- ~ Analizador de fibra marca Velp Scientifica
- ~ Acetona al 50%
- ~ Solución detergente ácida (SDA)
- ~ Alcohol octílico

### **Procedimiento para la determinación de fibra**

Según el método de Van Soest P.J. & Robertson J.B., (1979) y la Norma COVENIN 430-82 (como se citó en Díaz, 2010), adaptado por el Departamento de Nutrición y Calidad del INIAP el cual se basó en el método de referencia (MO-LSAIA-03) de la U. Florida de 1970.

Para la determinación de la fibra se pesó 1 g de muestra, la misma que se colocó en los crisoles del equipo analizador de fibra previamente pesados, luego se adicionó 100 ml de SDA caliente y 4 gotas de n-Octanol, el equipo se programó a un calentamiento inicial de 10 minutos y durante 50 minutos a ebullición hasta que se alcanzó la temperatura máxima, se dejó recircular la muestra, al terminar este proceso se bajó la temperatura totalmente y se filtró el sobrante de la muestra, luego se lavó 3 veces utilizando alícuotas de 50 ml de agua caliente y posteriormente con 2 alícuotas de 50 ml de acetona fría al 50%. Finalmente se dejó secar la muestra durante 2 horas a una temperatura de 105 °C, se pesó, se la incineró durante 30 minutos a 550 °C.

## Preparación de reactivos

### a) Preparación de acetona al 50%

Para esta solución se mide un volumen de 500 ml de acetona en una probeta, la cual se diluye en 500 ml de agua destilada, teniendo un volumen final de 1000 ml.

### b) Preparación de SDA al 1%

Para esta solución se necesita  $H_2SO_4$  (1 N) y 20 g de N-Cetil-N, N, N-Trimetilamonio Bromuro, de tal manera que, para 1 L.

Teniendo como resultado 27,74 ml de  $H_2SO_4$  y 72, 26 ml de agua destilada para 1 L de solución.



*Figura 24.* Determinación de fibra

### 2.3.6 Análisis de proteína

#### **Materiales, equipos y reactivos utilizados en la determinación de proteína**

- ~ Equipo Kjeldahl automático marca Velp Scientifica modelo UDK 149
- ~ Matraz Kjeldahl de vidrio (800 ml)
- ~ Matraz Erlenmeyer de vidrio (500 ml)
- ~ Bureta de vidrio (25 ml)
- ~ Probeta de vidrio (500 ml)
- ~ Soporte universal con varilla (60 cm)
- ~ Balanza analítica digital marca Boeco Germany modelo BPS 52 (2,5 kg)
- ~ Ácido sulfúrico
- ~ Sulfato de potasio
- ~ Ácido bórico al 4%
- ~ Hidróxido de sodio al 50%
- ~ Rojo de metilo al 0,1%
- ~ Ácido clorhídrico 0,1 N
- ~ Tiosulfato de sodio

#### **Procedimiento para la determinación de proteína**

Se empleó el método Kjeldahl, el mismo que fue citado en (Quichimbo, 2017). El Departamento de Nutrición y Calidad del INIAP se basó en el método de referencia (MO-LSAIA-01.04) de la U. Florida de 1970.

Se colocó 3 g de la muestra previamente molida en una lámina de papel filtro, ésta se introdujo en el Matraz Kjeldahl con 20 g de catalizadores ( $H_2SO_4$  y  $K_2SO_4$ ) y 25 ml de  $H_2SO_4$ . El matraz Kjeldahl se lo colocó en el digestor durante 40 minutos, aumentando la temperatura hasta lograr la ebullición, se

apagó el equipo una vez que se observó la coloración azul-verdoso transparente, y se dejó enfriar.

Por otro lado, en un matraz Erlenmeyer se añadió la solución de ácido bórico con alrededor de 4 gotas de rojo de metilo. Este se colocó en el extremo del condensador.

Una vez enfriado el Matraz Kjeldahl se agregó 200 ml de agua y 25 ml de solución tiosulfato de sodio, y se procedió a homogenizar, adicional se añadió 120 ml de hidróxido de sodio, se agitó y se colocó nuevamente en el destilador, se digirió la solución hasta que se alcanzó un volumen de 300 ml en el matraz Erlenmeyer.

Enseguida, se procedió a armar el soporte universal con la bureta. Con la ayuda del embudo se agregó solución de ácido clorhídrico en la bureta y se encero el menisco.

Finalmente, se retiró del destilador el matraz Erlenmeyer y se tituló con la solución de ácido clorhídrico, agitando constantemente. Se registró el volumen cuando la solución se tornó incolora.

Para determinar el porcentaje de proteína, se realizó el cálculo de la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Nitrógeno} = \frac{(V) * (N) * (meq.N)}{\text{peso muestra}} * 100 \quad (\text{Ecuación 2})$$

En donde:

V = volumen utilizado de ácido clorhídrico

N = normalidad del ácido clorhídrico

Meq. N = miliequivalente del nitrógeno (0,014)



Figura 25. Determinación de proteína

## 2.4 Planteamiento de potenciales agroindustriales

Se plantearon una vez que se obtuvieron los resultados de la caracterización físico-química de la pulpa y cascarilla de café var. *caturrea*, cuyos datos fueron analizados a partir de una revisión bibliográfica de investigaciones similares. Para plantearlos se consideró los compuestos químicos de mayor representatividad, es decir aquellos que su composición es mayor frente a otras variedades como alimentos.

## 2.5 Diseño experimental

El diseño experimental planteado para este proyecto fue un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) con un testigo, involucrando 4 tratamientos con 3 repeticiones, siendo las unidades experimentales la pulpa y cascarilla de café var. *caturrea*, en donde se evaluaron variables como: pH, humedad, sólidos solubles, azúcares totales, azúcares reductores, proteína, fibra y minerales (K, P, Mg y Ca).

A continuación, se detalla la descripción de los tratamientos:

Tabla 22.

*Descripción de los tratamientos*

<b>Tratamientos</b>	<b>Descripción</b>
T1	(pulpa o cascarilla) * P1
T2	(pulpa o cascarilla) * P2
T3	(pulpa o cascarilla) * P3
T4	Testigo

Al encontrar diferencias significativas, basándose en el análisis funcional, se procedió hacer la prueba de medias Tukey, con un intervalo de error del 5%.

A continuación, se expresa el esquema del Análisis de Varianza (ANOVA):

Tabla 23.

*Esquema del ANOVA del experimento*

<b>Fuentes de variación</b>	<b>Grados de libertad (gl)</b>
Total	11
Tratamientos	3
Repeticiones	2
Error experimental	6
CV %	

El análisis estadístico se realizó con la herramienta de InfoStat 2016 Estudiantil, versión gratuita. Es importante mencionar que el coeficiente de variación hasta un 10% indica que su precisión en la toma de datos es buena y confiable, siendo influenciado únicamente por los diferentes tratamientos y métodos empleados en la experimentación y el coeficiente de variación mayor al 20% indica que su precisión en la toma de datos no es confiable viéndose afectado por condiciones externas (temperatura, humedad).

### 3. CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1 Análisis físico-químico del material vegetal fresco

##### 3.1.1 Determinación del color

Se determinó el color de las muestras (pulpa y cascarilla) mediante el uso del colorímetro, como se mencionó en la sección 2.2.2.1.

A continuación, se describen las medidas tomadas del colorímetro en L\*, a\*, b\* y RGB, para pulpa y cascarilla, respectivamente:

Tabla 24.

*Color de la pulpa de café*

L*	a*	b*	RGB	
43,9	17,8	27,2	140 92 59	
49,2	19,2	29,7	157 104 67	
45,7	18,6	31,6	147 96 56	

Nota: L\*: rendimiento entre el color negro = 0 y blanco = 100; a\*: valores negativos indican verde y valores positivos indican rojo; b\*: valores negativos indican azul y valores positivos indican amarillo; RGB: sigla que significa rojo, verde y azul.

Tabla 25.

*Color de la cascarilla de café*

<b>L*</b>	<b>a*</b>	<b>b*</b>	<b>RGB</b>	
27,0	33,8	18,6	112 37 38	
29,7	23,1	12,8	106 55 51	
25,7	27,9	15,2	104 41 39	

Nota: L\*: rendimiento entre el color negro = 0 y blanco = 100; a\*: valores negativos indican verde y valores positivos indican rojo; b\*: valores negativos indican azul y valores positivos indican amarillo; RGB: sigla que significa rojo, verde y azul.

En la tabla 24 y en la tabla 25 se puede observar que la cereza de café en estado de madurez 7 (224 ddf), como se mencionó en la figura 4 del apartado 1.4.4.4 (a), el rango de color (escala de Pantone) de la pulpa es denominado como “Dark moderate orange” o mejor conocido como naranja moderadamente oscuro y el rango de color de la cascarilla es denominado como “Very dark red” o mejor conocido como rojo muy oscuro.

Este resultado se puede confirmar tras los análisis realizados por (A. Díaz, 2010). La autora determina un color de la pulpa que va desde rojo anaranjado del grupo N53-A, B hasta un color gris oscuro del grupo 187 A con la carta de colores de Royal Horticultural Society (RHS). De la misma manera el resultado de la cascarilla se puede confirmar tras los análisis realizados por (Pulgarín, 2007). El autor determina un color que va desde morado brillante C (10) M (100) Y (50) K (30) a morado oscuro opaco C (0) M (35) Y (0) K (100) con la carta de

colores de Pantone, quien indica que después de las 32 semanas, la cereza se sobre madura tomándose de este color hasta finalmente secarse.

Las antocianinas (cyanidin-3-rutinoside, cyanidin-3-glucoside, aglicona) son los principales pigmentos encontrados en este tipo de subproductos responsables de la coloración roja (Stintzing & Carle, 2004), de manera que pueden explotarse como colorantes naturales en la industria alimentaria (bebidas, embutidos, confitería), en la industria textil, en la industria cosmética (perfumes, cremas, tratamientos de belleza) e incluso en la industria farmacéutica (P. Murthy & Naidu, 2012).

### 3.1.2 Determinación del olor

Se determinó la intensidad y el olor característico de las muestras (pulpa y cascarilla) de manera subjetiva utilizando el sentido del olfato y la escala de intensidad, como se mencionó en la sección 2.2.2.2 en la tabla 19. Para su evaluación se contó con la ayuda y participación de 15 personas, las mismas que fueron entrenadas en base a la homologación de atributos en la determinación del olor del material vegetal.

Tabla 26.

*Olor de la pulpa y cascarilla de café*

Muestra	Intensidad del olor							Olor
	0	1	2	3	4	5	6	
Pulpa					X			Dulce-cítrico moderado
Cascarilla			X					Cítrico leve

En la tabla 26 se determinó que la pulpa tiene un olor a dulce-cítrico moderado, con una tendencia a fermentado que presenta una intensidad “4” que significa

fuerte y la cascarilla presenta un olor a cítrico leve con una intensidad “2” que significa débilmente perceptible.

Los resultados se confirman tras la investigación realizada por Rodríguez et al., (2015) quien indica que en la pulpa ocurren reacciones bioquímicas de fermentación que degradan los azúcares por el grado de madurez de la cereza de café, transformándolos en alcohol y posteriormente en ácido acético, que son los responsables de la formación de olores, los mismos que se concentran también en la cascarilla. Hernandez (2005) los considera olores volátiles que ingresan a las fosas nasales percibiendo diferentes sustancias con las células olfatorias que varían de una persona a otra, por su distinto grado de percepción.

Se han determinado en estos subproductos compuestos aromáticos como el 2-feniletanol que libera un aroma a rosas, así como terpenos que liberan aromas frutales y florales (Bonilla-Hermosa et al., 2014; Salgado et al., 2012), que pueden ser explotados en la industria alimentaria (confitería, pastelería, bebidas) y en la industria cosmética (perfumes, productos de limpieza capilar).

### **3.1.3 Determinación de la firmeza**

Se midió en Newtons (N), la firmeza polar y firmeza ecuatorial de la cereza de café, utilizando el penetrómetro, como se mencionó en la sección 2.2.2.3.

En la tabla 27 se puede observar que en la firmeza polar no existieron diferencias significativas en los diferentes tratamientos y repeticiones, cuya unidad experimental es cereza de café, debido a que p-valor es mayor que 0,05, dando un coeficiente de variación del 0,56%.

Tabla 27.

ANOVA de la firmeza polar en cereza de café ( $n=12$ ).

