

**COMPONENTES DE RENDIMIENTO DE CAFÉ (*Coffea arabica* L.) VARIEDAD
CASTILLO EN EL MUNICIPIO DE LA FLORIDA - NARIÑO**

**Dayana Lorena Cabrera Pantoja
Alejandra Moncayo Luna**

**Universidad de Nariño
Facultad de Ciencias Agrícolas
Programa de Ingeniería Agronómica
San Juan de Pasto**

2022

**COMPONENTES DE RENDIMIENTO DE CAFÉ (*Coffea arabica* L.) VARIEDAD
CASTILLO EN EL MUNICIPIO DE LA FLORIDA - NARIÑO**

**Dayana Lorena Cabrera Pantoja
Alejandra Moncayo Luna**

**Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de
Ingenieras Agrónomas**

**Presidente de trabajo de grado:
Tulio Cesar Lagos Burbano I.A., Ph. D**

**Universidad de Nariño
Facultad de Ciencias Agrícolas
Programa de Ingeniería Agronómica
San Juan de Pasto**

2022

Nota de responsabilidad

Las ideas y conclusiones aportadas en este Trabajo de Grado son Responsabilidad de los autores.

Artículo 1 del Acuerdo No. 324 de octubre 11 de 1966, emanado por el Honorable Concejo Directivo de la Universidad de Nariño.

Nota de Aceptación:

Firma del Presidente del Jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

San Juan de Pasto, mayo de 2022

Agradecimientos

A Dios por permitirnos realizar el trayecto el cual nos trajo hasta aquí.

Al grupo de investigación de frutales Andinos por contribuir financieramente al desarrollo de este proyecto.

Al doctor Tulio Cesar Lagos, por habernos brindado la oportunidad, por compartir sus conocimientos, además de su dedicación y acompañamiento en toda esta investigación.

A nuestros padres que son el motor de nuestras vidas, demás familiares y amigos que de una u otra manera hicieron parte de este proceso.

Resumen

Colombia es el principal productor de cafés suaves o lavados en el mundo. Está sometido a variaciones de los factores climáticos presentes en cada macro y microambiente, en el departamento de Nariño está registrada la variedad Castillo el Tambo, la cual se adaptó a las condiciones ambientales de las zonas cafeteras, no obstante, puede estar bajo posibles cambios en el comportamiento de la variedad, sin embargo, no se conocen estudios de los componentes de rendimiento en las diferentes zonas del departamento. Por lo tanto, el objetivo de esta investigación fue evaluar los componentes de rendimiento de café (*Coffea arabica* L.) variedad Castillo en tres altitudes del municipio de la Florida Nariño. Localizada en parcelas experimentales correspondientes a un sistema agroforestal, de cuatro años, Las evaluaciones se hicieron cada quince días durante seis meses a 10 árboles en cada finca, a cada árbol se seleccionaron dos ramas al azar por cada tercio de la planta. Sobre estas ramas, se hicieron las mediciones de las variables. La información obtenida fue sometida a un análisis estadístico donde la finca con mayor rendimiento fue la Finca la joya, la finca San Francisco registro el menor rendimiento, según el promedio general de esta investigación, posteriormente se realizó un análisis de componentes principales (ACP) donde se generaron tres componentes principales que explican el 70% de la variabilidad total de esta investigación, las variables de mayor peso en el CP1 fueron el número de hojas por planta (NH), ramas primarias inferiores (RPrI), ramas primarias medias (RPrM), ramas primarias superiores (RPrS), número de entrenudos medios (Nem), número de entrenudos superiores (Nes), en el CP2, el largo de ramas medias (Lrm), largo de ramas inferiores (Lri), largo de ramas superiores (Lrs) y el CP3 el número de hojas (NH) y el rendimiento (Rto).

Palabras clave: peso, crecimiento, análisis de componentes principales, dendograma, variabilidad.

