

**CARACTERIZACION DE LA OFERTA AMBIENTAL Y DE POSCOSECHA DEL  
CAFÉ (*Coffea arábica L.*) VARIEDAD CASTILLO® EN LOS ECOTOPOS 220A Y 221A  
DEL DEPARTAMENTO DE NARIÑO**

**CLAUDIA PATRICIA CRIOLLO VELÁSQUEZ I.AI.**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS  
MAESTRÍA EN CIENCIAS AGRARIAS  
ÉNFASIS EN PRODUCCIÓN DE CULTIVOS  
SAN JUAN DE PASTO**

**2018**

**CARACTERIZACION DE LA OFERTA AMBIENTAL Y DE POSCOSECHA DEL  
CAFÉ (*Coffea arábica L.*) VARIEDAD CASTILLO® EN LOS ECOTOPOS 220A Y 221A  
DEL DEPARTAMENTO DE NARIÑO**

**CLAUDIA PATRICIA CRIOLLO VELÁSQUEZ I.AI.**

**Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de  
Magister en Ciencias Agrarias con énfasis en Producción de cultivo.**

**Presidente**

**TULIO CESAR LAGOS BURBANO I.A. Ph.D**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS  
MAESTRÍA EN CIENCIAS AGRARIAS  
ÉNFASIS EN PRODUCCIÓN DE CULTIVOS  
SAN JUAN DE PASTO**

**2018**

**NOTA DE RESPONSABILIDAD**

“Las ideas y conclusiones aportadas en el trabajo son responsabilidad exclusiva de sus autores”

Artículo 1° de acuerdo 324 de octubre 11 de 1966 emanado por el Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño

**Nota de aceptación**

---

**Jorge Fernando Navia Estrada. I.A.Ph.D**

**Jurado delegado**

---

**Luis Fernando Gómez Gil. I.A.Ph.D**

**Jurado**

---

**Diego Fernando Mejía España. IAI. M.Sc.**

**Jurado delegado**

---

**Tulio Cesar Lagos Burbano. I.A.Ph.D**

**Presidente**

San Juan de Pasto Abril 2018

## AGRADECIMIENTOS

La autora expresa sus sinceros agradecimientos a:

El Centro de Investigaciones y Estudio de Posgrados en Ciencias Agrarias.

Al Grupo de Investigación en Producción de Frutales Andinos (GPFA), de la Facultad de Ciencias Agrícolas, de la Universidad de Nariño, a través del Proyecto “EVALUACION DEL EFECTO DE SOMBRA DE DIFERENTES ESPECIES ARBOREAS EN EL COMPORTAMIENTO AGRONOMICO Y CALIDAD DE CAFÉ (*Coffea arabica* L) VARIEDAD CASTILLO EN LA ZONA CAFETERA DEL DEPARTAMENTO DE NARIÑO” por su colaboración y apoyo académico y económico para el desarrollo de esta investigación.

A mi asesor, I.A. Ph.D. Tulio Cesar Lagos Burbano, por su apoyo y colaboración en el desarrollo de este trabajo.

A mis jurados, I.A. Ph.D. Jorge Fernando Navia Estrada, I.A. Ph.D. Luis Fernando Gómez Gil y I.AI. M.Sc. Diego Fernando Mejía España, por su asesoría y correcciones del trabajo de grado.

Al I.A. Ph.D. Hernando Artemio Criollo Escobar por su apoyo, colaboración y aportes en el desarrollo de este trabajo de grado

A mis amigos y compañeros MSc. José Julián Apraéz y MSc Johana Muñoz por su ayuda en la toma de datos.

Y a todas las personas que de alguna manera colaboraron en la realización y culminación de este trabajo de grado.

## **DEDICATORIA**

*Este trabajo de grado lo dedico a Jehová Dios, por ser el dueño de todo y guía de mi camino, también a mis hijos por ser la motivación y la alegría de cada uno de mis días, a mi padre por su apoyo constante y por mostrarme el camino a la superación, a mi madre por ser un ejemplo de fortaleza y por enseñarme a luchar por mis sueños, a mis hermanos por su compañía y amor, a mi familia por ser mí soporte y a mis amigos y compañeros por su paciencia y amistad incondicional.*

*Esto es posible gracias a ustedes.*

## **A LA MEMORIA**

*De mi querido tío Gerardo quien ya está en la memoria del creador, pero fue un ejemplo de jovialidad, enseñándome a ver lo bonito de cada momento y a amar incondicionalmente a mi familia.*

## RESUMEN

El departamento de Nariño tiene como una de sus fortalezas la producción de café de alta calidad, reconocida a nivel mundial; los factores determinantes de la calidad son muy variables y dependen de la interacción de todos aquellos relacionados con su producción. El presente trabajo se orientó al análisis de los factores de producción del café variedad Castillo de tres a cinco años y de sus interacciones, con el objetivo de establecer sus relaciones con la calidad de taza del producto cosechado. Se evaluaron características relacionadas con el clima, suelo, agronomía, cosecha y beneficio del café en agroempresas de Nariño localizadas en el ecotopo 220A, con latitud N 1° 21' - 1° 42' y en el ecotopo 221A, con latitud N 1° 05' - 1° 36' en tres rangos altitudinales: <1500 msnm, 1500 msnm – 1700 msnm y > 1700 msnm. El análisis de las variables evaluadas se realizó mediante los métodos multivariados Análisis de Componentes Principales (Variables cuantitativas), Análisis de Correspondencias Múltiples (Variables cualitativas) y Análisis de agrupamiento jerárquico con base en las distancias de Ward, incluyendo en todos los análisis la variable Calidad de taza. El análisis de los factores productivos permitió establecer en cada uno de ellos un bajo nivel de asociación con la variable calidad; las agroempresas localizadas en los municipios de La Unión y Consacá se destacaron por su calidad comparada con aquellas ubicadas en los municipios de Sandoná y La Florida y presentaron valores superiores de radiación, radiación fotosintéticamente activa, amplitud térmica y por la cosecha de cerezas con mayores porcentajes de granos maduros y sobremaduros.

**Palabras clave:** *Coffea arabica*, RFA, ecotopos, amplitud térmica, análisis multivariado

## ABSTRACT

Nariño department has as one of its strengths the production of high quality coffee, recognized worldwide; The determinants of quality are highly variable and depend on the interaction of all those related to their production. The present work was oriented to the analysis of the production factors of the Castillo variety of coffee from three to five years and their interactions, in order to establish their relationship with the cup quality of the harvested product. Characteristics related to climate, soil, harvest agronomy and coffee benefit, were evaluated in coffee crops of Nariño located in ecotope 220A, with latitude N 1 ° 21 ' - 1 ° 42' and in ecotope 221A, with latitude N 1 ° 05 ' - 1 ° 36' in three altitudinal ranges: <1500 masl, 1500 masl - 1700 masl and > 1700 masl. The analysis of variables was carried out using the multivariate methods Principal Components Analysis (Quantitative Variables) and Multiple Correspondence Analysis (Qualitative Variables) and Hierarchical Clustering Analysis based on Ward distances, including in all analyzes the quality of cup. The analysis of the productive factors allowed to establish in each of them a low level of association with the quality variable; the agribusinesses located in the municipalities of La Union and Consacá stood out for their quality compared to those located in the municipalities of Sandoná and La Florida and presented higher values of radiation, photosynthetically active radiation, thermal amplitude and for the benefit of cherries with higher percentages of mature and overmature grains.

**Key words:** *Coffea arabica*, RFA, ecotopes, thermal amplitude, multivariate analysis

## CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
INTRODUCCIÓN .....	16
1. MARCO TEORICO.....	18
1.1 Generalidades del cultivo de café.....	18
1.2 Calidad del café .....	19
1.2.1 Aspectos que inciden en la calidad .....	21
1.2.1.1 <i>Genotipo</i> .....	22
1.2.1.2 <i>Lugar de origen</i> .....	24
1.2.1.3 <i>Manejo del cultivo</i> .....	25
1.2.1.4 <i>Punto de madurez</i> .....	26
1.2.1.5 <i>Beneficio</i> .....	28
2. METODOLOGÍA .....	30
2.1 Ecotopos Cafeteros.....	30
2.1.1 Ecotopo 220 A.....	30
2.1.2 Ecotopo 221 A.....	30
2.2 Selección de Fincas .....	31
2.2.1 Tamaño de muestra .....	31
2.2.2 Fuentes de información.....	32
2.2.2.1 <i>Fuentes de información primaria</i> .....	32
2.2.2.2 <i>Fuentes de información Secundaria</i> .....	33
2.2.2.3 <i>Instrumentos de recolección de información.</i> .....	33
2.2.3 Variables edafoclimáticas .....	34

2.2.4 Variables relacionadas con el cultivo.....	35
2.2.5 Variables relacionadas con la producción.....	35
2.2.6 Variables relacionadas con el manejo postcosecha.....	36
2.2.7 Análisis estadístico.....	37
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	39
3.1 Análisis del efecto de Catación .....	39
3.2 Análisis del efecto Suelo .....	40
3.3 Análisis del efecto clima.....	49
3.4 Análisis del efecto del manejo agronómico.....	57
3.5 Análisis del efecto beneficio. ....	66
3.6 Análisis del efecto del factor cosecha.....	72
4. CONCLUSIONES .....	81
5. RECOMENDACIONES .....	82
BIBLIOGRAFIA.....	83
ANEXOS.....	95

**LISTA DE TABLAS**

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Distribución por ecotopo y altitud de las fincas seleccionadas para evaluación.....	32
Tabla 2. Comportamiento de las variables de catación consideradas en la determinación de la calidad de taza del café de Nariño (promedio de 36 muestras) .....	40
Tabla 3. Elementos del suelo con mayor desviación estándar. ....	41
Tabla 4. Análisis de correlación entre las variables relacionadas con las características del suelo y la calidad de taza del café en los ecotopos 220A y 221A. ....	42
Tabla 5. Valores propios e histograma de los componentes principales conformados en el análisis de las variables relacionadas con las propiedades del suelo.....	43
Tabla 6. Contribuciones de cada una de las variables analizadas a la conformación de los tres primeros factores estudiados.....	44
Tabla 7. Caracterización de los grupos conformados de acuerdo a variables de suelos cafeteros.....	48
Tabla 8. Análisis de correlación entre las variables climáticas estudiadas. ....	50
Tabla 9. Valores propios e histograma de la conformación de los factores principales con base en variables climáticas de predios cafeteros.....	51
Tabla 10. Contribución de cada una de las variables climáticas en la conformación de los tres primeros factores principales.....	53
Tabla 11. Descripción de los grupos conformados con base en las variables climáticas.....	56
Tabla 12. Relaciones (Burt) entre algunas variables relacionadas con la agronomía del cultivo de café y calidad de taza.....	60
Tabla 13. Valores propios e histograma de la conformados de los factores principales en	

	el análisis de las variables relacionadas con las propiedades del manejo de cultivo.....	62
Tabla 14.	Características sobresalientes de cada uno de los grupos conformados con el análisis de las variables relacionadas con la agronomía del café.....	64
Tabla 15.	Valores propios e histograma correspondientes al análisis de correspondencias múltiples de las variables relacionadas con el beneficio del café.....	68
Tabla 16.	Contribución de las variables más significativas a la conformación de los tres factores principales.....	69
Tabla 17.	Características sobresalientes de cada uno de los grupos conformados con el análisis de las variables relacionadas con el beneficio del café.....	71
Tabla 18.	Descripción de las variables relacionadas con la cosecha de café, en el análisis de componentes principales.....	73
Tabla 19.	Conformación de los factores principales y valores propios correspondientes, con base en las variables relacionadas con la cosecha de café.....	73
Tabla 20.	Contribuciones de las variables analizadas en la conformación de los factores analizados.....	75
Tabla 21.	Caracterización de los grupos conformados según el efecto de las variables relacionadas con la cosecha del café.....	79

**LISTA DE FIGURAS**

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Representación gráfica de las correlaciones variable-factor para los factores 1 y 2. ....	45
Figura 2. Dendograma resultado del análisis cluster correspondiente al factor suelo. ....	46
Figura 3. Ubicación en el plano de los predios analizados con base en el factor suelo y de los tres cluster conformados en el análisis. ....	49
Figura 5. Dendograma que indica la conformación de tres cluster con base en variables climáticas y de calidad de taza en el departamento de Nariño. ....	54
Figura 6. Ubicación de los predios cafeteros de Nariño y conformación de cluster con base en variables climáticas. ....	57
Figura 7. Dendograma que indica la conformación de tres cluster con base en variables de manejo agronómico y de calidad de taza en el departamento de Nariño.....	63
Figura 8. Ubicación de las agroempresas cafeteras, principales características y grupos conformados con base en el análisis de correspondencias múltiples para variables agronómicas. ....	65
Figura 9. Dendograma correspondiente al agrupamiento de las agroempresas de café del ecotopo 221 A, según las variables relacionadas con el beneficio.....	70
Figura 10. Ubicación en el plano factorial (factores 1 y 2) de las agroempresas variables características y conformación grupal o cluster. ....	72
Figura 11. Representación en un eje cartesiano conformado por los dos primeros factores de las variables relacionadas con la cosecha del café. ....	76

Figura 12. Dendograma de agrupamiento de las agroempresas analizadas, con base en variables relacionadas con la cosecha. .... 77

Figura 13. Ubicación de las agroempresas cafeteras, principales características y grupos conformados con base en el análisis de correspondencias múltiples para variables de cosecha. .... 80

## INTRODUCCIÓN

La calidad es un atributo que ha adquirido gran importancia para cualquier cultivo comercial y mucho más desde que los mercados internacionales han determinado estándares de calidad para atraer consumidores. Uno de estos cultivos donde la calidad es determinante para su comercialización, es el café.

Colombia es un país cafetero que trabaja por mantener la calidad que lo caracteriza; Según Buenaventura y Castaño (2002), el café colombiano pasó de ser un café único por sus características generales a convertirse en un café cuya calidad está determinada por la región donde se produce, en los cuales priman las características de calidad de taza, y cuyo origen es de relevancia para posicionarse en los mercados internacionales.

Existen diferentes regiones que se dedican al cultivo de café, entre ellas Nariño, cuyo producto final es catalogado por muchos expertos como el mejor del país. En la época de los ochenta se empezó a hablar de la calidad del café de Nariño, como un producto superior, aunque se desconocen las condiciones que influyen con exactitud en el atributo del grano.

Diferentes autores han estudiado los múltiples aspectos que pueden incidir sobre la calidad de taza del café, orientados a buscar las condiciones que permiten alcanzar esta propiedad pero todavía son muy discutidas y representan un cuello de botella en la generación de protocolos para la obtención de un producto de calidad órgano-sensorial, tal como lo manifiestan Orozco *et al.* (2011), quienes con base en un estudio realizado en la zona cafetera colombiana determinaron la ausencia de una correspondencia clara entre la variedad, altitud, suelo y calidad de taza. Según Moreno (2007), Las características que definen la calidad de taza están determinadas por una serie de variables físicas y químicas: color, diámetro característico, fuerza de remoción a tracción, firmeza ecuatorial, firmeza polar, peso fresco, peso seco, porcentaje de humedad, relación peso fresco/peso seco, acidez titulable, sólidos solubles y pH de la pulpa, y

organolépticas: intensidad del aroma, amargo, cuerpo, aroma de la bebida, impresión global. Por otra parte Puerta (2003) menciona que la compleja interacción entre la variedad, el estado de madurez, la fermentación, el secado, el almacenamiento, la tostación y el método de preparación de la bebida, influyen en la composición química y en la calidad del sabor, acidez, cuerpo, amargo, dulzor y aromas de una taza de café, dando identidad del café producido en una determinada región.

Mientras Cague *et al.* (2002), consideran que las particularidades del café especial están relacionadas con los nichos geográficos que permiten unas cualidades organolépticas particulares y únicas que preservan su identidad, otros como Aristizabal y Duque (2006), afirman que el manejo postcosecha es el factor más determinante, mientras que Joet *et al* (2010) consideran que la información sobre la influencia del clima sobre la composición química del grano es insuficiente y que el efecto de los tratamientos de postcosecha sobre las características organolépticas, no es clara.

Esta situación de divergencia entre los diferentes autores, no ha permitido establecer con claridad los requerimientos ambientales y de manejo pre y postcosecha óptimos para alcanzar altos estándares de calidad que puedan ser sostenibles en el tiempo. Por esta razón, hoy en día, los productores que alcanzan alta calidad de café no tienen la certeza acerca de los factores que originaron este comportamiento y se les hace difícil alcanzar en forma continua los altos niveles de calidad requeridos por los mercados especializados.

Teniendo en cuenta lo anterior, el presente estudio se planteó como objetivos caracterizar la oferta edafoclimáticas y analizar los procesos de beneficio y post cosecha del café variedad Castillo para establecer un relación de éstos con la calidad de taza, bajo condiciones de los ecotopos 220A y 221A del departamento de Nariño.

## 1. MARCO TEORICO

### 1.1 Generalidades del cultivo de café

El café (*Coffea arabica*) de la familia Rubiáceas, es un arbusto nativo de las tierras altas de Etiopía, donde se encuentra en su estado silvestre. Ha sido cultivado en Yemen por lo menos desde hace cinco siglos, y difundido al sudeste de Asia alrededor del año 1700. Poco después, las semillas de una única planta cultivada en Amsterdam y París fueron enviadas a América Latina. Otras introducciones siguieron más tarde en el siglo XVIII de Yemen a Brasil a través de las islas Bourbon (Calle, 2009).

Existen dos especies de café importantes comercialmente: *Coffea arabica* L. y *C. canephora* P., las cuales se diferencian no sólo genética y morfológicamente, sino por su composición química y cualidades organolépticas (Puerta, 2000).

En el comercio internacional, los cafés se clasifican en cuatro categorías, según el cultivo (Arábica o Robusta) y según el tipo de beneficio (húmedo o seco) que se use para su producción. Los cafés suaves colombianos incluyen al café Arábica producido por la vía húmeda en Colombia, Kenia y Tanzania; otros suaves son Arábica de Centroamérica y de algunas regiones de la India; los Arábica no lavados del Brasil, que es el mayor productor de café en el mundo y los Robusta son la cuarta categoría que se procesan por la vía seca y se producen en varios países del África, en Indonesia, Vietnam, la India y también en Brasil, entre otros (Puerta, 2003).

El café colombiano se origina de las variedades cultivadas de la especie *C. arabica*; su calidad está determinada por la localización geográfica, el clima de la zona cafetera colombiana, el manejo del cultivo, la cosecha de granos maduros de café y el beneficio húmedo, sistema que se utiliza para el proceso (Castillo, 1990).

A 31 de Julio del 2013, según el Sica, la caficultura en Colombia ocupa el cuarto puesto en la producción de café mundial, después de Brasil, Vietnam e Indonesia, con un área sembrada de

955.021 hectáreas en café, de las cuales 67.513 hectáreas tradicionales son de variedad Típica (7%), 341.752 hectáreas tecnificadas en variedad Caturra (35,8%), 263.272 hectáreas tecnificadas en variedad Colombia (27,6%) y 282.485 hectáreas tecnificadas en variedad Castillo (29,6%) (FNC, 2013).

Las regiones cafeteras colombianas se ubican entre 1° y 11° de LN y entre 74° a 78° de LO y 1000 a 2000 msnm. Los suelos de cultivo son de materiales geológicos de origen ígneo, metamórfico, sedimentario y de cenizas volcánicas, clasificados como Entisoles, Inceptisoles y Andisoles (FNC, 1997).

Para el año 2016 en Nariño había 38.751 hectáreas sembradas de café, que representan del 4,2% del total nacional, con una producción de 37.021 toneladas (Agronet, 2017), destacándose a nivel nacional e internacional por la calidad especial que caracteriza al café nariñense (De la Rosa, 2011).

Los suelos de las zonas cafeteras de Nariño son de origen volcánico: en la zona occidente está el volcán Galeras, en la zona Norte el volcán Doña Juana. Estos suelos son altamente productivos, por lo que, proveen gran cantidad de nutrientes básicos para la producción de café. Es por esto y por las características organolépticas del mismo, que el café de Nariño es considerado un café de carácter especial (Rebolledo y Vento, 2004).

## **1.2 Calidad del café**

Frente a la eliminación de las cuotas cafeteras por la Organización Internacional del Café en 1989, algunos países optaron por incrementar su producción descuidando los conceptos de calidad, mientras que surgió igualmente, otra corriente que le apostó a la calidad del producto, surgiendo los cafés de especialidad. Según Castro *et al* (2004) un café de especialidad reúne características de la más alta calidad, como un sabor particular y su procedencia de nichos ecológicos destacados donde los cultivos se someten a estrictos estándares de manejo, razones

por las cuales, el consumidor está dispuesto a pagar un mayor precio.

Según Farfán (2007), los cafés especiales colombianos se caracterizan por su excelente calidad, consistencia en sus propiedades físicas (forma, tamaño, humedad, apariencia), sensoriales, forma de beneficio y de preparación.