F.V.	GI	SC	CM	p-valor
Total	5	0,15		
Tratamientos	3	0,07	0,02	0,2329 <sup>NS</sup>
Repeticiones	2	0,0011	0,0005	0,9607 <sup>NS</sup>
Error	6	0,08	0,01	
CV %	0,56			

Nota: F.V.: Fuentes de variación; gl: grados de libertad; SC: Suma de cuadrados; CM: Cuadrados medios; CV%: Coeficiente de variación; NS: no significativo; \* (significativo < 5%); \*\* (altamente significativo < 1%).

En la tabla 28 se puede observar que en la firmeza ecuatorial no existieron diferencias significativas en los diferentes tratamientos y repeticiones, cuya unidad experimental es cereza de café, debido a que p-valor es mayor que 0,05, dando un coeficiente de variación del 0,36%.

Tabla 28.

ANOVA de la firmeza ecuatorial en cereza de café ( $n=12$ ).

F.V.	GI	SC	CM	p-valor
Total	5	0,03		
Tratamientos	3	0,0011	0,0004	0,9026 <sup>NS</sup>
Repeticiones	2	0,01	0,01	0,1081 <sup>NS</sup>
Error	6	0,01	0,002	
CV %	0,36			

Nota: F.V.: Fuentes de variación; gl: grados de libertad; SC: Suma de cuadrados; CM: Cuadrados medios; CV%: Coeficiente de variación; NS: no significativo; \* (significativo < 5%); \*\* (altamente significativo < 1%).

De modo que se puede observar que la cereza de café en estado de madurez 6 (217 ddf), como se mencionó en la figura 4 del apartado 1.4.4.4 (a), tiene en promedio una firmeza polar de 12,16 (N) y en promedio una firmeza ecuatorial de 12,24 (N).

Estos resultados se pueden confirmar tras la investigación realizada por (Pulgarín, 2007). El autor determina una firmeza polar de  $12,17 \pm 0,45$  (N) y una firmeza ecuatorial de  $12,37 \pm 0,45$  (N), quien determina que la firmeza disminuye a medida que la cereza madura, presentando los cambios más significativos a los 217 y 224 ddf.

### 3.1.4 Determinación del pH

Se determinó el pH de las muestras (pulpa y cascarilla) mediante el uso del potenciómetro digital debidamente calibrado, como se mencionó en la sección 2.2.3.1.

En la tabla 29 se puede observar que no existieron diferencias significativas en los diferentes tratamientos y repeticiones, cuya unidad experimental es la pulpa, debido a que p-valor es mayor que 0,05, dando un coeficiente de variación del 0,42%.

Tabla 29.

ANOVA del pH en pulpa (n=12).

F.V.	GI	SC	CM	p-valor
Total	11	0,0041		
Tratamientos	3	0,0006	0,0002	0,7871 <sup>NS</sup>
Repeticiones	2	0,0004	0,0002	0,7313 <sup>NS</sup>
Error	6	0,0035	0,0005	
CV %	0,42			

Nota: F.V.: Fuentes de variación; gl: grados de libertad; SC: Suma de cuadrados; CM: Cuadrados medios; CV%: Coeficiente de variación; NS: no significativo; \* (significativo < 5%); \*\* (altamente significativo < 1%).

En la tabla 30, se puede observar que no existieron diferencias significativas en los diferentes tratamientos y repeticiones, cuya unidad experimental es la

pulpa, debido a que p-valor es mayor que 0,05, dando un coeficiente de variación del 0,31%.

Tabla 30.

*ANOVA del pH en cascarilla (n=12).*

<b>F.V.</b>	<b>GI</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>p-valor</b>
Total	11	0,0031		
Tratamientos	3	0,0004	0,0001	0,5153 <sup>NS</sup>
Repeticiones	2	0,0002	0,0008	0,0527 <sup>NS</sup>
Error	6	0,0027	0,0003	
CV %	0,31			

Nota: F.V.: Fuentes de variación; gl: grados de libertad; SC: Suma de cuadrados; CM: Cuadrados medios; CV%: Coeficiente de variación; NS: no significativo; \* (significativo < 5%); \*\* (altamente significativo < 1%).

En el análisis del pH de las muestras, no se evidenció influencia significativa de los pisos altitudinales, de modo que se obtuvo una mayor concentración de iones de hidrógeno en la cascarilla con un promedio de  $5,98 \pm 0,02$  que indica un pH mínimamente ácido llegando a neutro y en la pulpa un valor de  $4,96 \pm 0,01$  que indica un pH moderadamente ácido.

El resultado obtenido en la pulpa tiene una semejanza mínima con los resultados de (Rodríguez & Zuluaga, 1994), quien utilizó en su estudio café de la especie *Coffea arábica*, la cual engloba a la variedad utilizada en este estudio. El pH de la pulpa varía entre 4,4 y 4,7 (Blandón et al., 1999; Braham & Bresasani, 1978; Cervantes Beyra et al., 2015; Rodríguez & Zuluaga, 1994).

El resultado obtenido en la cascarilla tiene una mayor semejanza con los resultados de (Arias & Meneses, 2016). El pH de la cascarilla varía entre 5,3 y 6,5 (Arias & Meneses, 2016; Ortíz et al., 2003; Shemekite et al., 2014).

### 3.1.5 Determinación de sólidos solubles

Se determinó el contenido de fibra en las muestras (pulpa y cascarilla) mediante el método del refractómetro, como se mencionó en la sección 2.2.3.8.

En la tabla 47 se puede observar que no existieron diferencias significativas en los diferentes tratamientos y repeticiones, cuya unidad experimental es la pulpa, debido a que p-valor es mayor que 0,05, dando un coeficiente de variación del 0,80%.

Tabla 31.

*ANOVA de sólidos solubles en pulpa (n=12).*

<b>F.V.</b>	<b>GI</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>p-valor</b>
Total	11	0,21		
Tratamientos	3	0,13	0,04	0,0917 <sup>NS</sup>
Repeticiones	2	0,0067	0,0033	0,7703 <sup>NS</sup>
Error	6	0,08	0,01	
CV %	0,80			

Nota: F.V.: Fuentes de variación; gl: grados de libertad; SC: Suma de cuadrados; CM: Cuadrados medios; CV%: Coeficiente de variación; NS: no significativo; \* (significativo < 5%); \*\* (altamente significativo < 1%).

En la tabla 48 se puede observar que existieron diferencias significativas en los diferentes tratamientos y repeticiones, cuya unidad experimental es la cascarilla, debido a que p-valor es mayor que 0,05, dando un coeficiente de variación del 2,06%.

Tabla 32.

ANOVA de sólidos solubles en cascarilla ( $n=12$ ).

F.V.	GI	SC	CM	p-valor
Total	11	0,23		
Tratamientos	3	0,16	0,05	0,0204 <sup>NS</sup>
Repeticiones	2	0,0222	0,0111	0,3075 <sup>NS</sup>
Error	6	0,07	0,01	
CV %	2,06			

Nota: F.V.: Fuentes de variación; gl: grados de libertad; SC: Suma de cuadrados; CM: Cuadrados medios; CV%: Coeficiente de variación; NS: no significativo; \* (significativo < 5%); \*\* (altamente significativo < 1%).

Puesto que se encontraron diferencias significativas de 5% con respecto a los tratamientos, con un p-valor 0,02004, se realizó un análisis funcional más detallado de comparación de medias.

Tabla 33.

Análisis Tukey al 5% de los tratamientos.

Tratamientos	Medias	N	S.D.	
1	4,37	3	0,05	A
2	4,63	3	0,05	A
3	4,33	3	0,05	AB
4	4,43	3	0,05	B

En estos resultados, la tabla 49 indica que el grupo A contiene los tratamientos 1, 2 y 3, el grupo B contiene los tratamientos 3 y 4. El tratamiento 3 se encuentra en ambos grupos, lo que indica que no posee una media estadísticamente significativa, con un porcentaje de calcio de 4,33. Los tratamientos 1, 2 y 4 no comparten una letra en común, lo que indica que el tratamiento 2 posee una media significativamente mayor, con un porcentaje de 4,63 que el tratamiento 1 y 4.

Por lo tanto, se eligió al tratamiento 2 como el mejor de ellos por su media significativamente mayor que los otros tratamientos y repeticiones

En el análisis del contenido de sólidos solubles de las muestras, se obtuvo una mayor cantidad de °brix en la pulpa con 12,57 y en cascarilla resultó un valor promedio de 4,63.

Estos resultados no son comparables con otros autores, como es el caso de Rodríguez (2003). La autora determinó 3,59 °brix en pulpa de café var. *castillo*, siendo esta la principal razón para no coincidir con los resultados obtenidos de estudio, adicional puede deberse a que la pulpa se encontraba en un estado de madurez superior a la de la autora, en donde se concentran mayormente los sólidos solubles. Según Rodríguez (2009) la pulpa de café tiene un valor que va desde 2,30 °brix hasta 4,70 °brix.

Por otra parte, no existen estudios que determinen la concentración de sólidos solubles totales medidos en °brix de la cascarilla de café.

Tabla 34.

*Análisis físico-químico del material vegetal fresco*

<b>Variables</b>	<b>Pulpa</b>	<b>Σ</b>	<b>Cascarilla</b>	<b>σ</b>
Color	“Dark moderate orange”	-	“Very dark red”	-
Intensidad olor	Muy fuerte	-	Débilmente perceptible	-
Olor	Dulce cítrico moderado	-	Cítrico leve	-
pH	4,96	0,02	5,98	0,02
SST	12,5°brix	0,14	4,4°brix	0,14
<b>Firmeza</b>	<b>Cereza</b>	<b>Σ</b>	-	-
Polar	12,3 (N)	0,12	-	-
Ecuatorial	12,24 (N)	0,05	-	-

## 3.2 Resultados del análisis físico-químico del material vegetal seco

### 3.2.1 Determinación de la humedad

Se determinó la humedad de las muestras (pulpa y cascarilla) mediante el método gravimétrico de estufa al vacío, como se mencionó en la sección 2.2.3.2.

En la tabla 31 se puede observar que no existieron diferencias significativas en los diferentes tratamientos y repeticiones, cuya unidad experimental es la pulpa, debido a que p-valor es mayor que 0,05, dando un coeficiente de variación del 0,58%.

Tabla 35.

ANOVA del contenido de humedad en pulpa (n=12).

F.V.	GI	SC	CM	p-valor
Total	11	2,93		
Tratamientos	3	1,09	0,36	0,2909 <sup>NS</sup>
Repeticiones	2	1,09	0,22	0,4391 <sup>NS</sup>
Error	6	1,83	0,23	
CV %	0,58			

Nota: F.V.: Fuentes de variación; gl: grados de libertad; SC: Suma de cuadrados; CM: Cuadrados medios; CV%: Coeficiente de variación; NS: no significativo; \* (significativo < 5%); \*\* (altamente significativo < 1%).

En la tabla 32 se puede observar que no existieron diferencias significativas en los diferentes tratamientos y repeticiones, cuya unidad experimental es la cascarilla, debido a que p-valor es mayor que 0,05, dando un coeficiente de variación del 0,4%.

Tabla 36.

ANOVA del contenido de humedad en cascarilla ( $n=12$ ).

F.V.	GI	SC	CM	p-valor
Total	11	0,02		
Tratamientos	3	0,0016	0,0005	0,9097 <sup>NS</sup>
Repeticiones	2	0,0035	0,0017	0,5989 <sup>NS</sup>
Error	6	0,02	0,0031	
CV %	0,04			

Nota: F.V.: Fuentes de variación; gl: grados de libertad; SC: Suma de cuadrados; CM: Cuadrados medios; CV%: Coeficiente de variación; NS: no significativo; \* (significativo < 5%); \*\* (altamente significativo < 1%).

En el análisis del contenido de humedad de las muestras, no se evidenció influencia significativa de los pisos altitudinales, de manera que se obtuvo una mayor reducción de contenido de agua en la en pulpa con un promedio de 82,94% y en cascarilla resultó un valor de 13,99%.

El resultado obtenido en la pulpa se puede comparar con los resultados de (Bonilla-Hermosa et al., 2014), quienes utilizaron en su estudio café de var. *catuaí*. El contenido de humedad de la pulpa varía entre 74,8% y 82,4% (Bonilla-Hermosa et al., 2014; Braham & Bresasani, 1978; Rodríguez & Zuluaga, 1994).