Abstract

Colombia is the main producer of mild or washed coffees in the world. It is subject to variations in the climatic factors present in each macro and micro-environment. In the department of Nariño the Castillo El Tambo variety is registered, which has adapted to the environmental conditions of the coffee growing zones, nevertheless, it may be under possible changes in the behavior of the variety, however, there are no known studies of the yield components in the different zones of the department. Therefore, the objective of this research was to evaluate the yield components of coffee (*Coffea arabica* L.) Castillo variety in three altitudes of the municipality of Florida Nariño. Located in experimental plots corresponding to a four-year agroforestry system, the evaluations were made every fifteen days for six months to 10 trees on each farm, each tree was selected two branches at random for each third of the plant. Measurements of the variables were made on these branches. The information obtained was subjected to a statistical analysis where the farm with the highest yield was the La Joya farm, the San Francisco farm registered the lowest yield, according to the general average of this research, then a principal components analysis (PCA) was performed where three principal components were generated that explain 70% of the total variability of this research, The variables with the greatest weight in CP1 were the number of leaves per plant (NH), lower primary branches (RPrI), middle primary branches (RPrM), upper primary branches (RPrS), number of middle internodes (Nem), number of upper internodes (Nes), in CP2, the length of middle branches (Lrm), length of lower branches (Lri), length of upper branches (Lrs) and in CP3 the number of leaves (NH) and yield (Rto).

Keywords: weight, growth, principal component analysis, dendrogram, variability.

Contenido

Pág.

Introducción.....	11
1. Materiales y métodos.....	14
1.1 Localización.....	14
1.2 Área de Muestreo.....	14
1.3 Condición Climática del Área de Muestreo.....	15
1.4 Variables evaluadas.....	19
1.5 Análisis estadístico.....	21
2. Resultados y discusión.....	22
2.1 Análisis de Componentes Principales.....	24
2.2 Análisis de Conglomerados.....	28
3. Conclusiones.....	30
Referencias.....	31

Lista de tablas

Pág.

Tabla 1. Datos de las localidades muestreadas en el Municipio de La Florida, Departamento de Nariño.....	14
Tabla 2. Datos de las variables de las muestras de café variedad Castillo medidas en tres localidades (1=1858 msnm, 2=2030 msnm, 3=1657 msnm) del municipio de La Florida, departamento de Nariño	23
Tabla 3. Contribución de las variables evaluadas en café variedad Castillo a los tres primeros Componentes Principales (CP).	26
Tabla 4. Resumen de los grupos formados en el análisis de conglomerados, del número de muestras, promedio y correlación de las variables.....	29

Lista de figuras

Pág.

Figura 1.	Comportamiento de la precipitación en Santa Ana (1858 msnm), San Francisco (2030 msnm) y La Joya (1657 msnm) del municipio de La Florida, departamento de Nariño.	16
Figura 2.	Comportamiento de la Temperatura en Santa Ana (1858 msnm), San Francisco (2030 msnm) y La Joya (1657 msnm) del municipio de La Florida, departamento de Nariño.....	17
Figura 3.	Comportamiento de la Luz PAR en Santa Ana (1858 msnm), San Francisco (2030 msnm) y La Joya (1657 msnm) del municipio de La Florida, departamento de Nariño.	18
Figura 4.	Comportamiento de la humedad relativa en Santa Ana (1858 msnm), San Francisco (2030 msnm) y La Joya (1657 msnm) del municipio de La Florida, departamento de Nariño.....	19
Figura 5.	Representación gráfica de los valores propios y la varianza explicada de once Componentes Principales (CP) para once variables de respuesta de tres altitudes para café (<i>Coffea arabica</i>) variedad Castillo.	25
Figura 6.	Dendograma del análisis de componentes principales de 29 muestras de tres localidades.	29

Introducción

Colombia es considerado como el mayor productor del mundo de cafés suaves o lavados, con una producción de 642,000 toneladas en el año 2020, esta, se obtiene de cultivos que se desarrollan en zonas principalmente de ladera con pendientes pronunciadas y prolongadas sobre la cordillera de los andes, en altitudes comprendidas entre los 800 y 2000 msnm, con precipitaciones anuales de entre 800 y 1800 mm/año y temperaturas medias que oscilan entre los 18 y 21 °C (SGC, 2018; FEDECAFE, 2020; ICO, 2020).