Autores como Puerta (2007), Aristizabal y Duque (2006) manifiestan que las actividades relacionadas con el beneficio, son las variables más importante en la definición de la calidad de taza; sin embargo, Puerta (1998) indica que es el grado de tuestión el que define finalmente la calidad de taza de una muestra en particular, encontrando que el punto en el que se desarrollan las mejores características organolépticas para cada variedad corresponde a una pérdida de peso en la tuestión entre 13 y 15%, y las variedades que presentan las mejores características sensoriales son Caturra, Colombia, Borbón y Típica.

Según Estrella y Chaves (2008), las características más importantes para definir la calidad de un café son: cuerpo, definido por la sensación de fuerza y permanencia del sabor, la acidez determinada por la sensación de picante o de agrio y el aroma que corresponde a la fragancia u olor del café. Esta calidad se evalúa en el proceso de catación, en el cual un degustador califica la acidez, el aroma, el cuerpo, el sabor, la tuestión, entre otros.

La calidad del café se define desde cuatro ópticas principales: 1.- Apreciaciones visuales: color y nitidez de la infusión; 2.- Características olfativas: fragancia, aroma; 3.- Características gustativas: sabor dulce, amargo, salado, ácido y 4.- Sensación de la bebida al tacto causada por la densidad de la infusión (Céspedes, 2012).

Geromel *et al.* (2007), dirigieron su estudio a detallar los efectos de la sombra sobre el desarrollo de tejidos, metabolismo del azúcar y la expresión de genes del grano de café. Una comparación de granos desarrollados bajo sombra y granos desarrollados a libre exposición, concluye en que los granos desarrollados bajo sombra tienen un mayor desarrollo del tejido

perisperma que aporta al tamaño del grano y una reducción en los contenidos de sacarosa y de azúcares que retrasan la maduración del fruto, a diferencia de los que se desarrollaron a libre exposición solar. Teniendo como objetivo final mejorar las condiciones del cultivo de café, proteger el suelo, y obtener granos de calidad físico-química y organoléptica.

Por otra parte, algunas investigaciones se han enfocado en determinar la influencia de los factores ambientales sobre la calidad del grano. Investigadores franceses como Joet *et al.* (2010) reconocen que la información sobre cómo influyen las condiciones climáticas sobre la composición química del grano es insuficiente; además, no hay claridad sobre la transformación química y el cómo los tratamientos de pos cosecha de los granos determinan las características organolépticas.

Según Montilla *et al.* (2008) Los rendimientos y la composición química del grano de café y sus características físicas pueden modificarse por factores como la naturaleza y la fertilidad del suelo, las condiciones atmosféricas y ambientales entre otras; el periodo y distribución de la cosecha, el contenido de humedad del café cereza y los métodos y calidad de la recolección, influyen en los rendimientos y las características del grano. Así mismo un café cultivado técnicamente y recolectado eficientemente, puede perder sus cualidades como consecuencia de un beneficio inadecuado.

### **1.2.1 Aspectos que inciden en la calidad**

El departamento de Nariño ofrece cafés con características particulares, que lo diferencian de otros cafés a nivel nacional e internacional. Estas diferencias especiales generaron un interés en los mercados internacionales que empezó a surgir en los años 50's, cuando norteamericanos, realizando estudios sobre café, definieron al café de la zona de Matituy, como el mejor café del mundo. Desde este punto se inicia un trabajo arduo por mantener estas características que lo hacen diferente y se empezó a trabajar en todo Nariño para lograr este fin (FNC, 2010).

Hacia los años 80's el primer jefe de operaciones de cafés de Starbucks, Dave Olsen, identifico el Café de Nariño como de origen único que merecía ser vendido sin ningún tipo de mezcla con otros orígenes; ya para este entonces, entraron a competencia cafés de los municipios de Sandoná, La Unión y Buesaco, entre otros. Estos reconocimientos se han corroborado en varias competencias de calidad de café, como **La Taza de la Excelencia** y las organizadas por la tostadora italiana **Illycafe**, estando siempre y consistentemente en los primeros lugares de la votación de jurados nacionales e internacionales (FNC, 2010).

Santoyo *et al.* (1996) y Wintgens (2004) hicieron una completa descripción de los factores que podrían determinar la calidad del café, y los subdividieron en factores ambientales y factores agronómicos. Se consideran: la altitud, la humedad disponible, las heladas y el tipo de suelo (textura, profundidad, pH, contenido de materia orgánica (MO) y fertilidad) factores ambientales que interactúan para dar las condiciones de un sitio y año determinado. Por otra parte: el genotipo o variedades utilizadas, las prácticas culturales (nutrición, control de plagas y enfermedades), la edad de la planta, la poda del cafeto, la regulación de la sombra, el control de las hierbas y el sistema de producción que se utilice, son considerados factores agronómicos.

#### **1.2.1.1 Genotipo**

La calidad que tradicionalmente se le ha reconocido al café colombiano y especialmente al café de Nariño, se origina en las variedades cultivadas de *Coffea arabica* L. (Puerta, 2000).

Las bebidas preparadas con café arábico se caracterizan por tener más acidez, cuerpo medio, un aroma afrutado, y alta calidad de taza. La composición química del grano tiene relación con las características organolépticas de la bebida (FNC, 2010).

En Colombia se cultivan las variedades Caturra, Colombia, Castillo, Típica, Borbón, Tabi y Maragogipe; a los componentes químicos y físicos de cada variedad se le atribuye la calidad del café cosechado (Alvarado, *et al.* 2009).

Puerta (2003), menciona que todas estas variedades de café arábico, presentan excelente calidad con sabores suaves, dulces, frutales, aromas intensos y acidez agradable, características sensoriales y químicas específicas, que se manifiestan cuando se realizan adecuadamente la cosecha, poscosecha, beneficio, almacenamiento, comercialización, tostación y preparación. Para esto, se requiere aplicar las buenas prácticas agrícolas (BPA) y de manufactura (BPM), mantener la higiene, la capacitación del personal y el seguimiento de la trazabilidad. De esta forma, se conservan y destacan las cualidades dadas por la genética de la planta y los componentes químicos naturales del grano de café.

Durante mucho tiempo se ha trabajado en la mezcla de características genéticas de semillas de café con el fin producir semillas con componentes y características particulares que hagan a esta semilla superior a sus progenitores en algunos aspectos; una característica muy importante es la calidad, que también ha sido un atributo por el cual se ha trabajado buscando obtener variedades que brinden características especiales al café (Alvarado *et al.*, 2009).

Durante la selección de los componentes de la variedad Castillo, una de las características evaluadas fue la calidad por caracteres físicos y atributos organolépticos de la bebida. El análisis descriptivo de sus componentes, pudo identificar grupos de genotipos que son parte de su composición genética y que le aportan a sus características sensoriales (Alvarado *et al.*, 2009).

En el mercado internacional, la calidad del café se define mediante atributos físicos como el tamaño, forma, color, uniformidad y características organolépticas como acidez, cuerpo y aroma. Los anteriores atributos y características son particulares en cada variedad, y son factores a los que se le atribuye, en unión al proceso de beneficio, la responsabilidad de la calidad final de la bebida de café (Alvarado y Puerta, 2002).

Alvarado *et al* (2005) menciona que la variedad Castillo se obtuvo a partir del cruzamiento entre la variedad Caturra (progenitor femenino) y el Híbrido de Timor (progenitor masculino);

presenta resistencia y tolerancia a la roya del cafeto en una o varias combinaciones, adaptabilidad a las condiciones de la zona cafetera, así como productividad similar o superior a la de las variedades Caturra y Colombia. Además, las características del grano y la calidad son similares o superiores a las de otras variedades tradicionalmente cultivadas y la incidencia de enfermedades diferentes a la roya, no mayor a la observada en variedades tradicionales.

Cenicafé ha realizado numerosas pruebas a la variedad Caturra y variedad Timor, entre otras, de calidad en taza, pruebas descriptivas, cuantitativas y sensoriales, de muestras de café pergamino seco, dando como resultado que las características de calidad entre estas y la variedad Castillo son muy homogéneas. Las bebidas presentan cuerpo y amargor suave, aroma y acidez pronunciadas para grados medios de tostación. Procesando las muestras bajo condiciones similares y óptimas durante el beneficio, la torrefacción y la preparación de la bebida, no se detectaron diferencias significativas en la calidad de las bebidas (Alvarado *et al*, 2005).

#### ***1.2.1.2 Lugar de origen***

Según Rebolledo y Vento (2004), al factor que se le ha asignado la mayor importancia en el desarrollo de las características del perfil sensorial de calidad del café de Nariño, es el lugar de origen y las variables más relevantes para esta condición son: latitud, altitud y el suelo.

Dada su posición geográfica en cuanto a la latitud, cercana a la línea ecuatorial, los cafetales nariñenses reciben abundante radiación solar por la incidencia perpendicular de los rayos solares; la altitud, por la cercanía a la línea ecuatorial, permite cultivar cafés hasta los 2.200 msnm, siendo el café de Nariño, un café de altura, que se manifiesta con una alta acidez ligada a estas condiciones y a los suelos derivados de cenizas volcánicas (Rebolledo y Vento, 2004).

Investigaciones realizadas por COFENAC (Consejo Cafetalero Nacional del Ecuador) y NESTLE (2000) determinaron una estrecha asociación entre la acidez y los granos delgados, lo que significa que entre más delgado sea el grano, inferior será la acidez y el cuerpo de la bebida.

Por otra parte, Moreno *et al* (1998) en su estudio realizado en la zona cafetera de Nariño, establecen que existe asociación entre la altitud y la granulometría, demostrando que los granos de baja altitud son de mayor tamaño que los de zonas altas. Igualmente, concluyen que las condiciones agroecológicas, definidas en cada ecotopo, determinan un manejo de cultivo acorde con estas condiciones que inciden directamente con la cantidad de producción y la calidad de bebida.

### ***1.2.1.3 Manejo del cultivo***

Las buenas prácticas de manejo de agrónómico garantizan una buena calidad de la bebida de café (Puerta, 2001). Existen algunos aspectos como la nutrición del cultivo que influye directamente en el tamaño y la cantidad de los granos cosechados. Arellano *et al.*, (2008), determinaron que las fertilizaciones muy elevadas con nitrógeno(N) provocan disminuciones en la calidad de la bebida. Además, que la deficiencia de fósforo (P) puede influir negativamente en la taza (muestra para catación) y las deficiencias de hierro (Fe) en suelos con pH neutro o alcalino producen un grano ámbar pálido, un café tostado suave y una taza falta de acidez.

Santoyo *et al.* (1996) indican que si bien algún exceso, deficiencia o desbalance nutrimental afecta la calidad del café, su impacto en las condiciones de México no se ha evaluado aún, por lo que es necesario realizar estudios más precisos antes de hacer una conclusión definitiva. En este sentido, Lara (2007), considera de gran importancia la presencia balanceada de macro y micronutrientes en el suelo, para lograr una máxima calidad de taza; suelos con deficiencias de boro causan vaneamiento de granos, deficiencias de hierro granos suaves de color ámbar y baja calidad de la bebida, deficiencias de zinc reducen el tamaño y densidad del grano y de magnesio granos marrón y de pobres características de tostado; en cambio, el exceso de nitrógeno cusa mayores producciones pero con menor densidad y calidad de grano mientras que los excesos de calcio y potasio causan una bebida amarga y áspera.

Por otra parte, Pérez *et al.*, (2005) mencionan que, en condiciones de baja aplicación de fertilizantes, es el origen del suelo que puede considerarse como una característica muy importante, en la determinación de los diferentes perfiles de café.

El control de plagas y enfermedades, también puede influir directamente en la calidad final del grano. La broca del café *Hypothenemus hampei* es la plaga más perjudicial para la caficultura regional y mundial, debido a que genera considerables pérdidas económicas y deteriora la calidad del grano, la apariencia y el color, y además afecta la calidad de bebida, perjudicando todas sus características organolépticas, dependiendo de los granos perforados en la muestra. Con una proporción de daño en los granos del 30%, se obtiene una taza de café con sabor y aroma nauseabundos, contaminado y carbonoso, amargo muy fuerte, cuerpo pesado y en general, una bebida de muy baja calidad (Montoya, 1999).

#### ***1.2.1.4 Punto de madurez***

Uno de los factores clave para alcanzar una alta calidad del grano de café, es la cosecha, ya que sólo los frutos que alcanzan su plena madurez llegan a su punto óptimo de calidad y todos los procesos subsecuentes contribuyen a conservarla (Pérez *et al.*, 2005). La planta de café florece en diferentes épocas, en la misma rama se pueden encontrar frutos de distintos estados de desarrollo que al ser cosechados y sometidos al proceso de beneficio conjuntamente, originan varios problemas desde la etapa de despulpado, debido a la falta de uniformidad y a que los granos verdes no tienen el mucilago bien desarrollado (Arcila *et al.*, 1993).

Durante el proceso de maduración ocurren cambios físico-químicos en los frutos de café; Marín *et al.* (2003), determinan que los cambios físicos más relacionados con la maduración del fruto fueron la fuerza de remoción, la firmeza ecuatorial y la firmeza polar, variables que disminuyeron conforme las cerezas maduraban; las características químicas, mediante sólidos solubles, determinaron diferencias entre estados de maduración, por otra parte la calidad de taza

mejor calificada se obtuvo de frutos pintones maduros y sobremaduros, mientras que con frutos verdes y secos fue de baja calificación.

Si la recolección de café se hace de manera indiscriminada, mezclando granos verdes, granos maduros y granos sobremaduros, se ocasionan efectos nocivos en la calidad del café, dado que el tiempo de fermentación está directamente relacionado con el punto de madurez del grano y la fermentación no sería homogénea (Guyot *et al.*, 1988).

Según Puerta (2000a) se ha demostrado que la mejor calidad en la bebida del café se obtiene de frutos maduros procesados adecuadamente; así mismo, las virtudes sobre las que se refleja el adecuado procesamiento son el sabor y el aroma. El mismo autor, encontró que a partir de un contenido del 2,5% de frutos verdes se aprecia un rechazo en las tazas del 30% o mayor, por defectos como sucio, fermento, *stinker*, tierra y otros sabores desagradables, lo mismo que en una reducción del 7% en la relación del café en cereza a café pergamino seco.

En Venezuela, Barbosa y Amaya (1995), estudiaron el efecto de factores como la madurez y la fermentación del café, sobre aspectos relacionados con la calidad del café. En su investigación tienen en cuenta los componentes físicos de la cereza verde y determinan cómo estos deterioran la calidad del grano. La recomendación final al terminar la investigación, fue detectar de manera temprana los granos de baja calidad, clasificándolos desde el comienzo del proceso, ya que los granos verdes afectan la fermentación y reducen la calidad de taza.

Guyot *et al.*, (1988), Menchu (1975) y Sunalini (1977) señalan que los frutos verdes, pintones y sobre maduros producen una taza de inferior calidad con respecto a los frutos maduros. De igual manera, Williams *et al.* (1989) examinaron las propiedades sensoriales y analíticas del café molido y bebida con referencia particular a la madurez del grano y describieron el aroma del café inmaduro como rancio, como animal, mientras que el café maduro tenía más aroma a caramelo. Además, el sabor del café maduro fue más ácido y menos amargo que el café inmaduro.

Rodas *et al.* (1988) mencionan que el fruto del cafeto da su mayor calidad, cuando alcanza el máximo de madurez; por esta razón, la cosecha en este punto, es indispensable para preparar un café lavado de primera. Describe el sabor en la taza de los granos verdes como áspera, sucia y de los granos sobremaduros como vinoso y agrio.

Según Barbosa y Amaya (1995) desde el punto de vista físico, los granos verdes tienen un menor peso que los maduros y generan un 72% de granos defectuosos; además, su fermentación será mucho más lenta que la del grano maduro, y por el contrario, los granos sobremaduros se fermentan con mayor rapidez, lo que causaría una sobre fermentación si no se controla estrictamente el proceso. El mayor daño en cuanto a calidad se refiere es producido por los granos obtenidos de cerezas verdes, en menor grado por los granos sobre maduros. El clasificar los granos desde el comienzo del proceso protege las características organolépticas del producto final.

Arcila y Valencia (1975) estudiaron la actividad enzimática del grano del café con relación al estado de madurez y encontraron que los granos de café verde presentan mayor actividad de la enzima, en comparación con los otros estados de madurez. Esta mayor actividad es inversamente proporcional a la calidad de la bebida.

#### ***1.2.1.5 Beneficio***

El proceso de beneficio consiste en transformar el grano de café cereza a café pergamino seco, donde se separan las partes del fruto en grano, pulpa y mucilago y se seca para su conservación.

En el mundo existen dos métodos de beneficio: el beneficio húmedo y el beneficio seco. Según Puerta (2000b) en Colombia se utiliza por tradición el beneficio húmedo, atribuyéndole a éste, las características de suavidad que refleja el café Colombiano. Para obtener un café de buena calidad y con características sensoriales equilibradas, se requiere un proceso por vía húmeda de granos maduros sanos, control de condiciones de fermentación y un buen mantenimiento y

utilización de equipos. Debido a la falta de control y cuidados en el proceso de beneficio se deterioran las características físicas del café, dando como resultado una baja en la calidad final del café pergamino seco. El 80% de los defectos del café, se generan por el inadecuado beneficio, reduciendo la calidad y generando pérdidas económicas.

Según Puerta (2001), durante el proceso del beneficio se deben tener en cuenta variables que determinan la calidad del producto final, como el tiempo transcurrido desde la cosecha hasta iniciar el despulpado. Este no debe exceder las 6 horas, ya que desde el momento en que el grano es desprendido de la rama inicia su proceso de fermentación.

Según Whingents (1995) el tiempo de secado también es un punto de control dentro del beneficio, que debe llevar al grano a una humedad entre el 10 y 12%, logrando que el grano conserve sus características físicas y organolépticas. El inadecuado proceso de secado genera microorganismos, deterioro físico y descomposición química, desarrollando sabores y olores a sucio, tierra o moho, que eliminan la calidad del producto final.

Aunque no se conocen métodos, ni se han establecido protocolos que aseguren la calidad del café durante el proceso de beneficio, ni se puedan controlar factores ambientales, el caficultor puede implementar buenas prácticas de manejo dentro de cultivo, la cosecha, despulpado, fermentación, tiempo de secado del grano y almacenamiento del grano, que le permitan garantizar una buena calidad de la bebida de café y favorecer el comercio nacional e internacional (Puerta, 2001).

## **2. METODOLOGÍA**

El presente trabajo se realizó en fincas cultivadas con café castillo en el ecotopo 220 A y fincas del ecotopo 221 A, los cuales se describen a continuación:

### **2.1 Ecotopos Cafeteros**

Definiendo ecotopos Cafeteros como "espacios vitales en los que reinan condiciones ambientales similares" para el cultivo de café. (FNC 1991).

#### **2.1.1 Ecotopo 220 A**

Según la Federación Nacional de Cafeteros (F.N.C 1991), este ecotopo se encuentra localizado en la cuenca del río Patía, subcuencas de los ríos Juanambú y Mayo. Los Municipios que hacen parte de este ecotopo son: San Pablo, Génova, La Unión, La Cruz, Taminango, San José de Albán, San Lorenzo, Berruecos (Arboleda), El Tablón y Buesaco que pertenecen al departamento de Nariño. Latitud Norte: 1° 21' - 1° 42'. Rango cafetero: 1.300 - 1.800 metros sobre el nivel del mar.

La precipitación anual es de 1.700 - 1.900 mm., con épocas secas en los meses de junio a septiembre, presentándose problemas de déficit hídrico en el suelo.

Esta zona se caracteriza por tener suelos superficiales, bajo contenido de materia orgánica, fertilidad natural media, susceptibilidad a la erosión alta, con cenizas volcánicas procedentes del volcán Doña Juana.

Los cultivos de café se caracterizan por tener sombrero muy disperso. Los sectores con mayor concentración de café están alrededor de la cabecera municipal de La Unión, por la presencia de cenizas volcánicas. La época de cosecha se da en los meses de abril y mayo (F.N.C 1991).

#### **2.1.2 Ecotopo 221 A**

La localización de este ecotopo se encuentra en la cuenca del río Guátara. Los municipios que hacen parte de este ecotopo son: Sotomayor (Los Andes), El Tambo, Linares, Samaniego, La

Florida, Sandoná, Ancuya, Santa Cruz (Guachavez), Pasto, Consacá, Guaitarilla, Yacuanquer, Túquerres, Tangua, Imués, Funes, Iles, que pertenecen al departamento de Nariño. Latitud Norte: 1° 05' - 1° 36'. Rango cafetero: 1.400 - 2.100 metros sobre el nivel del mar (F.N.C 1991).

La precipitación anual es de 1.400 - 1.700 mm. Con periodos secos en los meses de junio a septiembre, presentándose problemas de déficit hídrico en el suelo.