El resultado obtenido en la cascarilla se puede comparar con los resultados de (Shemekite et al., 2014), quienes utilizaron la misma metodología empleada en el presente estudio. El contenido de humedad de la cascarilla varía entre 8,6% y 15,0% (Arias & Meneses, 2016; Gouvea et al., 2009; Monterroso, 2013; Shemekite et al., 2014).

Hay que recalcar que el análisis del INIAP, dio un dato atípico del 85,11%, el cual no ha sido considerado para esta variable; frente a los resultados de los ensayos realizados en la Universidad de las Américas, que fueron datos

similares a los autores ya citados, con un valor de 13,99%. Se recomienda realizar un ensayo nuevamente para confirmación.

### 3.2.2 Determinación de cenizas

Se determinó el contenido de cenizas en las muestras (pulpa y cascarilla) mediante el método de calcinación, utilizando la mufla, como se mencionó en la sección 2.2.3.6.

En la tabla 44 se puede observar que no existieron diferencias significativas en los diferentes tratamientos y repeticiones, cuya unidad experimental es la pulpa, debido a que p-valor es mayor que 0,05, dando un coeficiente de variación del 2,82%.

Tabla 37.

*ANOVA del contenido de cenizas en pulpa (n=12).*

<b>F.V.</b>	<b>GI</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>p-valor</b>
Total	11	2,93		
Tratamientos	3	1,09	0,36	0,2909 <sup>NS</sup>
Repeticiones	2	0,44	0,22	0,4391 <sup>NS</sup>
Error	6	1,39	0,23	
CV %	2,82			

Nota: F.V.: Fuentes de variación; gl: grados de libertad; SC: Suma de cuadrados; CM: Cuadrados medios; CV%: Coeficiente de variación; NS: no significativo; \* (significativo < 5%); \*\* (altamente significativo < 1%).

En la tabla 45 se puede observar que no existieron diferencias significativas en los diferentes tratamientos y repeticiones, cuya unidad experimental es la cascarilla, debido a que p-valor es mayor que 0,05, dando un coeficiente de variación del 0,41%.

Tabla 38.

ANOVA del contenido de cenizas en cascarilla (n=12).

F.V.	GI	SC	CM	p-valor
Total	11	0,0019		
Tratamientos	3	0,0002	0,0001	0,8955 <sup>NS</sup>
Repeticiones	2	0,0001	0,0001	0,8114 <sup>NS</sup>
Error	6	0,0001	0,0003	
CV %	0,41			

Nota: F.V.: Fuentes de variación; gl: grados de libertad; SC: Suma de cuadrados; CM: Cuadrados medios; CV%: Coeficiente de variación; NS: no significativo; \* (significativo < 5%); \*\* (altamente significativo < 1%).

En el análisis del contenido de cenizas de las muestras, no se evidenció influencia significativa de los pisos altitudinales, de manera que se obtuvo una mayor cantidad, en la pulpa con un promedio de 15,03% y en cascarilla resultó un valor de 3,96%.

El resultado obtenido en la pulpa tiene una mayor semejanza con los resultados de (Rodríguez & Zuluaga, 1994), quien utilizó en su estudio café de la especie *Coffea arábica*, la cual engloba a la variedad utilizada en este estudio. El contenido de cenizas en la pulpa varía entre 6,7% y 11,2% (Blandón et al., 1999; Bonilla-Hermosa et al., 2014; Noriega et al., 2009; Rodríguez & Zuluaga, 1994).

El resultado obtenido en la cascarilla puede compararse con los resultados de (Arias & Meneses, 2016), quien utilizó la misma metodología empleada en el presente estudio. El contenido de cenizas en la cascarilla varía entre 0,8% y 5,4% (Arias & Meneses, 2016; Gouvea et al., 2009; Monterroso, 2013; Ortiz et al., 2003).

### 3.2.3 Determinación de minerales

Se determinó el contenido de minerales en pulpa mediante el método basado en el espectrofotómetro, con una previa calcinación de la muestra, como se mencionó en la sección 2.2.3.3. A continuación, se detallan los diferentes análisis estadísticos para: Ca, P, Mg y K.

#### 3.2.3.1 Calcio

En la tabla 33 se puede observar que existieron diferencias significativas en los diferentes tratamientos y repeticiones, cuya unidad experimental es la pulpa, debido a que p-valor es menor que 0,05, dando un coeficiente de variación del 5,75%.

Tabla 39.

*ANOVA del contenido de calcio en pulpa (n=12).*

<b>F.V.</b>	<b>GI</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>p-valor</b>
Total	11	0,0048		
Tratamientos	3	0,0026	0,0009	0,0187 *
Repeticiones	2	0,0015	0,0008	0,0300 *
Error	6	0,0022	0,0003	
CV %	5,75			

Nota: F.V.: Fuentes de variación; gl: grados de libertad; SC: Suma de cuadrados; CM: Cuadrados medios; CV%: Coeficiente de variación; NS: no significativo; \* (significativo < 5%); \*\* (altamente significativo < 1%).

Puesto que se encontraron diferencias significativas de 5% con respecto a los tratamientos y repeticiones, con un p-valor 0,0187 y un p-valor 0,0300, respectivamente, se realizó un análisis funcional más detallado de comparación de medias.

Tabla 40.

*Análisis Tukey al 5% de los tratamientos*

<b>Tratamientos</b>	<b>Medias</b>	<b>N</b>	<b>S.D.</b>	
1	0,27	3	0,01	A
2	0,30	3	0,01	B
3	0,28	3	0,01	AB
4	0,30	3	0,01	B

En estos resultados, la tabla 34 indica que el grupo A contiene los tratamientos 1 y 3, el grupo B contiene los tratamientos 2, 3 y 4. El tratamiento 3 se encuentra en ambos grupos, lo que indica que no posee una media estadísticamente significativa con un porcentaje de calcio de 0,28. Los tratamientos 1, 2 y 4 no comparten una letra en común, lo que indica que el tratamiento 2 posee una media significativamente mayor con un porcentaje de 0,30 relativamente mayor que el tratamiento 1 y 4.

Tabla 41.

*Análisis Tukey al 5% de las repeticiones*

<b>Repeticiones</b>	<b>Medias</b>	<b>N</b>	<b>S.D.</b>	
1	0,30	4	0,01	B
2	0,30	4	0,01	AB
3	0,27	4	0,01	A

En estos resultados de la tabla 35 se indica que el grupo A contiene las repeticiones 2 y 3, el grupo B contiene la repetición 2. La repetición 2 se encuentra en ambos grupos, lo que indica que no posee una media estadísticamente significativa con un porcentaje de calcio de 0,30. Las repeticiones 1 y 3 no comparten una letra en común, lo que indica que la repetición 1 posee una media significativamente mayor con un porcentaje de 0,30 que la repetición 3.

Por lo tanto, se eligió al tratamiento 2 en la primera repetición como el mejor de ellos por su media significativamente mayor que los otros tratamientos y repeticiones.

En el análisis del contenido de minerales en pulpa, se obtuvo un valor promedio de 0,30% de calcio.

Los resultados obtenidos de calcio se pueden comparar con los resultados de (Blandón et al., 1999; Sadeghian et al., 2006; Soto & Muñoz, 2002) quienes utilizaron en su estudio café de la especie *Coffea arábica*, la cual engloba a la variedad utilizada en este estudio y la var. *colombia*. El contenido de calcio en la pulpa varía entre 0,3% y 0,4% (Blandón et al., 1999; Rodríguez & Zuluaga, 1994; Sadeghian et al., 2006; Soto & Muñoz, 2002).

### 3.2.3.2 Fósforo

En la tabla 36 se puede observar que no existieron diferencias significativas en los diferentes tratamientos y repeticiones, cuya unidad experimental es la pulpa, debido a que p-valor es mayor que 0,05, dando un coeficiente de variación del 12,70%.

Tabla 42.

ANOVA del contenido de fósforo en pulpa (n=12).

F.V.	GI	SC	CM	p-valor
Total	11	0,01		
Tratamientos	3	0,035	0,0012	0,1388 <sup>NS</sup>
Repeticiones	2	0,0027	0,0014	0,1181 <sup>NS</sup>
Error	6	0,01	0,0007	
CV %	12,70			

Nota: F.V.: Fuentes de variación; gl: grados de libertad; SC: Suma de cuadrados; CM: Cuadrados medios; CV%: Coeficiente de variación; NS: no significativo; \* (significativo < 5%); \*\* (altamente significativo < 1%).

No se evidenció influencia significativa en el contenido de fósforo de los pisos altitudinales, de manera que se obtuvo en promedio 0,20%.

Los resultados obtenidos de fósforo se pueden comparar con los resultados de (Orozco et al., 1996) quien utilizó en su estudio café de la especie *Coffea arábica*, la cual engloba a la variedad utilizada en este estudio. El contenido de fósforo en la pulpa varía entre 0,1% y 0,3% (Blandón et al., 1999; Orozco et al., 1996; Pérez et al., 2008; Sadeghian et al., 2006; Soto & Muñoz, 2002).

### 3.2.3.3 Magnesio

En la tabla 37 se puede observar que no existieron diferencias significativas en los diferentes tratamientos y repeticiones, cuya unidad experimental es la pulpa, debido a que p-valor es mayor que 0,05, dando un coeficiente de variación de 0,22%.

Tabla 43.

ANOVA del contenido de magnesio en pulpa (n=12).

F.V.	GI	SC	CM	p-valor
Total	11	0,0031		
Tratamientos	3	0,0000	0,0000	0,9914 <sup>NS</sup>
Repeticiones	2	0,0015	0,0008	0,1291 <sup>NS</sup>
Error	6	0,0031	0,0004	
CV %	0,22			

Nota: F.V.: Fuentes de variación; gl: grados de libertad; SC: Suma de cuadrados; CM: Cuadrados medios; CV%: Coeficiente de variación; NS: no significativo; \* (significativo < 5%); \*\* (altamente significativo < 1%).

No se evidenció influencia significativa en el contenido de magnesio de los pisos altitudinales, de manera que se obtuvo en promedio 0,09%.

Los resultados obtenidos de magnesio se pueden comparar con los resultados de (Blandón, Dávila y Rodríguez, 1999; Orozco, 1996; Sadeghan, Mejía y Arcila, 2006; Soto & Muñoz, 2002; Valencia y Zuluaga, 1994) quienes utilizaron en su estudio café de la especie *Coffea arábica*, la cual engloba a la variedad utilizada en este estudio y la var. *colombia*. El contenido de magnesio en la pulpa varía entre 0,1% y 0,4% (Blandón et al., 1999; Orozco et al., 1996; Pérez et al., 2008; Sadeghian et al., 2006; Soto & Muñoz, 2002).

### 3.2.3.4 Potasio

En la tabla 38 se puede observar que no existieron diferencias significativas en los diferentes tratamientos y repeticiones, cuya unidad experimental es la pulpa, debido a que p-valor es mayor que 0,05, dando un coeficiente de variación del 0,23%.

Tabla 44.

*ANOVA del contenido de potasio en pulpa (n=12).*

F.V.	gl	SC	CM	p-valor
Total	11	0,0015		
Tratamientos	3	0,0006	0,0002	0,4219 <sup>NS</sup>
Repeticiones	2	0,0006	0,0001	0,2271 <sup>NS</sup>
Error	6	0,0009	0,0001	
CV %	0,23			

Nota: F.V.: Fuentes de variación; gl: grados de libertad; SC: Suma de cuadrados; CM: Cuadrados medios; CV%: Coeficiente de variación; NS: no significativo; \* (significativo < 5%); \*\* (altamente significativo < 1%).

No se evidenció influencia significativa en el contenido de potasio de los pisos altitudinales, de manera que se obtuvo en promedio 4,46%.

Los resultados obtenidos de potasio no pueden compararse con ningún resultado expuesto en la revisión bibliográfica puesto que no tienen semejanza, siendo ligeramente alto su contenido con referencia a otros autores que determinan valores desde 2,8% hasta 3,5% (Blandón et al., 1999; Orozco et al., 1996; Rodríguez & Zuluaga, 1994; Sadeghian et al., 2006; Soto & Muñoz, 2002) esto pudo deberse a que los autores analizaron el estudio de una variedad diferente o a su vez pueda que las zonas de recolección del café generaron variación en su composición por el contenido de minerales presentes en los suelos.

Adicional, se determinó otro tipo de minerales en cantidades mínimas, tales como: 0,02% de sodio, 8 ppm de cobre, 368 ppm de hierro, 21 ppm de manganeso y 26 ppm de zinc.