El cultivo de café como otros cultivos perenes, está sometido a todas las variaciones de los factores climáticos presentes en cada macro y microambiente, resultado de la interacción entre la atmósfera y el suelo, donde la altitud influye en las variaciones de la temperatura, la radiación solar y la lluvia principalmente (Criollo *et al.*, 2019). El clima define la inducción a la floración y la maduración del fruto, entre otras la expresión del potencial genético (Arcila, 2007), especialmente en los componentes de rendimiento. La lluvia y la radiación solar son dos elementos del clima con mayor importancia, en este sentido las deficiencias hídricas son necesarias para la floración, pero si éstas son muy prolongadas, no permiten la apertura floral, limitan el crecimiento vegetativo y el llenado de los frutos que estén creciendo en ese momento en la planta; por lo tanto, es importante conocer los requerimientos hídricos mínimos y máximos para el café en Colombia (Ramírez *et al.*, 2010).

Además de los factores climáticos, existen otras características de importancia para el cultivo del café, como son: a) la planta es de metabolismo tipo C3, por lo tanto, la pérdida de agua es menor que plantas de metabolismo tipo C4, además la foto-inhibición y la fotorespiración depende de la radiación que las hojas de café estén expuestas, b) a mayores densidades de siembra, mayor el índice de área foliar, lo cual, está relacionado con el proceso de producción, c) los cultivos jóvenes o recién establecidos consumen menos agua que cultivos completamente desarrollados o en etapas de floración y llenado de frutos, y d) el volumen del suelo determina la longitud de la raíz, entre mayor sea longitud mayor es la probabilidad de extraer agua y nutrientes (Fernández *et al.*, 2010; Montagnini *et al.*, 2015; IICA, 2016; Marín *et al.*, 2018).

“En el proceso de producción de la planta, el área foliar (AF) es una variable que interviene directa o indirectamente con los procesos de crecimiento vegetativo, tasa de desarrollo,

eficiencia fotosintética, evapotranspiración, uso de nutrientes y agua. Por lo tanto, está relacionada con la asimilación del carbono durante su ciclo de vida” (Montoya *et al.*, 2017). En las plantas de café, las etapas fenológicas, la variedad, el auto-sombreamiento de las hojas, las técnicas de manejo y la disponibilidad de los recursos ambientales, está conectado con las variaciones en la dinámica del AF y del número de hojas a través del tiempo. Es así, como se convierte en un componente importante para la modelación de cultivos, también el hecho de expresar el AF por unidad de superficie hace de esta variable sea un indicador de la productividad (Marín *et al.*, 2018).

El café se adapta a temperaturas entre 10 y 32°C. Fuera de este límite, no sería posible el desarrollo y crecimiento de las plantas. Además, requiere cerca de 3.250°C por año entre la siembra y la primera floración y 2.500°C acumulados entre la primera floración y la cosecha, para un total de 5.750°C entre la siembra y la cosecha, por lo tanto, la disminución de la producción de café está determinada ya sea por falta de energía acumulada, que incide en la disminución del crecimiento y en la diferenciación floral del café, o por el exceso de energía acumulada, la cual afecta el llenado del fruto. En ambos casos se traduce en disminución de la producción (Montoya *et al.*, 2016; Montoya *et al.*, 2017; Vingola *et al.*, 2018).