Se caracteriza por tener suelos superficiales, baja capacidad de retención de humedad, susceptibilidad a la erosión alta, con cenizas volcánicas.

Los cultivos de café tienen sombrío, en gran parte con plátano. La época de cosecha se presenta en los meses de abril a mayo, con una mitaca en octubre y noviembre (en algunas zonas) (F.N.C 1991).

## **2.2 Selección de Fincas**

### **2.2.1 Tamaño de muestra**

La muestra analizada se tomó con base en el tamaño de muestra determinado inicialmente en el proyecto “Evaluación del efecto de sombra de diferentes especies arbóreas en el comportamiento agronómico y calidad de café (*Coffea arabica* L) en la zona cafetera del departamento de Nariño”, que fue de 159 agroempresas visitadas. Con esta información preliminar, se seleccionaron aquellos productores con cultivos jóvenes de café (3-5 años) y que fueran de café variedad Castillo, resultando así un total de 82 agroempresas con estas características, localizadas en los tres pisos térmicos seleccionados (alto, medio y bajo). Finalmente y mediante un muestreo no probabilístico por cuotas (Otzen y Manterola, 2017) se seleccionaron doce productores tipo, como representativos de los dos ecotopos (6 en cada ecotopo) y como base de cuota, las altitudes (2 productores en cada una de las altitudes) ubicados próximos a las estaciones meteorológicas instaladas por el proyecto. La identificación y localización de las agroempresas seleccionadas se observan en la Tabla 1.

Para realizar la caracterización de las fincas seleccionadas con cultivos en edad productiva de la variedad Castillo en los diferentes municipios, se recolectó información básica que se utilizó para relacionarla con la calidad de taza. Esta información estuvo relacionada con variables edafoclimáticas, variables relacionadas con el manejo y producción del cultivo y las relacionadas con los procesos de poscosecha, realizados en cada finca seleccionada.

**Tabla 1.**

***Distribución por ecotopo y altitud de las fincas seleccionadas para evaluación.***

ECOTOPO	MUNICIPIO	FINCA	RANGO
220 A	La Unión	La Onda	entre 1700 y 2100
220 A	La Unión	El Oasis	entre 1700 y 2100
220 A	La Unión	I.E.D.R. El Sauce	entre 1500 y 1700
220 A	La Unión	San José	entre 1500 y 1700
220 A	La Unión	El Retiro	≤1500
220 A	La Unión	El Porvenir	≤1500
221 A	Sandoná	Las delicias	entre 1700 y 2100
221 A	La Florida	Altos del Carmen	entre 1700 y 2100
221 A	Sandoná	Villa Maria	entre 1500 y 1700
221 A	Consacá	El Paraiso	entre 1500 y 1700
221 A	Consacá	El Fantasio	≤1500
221 A	La Florida	La Trasjoya	≤1500

**Fuente:** Esta investigación.

## **2.2.2 Fuentes de información**

### ***2.2.2.1 Fuentes de información primaria***

Estuvieron constituidas por las unidades de investigación objeto de estudio, en las cuales los productores de café ubicados en los ecotopos 220A y 221A se constituyeron en unidades

informantes, a quienes se les dirigió la aplicación de un formulario (encuesta) (Anexo 1.); además, se efectuaron entrevistas con funcionarios de las Umatas y de la Federación de Cafeteros de Nariño, con el propósito de ampliar el conocimiento de aspectos relacionados con el sistema productivo del café en Nariño y conocer algunas condiciones especiales de cada zona productora en particular.

#### ***2.2.2.2 Fuentes de información Secundaria***

Se utilizaron informes y estadísticas oficiales sobre la caficultura colombiana, provistas por Cenicafé, Federación Nacional de cafeteros, Ministerio de Agricultura, de la Secretaría de Agricultura de Nariño, planes de desarrollo de cada Municipio e informes de proyectos ejecutados recientemente en la región.

#### ***2.2.2.3 Instrumentos de recolección de información.***

El proyecto utilizó los siguientes instrumentos para la recolección de la información: estaciones meteorológicas próximas a las fincas, pH-metros, termohigrómetros, hornos para secado de muestras, consulta bibliográfica, formulario, diario de campo, notas de entrevistas personales y GPS; además se enviaron 36 muestras (3 por finca) de café pergamino seco a laboratorio para la determinación de sus características físicas, químicas y sensoriales (calidad de taza).

Formulario – cuestionario: la elaboración del formulario para la encuesta se realizó con base en un sistema de variables, utilizando tanto preguntas cerradas como abiertas, que permitieron aclarar o complementar las respuestas de los productores; con base en los objetivos planteados en la investigación se seleccionaron las variables e indicadores que permitieron relacionar las variables agronómicas, edafoclimáticas y de postcosecha con la calidad de taza; las variables propuestas aportaron información sobre aspectos relacionados con el área de cultivo, productividad, características y manejo de los factores de producción, proceso de postcosecha,

calidad del recurso humano, gestión agroempresarial e historial de calidad de la producción; la información obtenida a través de la encuesta, fue utilizada para la caracterización general del sistema productivo cafetero en Nariño y para el análisis de las variables y de su relación con la calidad de taza del café. (Anexo 1)

Diario de campo: se constituyó en un instrumento importante para recolectar los datos obtenidos a través de la observación directa en cada visita realizada a las diferentes unidades productivas objeto de investigación; igualmente se anotaron las variaciones en las condiciones climáticas durante el proceso de maduración del café y durante los procesos de cosecha y postcosecha.

Notas de entrevista: instrumento que ayudó a recordar comentarios importantes de los entrevistados, acerca de los temas de interés relacionados con el aspecto investigativo.

GPS: con el fin de ubicar más exactamente la posición geográfica de cada una de las unidades productivas en donde se realizó la aplicación del formulario de la encuesta, se tomaron los datos con un equipo de posicionamiento global marca Garmin.

### **2.2.3 Variables edafoclimáticas**

En cada una de las fincas seleccionadas y georeferenciadas, se evaluaron variables climáticas como temperaturas máximas y mínimas, humedad relativa, radiación fotosintéticamente activa y precipitación; se realizaron análisis de suelos de cada finca seleccionada en el laboratorio de suelos de la Universidad de Nariño, así como una evaluación del tipo, cantidad y método de aplicación de fertilizantes aplicados durante el periodo a evaluar (Anexo1). Los datos de orden meteorológico se tomaron de las estaciones ubicadas en las fincas experimentales del proyecto “Evaluación del efecto de sombra de diferentes especies arbóreas en el comportamiento agronómico y calidad de café, (*Coffea arabica* L) Consacá, Nariño, Occidente”.

#### **2.2.4 Variables relacionadas con el cultivo**

Mediante visitas realizadas a los cultivos, se registraron variables como edad del cultivo, sistema de siembra, densidad de siembra, estado sanitario del cultivo, uso de sombrío, especies de sombrío; así mismo, se determinaron variables de tipo agronómico como manejo sanitario de las plagas y enfermedades, control o manejo de arvenses, plateos, uso de podas, aplicación de riego.

#### **2.2.5 Variables relacionadas con la producción**

Cada finca seleccionada se caracterizó con base en encuestas, información de primera mano de cada finca por observación, por datos directos del propietario o del encargado de la finca o por registro directo en la misma finca (Anexo 1); en la época de cosecha se registraron datos correspondientes a producción por árbol, producción por hectárea, eficiencia de la cosecha medida en kilos cosechados por jornal.

La producción por árbol se determinó con base en diez árboles tomados al azar, en tres momentos de la cosecha; con estos datos se calculó el rendimiento. $\text{ha}^{-1}$ , teniendo en cuenta la densidad de siembra, según metodología propuesta por SENA (2004). Igualmente se hizo un seguimiento a los cosechadores para determinar el promedio cosechado por día.

De cada cosecha se tomaron aleatoriamente tres muestras de un kilogramo para determinar el número de cerezas. $\text{kg}^{-1}$  y el grado de madurez. Para esta última determinación, los frutos cosechados se clasificaron visualmente con base en su coloración, según la propuesta de Marín *et al* (2003):

- Verdes, frutos con un 100% de coloración verde
- Píntones, frutos con cambios en el color verde entre el 50% y 75% de su superficie
- Maduros, frutos de color rojo brillante en un 100% de la superficie
- Sobremaduros, frutos con una coloración roja oscura, con síntomas de ablandamiento

externo de la cereza.

### **2.2.6 Variables relacionadas con el manejo postcosecha**

En el momento de la cosecha, en cada finca seleccionada se registraron variables como, tiempo transcurrido entre la cosecha y el beneficio, tipo de transporte de las cerezas desde el cultivo al beneficiadero, tipo de despulpado, uso de desmucilaginador, método y tiempo de fermentación, pH alcanzado antes del lavado, calidad de agua de lavado, tipo de secado y humedad final del grano, determinada en una balanza de humedad.

El tiempo transcurrido desde cosecha hasta despulpado, fue un tiempo promedio tomado durante tres días de recolección, características y condiciones del lugar y medio de fermentación del grano, por observación directa y registro fotográfico; el pH al iniciar y al terminar la fermentación, se determinó utilizando un pH-metro digital, la temperatura y humedad de la masa al iniciar y finalizar la fermentación, se evaluó con un termohigrómetro digital con sonda. Además, se pesaron los granos antes de iniciar el despulpado y después de terminado el mismo. Cada una de estas evaluaciones se repitió durante tres días de la cosecha y se promedió para el proceso de análisis estadístico. Igualmente, se tomó una muestra del agua utilizada en el lavado del café, la cual fue analizada en los laboratorios de la Universidad de Nariño, en donde se realizó un análisis de características físicas, químicas y microbianas parcial.

Posteriormente, una vez terminado el proceso de fermentación, se hizo un seguimiento del proceso de secado en la finca y se tomaron tres muestras aleatorias para determinar el porcentaje de granos vanos y los residuos de cada muestra. Igualmente se tomaron tres muestras de 500g del grano que el productor lleva a secado para determinar el peso húmedo; de igual forma se tomaron tres muestras aleatorias de 500g de los granos que el productor considera listos para la trilla y se determinó su peso, para determinar la pérdida de peso del café durante el proceso de secado. Estas muestras se llevaron al laboratorio de catación de la empresa **WAYCO CAFÉ ESPECIAL**

**DE ORIGEN NARIÑO-COLOMBIA**, por el catador experimentado Juan Carlos Caicedo Portilla, quien ostenta el título de CQI Grader, donde fueron evaluadas sus características físicas, químicas y organolépticas.

### **2.2.7 Análisis estadístico**

Los factores relacionados con el clima, suelo y cosecha, dieron origen a variables de tipo cuantitativo, las cuales se sometieron a un proceso de selección con base en el coeficiente de variación, quedando al final un total de 7 variables climáticas, 17 de suelo y 9 variables relacionadas con cosecha, incluyéndose en cada una la variable puntaje de taza; estas variables se sometieron a un análisis multivariado de Componentes principales. Las variables relacionadas con los factores beneficio y manejo agronómico se categorizaron en no más de tres categorías y se sometieron a un análisis multivariado de Correspondencias múltiples, el cual es una técnica de carácter descriptivo que permite conocer simultáneamente las interrelaciones entre las alternativas de todas las variables involucradas; el método permite reducir el gran volumen de datos y la elaboración de mapas perceptuales basados en la asociación entre objetos y un conjunto de características descriptivas (variables), basando su atención en los primeros factores del análisis, ya que son éstos los que resumen la descripción multivariada de los hechos, individuos o lugares examinados; de igual manera, permite conocer cómo está estructurada la relación existente entre las variables (Aranzazu *et al.*, 2007). Además, aquellas variables con poca influencia en la conformación de los factores analizados, se eliminaron para lograr así una concentración de la variabilidad en los tres factores analizados.

Se establecieron así un mínimo de factores que representan el mayor porcentaje de la variabilidad total observada y se obtuvo una visión holística de los sistemas productivos del cultivo de café en la zona propuesta, determinando las variables que más se relacionaron con la calidad de taza obtenida al final del proceso productivo. Posteriormente, tanto para las variables

cuantitativas como para las cualitativas, se procedió a realizar el análisis de agrupamiento con base en el criterio de distancias de Ward, que es el método con más sentido estadístico, pues en cada paso del algoritmo se obtienen grupos de tal manera que la inercia dentro de los grupos es mínima y por ende la inercia entre los grupos es máxima (Barrios y Siso, 2008); solamente se tuvieron en cuenta aquellas variables clasificatorias que definían cada grupo y que fueron estadísticamente significativas, mediante la prueba test del software SPAD- 6.3 ( $p < 0,05$ ).

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1 Análisis del efecto de Catación

El concepto de calidad del café está ligado a los diferentes procesos de producción y beneficio realizado por las agroempresas con base en las exigencias de los consumidores, quienes son al final, los que definen la calidad; hoy en día, la calidad sigue siendo un tema de estudio e investigación, sin existir conclusiones que permitan determinar con precisión, la dinámica de las múltiples variables asociadas a los procesos productivos y su efecto sobre la calidad de taza de café (USAID, 2005).

El proceso de evaluación de la calidad permitió establecer con base en las variables aroma, sabor, sabor residual, acidez, cuerpo, uniformidad, balance, global y pH, el puntaje final de cada muestra de café evaluada (Tabla 2); se determinó que los puntajes oscilaron entre un mínimo de 76,50 y un máximo de 85,5 puntos, con una desviación promedio de 2,19. Contrariamente a lo considerado por algunos autores (Lara y Vaast, 2007; Cabrera *et al.*, 1991), la finca con el mayor puntaje de calidad, se encuentra localizada en una altitud baja (<1500 msnm) en el municipio de la Unión, vereda La Playa, coincidiendo con los trabajos de Cruz *et al.*, (2017) que no encontraron diferencias en la calidad de taza atribuibles al rango altitudinal (1300 msnm y 1800 msnm), demostrándose que la calidad no es una variable determinada por una o por pocas variables, sino que es el compendio de todo el proceso productivo y de beneficio. Buenaventura y Castaño (2002), Aristizabal y Duque (2006), afirman que las condiciones agroecológicas no son las únicas determinantes de la calidad y que ésta es una condición multifactorial (Orozco *et al.*, 2011).

En general, según la Asociación de Cafés Especiales de América, las muestras analizadas se pueden catalogar como cafés con calidad de no especial, muy buenos y excelentes (USAID, 2005).

**Tabla 2.**

*Comportamiento de las variables de catación consideradas en la determinación de la calidad de taza del café de Nariño (promedio de 36 muestras)*

VARIABLE	MAXIMO	MINIMO	PROMEDIO	DESV. STD.
FRAGANCIA/AROMA	8,17	7,00	7,54	0,31
SABOR	8,00	7,00	7,39	0,28
SABOR RESIDUAL	7,67	7,00	7,29	0,19
ACIDEZ	9,17	7,00	8,04	0,74
CUERPO	8,00	7,00	7,42	0,23
UNIFORMIDAD	7,83	7,00	7,42	0,24
BALANCE	8,33	7,17	7,69	0,33
GLOBAL	8,33	7,17	7,71	0,34
pH	4,70	4,43	4,51	0,09
<b>PUNTAJE</b>	<b>85,5</b>	<b>76,5</b>	<b>80,50</b>	2,19

### 3.2 Análisis del efecto Suelo

El análisis de las características relacionadas con los suelos cafeteros, objeto del presente estudio, permitió observar una mayor variabilidad en las variables V3 (Contenido de P), V8 (Contenido de Fe) y V9 (Contenido de Mn), cuyas desviaciones estándar fueron de 153,52, 58,66 y 17,73 respectivamente (Tabla 3).

**Tabla 3.****Elementos del suelo con mayor desviación estándar.**

<b>ELEMENTO</b>	<b>CONTENIDO (mg/Kg)</b>
P (V3)	153,52
Fe (V8)	58,66
Mn (V9)	17,73

En la tabla (4) se pueden observar altos valores de correlación entre las variables V1 (pH del suelo) y V5 (Contenido de Ca) (0,81\*\*) y V1 con V6 (Contenido de Mg) (0,84\*\*); entre V2 (Contenido de MO) y V4 (CIC) (0,85\*\*), V2 y V13 (Contenido de N) (0,93\*\*) y V2 y V14 (Contenido de C) (0,80\*\*); entre la variable V3 y V7 (Contenido de K) (0,8\*\*), entre V3 y V11 (Contenido de Zn)(0,88\*) y entre V3 y V12 (Contenido de B) (0,86\*\*); de igual manera se observaron altas correlaciones entre V5 y V6 (0,93\*\*), entre V7 y V12 (0,83\*\*), entre V8 y V10 (Contenido de Cu) (0,91), entre V8 y V11 (0,75\*\*), entre V11 y V12 (0,85\*\*), entre V13 y V14 (0,95\*\*). Se debe destacar que cuando se introdujo la variable calidad de taza (V17), ésta mostró niveles bajos de correlación con las variables de suelo, alcanzando los máximos valores con V8 (contenido de Fe) (0,56\*\*) y con V10 (Contenido de Cu) (0,47\*)

**Tabla 4.**

*Análisis de correlación entre las variables relacionadas con las características del suelo y la calidad de taza del café en los ecotopos 220A y 221A.*

VAR	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	V12	V13	V14	V15	V16	V17
V1	1,00																
V2	0,15	1,00															
V3	0,49	0,51	1,00														
V4	0,00	0,85	0,27	1,00													
V5	0,81	0,19	0,57	0,24	1,00												
V6	0,84	0,03	0,43	0,03	0,93	1,00											
V7	0,33	0,51	0,88	0,22	0,48	0,33	1,00										
V8	0,28	-,17	0,43	0,00	0,45	0,31	0,36	1,00									
V9	0,25	-,27	-,11	0,08	0,48	0,40	0,13	0,51	1,00								
V10	0,45	-,10	0,34	0,07	0,55	0,47	0,21	0,91	0,69	1,00							
V11	0,57	0,24	0,88	0,12	0,62	0,49	0,78	0,75	0,20	0,70	1,00						
V12	0,21	0,39	0,86	0,28	0,42	0,28	0,83	0,62	0,01	0,53	0,85	1,00					
V13	0,29	0,93	0,48	0,72	0,30	0,21	0,39	-,31	-,39	-,24	0,15	0,27	1,00				
V14	0,33	0,80	0,42	0,57	0,34	0,30	0,37	-,32	-,44	-,28	0,08	0,20	0,95	1,00			
V15	0,30	-,21	-,19	-,36	0,17	0,36	-,16	-,47	-,37	-,48	-,37	-,46	0,15	30,8	1,00		
V16	0,11	-,49	-,08	-,58	-,15	0,03	-,26	0,37	0,23	0,48	0,26	0,08	-,57	-,56	-,25	1,00	
V17	-,15	-,25	-,12	-,09	0,01	0,01	-,05	0,56	0,11	0,47	0,11	0,21	-,27	-,13	-,11	0,22	1,00

V1=pH suelo

V7=Potasio

V13=Nitrógeno

V2=M. Orgánica

V8=Hierro

V14=Carbono

V3=Fósforo

V9=Manganeso

V15=Azufre

V4=CIC

V10=Cobre

V16=Densidad

V5=Calcio

V11=Zinc

V17=Puntaje calidad taza

V6= Magnesio

V12=Boro

El análisis de componentes principales (Tabla 5) mostró la conformación de tres factores capaces de explicar el 77,24% de la variabilidad total de la información. (35,70; 27,19; 14,36)

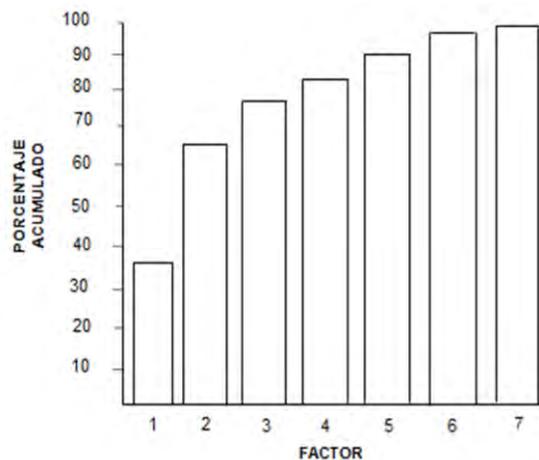
El primer factor, que representó el 35,70% de la variabilidad estuvo conformado principalmente por las variables V3 (-0,89), V5 (-0,81), V11 (-0,89) y V12 (-0,82); el segundo factor, con una representación del 27,19% de la variabilidad, se conformó en su mayor parte con

las variables V13 y V14, con una correlación variable-factor de 0,84 y 0,82, respectivamente (Tabla 6). El mayor valor para la correlación variable-factor 3, se obtuvo con la variable V15 (Contenido de azufre) con -0,81.