### **3.2.4 Determinación de azúcares totales y azúcares reductores**

Se determinó el contenido de azúcares totales y azúcares reductores en pulpa mediante el método fenol-sulfúrico con la medición de absorbancia de la muestra en el espectrofotómetro, como se mencionó en la sección 2.2.3.4.

#### **3.2.4.1 Azúcares totales**

En la tabla 39 se puede observar que no existieron diferencias significativas en los diferentes tratamientos y repeticiones, cuya unidad experimental es la pulpa, debido a que p-valor es mayor que 0,05, dando un coeficiente de variación del 0,49%.

Tabla 45.

ANOVA del contenido de azúcares totales en pulpa (n=12).

F.V.	gl	SC	CM	p-valor
Total	11	0,0029		
Tratamientos	3	0,0010	0,0003	0,4154 <sup>NS</sup>
Repeticiones	2	0,0000	0,0000	0,8966 <sup>NS</sup>
Error	6	0,0018	0,0003	
CV %	0,49			

Nota: F.V.: Fuentes de variación; gl: grados de libertad; SC: Suma de cuadrados; CM: Cuadrados medios; CV%: Coeficiente de variación; NS: no significativo; \* (significativo < 5%); \*\* (altamente significativo < 1%).

No se evidenció influencia significativa en los azúcares totales de los pisos altitudinales y repeticiones, de manera que se obtuvo en promedio 3,52%.

Los resultados obtenidos de azúcares totales no pueden compararse con ningún resultado expuesto en la revisión bibliográfica, siendo muy bajo su contenido con referencia a otros autores que determinan valores que van desde 9,51% hasta 14,4% (Bonilla-Hermosa et al., 2014; P. S. Murthy & Madhava Naidu, 2012; Pleissner et al., 2016; Urbaneja et al., 1997). El estado de madurez de la cereza de café analizada, correspondía a 7 (224 ddf), mientras que los citados no reportan estado a pesar que el autor Urbaneja et al., (1997), utilizó en su investigación var. *caturra*, la misma variedad utilizada en el presente estudio.

Se intentó correlacionar los resultados a través de los grados brix, sin embargo, no se dispone información bibliográfica de sólidos solubles totales. Por lo tanto, se recomienda realizar un nuevo análisis más profundo para confirmación.

La pulpa de café tiene en promedio 3,52% de azúcares totales, un contenido mayor a la pulpa fresca de semillas maduras de cacao, que según Romero & Zambrano (2012) en el estudio realizado han determinado en la var. *criollo* de

1,62 % a 2,84%, en var. *forastero* de 1,37% a 1,51% y en híbridos de 1,45% a 2,70% de azúcares totales, cuyos valores podrían relacionarse con la madurez de los frutos, así como la edad de la plantación en donde se incrementan las concentraciones de azúcares (glucosa, fructosa y sacarosa).

### 3.2.4.2 Azúcares reductores

En la tabla 40 se puede observar que existieron diferencias significativas en las repeticiones, cuya unidad experimental es la pulpa, debido a que p-valor es menor que 0,05, dando un coeficiente de variación del 0,76%.

Tabla 46.

*ANOVA del contenido de azúcares reductores en pulpa (n=12).*

<b>F.V.</b>	<b>gl</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>p-valor</b>
Total	11	0,02		
Tratamientos	3	0,01	0,0041	0,6201 *
Repeticiones	2	0,0007	0,0004	0,0322 *
Error	6	0,049	0,0006	
CV %	0,76			

Nota: F.V.: Fuentes de variación; gl: grados de libertad; SC: Suma de cuadrados; CM: Cuadrados medios; CV%: Coeficiente de variación; NS: no significativo; \* (significativo < 5%); \*\* (altamente significativo < 1%).

Puesto que se encontraron diferencias significativas de 5% con respecto a las repeticiones, con un p-valor 0,0322, se realizó un análisis funcional más detallado de comparación de medias.

Tabla 47.

*Análisis Tukey al 5% de las repeticiones*

<b>Repeticiones</b>	<b>Medias</b>	<b>N</b>	<b>S.D.</b>	
1	3,26	4	0,01	A
2	3,24	4	0,01	A
3	3,26	4	0,01	A

Según la tabla 41 se evidenció que existen diferencias significativas en las repeticiones, sin embargo, al realizarse el análisis de Tukey (ver tabla 40) se comprobó que no existen diferencias significativas.

No se evidenció influencia significativa en los azúcares reductores de los pisos altitudinales, de manera que se obtuvo en promedio 3,25%.

El resultado obtenido tiene mayor semejanza con los resultados de (Camacho et al., 2014) quien utilizó en su estudio la metodología utilizada en el presente proyecto. El contenido de azúcares reductores en la pulpa varía entre 3,2% y 12,4% (Bonilla-Hermosa et al., 2014; Braham & Bresasani, 1978; Camacho et al., 2014; Urbaneja et al., 1997).

### **3.2.5 Determinación de fibra**

Se determinó el contenido de fibra en las muestras (pulpa y cascarilla) mediante el método de Van Soest, como se mencionó en la sección 2.2.3.5.

En la tabla 42 se puede observar que no existieron diferencias significativas en los diferentes tratamientos y repeticiones, cuya unidad experimental es la pulpa, debido a que p-valor es mayor que 0,05, dando un coeficiente de variación del 0,16%.

Tabla 48.

ANOVA del contenido de fibra en pulpa (n=12).

<b>F.V.</b>	<b>GI</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>p-valor</b>
Total	11	0,01		
Tratamientos	3	0,01	0,002	0,0673 <sup>NS</sup>
Repeticiones	2	0,002	0,0008	0,2814 <sup>NS</sup>
Error	6	0,0044	0,0006	
CV %	0,1			

Nota: F.V.: Fuentes de variación; gl: grados de libertad; SC: Suma de cuadrados; CM: Cuadrados medios; CV%: Coeficiente de variación; NS: no significativo; \* (significativo < 5%); \*\* (altamente significativo < 1%).

En la tabla 43 se puede observar que no existieron diferencias significativas en los diferentes tratamientos y repeticiones, cuya unidad experimental es la cascarilla, debido a que p-valor es mayor que 0,05, dando un coeficiente de variación del 0,10%.

Tabla 49.

ANOVA del contenido de fibra en cascarilla (n=12).

<b>F.V.</b>	<b>GI</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>p-valor</b>
Total	11	0,0028		
Tratamientos	3	0,0007	0,0002	0,5277 <sup>NS</sup>
Repeticiones	2	0,0005	0,0002	0,4913 <sup>NS</sup>
Error	6	0,0021	0,0003	
CV %	0,10			

Nota: F.V.: Fuentes de variación; gl: grados de libertad; SC: Suma de cuadrados; CM: Cuadrados medios; CV%: Coeficiente de variación; NS: no significativo; \* (significativo < 5%); \*\* (altamente significativo < 1%).

En el análisis del contenido de fibra de las muestras, no se evidenció influencia significativa de los pisos altitudinales, de manera que se obtuvo una mayor cantidad en la cascarilla con un promedio de 15,59% y en pulpa resultó un valor de 15,02%.

El resultado obtenido en la cascarilla tiene una semejanza mínima con los resultados de (P. Murthy & Naidu, 2012), quien utilizó la misma metodología empleada en el presente proyecto. El contenido de fibra en la cascarilla varía entre 24,0% y 69,4% (Monterroso, 2013; P. Murthy & Naidu, 2012; Ortíz et al., 2003).

El resultado obtenido en la pulpa tiene una mayor semejanza con los resultados de (Bonilla-Hermosa et al., 2014), quien utilizó la var. catuaí. El contenido de fibra en la pulpa varía entre 11,4% y 22,9% (Blandón et al., 1999; Bonilla-Hermosa et al., 2014; Heeger et al., 2017; Noriega et al., 2009; Rodríguez & Zuluaga, 1994; Soto & Muñoz, 2002).

Adicional, se determinó un promedio de 39,96 % de Fibra Detergente Neutro (FDN), un promedio de 32,62% de Fibra Detergente Ácida (FDA) y un promedio de 17,18% de lignina.

A partir de los resultados no se evidencia un contenido representativo de proteína en la pulpa, sin embargo, se conoce que la cascarilla tiene un alto contenido de fibra dietética que puede ser empleado en la industria alimentaria en formulaciones de productos farináceos, de panadería y pastelería, así como en harinas, barras energéticas, galletas, entre otras (Bondesson, 2015; Pourfarzad, Mahdavian-Mehr, & Sedaghat, 2013). La incorporación en bebidas no es factible por su alta densidad que generaría una bebida no homogénea quedando una capa de fibra en la parte inferior (Bondesson, 2015).

### **3.2.6 Determinación de proteína**

Se determinó el contenido de proteína en pulpa mediante el método Kjeldahl, como se mencionó en la sección 2.2.3.7.

En la tabla 46 se puede observar que no existieron diferencias significativas en los diferentes tratamientos y repeticiones, cuya unidad experimental es la pulpa, debido a que p-valor es mayor que 0,05, dando un coeficiente de variación del 0,51%.

Tabla 50.

*ANOVA del contenido de proteína en pulpa (n=12).*

<b>F.V.</b>	<b>gl</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>p-valor</b>
Total	11	0,04		
Tratamientos	3	0,0023	0,0008	0,9362 <sup>NS</sup>
Repeticiones	2	0,0062	0,0031	0,6058 <sup>NS</sup>
Error	6	0,04	0,01	
CV %	0,51			

Nota: F.V.: Fuentes de variación; gl: grados de libertad; SC: Suma de cuadrados; CM: Cuadrados medios; CV%: Coeficiente de variación; NS: no significativo; \* (significativo < 5%); \*\* (altamente significativo < 1%).

En el análisis del contenido de proteína de la pulpa, no se evidenció influencia significativa de los pisos altitudinales, de manera que se obtuvo un promedio de 14,03%.

El resultado obtenido en la pulpa se puede comparar con los resultados de (Pleissner et al., 2016), quien utilizó la misma metodología empleada en el presente proyecto. El contenido de proteína en la pulpa varía entre 7,1% y 14,8% (Braham & Bresasani, 1978; P. Murthy & Naidu, 2012; Pleissner et al., 2016; Rodríguez & Zuluaga, 1994).

La pulpa está constituida por azúcares fermentados, celulosa y proteína, cuyos compuestos pueden ser útiles en procesos biotecnológicos. Se ha demostrado que este subproducto es una excelente fuente de carbono para la producción de enzimas como: beta-glucosidasa empleada en el desarrollo de bebidas,

productos farmacéuticos y cosmetológicos (Bhoite & Murthy, 2015; Krisch et al., 2010).

Tabla 51.

*Análisis físico-químico del material vegetal seco*

<b>Variables</b>	<b>Pulpa</b>	<b><math>\Sigma</math></b>	<b>Cascarilla</b>	<b><math>\sigma</math></b>
Humedad	88,94%	0,52	13,99%	0,05
Cenizas	15,03%	0,52	3,96%	0,01
Ca	0,29%	0,02	-	-
P	0,20%	0,03	-	-
Mg	0,09%	0,02	-	-
K	4,46%	0,01	-	-
Az. Totales	3,52%	0,01	-	-
Az.	3,25%	0,04	-	-
Reductores				
Fibra	15,02%	0,03	15,59%	0,02
Proteína	14,06%	0,06	-	-

### 3.3 Potenciales agroindustriales

Una vez obtenidos los resultados de la caracterización fisicoquímica de la pulpa y cascarilla de café var *caturra*, se analizó los mismos teniendo como base los datos bibliográficos de otras variedades de café, a partir de esto, fue posible plantear potenciales agroindustriales basándose en los compuestos químicos de mayor representatividad, es decir aquellos que su composición es mayor frente a otras variedades como alimentos. Se identificó como potencial agroindustrial principalmente al potasio por ser un mineral que se encuentra en mayor cantidad en la var. *caturra* que en la var. *colombia* y otras variedades de la especie *Coffea arábica*; y a los azúcares totales, que a pesar de que su contenido es inferior en comparación a la var. *catuaí* y a la misma var. *caturra*

de otra zona u otro grado de madurez, es representativamente mayor al contenido de la pulpa de cacao que actualmente es un potencial de productos comerciales.