Los cultivares y las variedades responden de forma diferencial al ambiente (Camarena *et al.*, 2012), al respecto para la obtención de la variedad Castillo fue obtenida con la mezcla de 35 líneas mejoradas, cuyas versiones fueron evaluadas en diferentes fincas (Alvarado *et al.*, 2005). Para el departamento de Nariño se registró la versión Castillo Tambo, la cual se adaptó a las condiciones ambientales de las zonas cafeteras del departamento de Nariño, no obstante, ha estado sometida a la presión del microclima ofrecido en la zona donde se siembra, ocasionando posibles cambios en el comportamiento de la variedad (Flores *et al.*, 2018), sin embargo, no se conocen estudios de los componentes de rendimiento en las diferentes fincas del departamento (CENICAFÉ, 2015; ANACAFÉ, 2019).

En estudios relacionados con el análisis de muchas variables asociadas a un problema biológico o social como es el efecto que tienen los componentes de rendimiento en la producción de café, el Análisis de Componentes Principales (ACP), asociado a variables cuantitativas, permiten identificar aquellas variables que realmente contribuyen a explicar el problema de manera resumida (Pardo, 2020). Igualmente, a través del ACP, se analizan y visualizan las correlaciones entre los datos, las distancias entre individuos y las variables que influyen en el rendimiento, su relación con los componentes climáticos entre otras (Riño,

2013; Salamanca, 2015).

Los objetivos de esta investigación fueron evaluar los componentes de rendimiento de café (*Coffea arabica* L.) variedad Castillo en tres altitudes del municipio de la Florida Nariño, es preciso señalar que, en Nariño, no hay conocimiento sobre el comportamiento a través del tiempo de las variedades liberadas por Cenicafé, tal es el caso de la variedad Castillo. La expresión de las características por las cuales fue recomendada la variedad Castillo, entre ellas la diversidad genética, el aprovechamiento de dos tipos de resistencia y tolerancia a *Hemileia vastatrix*, y la calidad en taza (Cenicafé, 2011).

Una de las variables de importancia económica, es el rendimiento, cuyos componentes pueden haber sido afectados; sin embargo, no es posible establecer el impacto del microambiente donde se desarrolla la variedad Castillo, sino se conoce la expresión de los componentes de rendimiento. Hasta el momento no existe información acerca del comportamiento de la variedad Castillo en las zonas donde se ha instituido. Por esta razón, no se ha implementado un manejo agronómico adecuado que aproveche las características que la variedad Castillo posee, especialmente la producción del café pergamino seco.

1. Materiales y métodos

1.1 Localización

La presente investigación se llevó a cabo en el municipio de La Florida, en tres ensayos del proyecto denominado “Evaluación del efecto de sombra en diferentes especies arbóreas en el comportamiento agronómico y calidad de café Consacá, Nariño Occidente” del Sistema General de Regalías (Tabla 1). La temperatura anual promedio del municipio de La Florida es de 17°C, con una precipitación de 1559 mm (CLIMATE-DATA, 2017).

Tabla 1.

Datos de las localidades muestreadas en el Municipio de La Florida, Departamento de Nariño.

Vereda	Coordenadas	Altitud (msnm)
Santa Ana	1°23'91" LN 77°18'93" LO	1858
San Francisco	1°22'31" LN 77°20'17" LO	2030
La Joya	1°22'14" LN 77°17'96" LO	1667

1.2 Área de Muestreo

El área de muestreo en cada una de las altitudes descritas anteriormente estuvo localizada en parcelas experimentales que tenían una superficie de una hectárea, estas parcelas corresponden a un sistema agroforestal. La variedad de café utilizada fue variedad Castillo de cuatro años. En esta investigación se trabajó sobre el tratamiento tres que consta de café (1,3 x 1,3m) más guamo macheto y/o carbonero gigante (12 x 12m). Las evaluaciones se hicieron cada quince días durante seis meses, se eligieron 10 árboles al azar en cada finca, cabe resaltar que en la finca San Francisco solo se tomó el dato de 9 árboles debido a que hubo la pérdida de un árbol muestreado. Estos se marcaron por una sola vez y se los etiquetó del 1 al 10. En cada árbol se seleccionaron dos ramas al azar por cada tercio de la planta, las cuales fueron rotuladas. Sobre estas ramas, se hicieron las mediciones de las variables descritas.