**Tabla 5.**

**Valores propios e histograma de los componentes principales conformados en el análisis de las variables relacionadas con las propiedades del suelo.**

FINCA	VALORES PROPIOS	PORCENTAJES	PROCENTAJE ACUMULADO
1	6,0683	35,7	35,7
2	4,6223	27,19	62,89
3	2,4411	14,36	77,24
4	1,5619	9,19	86,43
5	1,0737	6,32	92,75
6	0,7502	4,41	97,16
7	0,2193	1,29	98,45



La ubicación de las variables en un eje cartesiano conformado por los dos primeros factores (Figura 1) permitió establecer según su dimensión, sentido y dirección, la importancia de cada una de las variables en la conformación de los factores 1 y 2; igualmente puede establecerse sentidos contrarios entre las variables contenidos de materia orgánica, nitrógeno y carbono, capacidad de intercambio catiónico y las variables contenidos de hierro, manganeso y cobre, densidad y calidad de taza, Sentido y dirección opuestos se observan entre la variable calidad de taza y el contenido de azufre. Estos resultados se confirman con los encontrados en Mexico por Rosas *et al* (2008) que muestran una influencia positiva del Fe sobre la fragancia de la infusión identificando los subgrupos: nueces, chocolates, florales, caramelos, pirolíticos, frutales y

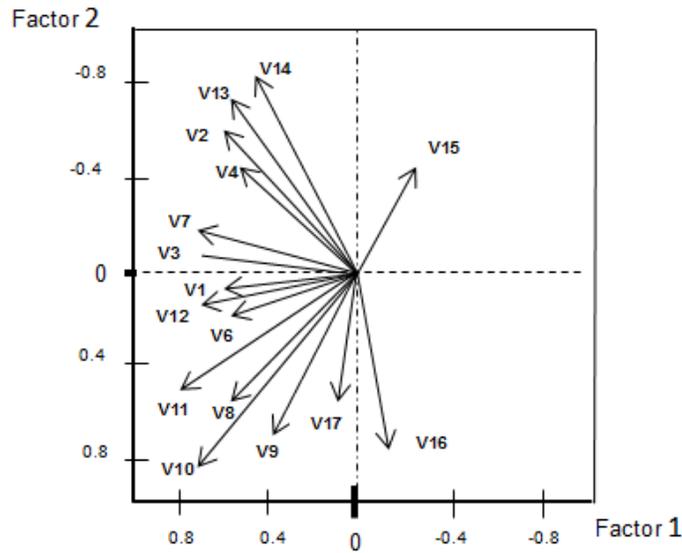
fenólicos y negativa del Cu sobre la intensidad de acidez. Con respecto a las variables relacionadas con la materia orgánica que mostraron en el plano factorial un sentido contrario a la calidad, Malavolta (1986) considera que las dosis de fertilizantes con altos contenidos de nitrógeno (N) provocan disminuciones pequeñas pero significativas en la calidad de la bebida.

**Tabla 6.**

***Contribuciones de cada una de las variables analizadas a la conformación de los tres primeros factores estudiados.***

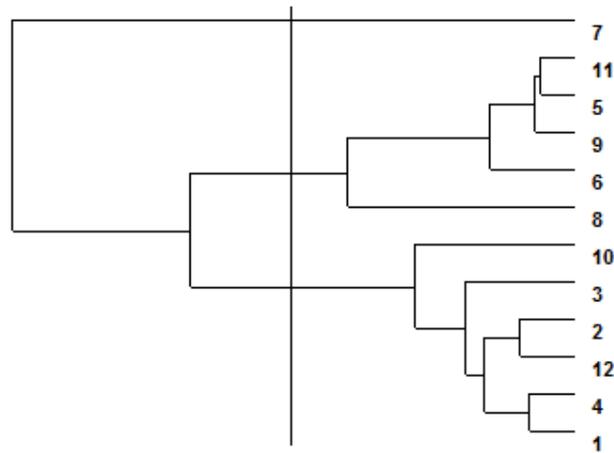
VARIABLE	CORRELACION VARIABLE-FACTOR		
	1	2	3
pH suelo (V1)	-0,66	-0,06	-0,65
M. Orgánica (V2)	-0,51	0,73	0,33
Fósforo (V3)	-0,89	0,13	0,14
CIC (V4)	-0,43	0,52	0,38
Calcio (V5)	-0,81	-0,08	-0,51
Magnesio (V6)	-0,66	-0,12	-0,70
Potasio (V7)	-0,77	0,16	0,18
Hierro (V8)	-0,59	-0,71	0,20
Manganeso (V9)	-0,22	-0,62	-0,16
Cobre (V10)	-0,61	-0,72	0,06
Zinc (V11)	-0,89	-0,30	0,12
Boro (V12)	-0,82	-0,11	0,42
Nitrógeno (V13)	-0,48	0,84	0,02
Carbono (V14)	-0,43	0,82	-0,15
Azufre (V15)	0,22	0,35	-0,81
Densidad (V16)	0,08	-0,74	-0,01
Calidad taza (V17)	-0,07	-0,45	0,19

Cuando se realizó el análisis cluster para la conformación de grupos en sus principales características, pudo establecerse un primer grupo conformado por los predios 1, 4, 12, 2, 3, 10, un segundo grupo conformado por los predios 8, 6, 9, 5, 11 y un predio totalmente alejado de los demás que fue el número 7 (Figura 2).



V1=pH suelo	V7=Potasio	V13=Nitrógeno
V2=M. Orgánica	V8=Hierro	V14=Carbono
V3=Fósforo	V9=Manganeso	V15=Azufre
V4=CIC	V10=Cobre	V16=Densidad
V5=Calcio	V11=Zinc	V17=Calidad taza
V6= Magnesio	V12=Boro	

**Figura 1. Representación gráfica de las correlaciones variable-factor para los factores 1 y 2.**



**Figura 2. Dendrograma resultado del análisis cluster correspondiente al factor suelo.**

1 y 2 = La Unión (1501-1700msnm) 3 y 4 = La Unión (<1500msnm) 5 y 6 = La Unión (>1701msnm)

7 = Consacá (1501-1701msnm) 8 = Consacá (<1500msnm) 9 = Sandoná (1501-1700msnm)

10 = Sandoná (>1701msnm) 11 = La Florida (>1701msnm) 12 = La Florida (<1500msnm).

El análisis del primer grupo permitió establecer que los suelos de estos predios se caracterizan por presentar significancia estadística ( $p < 0,05$ ) en su mayor contenido de Mn (30 mg/kg), mayor densidad (1,07), mayor contenido de Cu (3,72) y mayor contenido de Fe (138,67), comparados con el promedio general de la población estudiada, que fueron respectivamente de 16,97, 1,00, 2,66 y 109,51. Además, este mismo grupo se caracterizó por presentar, con la misma significancia estadística ( $p < 0,05$ ), valores inferiores al promedio general en las variables contenido de materia orgánica (3,44), contenido de nitrógeno (0,13) y contenido de carbono orgánico (1,87); el promedio general de estas variables fue de 4,63, 0,19 y 2,81, respectivamente (Tabla 7). En cuanto a la calidad de taza, el grupo presentó valores ligeramente superiores al promedio (80,89), lo cual puede estar ligado a los mayores contenidos de Fe y Cu en los suelos correspondientes a este grupo, que le confieren, según lo afirman Rosas *et al.*, (2008) condiciones de mejor aroma y menos acidez.

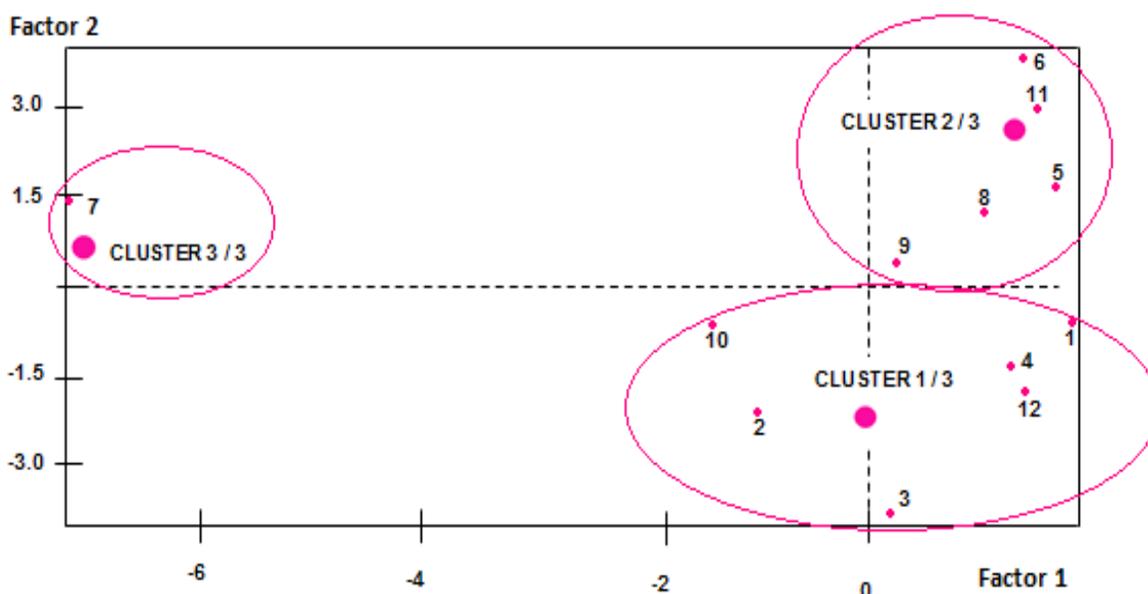
El grupo dos, se caracterizó por sus mayores contenidos de nitrógeno (0,23) de carbono orgánico (3,61) en comparación con los promedios de la población estudiada que fueron respectivamente, de 0,19 y 2,81 y con una significancia de  $p < 0,05$ ; por el contrario este grupo presentó menores valores en densidad (0,92), contenido de Zn (0,65), contenido de Mn (2,29), contenido de Cu (0,91) y contenido de Fe (58,02) al compararse con los promedios generales que fueron en su orden de 1,00, 2,56, 16,97, 2,66 y 109,51, con una significancia de  $p < 0,05$  (Tabla 7).

El predio siete, que conformó el grupo tres mostró valores superiores al promedio general en toda las variables de suelo analizadas, con excepción del contenido de Mn (12,2), azufre (2,4) y en la densidad (0,94); en cuanto al puntaje de calidad de taza presentó un valor (79,67%) muy semejante al promedio general de la población analizada (80,5%) (Tabla 7).

**Tabla 7.****Caracterización de los grupos conformados de acuerdo a variables de suelos cafeteros.**

Comparador	Probabilidad	Prom. Grupo	Prom. Gral.	Variables
CLUSTER 1/3 n=6 (50%)				
2,44	0,007	30,00	16,97	V9
2,01	0,022	1,07	1,00	V16
1,73	0,042	3,72	2,66	V10
1,65	0,050	138,67	109,51	V8
-2,24	0,012	3,44	4,63	V2
-2,74	0,003	0,13	0,19	V13
-2,78	0,003	1,87	2,81	V14
CLUSTER 2/3 n=5 (41,6%)				
1,97	0,024	3,61	2,81	V14
1,81	0,035	0,23	0,19	V13
-1,77	0,038	0,92	1,00	V16
-1,96	0,025	0,65	2,56	V11
-2,32	0,010	2,29	16,97	V9
-2,40	0,008	0,91	2,66	V10
-2,46	0,007	58,02	109,51	V8
V2=M. Orgánica      V9=Manganeso      V11=Zinc      V14=Carbono V8=Hierro          V10=Cobre          V13=Nitrógeno      V16=Densidad				

En los dos primeros cluster, que conforman el 91,6% de la población, se ubicaron los predios en la proximidad del origen, lo cual confirma pocas diferencias en las características edáficas de estos suelos con respecto a la media general; el 8,33% restante, estuvo conformado por el predio siete o cluster tres, muy alejado del origen y con claras diferencias en sus características edáficas del resto de predios analizados. Es importante destacar, que a pesar de estas diferencias, su calidad de taza no varió ostensiblemente en comparación con los demás (Figura 3).



**Figura 3. Ubicación en el plano de los predios analizados con base en el factor suelo y de los tres cluster conformados en el análisis.**

### 3.3 Análisis del efecto clima

El análisis de las variables climáticas presentes en la zona de estudio durante el periodo de observación, mostró que la precipitación, la RFA y la radiación solar, fueron las de mayor variabilidad entre los predios analizados, con desviaciones estándar de 148,81, 60,81 y 27,91, respectivamente.

Los datos climáticos para las zonas donde se localizaron los predios evaluados mostraron altas correlaciones en el comportamiento de la radiación y las variables RFA (0,94\*\*), temperatura ambiental (0,71\*\*) y el amplitud de temperaturas diurnas y nocturnas (0,69\*\*); también se observaron altas correlaciones entre la variable RFA y las variables temperatura ambiental (0,66) y amplitud de temperatura (0,73\*). Igualmente se observó alta correlación entre la temperatura ambiente y el amplitud de temperatura (0,73\*\*) (Tabla 8).

**Tabla 8.**

***Análisis de correlación entre las variables climáticas estudiadas.***

	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7
V1	1,00						
V2	0,94	1,00					
V3	-0,29	-0,50	1,00				
V4	0,71	0,66	-0,23	1,00			
V5	0,34	0,34	-0,01	0,03	1,00		
V6	0,69	0,73	-0,16	0,72	0,44	1,00	
V7	0,28	0,18	0,09	0,42	-0,05	0,36	1,00

V1= Radiación solar

V5= Precipitación

V2= RFA

V6= Amplitud de temperatura.

V3= Humedad relativa

V7= Calidad de taza

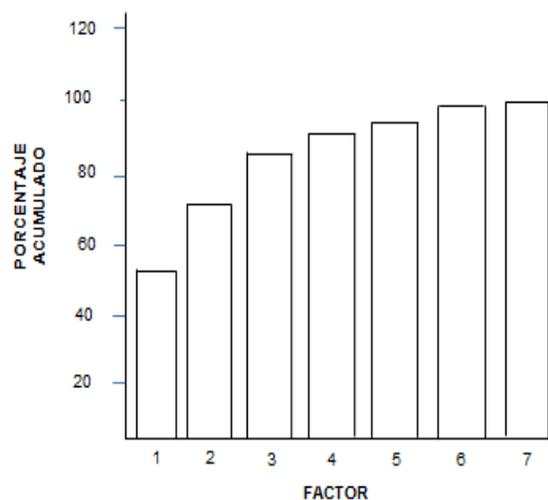
V4= Temperatura Aire (°C)

El análisis de componentes principales permitió explicar el 84,64% de la variabilidad total, en tres grandes componentes; el primer componente explicó el 51,5%, el segundo el 17,62% y el tercero 15,44 (Tabla 9).

**Tabla 9.**

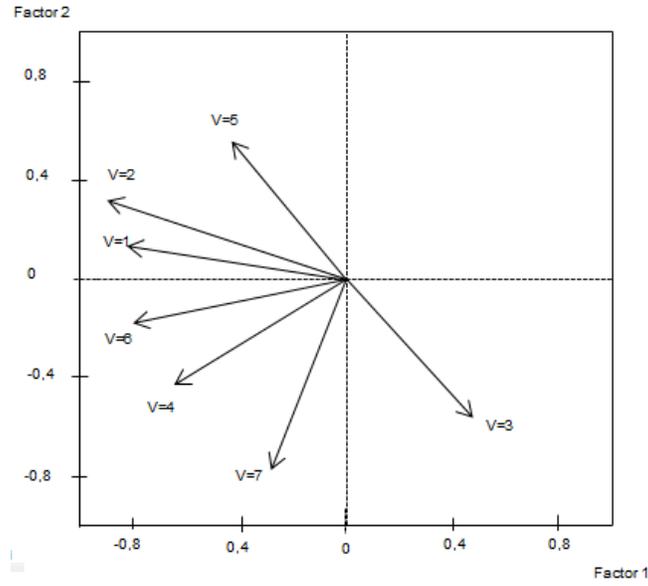
*Valores propios e histograma de la conformación de los factores principales con base en variables climáticas de predios cafeteros.*

FINCA	VALORES PROPIOS	PORCENTAJES	PROCENTAJE ACUMULADO
1	3,6103	51,58	51,58
2	1,2337	17,62	69,28
3	1,0008	15,44	84,64
4	0,5578	7,97	92,61
5	0,3201	4,57	97,18
6	0,1819	2,6	99,78
7	0,0154	0,22	100



El primer factor estuvo conformado principalmente por las variables radiación, PAR, temperatura y amplitud de temperatura; la correlación entre la variable y el factor fue de 0,92, 0,94, 0,83, y 0,87, respectivamente; de igual manera, el factor dos se conformó por las variables HR (0,54) y Puntaje (0,79) (Figura 4 y tabla 10). Los factores ambientales por debajo de los óptimos en general, pueden afectar directamente procesos metabólicos relacionados con el rendimiento y la calidad del café (Batista-Santos *et al.*, 2011); las bajas temperaturas, próximas a 4°C, determinan en el café pérdidas en el área foliar, fuerte reducción de la tasa fotosintética y la activación de pigmentos de protección como los carotenos (DaMatta *et al.*, 2006)

La HR y la precipitación entraron a conformar el factor tres con un nivel de asociación de 0,61 y 0,77, respectivamente.



V1= Radiación solar

V5= Precipitación

V2= RFA

V6= Amplitud de temp.

V3= Humedad relativa

V7= Calidad de taza

V4= Temp. Aire (°C)

**Figura 4. Representación de las variables climáticas en el plano, indicando su aporte en la conformación de los factores 1 y 2.**

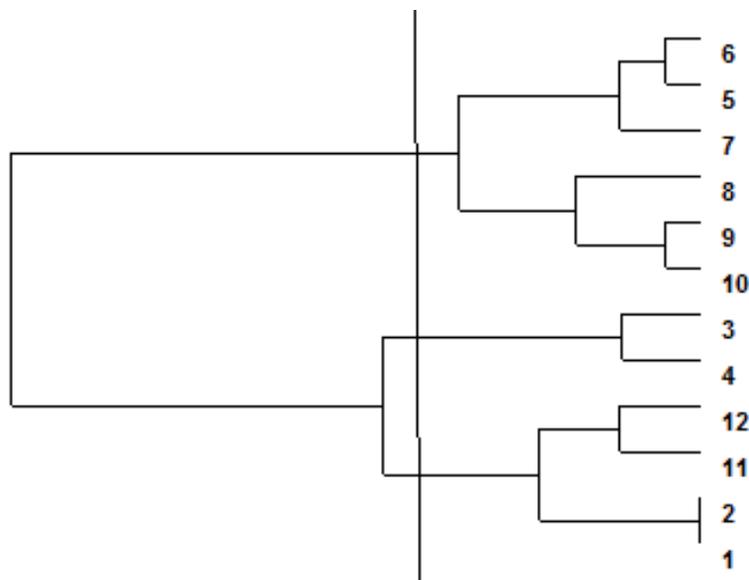
**Tabla 10.**

***Contribución de cada una de las variables climáticas en la conformación de los tres primeros factores principales.***

VARIABLE	CONTRIBUCION DE LA VARIABLE AL FACTOR		
	Factor 1	Factor 2	Factor 3
V1=Radiación	-0,92	0,10	-0,01
V2=RFA	-0,94	0,22	0,09
V3=Humedad relativa	0,40	-0,54	-0,61
V4=Temperatura	-0,83	-0,31	0,22
V5=Precipitación	-0,39	0,38	-0,77
V6=Amplitud de Temp	-0,87	-0,12	-0,23
V7=Calidad de taza	-0,37	-0,79	0,02

El análisis cluster permitió la conformación de tres grupos: el primero se conformó por los predios 1, 2, 11 y 12 que representan el 33,3% del total y que corresponden los dos primeros a predios cafeteros ubicados en el municipio de la Unión a una altitud entre 1500 m y 1800 m, y los dos últimos a predios del municipio de la Florida a una altitud <1500m y mayor de 1800m, respectivamente.

El segundo cluster estuvo representado por los predios cafeteros 3 y 4 que equivalen al 16,6% de los predios evaluados y que están localizados en el municipio de la Unión a una altitud menor a 1500m. En el tercer cluster se ubicaron los predios 5, 6, 9, 10, 7 y 8, que representan el 50% de los evaluados; estas fincas cafeteras están ubicadas en los municipio de la Unión, Sandoná y Consacá con altitudes menores a los 1800m (Figura 5).



**Figura 4. Dendrograma que indica la conformación de tres cluster con base en variables climáticas y de calidad de taza en el departamento de Nariño.**

**1 y 2 = La Unión (1501-1700msnm) 3 y 4 = La Unión (<1500msnm) 5 y 6 = La Unión(>1701msnm)**  
**7 = Consacá (1501-1701msnm) 8 = Consacá (<1500msnm) 9 = Sandoná (1501-1700msnm)**  
**10 = Sandoná (>1701msnm) 11 = La Florida (>1701msnm) 12 = La Florida (<1500msnm).**

Cuando se analizó la conformación de los cluster (Tabla 11), pudo establecerse que los predios cafeteros que se ubicaron en el primero se caracterizaron por presentar una mayor precipitación (721,1 mm) en comparación con la precipitación promedio general (572,88 mm), con alta significación estadística. Otras variables en las cuales estos predios mostraron valores superiores al promedio general fueron, el amplitud térmica (5,26) y la RFA (412,98).