### **3.3.1 Potasio**

El potasio se ha considerado como uno de los principales potenciales agroindustriales, debido a que la pulpa de café *var. caturra* contiene 1% más (4,48) de (K) en relación a los datos bibliográficos (3,5), esto permite su aprovechamiento en la agroindustria, por ejemplo:

#### **Bebidas isotónicas**

Es el más usado de los minerales para regular el equilibrio osmótico muscular y la actividad neuromuscular en el cuerpo, de tal manera que ayuda a la regulación de agua en el organismo (Urdampilleta & Gómez, 2014). La adición de este mineral a las bebidas permite evitar la pérdida de potasio, compensando sus niveles iniciales, así como la formación de glicógeno muscular. Durante el esfuerzo físico de larga duración, se pierden altas concentraciones de potasio mediante el sudor, y mediante la diuresis (Ramos, 2007). El potasio es considerado como un potenciador de sabor para estas bebidas, favoreciendo la palatabilidad del producto (Sánchez, 2017).

#### **Harinas enriquecidas con potasio**

En conjunto con otros compuestos minerales presentes en la pulpa y cascarilla de café, resultarían benéficos en la elaboración de harinas enriquecidas puesto que cumplen funciones hormonales, enzimáticas, etc. en el organismo, considerándolo como un producto funcional. Adicional esta harina tendría cualidades como nutritiva, sin gluten, con un alto nivel de antioxidantes por la

cantidad de taninos, alto contenido de fibra y proteína, con una nota de sabores resultantes de los compuestos aromáticos de los subproductos.

### **Fertilizante foliar**

Los fertilizantes elaborados con 100% de potasio, aportan con la mejora en la calidad, producción y cualidades organolépticas de los frutos, incluyendo el aumento de azúcares como el caso de la uva (Welgro, 2017). Cumplen una función importante al momento de su aplicación en las plantas por su capacidad de neutralizar los ácidos radicales, los cuales se desarrollan en los procesos metabólicos, el mantenimiento del floema y de sus células en general. También es un regulador en el proceso de apertura y cierre de las estomas (SQM, 2018). El potasio es el que proporciona la movilidad de los solutos (SQM, 2018).

Para la elaboración de este producto se puede utilizar el método de lombricompost en el cual se somete la pulpa y cascarilla a lombrices para obtener un compost que servirá como fertilizante en diferentes cultivos, este resulta beneficioso en la reducción de desperdicios de la industria cafetalera y contaminación de aguas, además, de aprovechar una materia orgánica disponible.

### **Balanceados para rumiantes**

El potasio es uno de los componentes de los balanceados, debido a que como se mencionó desde literal a, ayudan en la regulación de la presión osmótica de los seres vivos, es por eso que se lo considera como un componente esencial para los huesos, cartílagos y el exoesqueleto animal (INATEC, 2016). Además, es fundamental para los diferentes microorganismos (protozoos, bacterias, metanógenos, hongos) que se encuentran en el rumen de las especies bovinas

y es regulador del balance del pH en los fluidos corporales. Por esta razón, se podría incorporar la pulpa y cascarilla del café molida y deshidratada (INATEC, 2016).

### **Cosmetología (desodorantes)**

Dentro de la cosmetología el uso del potasio es fundamental para ayudar a la regulación osmótica y el balance de agua en la piel, también como reductor de la formación de radicales libres y como regulador de la transferencia de nutrientes a través de las membranas celulares de la piel (Sanifarma, 2017).

Se puede desarrollar un desodorante corporal con la extracción del potasio y otros compuestos de la pasta de pulpa y cascarilla de café, que inhiben la proliferación de bacterias que causan malos olores, por su acidez y astringencia.

(Sanifarma, 2017).

### **3.3.2 Azúcares**

Los azúcares totales se los ha determinado como potenciales agroindustriales, por su contenido en la pulpa de café var. *caturra* con 0,82% mayor (3,52) a otros datos bibliográficos de la pulpa de cacao var. *criollo* (2,84), esto permite su aprovechamiento en la agroindustria, por ejemplo:

### **Bebidas alcohólicas**

Existen variedad de productos con la pulpa de cacao en el ámbito de licores gracias a su contenido de azúcares (Muñoz & Moreno, 2010). En este caso se puede afirmar que los azúcares totales presentes en la pulpa de café pueden

aprovecharse para la elaboración de bebidas alcohólicas por su alto nivel de fermentación; debido a que los microorganismos unicelulares (levaduras) en condiciones anaerobias obtienen energía separando las diferentes moléculas de los azúcares totales generando como residuos CO<sub>2</sub> y alcohol, por reacción de la enzima beta-glucosidasa, contribuyendo con las propiedades organolépticas del producto (Contreras & Del Campo, 2015).

### **Biocombustibles**

La pulpa y cascarilla del café pueden ser utilizados directamente como combustible o transformarse en biogás, bioetanol o biodiesel (Castro, 2017). La fermentación de los azúcares disponibles en este tipo de subproductos es capaz de transformarse en alcohol en presencia de levaduras que, mediante destilación, se obtiene el alcohol carburente que tiene propiedades inflamables, este resulta como una alternativa a los combustibles fósiles debido a su carácter renovable (Granada & Luz, 2005). Según Rodríguez & Zambrano (2010) la pulpa como combustible directo en sistemas de combustión a gas o en plantas generadoras de energía eléctrica, reportan una capacidad calorífica de 15,88 MJ/Kg en estado seco y un consumo en el secado mecánico de 36,92 MJ/Kg; para biogás un poder calorífico del metano (60%) es de 21,46 MJ/Kg, alcanzando un valor de 0,54 MJ/Kg en pulpa fresca; y para bioetanol la capacidad calorífica del etanol es de 21,08 MJ/Kg, alcanzando un valor de 0,53 MJ/Kg en pulpa fresca.

### **Edulcorantes**

Se pueden encontrar diversos tipos de edulcorantes en el mercado, extraídos de diferentes plantas o síntesis químicas (Johnson, 2014). El contenido de azúcares totales encontrados en la pulpa de café puede generar un edulcorante capaz de potencializar el sabor de otros productos mediante su

extracción y procesamiento, el cual se lo realiza mediante la cocción de la pulpa para la obtención de un extracto, que mediante un proceso de clarificado se logra el producto final (Arango, Jiménez, & Saldarriaga, 2013). Este edulcorante al ser natural puede ser muchas veces más dulce que los sintéticos, utilizándolo en bajas cantidades, aportando con pocas o sin calorías (Cooper, 2013).

Este producto al ser obtenido de la forma tradicional se evita la utilización de químicos que normalmente se emplean para los edulcorantes sintéticos que son potencializadores del cáncer a largo plazo según la FDA (Johnson, 2014).

### **Cosmetología (shampoo)**

La importancia de los azúcares totales en la cosmetología radica en el aporte de nutrientes e hidratación de la piel, el cual en contacto con la misma reduce la resequedad y actúa como desinfectante (Inkanat, 2018).

Para la elaboración del shampoo se pueden obtener los beneficios de los azúcares totales, reductores y antioxidantes extraídos de la pulpa de café, debido a que la glucosa y fructosa son disacáridos que actúan como reparador del cuero cabelludo ante la sequedad y desnutrición capilar (Inkanat, 2018).

## 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1 Conclusiones

Se caracterizó físicamente a la pulpa de la cereza de café var. *caturra*, con un color “Dark moderate orange” o moderadamente oscuro en español, denominado por la escala de colores Pantone, con un olor muy fuerte a dulce cítrico moderado con tendencia a fermentado, relacionado con el grado de madurez. De la misma manera, se caracterizó físicamente a la cascarilla de la cereza de café var. *caturra*, con un color “Very dark red” o mejor conocido como rojo muy oscuro, denominado por la escala de colores Pantone, con un olor débilmente perceptible a cítrico leve. La cereza de café en estado de madurez 6 (217 ddf), tiene en promedio una firmeza polar de 12,16 (N) y en promedio una firmeza ecuatorial de 12,24 (N).

Se caracterizó químicamente a la pulpa y cascarilla de la cereza de café var. *caturra*, teniendo: un valor de pH de 4,96 y 5,98; contenido de humedad de 88,94% y 13,99%; contenido de fibra de 15,02% y 15,59%; sólidos solubles totales de 12,5 °brix y 4,4 °brix, respectivamente; para pulpa se obtuvo una cuantificación de los minerales más representativos: Ca (0,29%), P (0,20%), Mg (0,09%) y K (4,46%); contenido de 3,52% de azúcares totales y 3,25% de azúcares reductores; un valor de 14,06% de proteína.

Se evaluaron 9 potenciales agroindustriales derivados de los compuestos químicos de mayor contenido (potasio y azúcares totales) en la pulpa y cascarilla de var. *caturra*, en relación a datos bibliográficos de otras variedades de café, así como de otros alimentos. De tal manera que el potasio puede ser aprovechado en la agroindustria en el desarrollo de bebidas isotónicas que

regeneran la pérdida de potasio durante el esfuerzo físico, harinas enriquecidas como producto funcional, fertilizantes foliares que favorecen la calidad y producción de los cultivos, balanceados para rumiantes en los cuales el mineral regula el pH de los fluidos corporales y desodorantes en donde actúan también como regulador del balance de agua en la piel y como reductor de radicales libres. Por otro lado, los azúcares totales pueden ser fermentados para el desarrollo de bebidas alcohólicas, formación de biocombustibles (biogás, bioetanol, biodiesel), edulcorantes para potencializar el sabor de otros productos y en la cosmetología en el desarrollo de un shampoo debido a que actúa como reparador del cuero cabelludo aportando hidratación.

#### **4.2 Recomendaciones**

Realizar al menos tres repeticiones en los análisis de cada una de las variables químicas, para validar la exactitud de los resultados que permitan un mejor planteamiento de potenciales agroindustriales, debido a que en esta investigación se obtuvieron datos atípicos: humedad en cascarilla, sólidos solubles totales.

Realizar el análisis fisicoquímico de inmediato a los subproductos, para obtener una caracterización más precisa, debido a que las cerezas de café son frutos climatéricos de fácil degradación y acelerada fermentación.

Efectuar un estudio químico más detallado de la pulpa y cascarilla de café, en el que se pueda determinar: pigmentos, vitaminas, antioxidantes como los taninos, para consolidar el planteamiento de los potenciales agroindustriales.

Definir la variedad de la cereza de café utilizada con su respectivo estado de madurez para una mejor comparación de resultados con estudios e investigaciones similares.

## REFERENCIAS

- Aroma de cafe. (2014). El Cafetal. Recuperado el 23 de Abril de 2018 de <https://www.aromadecafe.es/cata-de-cafe/el-cafetal>
- Banco Central del Ecuador. (2017). Estadísticas de Comercio Exterior. Recuperado el 27 de Mayo de 2018 de <https://www.bce.fin.ec/index.php/c-externor>
- Banco Central del Ecuador. (2017). Reporte de coyuntura sector agropecuario. Quito-Ecuador. Recuperado el 25 de Mayo de <https://contenido.bce.fin.ec/documentos/PublicacionesNotas/Catalogo/Encuestas/Coyuntura/Integradas/etc201604.pdf>
- Bhoite, R. N., & Murthy, P. S. (2015). *Biodegradation of coffee pulp tannin by Penicillium verrucosum for production of tannase, statistical optimization and its application. Food and Bioproducts Processing*. Recuperado el 8 de Mayo de 2018 de <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.fbp.2014.10.007>
- Bonilla-Hermosa, V. A., Duarte, W. F., & Schwan, R. F. (2014). *Utilization of coffee by-products obtained from semi-washed process for production of value-added compounds. Bioresource Technology*. Recuperado el 4 de Diciembre de 2017 de <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.biortech.2014.05.031>
- Braham, J., & Bresasani, R. (1978). Pulpa de café. Ottawa-Canadá. Recuperado el 30 de junio de 2018 de <https://idl-bnc-idrc.dspacedirect.org/bitstream/handle/10625/4722/IDL-4722.pdf?...1>
- Café de Colombia. (2010). El árbol y el entorno. Recuperado el 26 de Mayo de 2018 de [http://www.cafedecolombia.com/particulares/es/sobre\\_el\\_cafe/el\\_cafe/el\\_arbol\\_y\\_el\\_entorno](http://www.cafedecolombia.com/particulares/es/sobre_el_cafe/el_cafe/el_arbol_y_el_entorno)
- Cafes Lua. (2014). Amor por el café (1era ed.). Coruña, España: ITE Ambiental SC para Cafés LUA. Recuperado el 28 de Abril de 2018 de [https://cafeslua.com/wp-content/uploads/2015/06/amor\\_por\\_el\\_cafe.pdf](https://cafeslua.com/wp-content/uploads/2015/06/amor_por_el_cafe.pdf)
- Camacho, E., García, J., Gutiérrez, B., & Alarcón, E. (2014). Pre tratamiento químico e hidrólisis enzimática de pulpa de café para obtención de