1.3 Condición Climática del Área de Muestreo

En la Figura 1, se pueden observar las precipitaciones acumuladas por mes, durante el periodo de la investigación. En la finca La Joya, los meses en los cuales no se presentaron precipitación fueron en septiembre y diciembre. En el mes de agosto se presentó la máxima precipitación de 190 mm aproximadamente. En la finca San Francisco se registró una precipitación máxima de 240 mm, la más alta de las tres fincas y del periodo total evaluado. El mes que registro la menor precipitación de esta finca fue el mes de diciembre con 38 mm. Esta finca es la que mayor fluctuación tiene en cuanto a los valores presentados de precipitación. La Finca Santa Ana se caracterizó por presentar precipitaciones constantes donde el menor valor registrado fue de 5 mm, en el mes de junio y la máxima precipitación fue de 135 mm en el mes de noviembre. Estos datos muestran que no hubo déficit severo de precipitación o al contrario exceso de precipitación en ninguna de las tres fincas evaluadas. Peña *et al.* (2012) afirman que “las deficiencias hídricas severas a nivel del suelo, así como los excesos, pueden afectar el crecimiento y desarrollo vegetativo y productivo de la planta”; por otra parte, Bustamante *et al.* (2015) mencionan que las precipitaciones son fundamentales para un buen rendimiento, debido a que unas bajas precipitaciones reducen la producción del café, por lo tanto, las condiciones climáticas que se presentaron en el área de muestreo indican que los rendimientos no se vieron limitados por las precipitaciones.

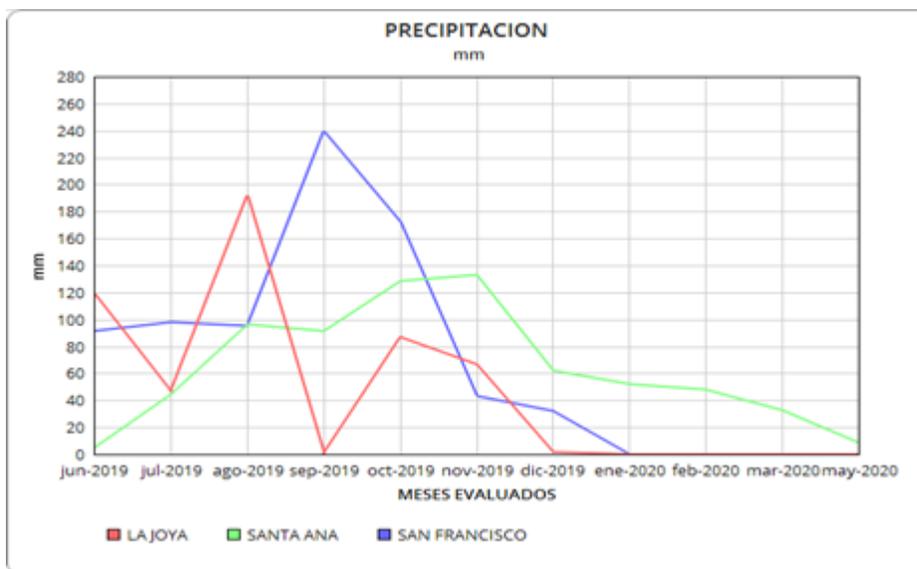


Figura 1. Comportamiento de la precipitación en Santa Ana (1858 msnm), San Francisco (2030 msnm) y La Joya (1657 msnm) del municipio de La Florida, departamento de Nariño.