La calidad de taza de la producción cafetera de estos predios, expresada como puntaje, fue de 79,92% mientras que el promedio general fue de 80,5%.

El cluster dos se conformó por fincas que presentaron una mayor radiación (256,44), mayor RFA (509,51) y mayor amplitud de temperatura diurna y nocturna (5,95°C) cuando se compararon con los promedios generales que fueron de 202,77, 401,06 y 4,86°C,

respectivamente, con significancia estadística ( $p < 0,05$ ); la calidad de taza de la producción de estas fincas alcanzó un puntaje de 82,58% comparada con el puntaje promedio general que fue de 80,5%. La consistencia en los puntajes de calidad de este grupo, se puede soportar en las afirmaciones de Petrie et al (2009) en el sentido de que la arquitectura de las plantas de café es definitiva en los procesos de interceptación y transformación de luz ya que la densidad en el flujo fotónico en los diferentes niveles de la planta determina la intensidad de asimilación del CO<sub>2</sub> (Pereira et al, 2016) que es la responsable del rendimiento y de la composición de los órganos vegetales, en este caso de las cerezas del café.

Las fincas cafeteras que conformaron el cluster tres se caracterizaron por presentar una mayor HR (73,41%) en comparación con la HR promedia general (72,73%); este mismo grupo de predios se caracterizó por presentar valores inferiores en la amplitud de temperatura (4,23°C), precipitación (457,13 mm), PAR (356,96), radiación (184,75) y temperatura ambiental (18,94°C) cuando se compararon con los promedios generales (4,86°C, 572,88 mm, 401,06, 202,77 y 19,64, respectivamente). La calidad de taza (puntaje) de este grupo fue muy próxima al promedio general, presentando un valor de 80,19% contra el puntaje promedio general de 80,5%.

**Tabla 11.****Descripción de los grupos conformados con base en las variables climáticas.**

Comparador	Probabilidad	Prom. Grupo	Prom. Gral.	Variables
CLUSTER 1/3 n=4 (33,3%)				
2,32	0,010	721,10	572,88	V5
1,26	0,103	5,26	4,86	V6
0,46	0,323	412,98	401,06	V2
-0,62	0,266	79,92	80,5	V7
CLUSTER 2/3 n=2 (16,6%)				
2,85	0,002	256,44	202,77	V1
2,65	0,004	509,51	401,06	V2
2,16	0,015	5,95	4,86	V6
1,41	0,079	82,58	80,50	V7
CLUSTER 3/3 N=6 (50%)				
0,96	0,168	73,41	72,43	V3
-0,46	0,322	80,19	80,50	V7
-1,75	0,040	18,94	19,64	V4
-2,14	0,016	184,75	202,77	V1
-2,41	0,008	356,96	401,06	V2
-2,56	0,005	457,18	572,88	V5
-2,80	0,003	4,23	4,86	V6

V1= Radiación solar

V3= Humedad relativa

V5= Precipitación

V7= Calidad de taza

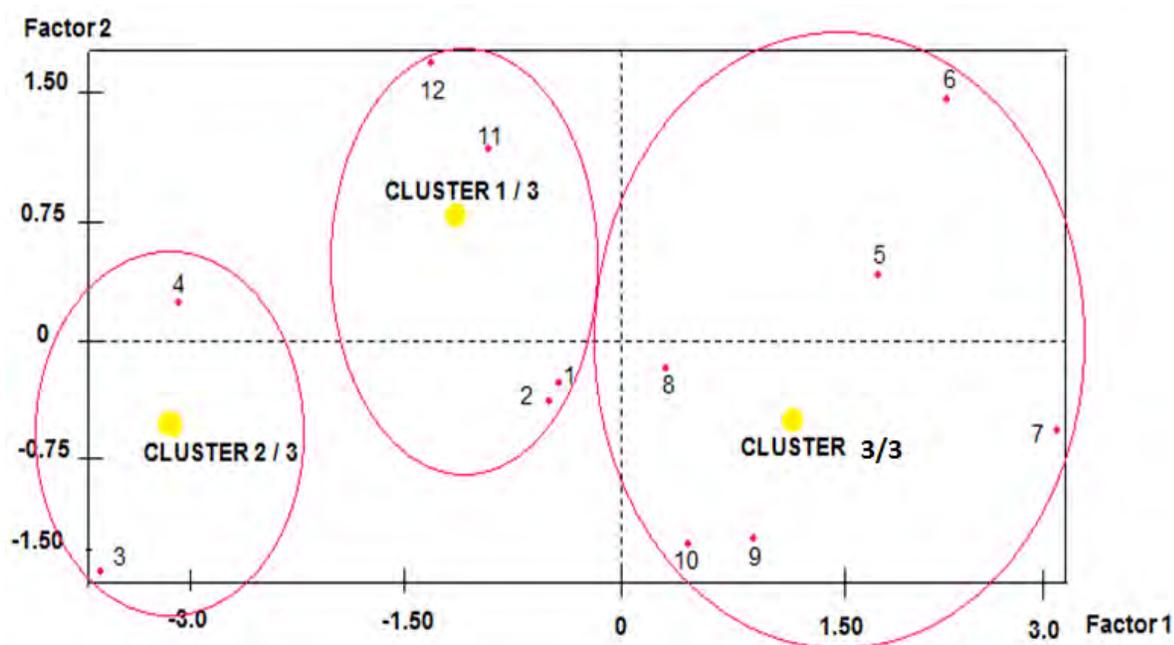
V2= RFA

V4= Temp. Aire (°C)

V6= Amplitud de temp.

La localización de los grupos junto con la ubicación de los predios cafeteros en el plano formado por los dos factores principales se puede observar en la Figura 6. El cluster dos se presenta más separado del origen indicando que estos predios cafeteros poseen características que difieren más de las fincas tipo dentro de las evaluadas.

El cluster tres está conformado por predios que por sus características se muestran más dispersos en el plano, el predio 8 más próximo al origen y predios como el 6 y el 7, más alejados del origen.



**Figura 5. Ubicación de los predios cafeteros de Nariño y conformación de cluster con base en variables climáticas.**

### 3.4 Análisis del efecto del manejo agronómico.

Las actividades agronómicas realizadas en el cultivo además de sus características propias, inciden de alguna manera no solo en la productividad sino en la calidad del producto. El análisis de las agroempresas evaluadas permitió determinar que un tercio de los cafetales son cultivos

jóvenes y en plena producción (entre 3 y 4 años), mientras que los dos tercios restantes corresponden a cafetales con más de cuatro años, próximos a iniciar o en pleno proceso de envejecimiento productivo. A pesar de que los procesos productivos del café exigen una nutrición balanceada, en la zona cafetera la fertilización se hace según la costumbre y no por requerimientos; solo el 8,33% de las agroempresas evaluadas realizan análisis de suelos para que los técnicos hagan las recomendaciones, indicando una debilidad que requiere atención, si se quiere optimizar la nutrición de las plantas mejorando la eficiencia y reduciendo los costos y los posibles impactos negativos en el ambiente.

En esta zona cafetera predominan los cultivos en zonas onduladas (66,6%), seguidas de cultivos localizados en zonas de pendiente (25,0%) y en zonas relativamente planas (8,3%); el 50% de los productores aplican abonos orgánicos en la siembra. Durante el desarrollo del cultivo, el 50% de los productores aplican abono químico, el 16,6% solo orgánicos y el restante 33,3% aplica abonos químicos y orgánicos; un 50% de los productores realizan la fertilización de los cultivos cada seis meses, un 33,3% cada cuatro meses y un 16,6% fertilizan solo una vez al año. El 66,6% de los agricultores aplica entre 50 g y 100 g de fertilizante sintético por árbol mientras que el 33,3% aplica dosis superiores a los 100 g por árbol.

En el aspecto sanitario de los cultivos, el 58,3% tiene presencia de broca (*Hypothenemus hampei*), el 41,6% presenta mancha de hierro en hojas (*Cercospora coffeicola*) y en el 25% de los cafetales hay mancha de hierro en los frutos. El control de plagas se hace eminentemente con insecticidas sintéticos; otros controles solo se aplican en el 25% de los cultivos. Estos resultados son próximos a los encontrados por Cruz *et al.*, (2017) en la zona cafetera de Los Andes (Antioquia) en donde el uso de pesticidas de origen sintético está entre el 16% y el 69% con una estrecha relación con problemas de intoxicación; además este tipo de manejo hace del sistema cafetero un sistema sensible a problemas erosivos del suelo, contaminantes del agua y al

incremento en problemas de plagas y enfermedades

En cuanto a la calidad de taza que alcanzó la producción de las agroempresas evaluadas, se pudo determinar que solo el 8,83% alcanzaron puntajes de 85 o más (café excelente), el 41,6% presentó un puntaje de 80 a 84,5 con una calificación de muy buenos; la mitad de las agroempresas presentaron puntajes de taza menores a 80%, por debajo del café especial.

Al seleccionar algunas variables para relacionarlas con el puntaje de calidad (Tabla 12) se puede establecer que en el municipio de la Unión un 16,7% de las muestras presentaron puntajes por encima de 85 (café de excelencia), un 50% alcanzaron puntajes entre 80 y 84,9 (café muy bueno) y el 33,3% correspondieron a café no especial, con puntajes inferiores a 80 puntos; el 100% de las muestras de Sandoná correspondieron a puntajes por debajo de los 80 puntos (No especiales). Las muestras de La Florida y Consacá alcanzaron puntajes repartidos entre los muy buenos (50%) y los no especiales (50%).

Suarez et al., (2015), en un trabajo de caracterización de variables de cultivo de suelo y de pos cosecha en el departamento del Huila, consideran que la calidad de taza está asociada principalmente con la densidad de la plantación y con el uso de sombríos que son dependientes de la altitud.

**Tabla 12.**

**Relaciones (Burt) entre algunas variables relacionadas con la agronomía del cultivo de café y calidad de taza.**

VAR	V17-1	V17-2	V17-3	VAR	V17-1	V17-2	V17-3	VAR	V17-1	V17-2	V17-3
V1-1	16,7	50,0	33,3	V3-1	25,0	25,0	50,0	V15-1	16,7	50,0	33,3
V1-2	0,0	0,0	100,0	V3-2	0,0	75,0	25,0	V15-2	0,0	0,0	100,0
V1-3	0,0	50,0	50,0	V3-3	0,0	25,0	75,0	V15-3	0,0	50,0	50,0
V1-4	0,0	50,0	50,0								

V1-1: La Unión	V3-1= <1500 msnm	V15-1= Químico	V17-1= >85 puntos
V1-2: Sardoná	V3-2= 1501-1700 msnm	V15-2= Orgánico	V17-2= 80-84,5 puntos
V1-3: La Florida	V3-3= > 1700 msnm	V15-3= Quím+Org	V17-3= <80 puntos
V1-4: Consacá			

Al relacionar la altitud con la calidad de taza de la producción se determinó que el 25% de los cultivos ubicados por debajo de los 1500 msnm presentaron los puntajes superiores (>85 puntos), mientras que el 25% presentaron calificaciones entre 80 y 84,9 puntos y el 50% de los cultivos las menores calificaciones (<80 puntos); un 75% de los cultivos ubicados entre 1500 msnm y 1700 msnm presentaron puntajes entre 80 y 84,9, mientras que el 25% de los cultivos alcanzaron los puntajes inferiores (<80 puntos). Solamente un 25% de los cultivos de altura alcanzaron puntajes correspondientes a café muy bueno (80 a 84,9 puntos) mientras que el 75% de los cultivos no alcanzaron un puntaje de 80 puntos (Tabla 12). Estos resultados difieren de los encontrados por Vaast *et al.*, (2005) y por Suarez *et al.*, (2015) quienes afirman que al disminuir la temperatura por efectos de la altitud, se prolonga el proceso de maduración de la cereza, favoreciendo el llenado, peso de grano y mayor calidad de taza.

Sin embargo, otros autores, como Bosselmann *et al* (2009) y Cruz *et al.*, (2017), Ramos y Criollo (2017) coinciden con los resultados obtenidos en este trabajo y consideran que la calidad de taza no es una variable altura-dependiente; la calidad de taza del café está determinada por

múltiples factores relacionados con la variedad, el suelo, clima, agronomía, cosecha, beneficio y tostión.

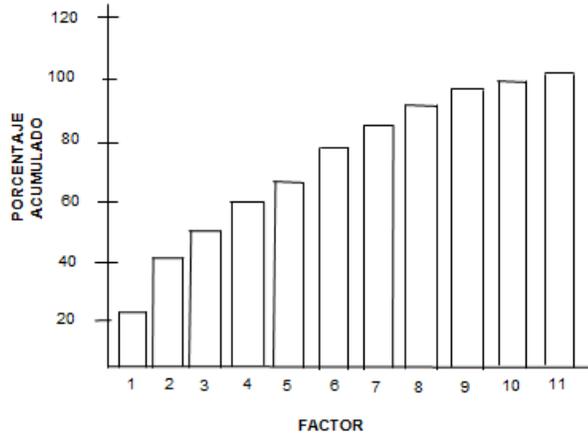
Cuando se relacionó el tipo de fertilizante aplicado con la calidad de taza se pudo determinar que el 16,7% de los productores que aplicaron fertilizante sintético tuvieron calificaciones de calidad por encima de los 85 puntos, el 50% alcanzó puntajes entre 80 y 84,9 puntos y el 33,3% puntajes inferiores a los 80 puntos; el 100% de los productores que fertilizaron sus cultivos con abono orgánico alcanzaron puntajes correspondientes a café no especial (<80 puntos) mientras que aquellos que fertilizaron con una mezcla de fertilizante de síntesis con abono orgánico, alcanzaron puntajes entre 80 y 84,9 puntos (50%) y puntajes menores a 80 puntos (50%) (Tabla 12). En este sentido, en trabajos realizados en la región de La Convención, Perú, por Márquez *et al.*, (2016) se reportaron incrementos en la producción del 29%, en cultivos de café cuando pasaron de un manejo tradicional a un manejo orgánico que integra aspectos de biodiversidad, manejo de coberturas y diversificación de cultivos, orientados a la sustentabilidad ambiental de las fincas cafeteras.

El análisis de correspondencias múltiples (Tabla 13) mostró que los tres primeros factores del análisis de correspondencias múltiples representaron un 49,85% de la variabilidad observada en las variables relacionadas con el manejo del cultivo; el primer factor, que representó el 22,43% de la variabilidad total, estuvo conformado principalmente por las variables relacionadas con la sanidad de los cultivos en cada municipio, como la presencia y manejo de broca, presencia de mancha de hierro en hojas y en frutos. El segundo factor, con una representación del 15,7%, se conformó en su mayor parte por la variabilidad observada en las variables fertilización con base en un análisis de suelo, aplicación de riego y frecuencia de fertilización, según el municipio y ecotopo; el tercer factor, que representó el 11,73% de la varianza total, se conformó en especial por el municipio de ubicación y la altitud de las agroempresas evaluadas.

**Tabla 13.**

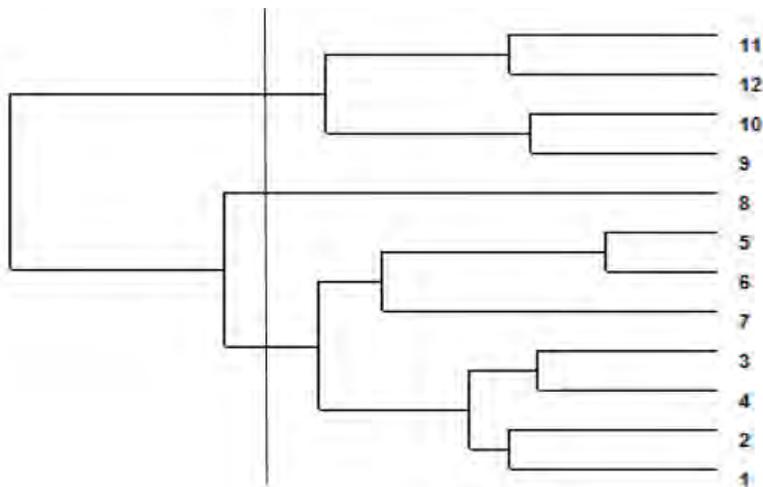
*Valores propios e histograma de la conformados de los factores principales en el análisis de las variables relacionadas con las propiedades del manejo de cultivo.*

FINCA	VALORES PROPIOS	%	PROCENTAJE ACUMULADO
1	0,3323	22,43	22,43
2	0,2326	15,7	38,13
3	0,1738	11,73	49,85



Con base en la información anterior se realizó el análisis de agrupamiento de las fincas evaluadas, obteniéndose tres grupos o clusters, los cuales se conformaron según la Figura 7.

Puede apreciarse que las agroempresas analizadas se ubicaron en el dendograma según su ubicación geográfica; en el grupo 1 se encuentran todas las explotaciones cafeteras del municipio de La Unión y una de Consacá, localizada entre los 1500 y 1700 msnm. El grupo 2 se conformó por un solo elemento correspondiente a la agroempresa localizada en Consacá por debajo de los 1500 msnm y el grupo 3 se conformó por las agroempresas localizadas en los municipios de Sandoná y La Florida.



**Figura 6. Dendrograma que indica la conformación de tres cluster con base en variables de manejo agronómico y de calidad de taza en el departamento de Nariño.**

**1 y 2 = La Unión (1501-1700msnm) 3 y 4 = La Unión (<1500msnm) 5 y 6 = La Unión (>1701msnm)**  
**7 = Consacá (1501-1701msnm) 8 = Consacá (<1500msnm) 9 = Sandoná (1501-1700msnm)**  
**10 = Sandoná (>1701msnm) 11 = La Florida (>1701msnm) 12 = La Florida (<1500msnm).**

Las variables agronómicas que caracterizaron al grupo 1, con significancia estadística, correspondieron a no aplicación de abono orgánico en la siembra con la totalidad de los productores ubicados en este grupo y una representación del 85,71% de la categoría dentro del grupo; de igual manera, el 100% de las unidades productivas de este grupo no presentan problemas de presencia de mancha de hierro en el fruto. En este grupo, el 57,14% de las unidades productivas alcanzaron puntajes de calidad de taza correspondientes a café muy bueno (80 a 85 puntos), un 28,57% alcanzó una calificación por debajo de los 80 puntos y el 14,29% obtuvo un puntaje de calidad de taza de excelencia, por encima de 85 puntos (Tabla 14).

La agroempresa localizada en Consacá a una altitud por debajo de los 1500 msnm (Grupo 2) presentó una calidad de taza por debajo de 80 puntos, aplica riego por aspersión, aplica análisis de suelo y abona cada cuatro meses (Tabla 14).

Las agroempresas ubicadas en el grupo tres, se caracterizaron por la presencia de mancha de hierro en hojas en un 100% de los cultivos y en frutos (75%); todos los productores de este grupo aplican abono orgánico en la siembra. Los puntajes de calidad logrados por los productores de este grupo correspondieron a un 25,0% de la categoría de cafés muy buenos y a un 75,0% de cafés sin calidad (Tabla 14).