- azúcares reductores totales. Red Temática de Bioenergía. Recuperado el 29 de Julio de 2018 de <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.3510.7443>
- Cámara de Comercio de Armenia y del Quindío. (2014). Estudio de hábitos de consumo de café. Cámara de Comercio de Armenia y del Quindío. Armenia-Colombia. Recuperado el 26 de noviembre de 2017 de [http://www.camaraarmenia.org.co/files/estudio de hábitos de consumo de café real.pdf](http://www.camaraarmenia.org.co/files/estudio%20de%20hábitos%20de%20consumo%20de%20café%20real.pdf)
- Castro, M. (2017). Diseño de una cadena de suministros de bioenergía a partir de residuos de café considerando la disponibilidad estacional de la materia prima. Universidad Tecnológica de Pereira. Recuperado el 18 de Diciembre de 2018 de <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/8319/66288C355.pdf?sequence=1>
- Cenicafé. (1999). Caracterización microbiológica y físico-química de la pulpa de café sola y con mucílago, en proceso de lombricompostaje. *Cenicafé*, 50(1). Recuperado el 12 de Marzo de 2018 de [https://www.cenicafe.org/es/publications/arc050\(01\)005-023.pdf](https://www.cenicafe.org/es/publications/arc050(01)005-023.pdf)
- Cenicafé. (2003). Cambios físicos y químicos durante la maduración del fruto de café. *Cenicafé*, 54(3). Recuperado el 26 de Mayo de 2018 de [https://www.cenicafe.org/es/publications/arc054\(03\)208-225.pdf](https://www.cenicafe.org/es/publications/arc054(03)208-225.pdf)
- Cenicafé. (2003). Relación entre el estado de madurez del fruto del café y las características de beneficio, rendimiento y calidad de la bebida. *Cenicafé*, 4(4). Recuperado el 31 de Julio de 2018 de <https://www.cenicafe.org/es/publications/arc054%2804%29297-315.pdf>
- Cenicafé. (2012). Factores, procesos y controles en la fermentación del café. *Cenicafé*. Recuperado el 26 de Agosto de 2018 de <https://www.cenicafe.org/es/publications/avt0422.pdf>
- Cenicafé. (2013). La broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Curculionidae): En Colombia. Bogotá-Colombia. Recuperado el 26 de Febrero de 2018 de [http://www.sustainableagriculturetraining.org/wp-content/uploads/library/La\\_broca\\_del\\_café\\_en\\_Colombia\\_\(by\\_Cenicafe](http://www.sustainableagriculturetraining.org/wp-content/uploads/library/La_broca_del_café_en_Colombia_(by_Cenicafe)

).pdf

- Cenicafé. (2016). La acidez del suelo, una limitante común para la producción de café. Cenicafé. Recuperado 5 de Enero de 2018 de <https://www.cenicafe.org/es/publications/AVT0466.pdf>
- Coffee IQ. (2015). Mayores consumidores de café en el mundo. Recuperado el 8 de Abril de 2018 de <http://www.coffeeiq.co/inforgrafia-mayores-consumidores-de-cafe-en-el-mundo-per-capita/>
- ConQuito. (2015). Servicios de Consultoría para Desarrollar el Estudio de Trazabilidad para Denominación de Origen y/o Indicación Geográfica Protegida. Quito. Recuperado el 31 de Marzo de <https://drive.google.com/file/d/1nkeTTvo0-v6UJL7wuyZVEP1qYrPzuamR/view>
- ConQuito. (2016). Más de cuatrocientas personas asistieron a la Cata del Café de Quito. Recuperado el 20 de Junio de 2018 de <http://www.conquito.org.ec/mas-de-cuatrocientas-personas-asistieron-a-la-cata-del-cafe-de-quito/>
- ConQuito. (s.f.). Cadenas productivas. Recuperado el 8 de Abril de <http://conquito.org.ec/mapeo/cafe/>
- Contreras, C., & Del Campo, J. (2015). Productos de la fermentación alcohólica. Recuperado el 29 de Marzo de 2018 de [http://bibliotecadigital.usb.edu.co/bitstream/10819/2613/1/Fermentación alcohólica un proceso\\_Carlos Contreras\\_USBCTG\\_2015.pdf](http://bibliotecadigital.usb.edu.co/bitstream/10819/2613/1/Fermentación%20alcohólica%20un%20proceso_Carlos%20Contreras_USBCTG_2015.pdf)
- Díaz, A. (2010). Pulpa de café: Coffea arabica I: como fuente alternativa de antioxidantes. Universidad Técnica Particular de Loja. Recuperado el 13 de Noviembre de 2017 de [http://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/707/3/UTPL\\_Días\\_Cura\\_y\\_Alejandra\\_Tatiana\\_1064344.pdf](http://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/707/3/UTPL_Días_Cura_y_Alejandra_Tatiana_1064344.pdf)
- Díaz, P. (2014). Efectos de la altitud sobre la calidad del café torrefactado (Coffea arábica I. var. colombia) producido en los municipios de Buesaco y La Union. Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Recuperado el 21 de Marzo de 2018 de <https://repository.unad.edu.co/bitstream/10596/2598/1/1085260903.pdf>

- Ecorfan. (2014). La producción y el consumo del café. España: ECORFAN. Recuperado el 26 de Abril de 2018 de [http://www.ecorfan.org/spain/libros/LIBRO\\_CAFE.pdf](http://www.ecorfan.org/spain/libros/LIBRO_CAFE.pdf)
- El Productor. (2017). Rendimiento de café en el Ecuador. Recuperado el 20 de Abril de 2018 de <https://elproductor.com/estadisticas-agropecuarias/rendimiento-de-cafe-en-el-ecuador/>
- El telégrafo. (2014). El Distrito, un emporio cafetero. El Telégrafo. Recuperado el 27 de Abril de 2018 de <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/quito/11/el-distrito-un-emporio-cafetero>
- FAO. (1987). Operaciones de cosecha y campo. In Manual para el mejoramiento del manejo poscosecha de frutas y hortalizas. Santiago, Chile. Recuperado el 17 de Marzo de 2018 de <http://www.fao.org/docrep/x5055s/x5055S00.htm#Contents>
- FAO. (2003). Cosecha. FAO. Balcarce-Argentina. Recuperado el 29 de Julio de 2018 de <http://www.fao.org/tempref/docrep/fao/006/y4893s/y4893s01.pdf>
- FAO. (2016). FAOSTAT. Roma-Italia. Recuperado el 25 de Marzo de 2018 de <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>
- Farah, A., & Santos, T. (2015). *The Coffee Plant and Beans. Coffee in Health and Disease Prevention*. Recuperado el 16 de Diciembre de 2017 de <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409517-5.00001-2>
- Federación Española del Café. (2017). Cafetal. Recuperado el 14 de Mayo de 2018 de <http://resortweb.es/fec2/index.php>
- Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. (2015). Cuándo sembrar el café. Recuperado el 24 de Abril de 2018 de [https://www.federaciondecafeteros.org/pergamino-fnc/index.php/comments/cuando\\_sembrar\\_el\\_cafe](https://www.federaciondecafeteros.org/pergamino-fnc/index.php/comments/cuando_sembrar_el_cafe)
- Fórum café. (2017). Consumo de café en España. España. Recuperado el 15 de Julio de 2018 de [www.forumdelcafe.com/sites/default/files/.../consumo\\_de\\_cafe\\_en\\_espana.pdf%0A](http://www.forumdelcafe.com/sites/default/files/.../consumo_de_cafe_en_espana.pdf%0A)

- Gouvea, B., Torres, C., Franca, A., Oliveira, L., & Oliveira, E. (2009). *Feasibility of ethanol production from coffee husks*. *Biotechnology Letters*, 31(9). Recuperado el 16 de Octubre de 2017 de <https://doi.org/doi.org/10.1007/s10529-009-0023-4>
- Grupo Corporativo Cajamar. (2014). Parámetros de la Calidad Externa en la Industria Agroalimentaria. Grupo Corporativo Cajamar. Recuperado el 2 de Noviembre de 2017 de <https://www.cajamar.es/pdf/bd/agroalimentario/innovacion/investigacion/documentos-y-programas/003-calidad-externa-1401191044.pdf>
- Gurram, R., Al-Shannag, M., Knapp, S., Das, T., Singasaas, E., & Alkasrawi, M. (2016). *Technical possibilities of bioethanol production from coffee pulp: A renewable feedstock*. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 18(1). Recuperado el 22 de Enero de 2018 de <https://doi.org/10.1007/s10098-015-1015-9>
- Heeger, A., Kosińska-Cagnazzo, A., Cantergiani, E., & Andlauer, W. (2017). *Bioactives of coffee cherry pulp and its utilisation for production of Cascara beverage*. *Food Chemistry*. Recuperado el 13 de Febrero de 2018 de <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.11.067>
- ICAFFE. (2011). Guía Técnica para el Cultivo del Café. San José-Costa Rica. Recuperado de 7 de Marzo de 2018 de <http://www.icafe.cr/wp-content/uploads/cicafe/documentos/GUIA-TECNICA-V10.pdf>
- ICO. (2002). Café en Ecuador. Asociación Nacional de Exportadores de Café. Manta-Ecuador. Recuperado el 31 de Octubre de 2017 de [http://www.ico.org/projects/cabi\\_cdrom/PDFFiles/ECUADOR.pdf](http://www.ico.org/projects/cabi_cdrom/PDFFiles/ECUADOR.pdf)
- ICO. (2011). Aspectos botánicos. Recuperado el 20 de Junio de 2018 de [http://www.ico.org/es/botanical\\_c.asp?section=Acerca\\_del\\_caf%E9](http://www.ico.org/es/botanical_c.asp?section=Acerca_del_caf%E9)
- ICO. (2015). Informe del mercado de café. Recuperado el 28 de Enero de 2018 de <http://www.ico.org/documents/cy2014-15/cmr-0315-c.pdf>
- ICO. (2017). *Total exports by all exporting countries*. Londres-Reino Unido. Recuperado el 7 de Marzo de 2018 de [http://www.ico.org/depositary\\_e.asp?section=About\\_Us](http://www.ico.org/depositary_e.asp?section=About_Us)
- IICA. (2016). La situación y tendencias de la producción de café en América

- Latina y el Caribe. IICA. Recuperado el 01 de Octubre de 2017 de <http://www.iica.int/sites/default/files/publications/files/2017/BVE17048805e.pdf>
- INATEC. (2016). Nutrición Animal. (INATEC, Ed.) (Ministeria). Managua-Nicaragua: INATEC. Recuperado el 10 de Abril de 2018 de [https://www.jica.go.jp/project/nicaragua/007/materials/ku57pq0000224spz-att/Manual\\_de\\_Nutricion\\_Animal.pdf](https://www.jica.go.jp/project/nicaragua/007/materials/ku57pq0000224spz-att/Manual_de_Nutricion_Animal.pdf)
- INEN. (2012). NTE INEN 0266: Determinación de la azucar reductor. Quito-Ecuador. Recuperado el 4 de Febrero de 2018 de <http://libros.duhnnae.com/2017/apr/14920805070-NTE-INEN-0266-Azucar-Determinacion-de-la-azucar-reductor-Instituto-Ecuatoriano-de-Normaliza.php>
- InfoAgro. (n.d.). Qué es la refracción. Recuperado el 21 de Abril de 2018 de [http://www.infoagro.com/instrumentos\\_medida/doc\\_refractometria\\_refraccion.asp?k=20](http://www.infoagro.com/instrumentos_medida/doc_refractometria_refraccion.asp?k=20)
- Infocafes. (2016). Manual para el Manejo Integrado de Plagas en cultivo de café. Recuperado el 22 de Abril de 2018 de <http://www.proyectoglaciares.pe/wp-content/uploads/2016/11/Memoria-resumen-de-ECA.pdf>
- INIAP. (2004). Variedades mejoradas de café arábigo una contribución para el desarrollo de la caficultura en el Ecuador. INIAP. Quevedo, Ecuador. Recuperado el 10 de mayo de 2018 de <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/1582>
- Instituto Ecuatoriano de la Propiedad Intelectual. (2014). Ecuador con aroma de café. Recuperado el 8 de Julio de 2018 de <https://www.propiedadintelectual.gob.ec/ecuador-con-aroma-de-cafe/>
- Jiménez, J. (2016). Valorización de la pulpa de café mediante la extracción de ácidos hidroxicinámicos y clorogénicos. Universidad de Costa Rica. Recuperado el 31 de Agosto de 2018 de <http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/bitstream/123456789/3436/1/40323.pdf>
- Johnson, M. (2014). Edulcorantes naturales y artificiales. Universidad