Respecto a la temperatura (Figura 2) durante el periodo de evaluación, se pudo observar que en las tres fincas los datos fueron constantes. La finca la Joya presentó la mayor temperatura registrada de las tres fincas, con un valor máximo en el mes de septiembre de 27°C, y el mínimo valor con 24°C, sin muchas variaciones entre octubre del 2019 hasta mayo del siguiente año. La finca San Francisco presentó un comportamiento homogéneo, sin aumentos significativos en su temperatura. Entre junio y diciembre, la temperatura se mantuvo en un rango de 24°C, con la mayor temperatura registrada en el mes de enero con 26°C. Finalmente, la Finca Santa Ana fue la que registró las temperaturas más bajas, donde la mínima temperatura fue observada en el mes de agosto con 20°C, para los meses de septiembre hasta diciembre la temperatura se mantuvo en los 22°C y la máxima temperatura alcanzada fue en el mes de enero con 24°C.

Como se puede observar, la finca con menor altura es la que registra las temperaturas más altas. Esta variable tiene relación directa con la altitud. En este sentido, Pérez *et al.* (2016) afirman que “el principal generador de variación en los datos de temperatura del aire en la zona cafetera es la altura sobre el nivel del mar”, además sugiere que el rango óptimo de temperatura es de 14°C a 28°C, siendo así que las condiciones experimentales presentadas en esta investigación están dentro de estos rangos; además de ser valores favorables, al estar intrínsecamente relacionados con los procesos fisiológicos, incidiendo en el crecimiento y producción de las plantas (Ruiz *et al.*, 2008).

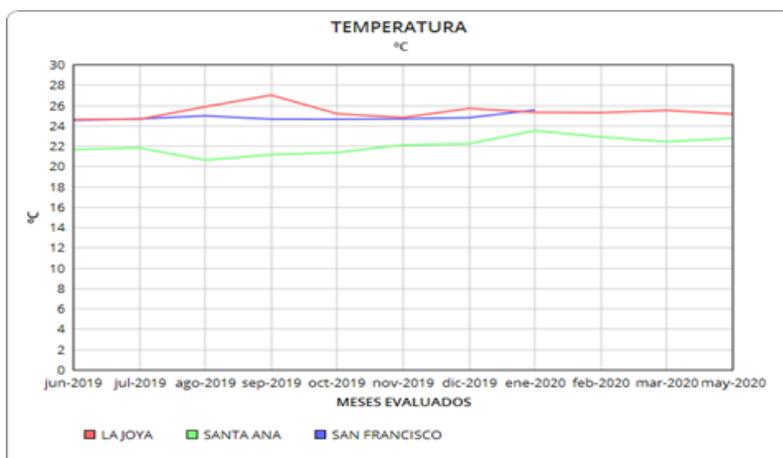


Figura 2. Comportamiento de la Temperatura en Santa Ana (1858 msnm), San Francisco (2030 msnm) y La Joya (1657 msnm) del municipio de La Florida, departamento de Nariño.

La variable de luz PAR se muestra en la Figura 3. Para la finca La Joya se registraron los mayores valores de luz PAR. En el mes de diciembre, se registró el valor más alto de 1000 $\mu\text{M}/\text{m}^2\text{s}$ y en el mes de marzo el valor más bajo de esta finca 800 $\mu\text{M}/\text{m}^2\text{s}$. En la Finca San Francisco se observaron los datos más bajos con un máximo en el mes de enero con 900 $\mu\text{M}/\text{m}^2\text{s}$ y el mínimo en el mes de octubre con 700 $\mu\text{M}/\text{m}^2\text{s}$. Finalmente, la finca Santa Ana registro el mayor valor en el mes de octubre con 1000 $\mu\text{M}/\text{m}^2\text{s}$ y el menor valor en los meses de junio y marzo con valores de 800 $\mu\text{M}/\text{m}^2\text{s}$.