**Tabla 14.**

*Características sobresalientes de cada uno de los grupos conformados con el análisis de las variables relacionadas con la agronomía del café.*

Comparador	Probabilidad	GRUP/CAT	CAT/GRUP	Variables
CLUSTER 1/3 n=7 (58,3%)				
2,43	0,008	100,0	85,71	V14-2
1,69	0,045	77,78	100,00	V25-2
0,68	0,247	80,0	57,14	V27-2
0,21	0,417	100,0	14,29	V27-1
-1,17	0,121	33,33	28,57	V27-3
CLUSTER 2/3 n=1 (8,33%)				
1,38	0,083	100,0	100,0	V24-1
1,38	0,083	100,0	100,0	V25-1
1,38	0,083	100,0	100,0	V14-1
CLUSTER 3/3 n=4 (33,33%)				
2,32	0,010	80,0	100,0	V24-1
2,09	0,018	100,0	75,0	V25-1
1,88	0,030	66,67	100,0	V14-1
0,60	0,273	50,0	75,0	V27-3
-0,19	0,424	20,0	25,0	V27-2

**V14-1**= Orgánico

**V24-1**= Si-mancha de hierro en hojas

**V27-1**= >85 puntos

**V14-2**= Químico

**V24-2**= No- mancha de hierro en hojas

**V27-2**= 80-84,5 puntos

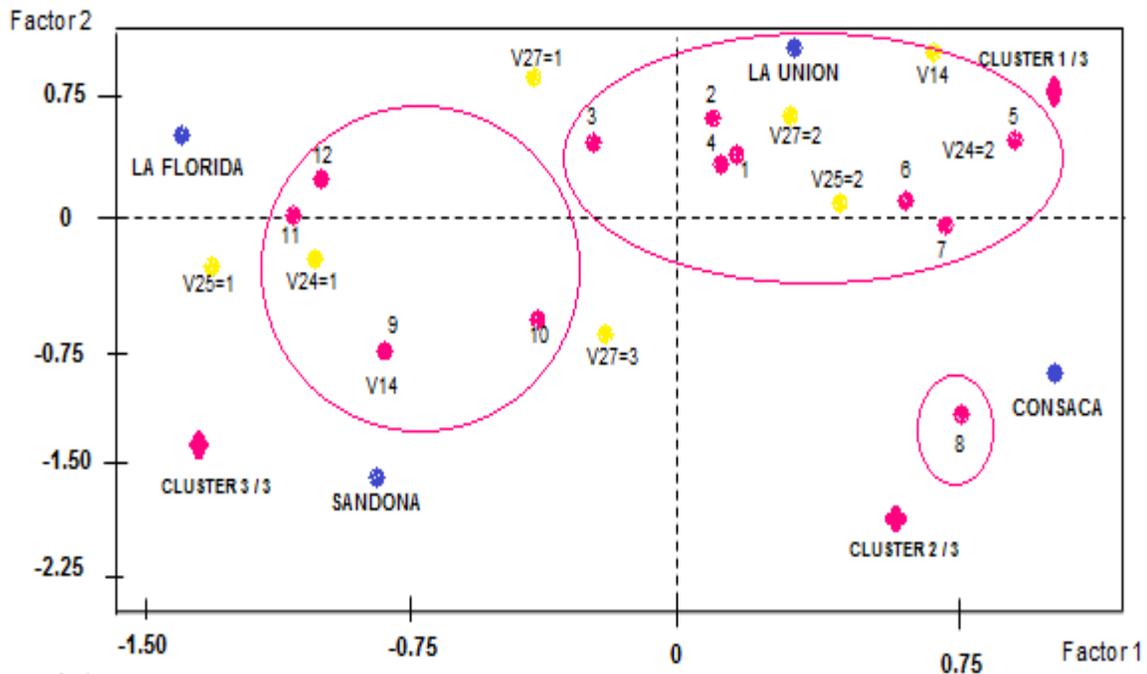
**V25-1**= Si-mancha de hierro en frutos

**V27-3**= <80 puntos

**V25-2**= No-mancha de hierro en frutos

La ubicación de los productores o de las agroempresas en el plano conformado por los dos primeros factores y las características más sobresalientes en cada uno de los grupos conformado,

se presentan en la figura 8. Las características relacionadas con el puntaje de taza o calidad, correspondientes a las categorías de café muy bueno (V27=2) y café calidad excelencia (V27=1) están asociadas a las agroempresas de la Unión y Consacá, mientras que la categoría de cafés con calidad inferior (V27=3) se colocan próximos a las agroempresas de Sandoná y La Florida. De igual manera, aquellas agroempresas que muestran ausencia de mancha de hierro en hojas (V24=2) y en frutos (V25=2) están próximas a las variables de calidad de taza de cafés excelente y muy buenos. Es importante observar la ubicación de las variables en el plano conformado por los dos primeros factores; en la parte superior se ubican las variables sanitarias correspondientes a la ausencia de mancha de hierro en hojas y frutos junto con la calidad de taza excelente y muy buena, mientras que en la parte inferior se ubicaron los municipios de Sandoná y Consacá junto con las variables de presencia de mancha de hierro en hojas y frutos y calidad buena.



**Figura 7. Ubicación de las agroempresas cafeteras, principales características y grupos conformados con base en el análisis de correspondencias múltiples para variables agronómicas.**

### 3.5 Análisis del efecto beneficio.

El beneficio del café comprende todas las actividades cuya finalidad es transformar el café cereza en café pergamino seco, conservando todas sus características organolépticas, sanitarias y físicas (Gómez, 2010). El análisis de variables relacionadas con este proceso mostró que el 41,6% de las agroempresas mezcla el café cosechado en diferentes días antes de la fermentación y que el 50% selecciona el café después del lavado. Un 75% utiliza una despulpadora motorizada, un 16,6% emplea desmucilaginador y el resto utiliza una despulpadora de acción manual. Después del secado, solo el 16,6% de los productores obtienen una humedad entre 10% y 12%, mientras que el 83,3% lo empaacan con más del 12% de humedad. Los menores contenidos de humedad dan al grano de café una mayor estabilidad de sus características organolépticas, conservando mejor su calidad (Puerta, 2006)

En cuanto al pH potenciométrico de la masa en el proceso de fermentación, el 75% de los productores inicia con un pH entre 5,0 y 6,5, datos que coinciden con Córdoba y Guerrero (2016) que encontraron para la variedad Castillo pH iniciales de fermentación entre 5,5 y 5,6 y con Puerta (2013) que encontró un pH inicial de 5,6 para frutos seleccionados de variedad Castillo, afirmando que estos valores dependen del estado de madurez, del tiempo entre la recolección y el despulpado y de la manipulación de los frutos; el 8,3% inicia con un  $\text{pH} > 6,5$  mientras que el 16,6% no fermenta. Un 25% de los productores termina el proceso cuando el pH está entre 3,0 y 3,5, mientras que un 58,3% termina con un  $\text{pH} > 3,5$ ; Según Jackels y Jackels (2005), un pH final de 4,6 puede ser un valor óptimo para dar por finalizado el proceso de fermentación sin correr riesgos por sobre fermentación del grano.

La reducción del pH durante la fermentación, se origina por el incremento de la acidez de la masa, causado por la formación de ácidos a partir de los azúcares y por la degradación de las pectinas del mucílago de la cereza (Correa *et al.*, 2014). Solo el 8,3% de los productores alcanza

puntajes de calidad de taza que pueden catalogarse como de excelencia, un 41,6% producen café calificado como muy bueno y un 50% no alcanzarían a calificarse como cafés especiales (Inferiores a 80 puntos).

El Análisis de correspondencias múltiples (Tabla 15) mostró la conformación de tres factores que en su conjunto explican el 64,24% de la variación total. El primer factor con un 35,09% de la variación explicada, estuvo conformado principalmente por las variables tipo de despulpado (8,0), tipo de fermentación (8,0), estado del tanque de fermentación (8,0), tiempo de fermentación (8,0), tiempo de secado (8,0), pH inicial de la masa (8,0) y pH final del proceso de fermentación (8,0) (Tabla 16).

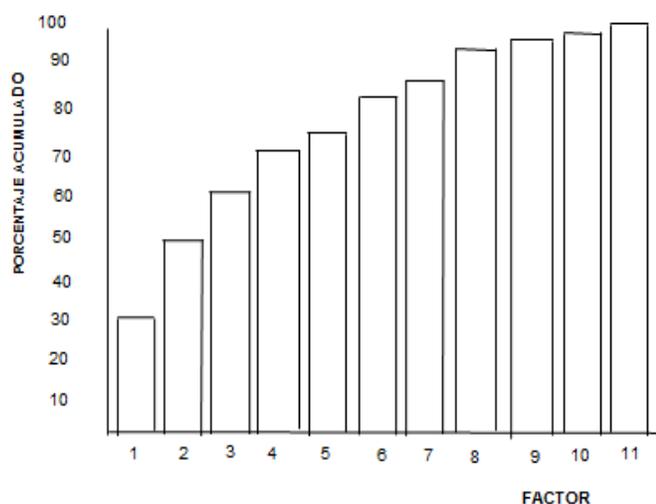
Las correlaciones entre el factor 2 y las variables que más contribuyen a la conformación del factor son: tipo de despulpado (15,5), estado del tanque de fermentación (8,3), frecuencia de calibración de la despulpadora (14,6), pH inicial de la masa (15,5), pH final (8,3) y calidad de taza (14,7). En cuanto al factor 3, éste estuvo conformado principalmente por las variables: mezcla de cerezas de diferente día de cosecha (8,3), tipo de transporte del café cereza (14,2), tipo de fermentación (15,6) y estado del tanque de fermentación (12,5) (Tabla 16).

Es importante destacar que en cuanto a las variables relacionadas con la calidad del agua utilizada para el beneficio, éstas fueron descartadas en su totalidad en el proceso de análisis debido a su escasa variabilidad, la cual no alcanzó al 2% propuesto en el análisis con el software Spad V56.

**Tabla 15.**

*Valores propios e histograma correspondientes al análisis de correspondencias múltiples de las variables relacionadas con el beneficio del café.*

FINCA	VALORES PROPIOS	%	% ACUMUL.
1	0,5849	35,09	35,09
2	0,2721	16,33	51,42
3	0,2137	12,82	64,24
4	0,1567	9,4	73,64
5	0,1217	7,3	80,94
6	0,0926	5,56	86,5
7	0,0892	5,35	91,85
8	0,0492	2,95	94,8
9	0,0424	2,55	97,34
10	0,0254	1,52	98,87
11	0,0188	1,12	100



El análisis de agrupamiento según el proceso de beneficio, permitió la conformación de cuatro grupos de productores según se muestra en la figura 9. El primer grupo, conformado por seis productores que representan el 50% del cemento (100%), todos terminan el proceso con un pH>3,5 (100%) y utilizan un sistema de beneficio húmedo (100%); el 50% de estos productores producen café de calidad inferior (<80 puntos).

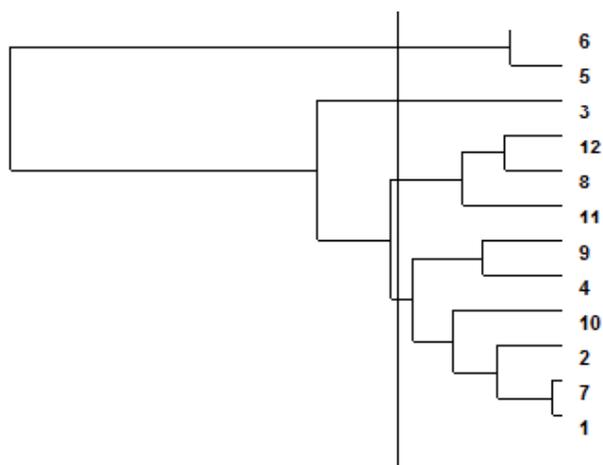
**Tabla 16.**

**Contribución de las variables más significativas a la conformación de los tres factores principales.**

VARIABLE	CONTRIBUCION DE LA VARIABLE AL FACTOR		
	Factor 1	Factor 2	Factor 3
V1=Mezcla la cosecha	1,0	0,2	8,3
V4=Transporte de cereza	0,8	1,9	14,2
V6=Tipo de despulpado	8,0	15,5	0,4
V7=Tipo de fermentación	8,0	0,4	15,6
V8=Depósito fermentac	8,1	8,3	12,5
V9=Estado del tanque	8,0	0,2	0,2
V10=Tiempo fermentac	8,0	2,4	0,9
V13=Tiempo de secado	8,0	1,4	1,1
V16=Precalibración	0,4	14,6	0,2
V19=pH inicial	8,0	15,5	0,4
V20=pH final	8,0	8,3	2,9
V21=Puntaje	0,4	14,7	0,5

El grupo 2, conformado por tres productores que representan el 25% de la población analizada (11, 8 y 12), presenta como características sobresalientes, con un nivel de confianza mayor al 95%, el transporte a caballo del café cereza (66,7%) y utilización de beneficio húmedo (66,7%); el 33,33% de estos productores producen café de calidad media (80 a 84,5 puntos).

El productor 3, que representa el 8,3% de la muestra, se identificó como la única productora de café con calidad de excelencia; otras características importantes de este productor son: pH inicial de la masa en fermentación mayor a 6,5 y despulpado de acción manual; además, clasifica el grano antes del despulpado.



**Figura 8. Dendrograma correspondiente al agrupamiento de las agroempresas de café del ecotopo 221 A, según las variables relacionadas con el beneficio.**

**1 y 2 = La Unión (1501-1700msnm) 3 y 4 = La Unión (<1500msnm) 5 y 6 = La Unión (>1701msnm)**

**7 = Consacá (1501-1701msnm) 8 = Consacá (<1500msnm) 9 = Sandoná (1501-1700msnm)**

**10 = Sandoná (>1701msnm) 11 = La Florida (>1701msnm) 12 = La Florida (<1500msnm).**

El cuarto grupo de productores se conformó por dos productores (5 y 6) que representan el 16,6% del total. Todos los productores pertenecientes a este grupo se caracterizaron principalmente por no fermentar, ya que utilizan el sistema Belcosub con desmucilagador; el secado del café es artificial, en silos, y la calidad se distribuye equitativamente entre café muy bueno (80 a 84,5 puntos) y café con calidad inferior al café especial (<80 puntos) (Tabla 17).

En la figura 10 puede observarse la ubicación de las agroempresas y de las variables categóricas más representativas en el plano conformado por los dos primeros factores principales; igualmente se identifican los cuatro grupos conformados o cluster. Los grupos 3 y 4 conformados por las agroempresas 3 y 5, 6, respectivamente, se alejan del origen, indicando características especiales con respecto a los promedios, mientras que los grupos 1 y 2 se encuentran bastante

cercanos entre sí y muy próximos al centroide o promedio general de todas las variables analizadas.

**Tabla 17.**

**Características sobresalientes de cada uno de los grupos conformados con el análisis de las variables relacionadas con el beneficio del café.**

Comparador	Probabilidad	GRUP/CAT	CAT/GRUP	Variables
<b>CLUSTER 1/4 n=6 (50,0%)</b>				
3,07	0,001	100,00	100,00	V8-1
2,43	0,008	85,71	100,00	V20-2
1,88	0,030	75,00	100,00	V7-1
0,57	0,234	50,00	50,00	V21-3
<b>CLUSTER 2/3 n=3 (33,33%)</b>				
1,69	0,045	100,00	66,67	V4-2
1,69	0,045	100,00	66,67	V7-2
-0,35	0,364	20,00	33,33	V21-2
<b>CLUSTER 3/3 n=1 (8,33%)</b>				
1,38	0,083	100,00	100,00	V19-2
1,38	0,083	100,00	100,00	V21-1
1,38	0,083	100,00	100,00	V6-1
0,67	0,250	33,33	100,00	V2-1
<b>CLUSTER 4/3 n=2 (16,66%)</b>				
2,17	0,015	100,00	100,00	V7=3
2,17	0,015	100,00	100,00	V13-1
2,17	0,015	100,00	100,00	V6-3
1,34	0,091	50,00	100,00	V12-3
0,75	0,227	16,67	50,00	V21-2
0,47	0,318	20,00	50,00	V21-3

**V2-1=** selección antes de fermentación

**V12-3=** Secado-Silo

**V4-2=** Transporte de grano- caballo

**V13-1=** Tiempo secado->24 horas

**V6-1=** tipo despulpado-manual

**V19-2=** pH inicial- >6.5

**V6-3=** tipo despulpado-Desmucilagador

**V20-2=** pH final- >3.5

**V7-1=** Tipo de fermentación-seca

**V21-1=** puntaje de taza >85

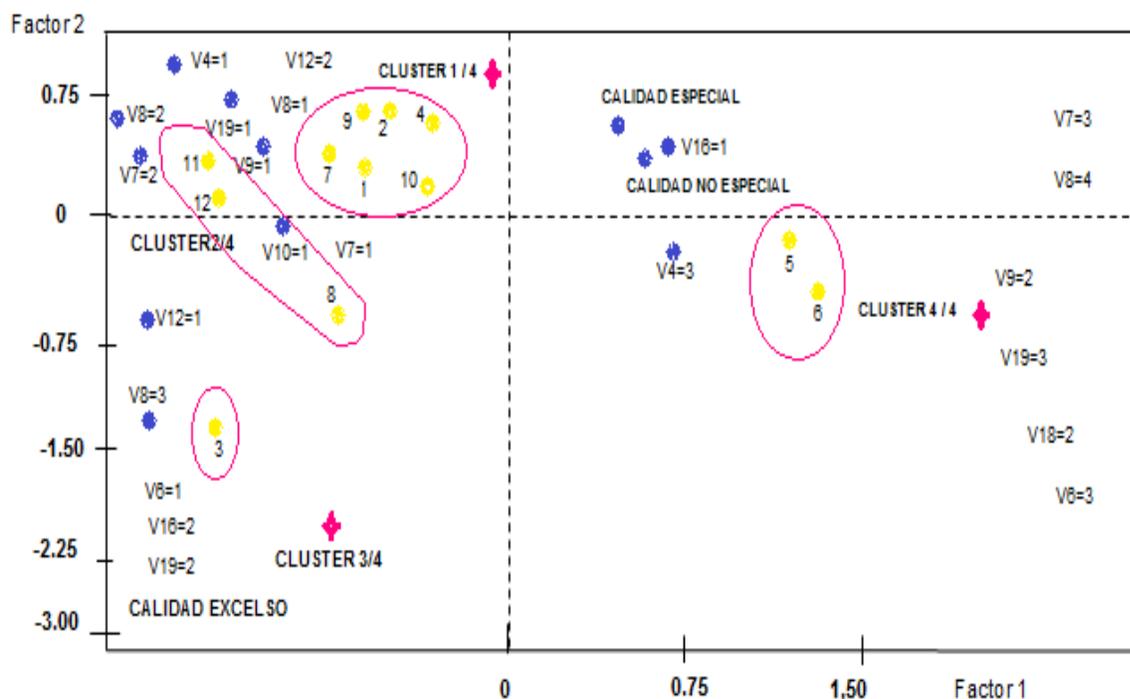
**V7-2=** Tipo de fermentación-humedad

**V21-2=** puntaje de taza-80 a 84,5

**V7-3=** Tipo de fermentación-Belcosub

**V21-3=** puntaje de taza- < 80

**V8-1=** Depósito fermentación-Cemento



**Figura 9. Ubicación en el plano factorial (factores 1 y 2) de las agroempresas variables características y conformación grupal o cluster.**

### 3.6 Análisis del efecto del factor cosecha.

Las variables más representativas y su comportamiento se consignan en la tabla 18. Los altos valores de desviación surgen de la selección previa de variables, por su alto nivel de variación, antes de iniciar el proceso del análisis multivariado.

El Análisis de Componentes Principales para las variables relacionadas con la cosecha mostró inicialmente que las variables con una mayor variabilidad, expresada como coeficiente de variación, son: peso de los granos pintones V13 (53,8%), peso de granos verdes V16 (90,5%) y peso de granos secos V19 (164,0%) (Tabla 19).



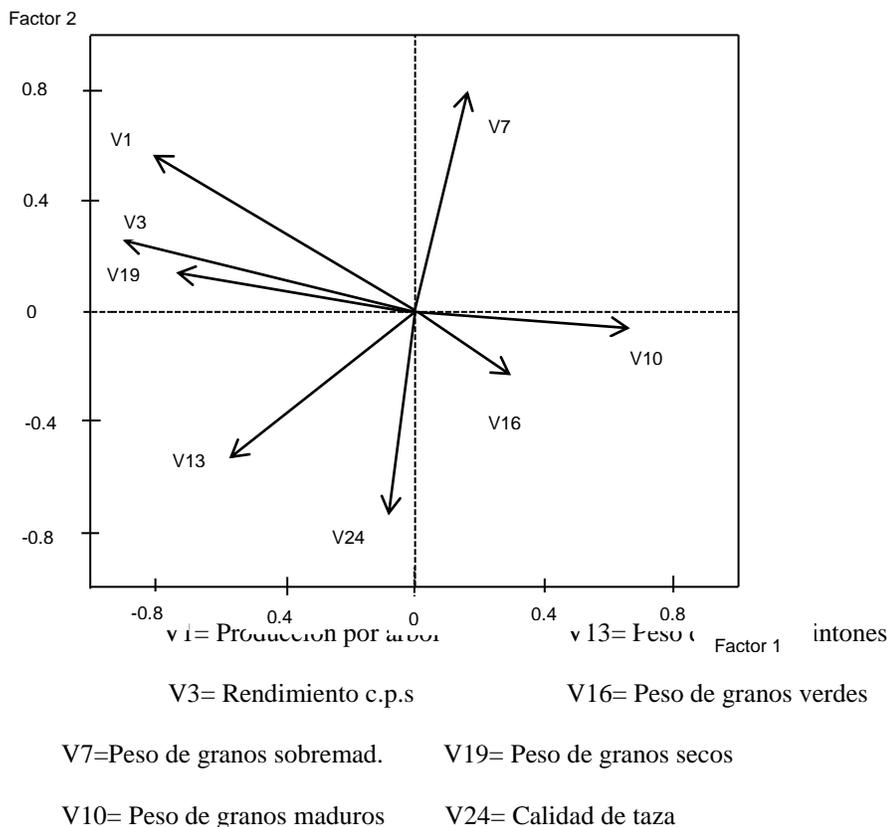
La variabilidad total que mostró un valor de 8,0, estuvo representada en su conjunto por los factores, tres de los cuales fueron suficientes para explicar el 78,77% de la totalidad. El primer factor, que explica el 40,13% de la variabilidad, se conformó principalmente por las variables: producción total/árbol (V1) que mostró una correlación con el factor de 0,92, rendimiento café pergamino seco (V3) con una contribución al factor de -0,81, peso de granos maduros (V10) con una contribución de 0,77 y la variable peso de granos secos (V19) cuya contribución con la formación de este factor fue de -0,78 (Tablas 20 y 21).