Latinoamericana de Ciencia y Tecnología. Recuperado el 17 de Enero de 2018 de <http://www.ulacit.ac.cr/files/documentosULACIT/Constant/MadisonInvestigacionEdulcorantes-QuimicaOrganica.pdf>

La Hora. (2017). En Tungurahua se apuesta por la siembra de café. La Hora. Recuperado el 22 de Noviembre de 2017 de <https://lahora.com.ec/tungurahua/noticia/1102091695/en-tungurahua-se-apuesta-por-la-siembra-de-cafe>

La Patria. (2017). Comienza la siembra de la Cenicafé 1. La Patria. Recuperado el 6 de Noviembre de 2017 de <http://www.lapatria.com/economia/comienza-la-siembra-de-la-cenicafe-1-348488>

MAG. (2010). Guías sobre Buenas Prácticas Agrícolas. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Recuperado el 9 de Marzo de 2018 de <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/T01-10313.pdf>

MAG. (2017). MAGAP ejecuta “Proyecto de Reactivación de la Caficultura Ecuatoriana.” Recuperado el 23 de Abril de 2018 de <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:PDqh5x2TaUJJ:www.agricultura.gob.ec/magap-ejecuta-proyecto-de-reactivacion-de-la-caficultura-ecuatoriana/&num=1&hl=es&gl=ec&strip=0&vwsrsc=0>

MAG. (2008). Agrocadena de Café. Ministerio de Agricultura y Ganadería, Dirección Regional Huetar Norte, 17. Recuperado el 5 de Abril de 2018 de <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/E70-9314.pdf>

MAGAP. (2014). Guía de buenas prácticas agrícolas para maíz duro. Agrocalidad. Recuperado el 14 de Agosto de 2018.

Maroto, M. S. (2015). El café, la cafeína y su relación con la salud y ciertas patologías. Universidad de Valladolid. Recuperado el 4 de Julio de 2018 de <https://uvadoc.uva.es/bitstream/10324/14253/1/TFG-M-N370.pdf>

Martínez, E., & Segovia, I. (2012). Determinación de la humedad de un alimento por un método gravimétrico indirecto por desecación. Universidad Politécnica de Valencia. Recuperado el 23 de Abril de

- 2018 de  
[https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/16339/Determinación de humedad.pdf](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/16339/Determinación%20de%20humedad.pdf)
- Monterroso, B. (2013). Evaluación de las propiedades físico-mecánicas de los tableros aglomerados elaborados con cascarilla de café (*Coffea arabica*) y colofonia, por el efecto de la carga de compactación y tiempo de prensado. Universidad de San Carlos de Guatemala. Recuperado el 30 de Noviembre de 2017 de [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_1378\\_Q.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_1378_Q.pdf)
- Murthy, P. S., & Madhava Naidu, M. (2012). *Sustainable management of coffee industry by-products and value addition—A review. Resources, Conservation and Recycling*. Recuperado el 27 de Marzo de 2018 de <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2012.06.005>
- Murthy, P., & Naidu, M. (2012). *Recovery of Phenolic Antioxidants and Functional Compounds from Coffee Industry By-Products. Food and Bioprocess Technology*, 5(2). Recuperado el 15 de Mayo de 2018 de <https://sci-hub.tw/10.1007/s11947-010-0363-z>
- Olores. (2008). Olores. Recuperado el 16 de Abril de 2018 de [http://olores.org/index.php?option=com\\_content&view=article&id=1&language=es](http://olores.org/index.php?option=com_content&view=article&id=1&language=es)
- Scielo. (2005). Café para cardiólogos. *Revista Colombiana de Cardiología*. Recuperado el 9 de Enero de 2018 de [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-56332005000200001&nrm=iso](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-56332005000200001&nrm=iso)
- Scielo. (2006). Proteínas y péptidos en nutrición enteral. *Scielo*, 21(2). Recuperado el 14 de Mayo de 2018 de [http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0212-16112006000500002](http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-16112006000500002)
- Scielo. (2014). Características metrológicas en la determinación de azúcares reductores para el control de la calidad en mezclas de oligogalacturónidos. *Scielo*. Recuperado el 1 de Diciembre de 2017 de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0258-](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-)

59362014000200011

- Scielo. (2014). *Coffea canephora* (Pierre) ex Froehner inoculado con micorriza y bacteria fijadora de nitrógeno en vivero. *Revista Chapingo. Serie Horticultura*. Recuperado el 26 de Febrero de 2018 de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1027-152X2014000200006&nrm=iso](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1027-152X2014000200006&nrm=iso)
- Scielo. (2016). Comparación entre el método Kjeldahl tradicional y el método Dumas automatizado para la determinación de proteínas en distintas clases de alimentos. *Scielo*, 28(2). Recuperado el 12 de Diciembre de 2017 de [http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1315-01622016000200007](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1315-01622016000200007)
- SINAGAP. (2017). Rendimientos de café en grano seco en el Ecuador 2017. Quito-Ecuador. Recuperado el 20 de Diciembre de 2017 de [http://sinagap.agricultura.gob.ec/pdf/estudios\\_agroeconomicos/rendimiento\\_cafe\\_grano\\_seco2017.pdf](http://sinagap.agricultura.gob.ec/pdf/estudios_agroeconomicos/rendimiento_cafe_grano_seco2017.pdf)
- SIPA. (2016). Rendimientos de café en grano seco en el Ecuador 2016. MAG. Ecuador. Recuperado el 8 de Noviembre de 2017 de [http://sipa.agricultura.gob.ec/pdf/estudios\\_agroeconomicos/rendimiento\\_cafe\\_grano\\_seco2016.pdf](http://sipa.agricultura.gob.ec/pdf/estudios_agroeconomicos/rendimiento_cafe_grano_seco2016.pdf)
- Orozco, F. H., Cegarra, J., Trujillo, L. M., & Roig, A. (1996). *Vermicomposting of coffee pulp using the earthworm Eisenia fetida: Effects on C and N contents and the availability of nutrients. Biology and Fertility of Soils*, 22(1). Recuperado el 12 de Noviembre de 2017 de <https://doi.org/10.1007/BF00384449>
- Pleissner, D., Neu, A.-K., Mehlmann, K., Schneider, R., Puerta-Quintero, G. I., & Venus, J. (2016). *Fermentative lactic acid production from coffee pulp hydrolysate using Bacillus coagulans at laboratory and pilot scales. Bioresource Technology*. Recuperado el 10 de Abril de 2018 de <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.biortech.2016.06.078>
- Pourfarzad, A., Mahdavian-Mehr, H., & Sedaghat, N. (2013). *Coffee silverskin as a source of dietary fiber in bread-making: Optimization of chemical*

- treatment using response surface methodology. LWT - Food Science and Technology, 50(2)*. Recuperado el 8 de Julio de 2018 de <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.lwt.2012.08.001>
- Ramos, D. (2007). Cambios hidrolíticos con el ejercicio. Universidad de Rosario. Recuperado el 12 de Mayo de 2018 de [http://www.urosario.edu.co/urosario\\_files/0b/0b2d4f70-7a88-48a2-9c1c-7212832fd9fd.pdf](http://www.urosario.edu.co/urosario_files/0b/0b2d4f70-7a88-48a2-9c1c-7212832fd9fd.pdf)
- Rojó, E. (2014). Café I (G. Coffea). Universidad Complutense de Madrid, 7(2). Recuperado el 26 de Febrero de 2018 de <http://eprints.ucm.es/27835/1/1757-2066-1-PB.pdf>
- Salgado, J. M., González-Barreiro, C., Rodríguez-Solana, R., Simal-Gándara, J., Domínguez, J. M., & Cortés, S. (2012). *Study of the volatile compounds produced by Debaryomyces hansenii NRRL Y-7426 during the fermentation of detoxified concentrated distilled grape marc hemicellulosic hydrolysates. World Journal of Microbiology and Biotechnology, 28(11)*. Recuperado el 30 de Noviembre de 2017 de <https://doi.org/10.1007/s11274-012-1122-2>
- Scielo. (2008). Caracterización física-química y biológica de enmiendas orgánicas aplicadas en la producción de cultivos en república dominicana. Revista de La Ciencia Del Suelo y Nutrición Vegetal. scielocl. Recuperado el 21 de Abril de 2018 de [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-27912008000300002&script=sci\\_arttext](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-27912008000300002&script=sci_arttext)
- Scielo. (2009). Composición química de la pulpa de café a diferentes tiempos de ensilaje para su uso potencial en la alimentación animal. Maracay: scielocl. Recuperado el 28 de Enero de 2018 de [http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S0798-72692009000200004&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S0798-72692009000200004&script=sci_arttext)
- Scielo. (2013). El azúcar en los distintos ciclos de la vida: desde la infancia hasta la vejez. Nutrición Hospitalaria. Recuperado el 18 de Febrero de 2018 de [http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0212-16112013001000005&nrm=iso](http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-16112013001000005&nrm=iso)

- Scielo. (2013). Los alimentos como fuente de mono y disacáridos: aspectos bioquímicos y metabólicos. *Nutrición Hospitalaria*. Recuperado el 22 de Junio de 2018 de [http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0212-16112013001000002&nrm=iso](http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-16112013001000002&nrm=iso)
- Scielo. (2017). El Manejo Integrado de Plagas (MIP): Perspectivas e importancia de su impacto en nuestra región. *Selva Andina Biosphere*, 5(2). Recuperado el 25 de Noviembre de 2017 de [http://www.scielo.org.bo/pdf/jsab/v5n2/v5n2\\_a01.pdf](http://www.scielo.org.bo/pdf/jsab/v5n2/v5n2_a01.pdf)
- Shankaranand, V. S., & Lonsane, B. K. (1994). *Coffee husk: an inexpensive substrate for production of citric acid by Aspergillus niger in a solid-state fermentation system*. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 10(2). Recuperado el 27 de Octubre de 2017 de <https://doi.org/10.1007/BF00360879>
- Shemekite, F., Gómez-Brandón, M., Franke-Whittle, I. H., Praehauser, B., Insam, H., & Assefa, F. (2014). *Coffee husk composting: An investigation of the process using molecular and non-molecular tools*. *Waste Management*, 34(3). Recuperado el 12 de Octubre de 2017 de <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.wasman.2013.11.010>
- Soares, M., Christen, P., Pandey, A., & Soccol, C. R. (2000). *Fruity flavour production by Ceratocystis fimbriata grown on coffee husk in solid-state fermentation*. *Process Biochemistry*, 35(8). Recuperado el 23 de Octubre de 2017 de [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0032-9592\(99\)00144-2](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0032-9592(99)00144-2)
- Soto, G., & Muñoz, C. (2002). Consideraciones teóricas y prácticas sobre el compost, y su empleo en la agricultura orgánica. *Latindex*. Recuperado el 2 de Marzo de 2018 de <http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/5955/A2037e.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- SQM. (2018). Potasio. Recuperado el 8 de Abril de 2018 de <http://www.sqm.com/es-es/productos/nutricionvegetaldeespecialidad/informacionpornutrientes/p>

otasio.aspx#tabs-1

Stintzing, F. C., & Carle, R. (2004). *Functional properties of anthocyanins and betalains in plants, food, and in human nutrition. Trends in Food Science & Technology*, 15(1). Recuperado el 01 de Junio de 2018 de <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.tifs.2003.07.004>

UNAM. (2008). Fundamentos y tecnicas de analisis de alimentos. Mexico D.F-Mexico. Recuperado el 30 de Junio de 2018 de [http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/FUNDAMENTOSYTECNICASDEANALISISDEALIMENTOS\\_12286.pdf](http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/FUNDAMENTOSYTECNICASDEANALISISDEALIMENTOS_12286.pdf)

## **ANEXOS**

Anexo 1. Preparación de SDA al 1 %

$$N = \frac{\# \text{ de Eq} \cdot \text{g soluto}}{1 \text{ L solución}} \quad (\text{Ecuación 3})$$