Da Silva *et al.*, (2017) indican que esta variable es de gran importancia, debido a la influencia directa que ejerce sobre el AF, la cual es determinante para el buen desarrollo de la planta y, por ende, una mejor producción de las plantas de café variedad Castillo.



Figura 3. Comportamiento de la Luz PAR en Santa Ana (1858 msnm), San Francisco (2030 msnm) y La Joya (1657 msnm) del municipio de La Florida, departamento de Nariño.

La humedad relativa (Figura 4) fue semejante en las tres fincas, con el pico más bajo en el mes de enero con 45% en todas las fincas que coinciden con la presencia de menos precipitaciones. Por el contrario, los valores de humedad más altos registrados se obtuvieron en los meses de junio hasta septiembre con valores entre 80 y 85% con muy pocas diferencias entre las tres fincas. Entre marzo y mayo las humedades fueron del 75% para La Joya y de 85% para Santa Ana.

La importancia de la humedad relativa en la producción de las plantas, a través de sus efectos sobre el potencial hídrico y la evapotranspiración hace que se convierta en una variable significativa, pues si esta variable presenta un alto o bajo valor puede favorecer la incidencia de enfermedades fúngicas o bacterianas en el cultivo. Además, Gil Marín *et al.* (2006) resaltan la importancia de la humedad relativa ya que esta variable influye directamente en los procesos de transpiración de la planta, en la apertura y cierre de estomas.

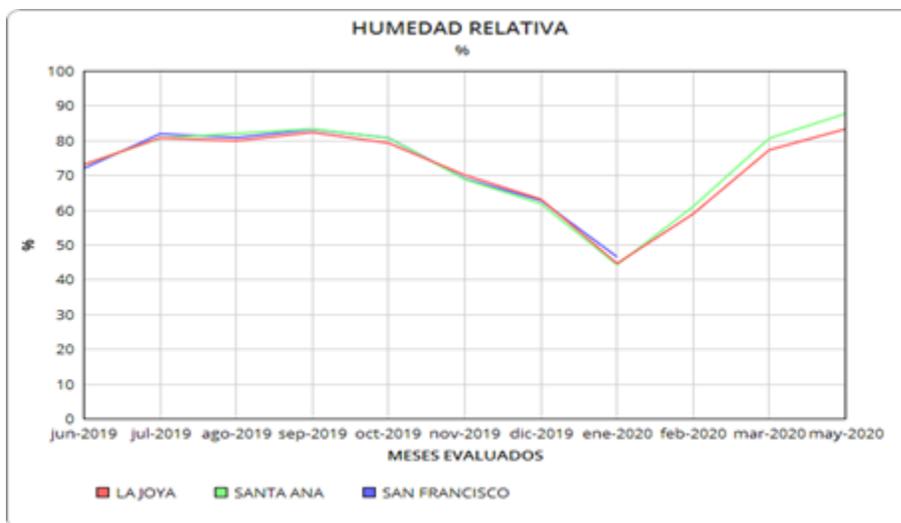


Figura 4. Comportamiento de la humedad relativa en Santa Ana (1858 msnm), San Francisco (2030 msnm) y La Joya (1657 msnm) del municipio de La Florida, departamento de Nariño.

1.4 Variables evaluadas

Los datos de las variables climáticas como humedad del suelo, luz par, temperatura, humedad relativa y precipitación y fueron tomadas de las bases que reposan en los archivos del proyecto financiado por el Sistema General de Regalías. Estos datos se tomaron de una estación meteorológica marca WatchDog 2000 de cada uno de los sitios anteriormente descritos.

Dentro de las variables morfo agronómicas se encuentra la altura de la planta (AP) considerada como la distancia en metros entre la unión de la raíz con el tallo y el tallo hasta el ápice de la planta, número de ramas primarias superior, media e inferior (RPr), diámetro basal de la planta en centímetros (DB) la cual se tomó cinco centímetros por encima del punto de unión entre la raíz y el tallo, número de hojas por planta (NH), longitud en centímetros de ramas superior, media e inferior (Lr) esta variable se midió en dos ramas tomadas al azar en cada uno de los tercios. Además, se realizó el conteo del número de entrenudos superior, medio e inferior (Ne) en seis ramas escogidas previamente.