La conformación del factor dos que permite explicar el 20,96% de la variabilidad, estuvo representada principalmente por las variables: peso de granos sobremaduros (V7) que contribuyó con una proyección de 0,76, peso de granos pintones (V13) con una correlación variable-factor de -0,68 y por la variable calidad de taza (V24) que contribuyó con el factor en -0,70. El factor tres, que representó el 17,68% de la variabilidad, se conformó principalmente por las variables peso de granos verdes (V16) y calidad de taza (V24), las cuales presentaron contribuciones de 0,64 y -0,68, respectivamente (Tablas 20 y 21)

**Tabla 20.*****Contribuciones de las variables analizadas en la conformación de los factores analizados.***

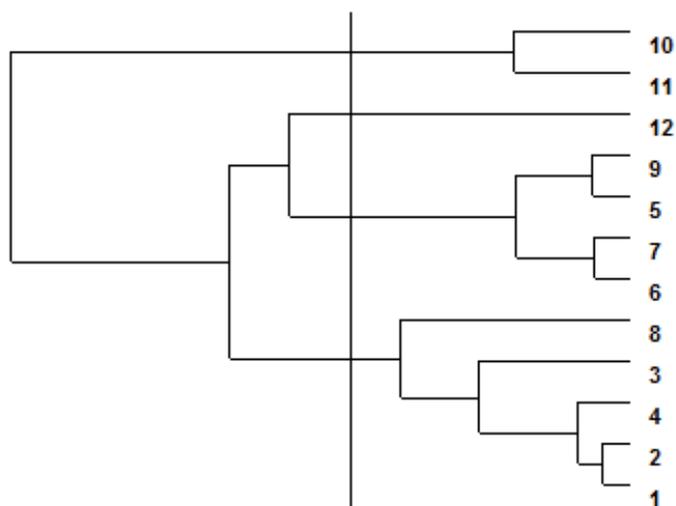
VARIABLE	CONTRIBUCION DE LA VARIABLE AL FACTOR		
	Factor 1	Factor 2	Factor 3
V1=Producción árbol	-0,92	0,31	0,15
V3=Rendimiento cps	-0,81	0,13	0,40
V7= Peso granos sobremaduros	0,11	0,76	-0,49
V9=Peso granos maduros	0,77	-0,03	0,29
V13=Peso granos pintones	-0,62	-0,68	0,14
V16=Peso de grano verde	0,30	-0,12	0,64
V19=Peso de granos secos	-0,78	0,11	-0,18
V24=Puntaje calidad	-0,05	-0,70	-0,68

La representación de las variables mediante vectores en un eje cartesiano (Figura 11) permite determinar la ubicación, sentido y contribución de cada variable representada, a la conformación de los dos primeros factores; para el factor 1, el sentido de la contribución de las variables V1 (Producción por árbol), V3 (Rendimiento café pergamino seco) y V19 (Peso de granos secos), es contrario a la contribución de la variable V10 (Peso de granos maduros). De igual manera, la contribución de la variable V7 (Peso de granos sobremaduros) en la conformación del factor 2 es alta y opuesta a las variables V13 (Peso de granos pintones) y V24 (Calidad de taza).



**Figura 10. Representación en un eje cartesiano conformado por los dos primeros factores de las variables relacionadas con la cosecha del café.**

1, 2, 4, 3 y 8 que representan el 41,6% de la población. El segundo grupo conformado por las agroempresas 6, 7, 5 y 9, representa el 33,3% de los casos estudiados; el grupo tres estuvo representado por una sola agroempresa (8,3%) y el grupo cuatro que representa el 16,6% se conformó con las agroempresas 11 y 10.



**Figura 11. Dendrograma de agrupamiento de las agroempresas analizadas, con base en variables relacionadas con la cosecha.**

**1 y 2 = La Unión (1501-1700msnm) 3 y 4 = La Unión (<1500msnm) 5 y 6 = La Unión (>1701msnm)**

**7 = Consacá (1501-1701msnm) 8 = Consacá (<1500msnm) 9 = Sandoná (1501-1700msnm)**

**10 = Sandoná (>1701msnm) 11 = La Florida (>1701msnm) 12 = La Florida (<1500msnm).**

Las agroempresas del grupo 1, corresponden al municipio de La Unión en un 80% y al municipio de Consacá. Dos predios de La Unión y uno de Consacá están ubicados por debajo de los 1500 msnm y los otros dos en alturas comprendidas entre los 1500 msnm y 1700 msnm. Estos productores se caracterizaron porque el grano cosechado posee un mayor peso de granos maduros por kilo (666,8 g) que el promedio general (588,8 g.kg<sup>-1</sup>), la calidad de taza de su cosecha (81,40 puntos) es superior al promedio global (79,92 puntos) y el peso de granos verdes por kilo (13,67 g.kg<sup>-1</sup>) es mayor al promedio (11,27 g. kg<sup>-1</sup>); igualmente, la producción por árbol (2,12 kg.arbol<sup>-1</sup>), el rendimiento café pergamino seco (2364,7 kg.ha<sup>-1</sup>) y el peso de los granos secos (2,71 g.kg<sup>-1</sup>) fue inferior a los promedios generales que fueron, 3,41 kg.arbol<sup>-1</sup>, 3135,92 kg.ha<sup>-1</sup> y 23,26 g.kg<sup>-1</sup>, respectivamente (Tabla 21). Estos resultados permiten determinar una relación positiva entre la proporción de granos maduros en la cosecha y la mayor calidad de taza alcanzada y coincide con

los resultados obtenidos por Martínez *et al.*, (2017), Marín *et al.*, (2003) y Puerta (2000) en el sentido de que frutos inmaduros producen una bebida con manchas, fermentos y olores desagradables. Frutos pintones, maduros y sobremaduros producen bebidas con buena calidad.

El grupo 2 se conformó con dos productores de La Unión ubicados a más 1700 msnm, un productor de Consacá y uno de Sandoná ubicados entre los 1500 msnm y 1700 msnm. Este grupo se caracterizó por presentar un mayor peso de granos sobremaduros ( $290,92 \text{ g.kg}^{-1}$ ) y una mayor producción por árbol ( $3,86 \text{ kg.árbol}^{-1}$ ) que los promedios generales de  $214,17 \text{ g.kg}^{-1}$  y  $3,41 \text{ kg.árbol}^{-1}$ , respectivamente.

De igual manera, las variables peso de granos maduros ( $522,17 \text{ g.kg}^{-1}$ ) y peso de granos secos ( $12,97 \text{ g.kg}^{-1}$ ), fueron inferiores a los promedios generales de la población,  $588,8 \text{ g.kg}^{-1}$  y  $23,26 \text{ g.kg}^{-1}$ , respectivamente.

Un solo productor del municipio de La Florida, localizado a  $<1500$  msnm, conformó el grupo tres y se caracterizó por su alta productividad ( $4953,97 \text{ kg cps.ha}^{-1}$ ), bajo rendimiento de la cosecha-jornal ( $93 \text{ kg.jornal}^{-1}\text{dia}^{-1}$ ), alto peso de granos sobre maduros ( $174,25 \text{ g.kg}^{-1}$ ), mayor peso por kilo de granos verdes ( $23,33 \text{ g.kg}^{-1}$ ), menor peso de granos secos por kilogramo cosechado ( $12,67 \text{ g.kg}^{-1}$ ), y menor calidad de taza ( $70,33$  puntos), cuyos promedios generales fueron respectivamente:  $3137,95 \text{ kg cps.ha}^{-1}$ ,  $116,293 \text{ kg.jornal}^{-1}\text{dia}^{-1}$ ,  $214,2 \text{ g.kg}^{-1}$ ,  $11,27 \text{ g.kg}^{-1}$ ,  $23,26 \text{ g.kg}^{-1}$  y  $79,92$  puntos.

El grupo cuatro se conformó por productores (10 y 11) que conformaron el 16,66% de la población. Este grupo se caracterizó por una mayor proporción de granos secos en la cosecha ( $100,5 \text{ g.kg}^{-1}$ ) en comparación con el promedio general que fue de  $23,26 \text{ g.kg}^{-1}$ ; además presentó una mayor producción por árbol ( $5,38 \text{ kg.árbol}^{-1}$ ) cuyo promedio general fue de  $3,41 \text{ kg.árbol}^{-1}$  y un mayor rendimiento de cps ( $4623,71 \text{ kg.ha}^{-1}$ ) al compararse con el promedio general que fue de  $31371,95 \text{ kg.ha}^{-1}$ . De igual forma, este grupo se destacó por la calidad de taza la cual alcanzó en

el grupo 81,42 puntos frente a un promedio global de 79,91 puntos.

**Tabla 21.**

**Caracterización de los grupos conformados según el efecto de las variables relacionadas con la cosecha del café.**

Comparador	Probabilidad	Prom. Grupo	Prom. Gral.	Variables
CLUSTER 1/3 n=5 (41,66%)				
2,46	0,007	666,80	588,81	V10
1,19	0,117	81,40	79,92	V24
0,69	0,245	13,67	11,27	V16
-1,58	0,058	2,71	23,26	V19
-1,99	0,023	2364,7	3137,95	V3
-2,94	0,002	2,12	3,41	V1
CLUSTER 2/3 n=4 (33,33%)				
2,40	0,008	290,92	214,17	V7
0,71	0,238	3,86	3,41	V1
-0,66	0,255	12,97	23,26	V19
-1,76	0,039	522,17	588,81	V10
CLUSTER 4/4 n=2 (16,66%)				
3,13	0,001	100,50	23,26	V19
2,20	0,014	5,38	3,41	V1
2,02	0,022	4623,71	3137,95	V3
0,64	0,262	81,42	79,92	V24
-0,79	0,213	174,25	214,17	V7
-1,12	0,130	3,87	11,27	V16
-1,74	0,041	484,34	588,81	V10

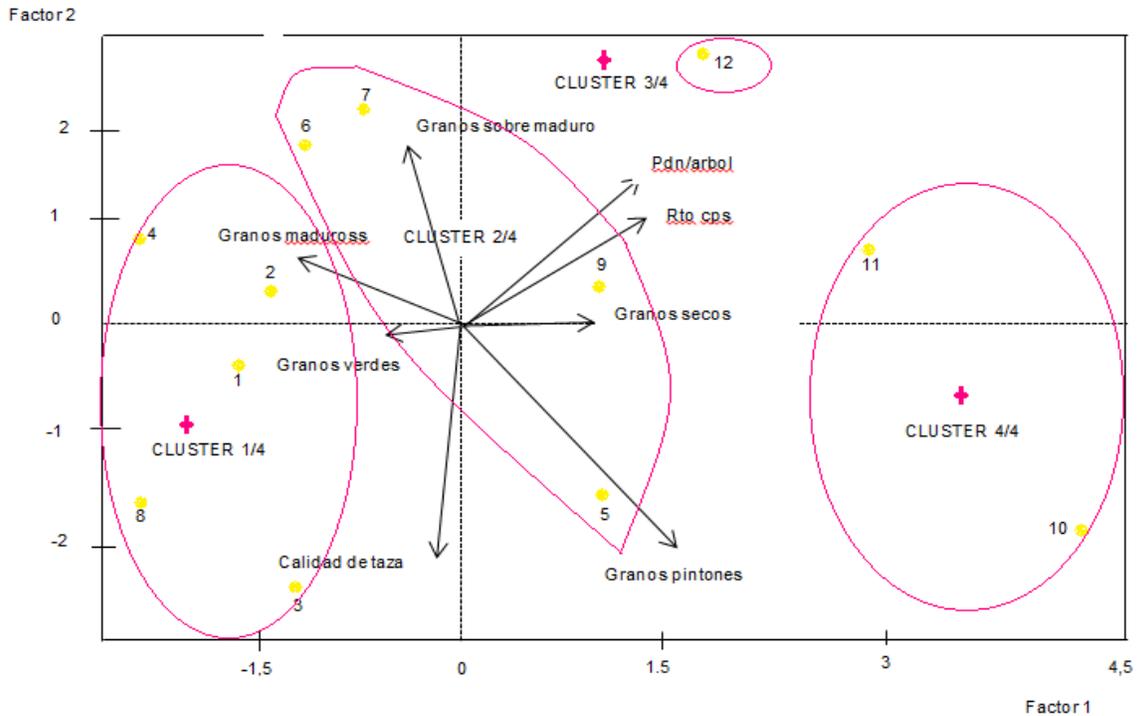
V1= Producción por árbol      V16= Peso de grano verde

V3= Rendimiento c.p.s      V19= Peso de grano seco

V7= Peso de grano sobremad.      V24= Calidad de Taza

V10= Peso de grano maduro

Este grupo presentó una menor proporción de granos maduros (484,34 g.kg<sup>-1</sup>) con relación al promedio general de 588,81 g.kg<sup>-1</sup> y menor peso de granos verdes (3,87 g.kg<sup>-1</sup>) y de granos sobremaduros (174,25 g.kg<sup>-1</sup>) cuyos promedios generales fueron de 11,27 g.kg<sup>-1</sup> y 214,17 g.kg<sup>-1</sup>, lo cual se compensó con una mayor cantidad de granos pintones que en el grupo fue de 236,72 g.kg<sup>-1</sup> comparado con el promedio general de 87,22 g.kg<sup>-1</sup>(Figura 13).



**Figura 12. Ubicación de las agroempresas cafeteras, principales características y grupos conformados con base en el análisis de correspondencias múltiples para variables de cosecha.**

Es importante destacar en este aspecto que los cafeteros de Nariño realizan en promedio cinco pases de cosecha, teniendo en cuenta la mayor proporción de frutos maduros en la planta, contrario a otras zonas de producción en donde se hacen una o dos pasadas, incrementándose el porcentaje de frutos inmaduros (Medina-Melendez, *et al.*, 2016); esta condición puede explicar en buena medida los niveles de calidad de taza alcanzados en la zona cafetera de Nariño, ya que la composición de los frutos cosechados por su grado de madurez es un factor importante de calidad, como lo expresan Martínez et al., (2017) que además incluyen otros factores como la variedad, posición geográfica y altitud, manejo del cultivo, clima y suelo, que determinan además, diferentes grados de maduración.

#### 4. CONCLUSIONES

1- Los puntajes de calidad de taza oscilaron entre 76,50 y 85,50 sin presentarse una dependencia calidad-altitud del cultivo ya que el mayor puntaje se alcanzó en una agroempresa localizada a menos de 1500 msnm.

2- Se presentaron bajos niveles de asociación entre las variables relacionadas con el suelo y la calidad de taza; entre todas las variables, fueron los contenidos de Fe y de Cu los que mostraron mayor nivel de asociación con la calidad.

3- Las agroempresas localizadas en el municipio de La Unión, vereda La Playa (Ecotopo 220A), presentaron mayores valores de radiación, RFA y amplitud térmica y conformaron un grupo que se caracterizó por los puntajes de calidad de taza más altos.

4- Las características relacionadas con la mayor calidad de taza, se ubicaron en el plano próximas a la ubicación de los municipios de La Unión (Ecotopo 220A) y Consacá (Ecotopo 221A) caracterizados principalmente por la mayor proporción de granos maduros y sobremaduros en la cosecha; Los municipios de Sandoná y La Florida (221A) se localizaron más alejados de la ubicación relacionada con la calidad de taza.

5- La calidad de taza está determinada por la interacción de múltiples variables relacionadas con aspectos climáticos, edáficos, agronómicos, cosecha y procesos de beneficio de la cosecha.

## **5. RECOMENDACIONES**

Teniendo en cuenta que en este estudio la presencia de mancha de hierro se asoció con la calidad de taza, se recomienda manejar niveles de sombreado del café, especialmente en zonas bajas, unidos a un programa de fertilización basado en análisis de suelos.

En la búsqueda de una mayor calidad de taza, es necesario seleccionar por grado de madurez y sanidad del grano cereza, antes de iniciar el proceso de beneficio; una vez cosechado, iniciar el proceso de beneficio del grano, lo más pronto posible, sin realizar mezclas de cerezas con diferente tiempo de cosecha.

Realizar un beneficio con fermentación hasta alcanzar un pH de la masa no inferior a 3,5 y un secado natural hasta alcanzar una humedad entre el 10% y el 12%.

**BIBLIOGRAFIA**

Agronet. 2018. Evaluaciones agropecuarias municipales. Disponible en: <http://www.agronet.gov.co/Documents/NARI%C3%91%2016.pdf>, consultado en Mayo 2018.

Alvarado, A. G., y Puerta, G.I. 2002. La variedad Colombia y sus características de calidad física y taza. Avances Técnicos No. 303. Chinchina, CENICAFE.1-4p.

Alvarado, A., Posada, S., Cortina, G. 2005. CASTILLO: Nueva variedad de café con resistencia a la roya. CENICAFE. Avance técnico 337.

Alvarado, A. G., Moreno, E., Montoya, C., Alarcón, R. 2009. Calidad física y en taza de los componentes de la variedad castillo® y sus derivadas regionales. Revista: Cenicafé (Colombia). 60(3):210-228.

Aranzazu, D., Rodríguez, B., Zapata, M., Bustamante, J., y Restrepo, L. 2007. Aplicación del análisis de factor de correspondencia múltiple en un estudio de válvulas cardíacas. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias, 20 (2): 129-140.

Arcila P., J.; Jaramillo R., A.; Baldion R., J.V.; Bustillo P., A. E. 1993. La floración del cafeto y su relación con el control de la broca. Cenicafé. Avances Técnicos No. 193. 6p.

- Arcila, J., Valencia, A. 1975. Relación entre la polifenoloxidasas (P.F.O.) y las pruebas de catación como medidas de la calidad de la bebida de café. *Cenicafé* 26 (2):55-71p.
- Arellano, J., Prado, E., Rosado, O. 2008. Relación de los nutrimentos del suelo con las características físicas y sensoriales del café orgánico. *Terra latinoamericana*. Vol.26: 375-384.
- Aristizabal, A., Duque, O. 2006. Determinación de económicas de escalas en el proceso de beneficio del café en Colombia, En: *Revista CENICAFE Centro Nacional de Investigación de Café*. 57(1): 17-30.
- Barbosa, C. Amaya, F. 1995. Analisis de la calidad del grano y de la bebida del café var. Caturra en función de la maduración y el tiempo de fermentación. 289-311p. CIAE\_TACHIRA: Bramón- Venezuela.
- Batista-Santos, P., Lidon, F., Fortunato, A., Leitao, A., Lopes, E., Partelli, F., Ribeiro, A., Ramalho, J. The impact of cold on photosynthesis in genotypes of *Coffea* spp. Photosystem sensivity, photoprotective mechanisms and gene expression. *Journal of Plant physiology*. 168:792-806. Doi:10.1016/j.jplph.2010.11.013
- Barrios, C., Mota, P., y Siso, L.E. 2008. Análisis comparativo de los niveles de vida en los municipios del estado Guárico, region central, Venezuela, period 2001-2006. *Terra Nueva* Etapa, 24 (35): 13-38.

Bosselman, A; Dons, K; Oberthur, T; Olsen, G; Raebild, A; Usma, H. 2009. The influence of shade trees on the coffee quality in small holder coffee agroforestry systems in southern Colombia. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 129 (103):253-260-

Buenaventura, S. y Castaño, C. 2002. Influencia de la altitud en la calidad de bebida de muestra de café procedente del ecotopo 206B en Colombia. *Revista CENICAFE* 53(2) 119-131p.

Cabrera, S., Acevedo, F., Lacerra, E. 1991. Algunos índices de *Coffea arabica* L. a diferentes alturas del escambray años 1986 y 1987. En: *Centro agrícola*, 18(1):81-96.

Cague, R., Hube, A., Gibson, D. 2002. Beyond the bean: redefining coffee quality. Quick reference guide to standards for sustainable production systems. Environment Natural Resource Management and Agribusiness Practice Networks, Washington,. Chemonics Internacional, 33p.

Calle, F., Berger, N., Pitty, A., Peterson, P. 2009. Calidad de taza y caracterización del color de las hojas jóvenes de 22 variedades de café. Zamorano: Escuela agrícola Panamericana. 24p. <http://hdl.handle.net/11036/361>

Castillo, J. 1990. Mejoramiento genético del café en Colombia. Conferencias conmemorativas. Chinchiná, Cenicafé. 46-53p.