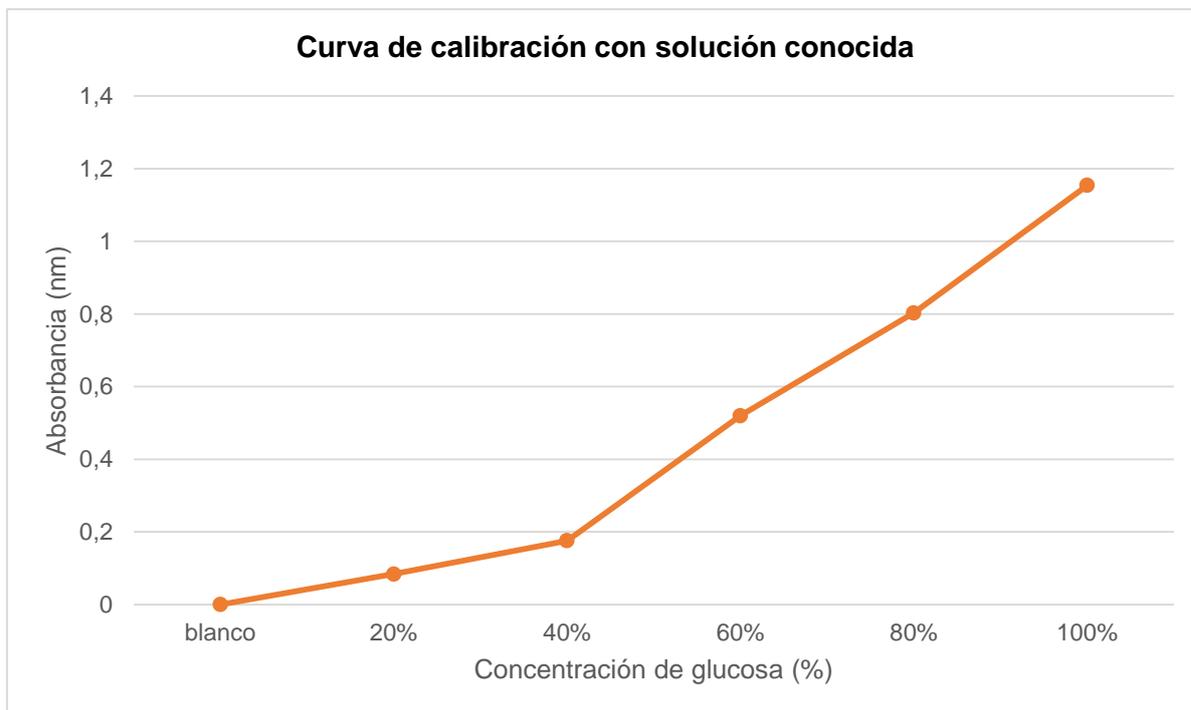
Datos	Desarrollo de la fórmula
$\rho = 1,84 \text{ g/ml}$	$\rho = \frac{m}{v}$
Pureza (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ) = 96 %	$\text{Eq} \cdot \text{g} = \frac{\text{PM}}{\text{H}^+} = \frac{98 \text{ g}}{2} = 49 \text{ g}$
Peso molecular = 98,079 g/mol	$N = \frac{1 \text{ Eq} \cdot \text{g}}{1 \rho} * \frac{49 \text{ g}}{1 \text{ Eq} \cdot \text{g}} * 1 \rho = 49 \text{ g}$
	En donde:
	$\begin{array}{rcl} 96 \text{ g} & \longrightarrow & 100 \text{ ml} \\ 49 \text{ g} & & X \\ & & = 51,04 \text{ ml} \end{array}$
	$\frac{51,04 \text{ ml}}{1,84 \rho} = 27,74 \text{ ml H}_2\text{SO}_4$

Anexo 2. Estándares de calibración de la glucosa

<b>Muestra</b>	<b>Blanco de la muestra con solución conocida</b>	<b>Blanco de la muestra con agua destilada</b>
Blanco	0,000	0,000
Tubo 1	0,084	0,102
Tubo 2	0,176	0,194
Tubo 3	0,520	0,537
Tubo 4	0,803	0,817
Tubo 5	1,154	1,168

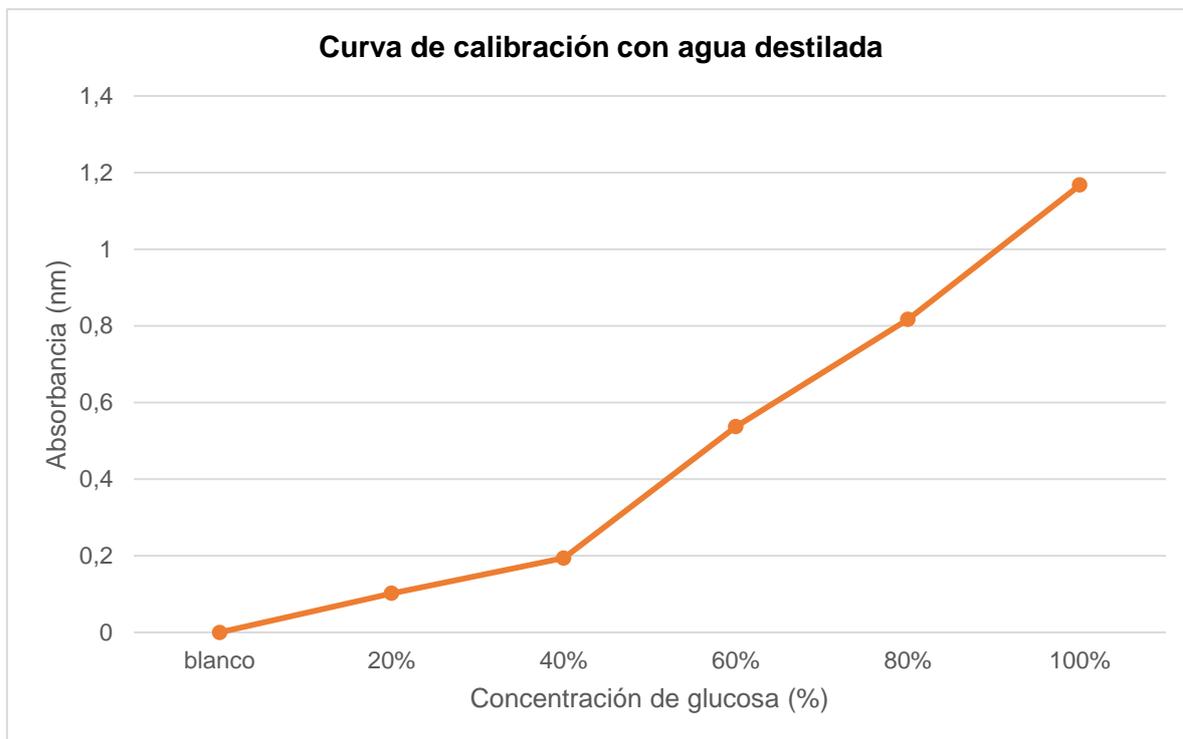
Adaptado de (P. Díaz, 2014)

### Anexo 3. Curva de calibración de la glucosa con solución conocida



Adaptado de (P. Díaz, 2014)

#### Anexo 4. Curva de calibración de la glucosa con agua destilada



Adaptado de (P. Díaz, 2014)

Anexo 5. Análisis del INIAP de pulpa y cascarilla de café

MO-LSAA-2007-04



**INIAP**

**INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS**  
**ESTACION EXPERIMENTAL SANTA CATALINA**  
**DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN Y CALIDAD**  
**LABORATORIO DE SERVICIO DE ANÁLISIS E INVESTIGACIÓN EN ALIMENTOS**  
Paranácutana Sur Km. 1, Cd. Guaymas, Zedillo, 2007134, Fax 2007134  
Calle postal 17-07-340



**LAWDORCESC**

**INFORME DE ENSAYO No: 19-087**

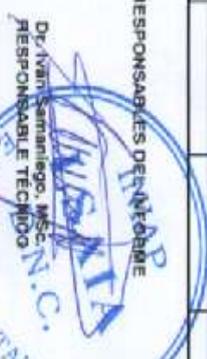
**NOMBRE PETICIONARIO:** Sra. Lida Dayana Suárez  
**DIRECCIÓN:** Presaje Mejía F192 y José María Becerra  
**FECHA DE EMISIÓN:** 22 de mayo de 2018  
**FECHA DE ANÁLISIS:** Del 3 al 22 de mayo de 2018

**INSTITUCIÓN:** Particular  
**ATENCIÓN:** Sra. Lida Suárez  
**FECHA DE RECEPCIÓN:** 02/05/2018  
**HORA DE RECEPCIÓN:** 11:427  
**ANÁLISIS SOLICITADO:** Azúcares totales y reductores, fibra, material proteínico, Van Soest

ANÁLISIS	HUMEDAD	AZÚCARES TOTALES	AZÚCARES REDUCTORES	PROTEÍNA <sup>0</sup>	FIBRA <sup>0</sup>					IDENTIFICACION
METODO	MO-LSAA-01-01	MO-LSAA-31	MO-LSAA-02	MO-LSAA-01-04	MO-LSAA-01-05					
METODO REF.	U. FLORIDA 1979	DUBOIS, 1988	WATSON, 1966	U. FLORIDA 1979	U. FLORIDA 1979					
UNIDAD	%	%	%	%	%					
18-0403	89.10	3.53	3.28	14.08	15.03					Pulpa de café
18-0404	85.11				15.59					Cascarilla de café
ANÁLISIS		Ca <sup>++</sup>	P <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>					
METODO		MO-LSAA-03-01-02	MO-LSAA-03-01-04	MO-LSAA-03-01-02	MO-LSAA-03-01-03					
METODO REF.		U. FLORIDA 1980	U. FLORIDA 1980	U. FLORIDA 1980	U. FLORIDA 1980					
UNIDAD		%	%	%	%					
18-0403		0.28	0.19	0.09	4.46					Pulpa de café
18-0404					0.02					
ANÁLISIS		Cu <sup>++</sup>	Fe <sup>++</sup>	Mn <sup>++</sup>	Zn <sup>++</sup>					
METODO		MO-LSAA-03-02	MO-LSAA-03-02	MO-LSAA-03-02	MO-LSAA-03-02					
METODO REF.		U. FLORIDA 1980	U. FLORIDA 1980	U. FLORIDA 1980	U. FLORIDA 1980					
UNIDAD		ppm	ppm	ppm	ppm					
18-0403		8	368	21	26					
ANÁLISIS		FDN	FDA	LIGNINA						
METODO		MO-LSAA-02-01	MO-LSAA-02-02	MO-LSAA-02-03						
METODO REF.		U. FLORIDA 1979								
UNIDAD		%	%	%						
18-0404		39.96	32.62	17.18						Cascarilla de café

Los ensayos marcados con O se reportan en base seca  
 OBSERVACIONES: Muestra entregada por el cliente

**RESPONSABLES DEL INFORME**



**Dr. Ivan Samaniego, MSc.**  
**RESPONSABLE TÉCNICO**

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.  
 Los resultados entre indicadores solo están relacionados con el objeto de estudio.  
 NOTA DE DESCARGA: La información contenida en este informe de ensayo es de carácter confidencial, esta dirigida únicamente al destinatario de la misma y solo podrá ser usada por este. Si el lector de este correo electrónico o fax no es el destinatario del mismo, se le informa que cualquier copia o distribución de este se encuentra totalmente prohibida. Si usted ha recibido este informe de ensayo por error, por favor notifique inmediatamente al remitente por este mismo medio y elimine la información.

Anexo 6. Subproductos en la zona del Noroccidente de Pichincha



## ABREVIATURAS Y SIGLAS

---

Cm	Centímetro
Ddf	Días después de la floración
USD	Dólar Estadounidense
° C	Grados centígrados
G	Gramo
g/L	Gramos por litro
Ha	Hectárea
Kg/persona	Kilogramo por persona por año
Kg	Kilogramos
Km/h	Kilómetros por hora
MO	Materia orgánica
MJ/Kg	Mega Joules por kilogramo
M	Metro
m.s.n.m	Metros sobre el nivel del mar
ml	Mililitros
mm/año	Milímetros por año
N	Newton
No Aplica	NA
P1	Piso altitudinal alto
P3	Piso altitudinal bajo
P2	Piso altitudinal medio
%	Porcentaje
pH	Potencial de hidrógeno
s.f.	Sin fecha
Tn	Tonelada métrica
Tn/ha	Tonelada por hectárea
var.	Variedad

---