Castro, Y., Contreras, D., Keiko, N. 2004. Café de especialidad: alternativa para el sector cafetalero peruano. Año 9 No. 17. [esanediciones@esan.edu.pe](mailto:esanediciones@esan.edu.pe)

Céspedes, E. 2012. Montaje del laboratorio de calidad de café en campus Majavita Universidad Libre seccional Socorro. Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ciencias. Especialización de Química ambiental, Bucaramanga. 75p.

COFENAC Y NESTLE. 2000. Zonificación cafetera del Ecuador para la producción de cafés especiales. En: <http://www.cofenac.org/documentos/calidad-café-arabigo.3p.>; consulta: enero 2009.

Córdoba-Castro, N., Guerrero-Fajardo, J. 2016. Caracterización de los procesos tradicionales de fermentación de café en el departamento de Nariño. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 14(2):75-83. DOI:10.18684/BSAA(14)75-83

Correa, E., Jiménez-ariza, T., Díaz-Barcos, V., Barreiro, P., Diezma, B., Oteros, R. and Ruiz-Altisent, M. 2014. Advanced characterization of a coffee fermenting tank by multi-distributed Wireless sensors: Spatial interpolation and phase space graphs. *Food and Bioprocess Technology*, 7(11):3166-3174

Cruz, J., Rodríguez, W., Suárez, J., Ordoñez, C., Vega, G. 2017. Minority compounds and sensory analysis evaluation of *Coffea arabica* var. caturra cultivated in three different altitudinal ranges. *Acta Agronómica*, 66 (2):221-227. doi: <http://dx.doi.org/10.15446/acag.v66n2.58126>

DaMatta, F., Ramalho, J. 2006. Impacts of drought and temperature stress on coffee physiology and production: a review. *Braz. J. Plant Physiology*. 18(1):55-81

De la Rosa, M. 2011. Nariño huele a cafés especiales. En:  
<http://www.portafolio.co/negocios/narino-huele-cafes-especiales>. consulta: julio 2013.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.17533/udea.vitae.v24n1a06>

Estrella, K., y Chaves, P. 2008. Plan de posicionamiento del café “Passion del express. Instituto de altos estudios nacionales, Quito, Ecuador. 142p.

Farfán, F. 2007. Cafés especiales. En: Sistemas de producción de café en Colombia. Editores Héctor Ospina y Sandra Marín. 1ª. Ed. Edit. Banecolor, Chinchiná, Cenicafé. 309p.

Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. 2010. Taza de la excelencia.  
[www.cafedecolombia.com/federaciondecafeteros](http://www.cafedecolombia.com/federaciondecafeteros)

Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. 2013. Manual del cafetero de Colombia. Investigación y tecnología para la sostenibilidad de la caficultura. 59p.

Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. 1997. Sistema de Información Cafetera. Encuesta Nacional Cafetera SICA. Estadísticas Cafeteras. Informe Final. Bogotá (Colombia). 178 p.

Federación Nacional de Cafeteros. 1991. Ecotopos cafeteros de Colombia. Bogotá, D.C. 75-76p.

Geromel, C., Pires, F., Davrieux, F., Guyot, B. 2007. Effects of shade on the development and sugar metabolism of coffee (*Coffea arabica* L.) fruits. 204p.

Gomez G. 2010. Cultivo y beneficios del café. Revista de Geografía agrícola, 45:105-193

- Guyot, E., Vincent, J,.. 1988. Analyse qualitative d'un café *Coffea canephora* var. Robusta en fonction de la maturité. *Café, Cacao, The.Tea* 32(2): 127-140.  
<https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.08.022>
- Jackels, S., Jackels, C. 2005. Characterization of the coffee mucilage fermentation process using chemical indicators: A field study in Nicaragua. *Food and Toxicology Chemistry*, 70(5):321-325.
- Joet, T., Laffargue, A., Descroix, F. 2010. Influence of environmental factors, wet processing and their interactions on the biochemical composition of green Arabica coffee beans. Francia.
- Lara, L., Vaast P., 2007. Effects of altitude, shade, yield and fertilization on coffee quality (*Coffea arabica* L. var. Caturra) produced in agroforestry systems of the Northern Central Zones of Nicaragua. En: Second International Symposium on Multistrata agroforestry systems with perennial crops: Making ecosystem services count for farmers, consumers and the environment, Costa Rica. IUFRO, CIRAD, CATIE. Turrialba: CATIE, 17-21p.
- Malavolta, E. 1986. Nutrição, adubação e colagem para o cafeeiro. In: *Cultura do cafeeiro: fatores que afetam a produtividade*. Associação Brasileira para lá investigassem del fósforo y potássio. Piracicaba: potafos, pp.136-274.
- Marín, L. Arcila, P. Montoya, R. Oliveros, T. 2003. Relación entre el estado de madurez del fruto de café y las características de beneficio, rendimiento y calidad de la bebida. *Cenicafé* 54(4) 297-315.
- Marín, L. Arcila, P. Montoya, R. Oliveros, T. 2003. Cambios físicos y químicos durante la

maduración del fruto de café (*coffea arabica* L. var. Colombia). *Cenicafé* 54(3): 2008-225.

Márquez, F., Otiniano, A., Saenz, M., Villacorta, H., Winstanley, S., Fernandez, P. 2016. Sustentabilidad ambiental en fincas cafetaleras después de un proceso de certificación orgánica en la Convención (Cusco, Perú). *Ecología Aplicada*, 15(2):125-132. DOI: <http://dx.doi.org/10.21704/rea.v15i2.752>

Martínez, V., Aristizábal, I., Moreno, E. 2017. Evaluation of the composition effect of harvested coffee in the organoleptic properties of coffee drink. *Vitae, Revista de la facultad de ciencias farmacéuticas y alimentarias*, 24(1):47-58.

Medina-Melendez, J., Ruiz-Nájera, R., Gómez-Castañeda, J., Sánchez-Yáñez, J., Gómez-Alfaro, G., Pinta, Molina, O. 2016. Estudio del sistema de producción de café (*Coffea arabica* L.) en la región Frailesca, Chiapas. *CienciaUAT.*, 10(2): 33-43.

Menchu, J. 1975. La determinación de la calidad del café. *Revista Cafetalera*, Guatemala: 27-31.

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

Montoya R., E.C. 1999. Caracterización de la infestación del café por la broca y efecto del daño en la calidad de bebida. *CENICAFE*, 50(4): 245-258.

Moreno, A. 2007. Fundamentos sobre sistemas de producción, 15 - 20 p. En: Arcila P., J.;Farfan V., F.; Moreno B., A.M.; Salazar G., I.F.; Hincapie G., E. Sistemas de producción de café en Colombia. Cenicafé, Chinchiná, 309 p.

Moreno, E., Rodríguez, A., Caballero, A. 1998. Caracterización física y sensorial del café de diferentes regiones de Colombia y su relación con las condiciones agroecológicas del cultivo. Comité de Cafeteros de Nariño. 15p.

Orozco, N., Guacas, A., T. Bacca. 2011. Caracterización de fincas cafeteras por calidad de la bebida y algunas condiciones ambientales y agronómicas. Revista de Ciencias Agrícolas, 28(2): 9-17

Otzen, T., Manterola, C. 2017. Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio Sampling Techniques on a Population Study. Int. J. Morphol., 35(1):227-232.

Pereira, W., Machado, J., Rangel da Silva, J., Massei, F., Massi, T., Souza, L., Baritiello da Silva, L., Pelegrino de Abreu, D., Bernadoa, W., Cespom, L., Fernandes de Sousa, E., Glenn, D., Cochicho, J., Campostrini, E. 2016. Whole-canopy gas exchanges in Coffea sp. is affected by supra-optimal temperature and light distribution within the canopy: The insights from an improved multi-chamber system. Scientia Horticulturae, 211:194-202.

Pérez P., E., J. G. Partida S. y D. Martínez P. 2005. Determinación de las subdenominaciones de origen del Café Veracruz (estudio preliminar). Revista Geografía Agrícola 35: 35-56.

Petrie, P; Trought, M; Howell, G;Buchan, G; Palmer, J. 2009. Whole-canopy gas exchange and

light interception of vertically trained *Vitis vinifera* L; under direct and diffuse light. *Am.J.End.vitic.*60, 173-182.

Puerta, G. 1998. La calidad de taza de las variedades de café *coffeaarabica*L. cultivada en Colombia. *Revista CENICAFE* 49(4): 265-278.

Puerta Q., G. I. 2000. Influencia de los granos de café cosechados verdes, en la calidad física y organoléptica de la bebida. *Cenicafé* 51(2): 136-150.

Puerta Q., G. I. 2000a. Factores relacionados con la calidad de bebida del café. Chinchina, CENICAFE. 45p

Puerta Q., G. I. 2000b. Beneficie correctamente su café y conserve la calidad de la bebida. CENICAFE (Avances técnicos 276). 8p.

Puerta Q., G. I. 2001. Cómo garantizar la buena calidad de la bebida del café y evitar los defectos. CENICAFE (Avances técnicos 284). 8p

Puerta, G. I. 2003. Conferencia: Factores de origen y proceso en la calidad y química del café. Chinchina. CENICAFE. 7p.

Puerta, G. 2006. La humedad controlada del grano preserva la calidad del café. CENICAFE. Avances técnicos, No. 352. 8p.

Puerta, G. 2007. Estudio de la calidad y el contenido de elementos químicos en el café de Colombia, según los suelos y la altitud del cultivo. En: Resumen del Informe Anual de Actividad. Chinchina, CENICAFE. 113-128p.

Puerta-Quintero, G. 2013. Cinética química de la fermentación del mucílago de café a temperatura ambiente. Revista Cenicafé, 64(1):65-71.

Ramos, L., Criollo, H. 2017. Calidad física y sensorial de Coffea arábica L. variedad Colombia, perfil Nespresso AAA, Unión Nariño. Rev. Cienc. Agr. 34(2): 83 - 97. doi: <http://dx.doi.org>

Rebolledo, I., Vento, L. 2004. Propuesta de agro industrialización del proceso de beneficio del café en el municipio de La Unión (Nariño) de acuerdo a las características de calidad esperadas por el cliente a nivel internacional. Bogotá. 177p.

Rodas, C. Menchu, J. Hernandez, M. 1998. El beneficiado del café. En manual de Caficultura Guatemala, ANACAFE. Guatemala. 247p.

Rosas, J., Escamilla, E., Ruiz, O. 2008. Relación de los nutrientes del suelo con las características físicas y sensoriales del café orgánico. Terra latinoamericana. Vol.26: 375-384.

Santoyo C., V. H., S. Díaz C., E. Escamilla P. y J. D. Robledo M. 1996. Factores agronómicos y calidad del café. Universidad Autónoma Chapingo-Confederación Mexicana de

Productores de café. Chapingo, Estado de México.

Servicio Nacional De Aprendizaje. SENA. 2004. Recolección del café. Editores: Marín S. y Ospina H. Cenicafé, Manizales. 35p.

Suarez, J; Rodriguez, E; Duran, E. 2015. Efecto de las condiciones de cultivo, las características químicas del suelo y el manejo del grano en los atributos sensoriales del café (*Coffea arabica* L.) en taza. *Acta agronómica*, 64 (4): 342-348.

Sunalini, J. 1977. Key to coffe equality. *Indian Coffee*: 213-217.

USAID. AGENCIA DE LOS ESTADOS UNIDOS PARA EL DESARROLLO INTERNACIONAL. 2005. Normas y estándares de catación para la región de Centro América. Central American and Dominican Republic Quality Coffee Program. 31p.

Vaast, P; Van Kantén, R.; Siles, P.; Dzib, B.; Frank, N; Harmand, J; Genard, M. 2005. Shade: A Key Factor for Coffe Sustainability and Quality. ASIC Coference Bangalore India. 887-896p.

Williams, A., Morales, F., Kari, P.,. 1989. Sensory and analytical examination of ground and cup coffee with particular reference to bean maturity. ASIC, 13° Colloque, paipa: 83-106.

Wintgens, J. N. 2004. Coffee: growing, processing, sustainable production. A guide book for growers, processors, traders and researchers. Wiley-VCH Verlag. Weinheim, Germany.

Wintgens, J.N. 1995. Factores que influncian la calidad del café: medio ambiente, prácticas culturales, procesamiento y almacenamiento. In: simposio sobre caficultura latinoamericana, 15. Xalapa, 21 y 24 de Julio. 1998. Tegucigalpa, IMMECAFE-IICA-PROMECAFE. S.p.

**ANEXOS.**

**CARACTERIZACIÓN DE LA OFERTA AMBIENTAL Y DE POS COSECHA DEL CAFÉ Y  
SU RELACIÓN CON LA CALIDAD DE TAZA EN LOS ECOTOPOS 220A Y 221A DEL  
DEPARTAMENTO DE NARIÑO**

**OBJETIVO:** Caracterización de fincas cafeteras

LOCALIZACION DE LA FINCA

FECHA: \_\_\_\_\_ MUNICIPIO: \_\_\_\_\_ VEREDA: \_\_\_\_\_

PROPIETARIO: \_\_\_\_\_ NOMBRE DE LA FINCA: \_\_\_\_\_

PERSONA ENCARGADA DE LAS RECOMENDACIONES TECNICAS: \_\_\_\_\_

EXTENSION: \_\_\_\_\_ LAT: \_\_\_\_\_ LONG: \_\_\_\_\_ ALTITUD: \_\_\_\_\_

MAPA No.: \_\_\_\_\_ FOTOS No. \_\_\_\_\_

**1. GENERALIDADES DE LA FINCA**

Estación meteorológica más cercana	
Tenencia	
Área cultivada en café	
Edad promedio del cultivo	
Variedades cultivadas	
Variedad predominante	
Arboles presentes en el cultivo de café	
Edad promedio de los arboles	
Análisis de suelo	
Fecha del último análisis de suelo realizado	
Entidad que realizó el análisis de suelo	
Análisis de agua	
Fecha del último análisis de agua	
Entidad que realizó el análisis de agua	

2. RECURSOS CON LOS QUE CUENTA LA FINCA

1.1 FUENTES DE AGUA Y ACCESO A LA FINCA

ACTIVIDADES	OBSERVACIONES
Fuentes de agua (acueducto, quebrada, combinada)	
Tipo de riego utilizado para el cultivo de café	
Frecuencia de riego al cultivo de café	
Época en la que utiliza el riego	
Vías de acceso a la finca ( carretera, camino)	

2.2 CONDICIONES EDAFOCLIMATICAS DE LA FINCA

CARACTERISTICA	OBSERVACION
Drenaje (Bueno, Regular, Malo)	
Erosión (Ligera, Moderada, Severa)	
Topografía (Plana, Ondulada, Pendiente)	
Vientos (Fuertes, Moderados, Leves)	

### 3. ESTABLECIMIENTO DEL CULTIVO DE CAFÉ.

ACTIVIDADES	OBSERVACIONES
Edad del trasplante	
Tipo de sustrato en semillero	
Tipo de sustrato en bolsa	
Fertilizante en bolsa (Fertilizante, Frecuencia, Cantidad)	
Distancia de siembra	
Meses de siembra	
Sombrío presente en el cultivo	
Distancia del sombrío	

#### 3.1 FERTILIZACION DEL CULTIVO DE CAFÉ

Tipo de abono utilizado en siembra	
Dosis de abono orgánico g/pl	
Dosis de abono químico g/pl	
Tipo de abono en utilizado en producción	
Dosis de abono orgánico g/pl	
Dosis de abono químico g/pl	
Frecuencia de aplicación de abono orgánico	
Frecuencia de aplicación de abono químico	
Tipo de riego	
Destino de los empaques de productos químicos	

### 3.2 MANEJO DE LAS PRINCIPALES ARVENSES EN EL CULTIVO DE CAFÉ

Arvenses presentes	
Control utilizado (manual, mecánico, químico, cultural)	
Tipo de producto químico si es el caso	
Tipo de equipo si es el caso (guadaña, machete, azadón)	
Cantidad utilizada en cada aplicación	
Frecuencia con que realiza el control	

### 3.3 MANEJO DE PRINCIPALES PLAGAS Y ENFERMEDADES EN EL CULTIVO DE CAFÉ

Plagas presentes en el cultivo	
Control utilizado (manual, mecánico, químico, cultural)	
Producto químico utilizado si es el caso	
Cantidad utilizada en cada aplicación	
Frecuencia con la que se realiza el control	
Enfermedades presentes en el cultivo	
Control utilizado (manual, mecánico, químico, cultural)	
Producto químico utilizado si es el caso	
Cantidad utilizada en cada aplicación	
Frecuencia con la que se realiza el control	

## 4. PROCESO DE COSECHA Y POSTCOSECHA

## 4.1 COSECHA

Tiempo a la que se obtuvo la primera cosecha	
Meses de cosecha	
Iniciada la cosecha cada cuanto repasa el cultivo	
Durante la cosecha mezcla café de diferentes días	
Método de clasificación antes del beneficio	
Lleva registro de floración	
Registra la cosecha de cada día, semana, mes.	

## 4.2 POSTCOSECHA

Transporte desde el cultivo al sitio de beneficio	
Tiempo entre cosecha y beneficio	
Actividades de beneficio que se realizan en la finca	
Actividades de beneficio que se realiza fuera de la finca	
Composición de la cosecha por madurez del fruto	
Tipo de beneficio ( tradicional, desmucilagador)	
Tipo de fermentación ( seca, húmeda, enzimas)	
Características y condiciones del depósito de fermentación	
Tiempo destinado a la fermentación	
Fuente de agua utilizada en el proceso de fermentación y lavado	

Peso del grano	
Características y condiciones del lugar o equipo de secado (cubierta, piso, aireación, remoción)	
Tiempo destinado al proceso de secado	
Color del grano seco	
Como se realiza la selección del grano seco (manual, mecánica)	
Tipo de empaque utilizado para el c.p.s	
Lugar de almacenamiento del c.p.s	
Destino de los subproductos del café	
Cuenta con pruebas de taza de cosechas anteriores	

## 5. OPERARIOS

Número de operarios en siembra	
Número de operarios en cultivo	
Número de operarios para fertilización por hectárea	
Kilos de grano recolectados por un operario /día	
Valor pagado al jornal/día	
Valor del kilo recolectado	
Capacitaciones dirigidas a los operarios	
Entidad encargada de las capacitaciones	

6. EQUIPOS

Cuenta con equipos para cosecha	
Los operarios cuentan con equipos de protección	
Frecuencia de mantenimiento a equipos	
Frecuencia de limpieza a los equipos	
Características y condiciones de la despulpadora o desmucilaginador	
Frecuencia de calibración de la despulpadora o desmucilaginador	
Frecuencia en que lava la despulpadora o desmucilaginador	
Qué productos utiliza para el lavado de la despulpadora o desmucilaginador	
Estado del tanque de fermentación	
Lugar de almacenamiento de los equipos	
Lugar de almacenamiento de los insumos químicos	

OBSERVACIONES:

---



---



---

RESPONSABLE:

---

CARACTERIZACIÓN DE LA OFERTA AMBIENTAL Y DE POS COSECHA DEL CAFÉ Y  
SU RELACIÓN CON LA CALIDAD DE TAZA EN LOS ECOTOPOS 220A Y 221A DEL  
DEPARTAMENTO DE NARIÑO

OBJETIVO: Caracterización de fincas cafeteras

LOCALIZACION DE LA FINCA

FECHA: \_\_\_\_\_ MUNICIPIO: \_\_\_\_\_ VEREDA: \_\_\_\_\_

PROPIETARIO: \_\_\_\_\_ NOMBRE DE LA FINCA: \_\_\_\_\_

PERSONA ENCARGADA DE LAS RECOMENDACIONES TECNICAS: \_\_\_\_\_

EXTENSION: \_\_\_\_\_ LAT: \_\_\_\_\_ LONG: \_\_\_\_\_ ALTITUD: \_\_\_\_\_

MAPA No.: \_\_\_\_\_ FOTOS No. \_\_\_\_\_

1. COSECHA

OBSERVACIONES	REGISTRO
Cuantos kilos produce un árbol (promedio)	
Cuantos kilos produce una hectárea	
Número de granos en un kilo cosechado	
Número de granos verde presentes en un kilo cosechado	
Peso de los granos verdes presentes en un kilo cosechado	
Número de granos pintones presentes en un kilo cosechado	
Peso de los granos pintones presentes en un kilo cosechado	
Número de granos maduros presentes en un kilo cosechado	
Peso de los granos maduros presentes en un kilo cosechado	

2. POSTCOSECHA

Tiempo transcurrido desde cosecha hasta despulpado	
Características y condiciones del tanque de fermentación	
pH al iniciar la fermentación	
pH al terminar la fermentación	
Temperatura al iniciar la fermentación	
Temperatura al terminar la fermentación	
Calidad del agua utilizada en el proceso de fermentación	
Calidad del agua utilizada en lavado	
Características y condiciones del lugar o equipo de secado	
Tiempo destinado al proceso de secado	

**OBSERVACIONES:**

---



---

**PROPIETARIO O RESPONSABLE DE LA FINCA:**

---