El Área foliar (AF) se determinó mediante el modelo matemático que considera la longitud de la hoja de café (Criollo *et al.*, 2019), el cual se describe a continuación:

$$AF = \frac{a + bx}{1 + cx + dx^2}$$

Dónde: **AF** = área foliar, **a** = 4,541, **b** = 2,34, **c** = 0,154, **d** = 0,0075, **x** = longitud en centímetros de la hoja.

Una vez se calculó el área foliar, se multiplico por el número de hojas por planta, para obtener el área foliar total.

Para el índice de área foliar (IAF) se utilizó lo fórmula propuesta por Watson (1947):

$$IAF = \frac{AF}{AS}$$

Dónde: **AF** = área foliar total, **AS** = área del suelo.

En el periodo de cosecha, en diez plantas tomadas al azar, se hicieron las evaluaciones del número total de frutos por planta (FPP), del peso en gramos de 100 frutos tomados al azar de cada planta. El rendimiento en kilos por planta se obtuvo con base en el conteo de frutos por planta, peso de 100 frutos y la relación café cereza versus café pergamino seco.

1.5 Análisis estadístico

Los datos obtenidos se registraron en una matriz de individuos por variable en una hoja electrónica de Excel. Posteriormente, se calculó la desviación estándar y el coeficiente de variación para cada una de ellas. Aquellas variables que presentaron un coeficiente de variación mayor o igual a 20%, fueron sometidos a los Análisis de Componentes Principales y Clasificación Jerárquica con el fin de establecer no solamente el grado de relación entre las variables estudiadas sino también como se forma grupos homogéneos que puedan explicar la variabilidad de los datos obtenidos. Los análisis se hicieron con ayuda del paquete estadístico SPAD (Bécue y Valls, 2005).

2. Resultados y discusión

La investigación se inició con la evaluación de 15 variables, las cuales se sometieron a análisis estadístico, donde se eligieron aquellas que obtuvieron un mayor coeficiente de variación (CV) y desviación estándar, resultando 11 variables seleccionadas. En la Tabla 2, se muestran los datos de las variables número de hojas (NH), ramas primarias inferiores (RPrI), ramas primarias medias (RPrM), ramas primarias superiores (RPrS), largo de ramas inferiores (Lri), largo de ramas medias (Lrm), largo de ramas superiores (Lrs), número de entrenudos inferiores (Nei), número de entrenudos medios (Nen), número de entrenudos superiores (Nes) y rendimiento (Rto), obtenidos en tres fincas del municipio de La Florida, departamento de Nariño.

Los CV a través de las tres fincas de las variables seleccionadas para el Análisis de Componentes Principales (ACP) estuvieron entre 20,01 y 51,9%, lo cual indica una alta variación. Los rendimientos en las tres fincas oscilaron entre 0,90 y 4,67 t ha⁻¹. El 41,38% de los rendimientos observados correspondieron a valores entre 0,90 y 2,14 t ha⁻¹, el 34,48% entre 2,15 y 3,41 t ha⁻¹ y el 24,13% entre 3,41 y 4,67 t ha⁻¹.

En la finca San Francisco con una altitud de 2030 msnm se obtuvo un rendimiento inferior de 1,84 t ha⁻¹, la finca La Joya que se encuentra a una altitud inferior a las demás fincas, obtuvo un rendimiento promedio de 2,97 t ha⁻¹, con estos resultados se puede evidenciar la influencia de factores ambientales propios de cada finca como la altitud sobre el rendimiento obtenido. Al respecto, Lara (2007) menciona la influencia positiva que existe entre la altitud y el rendimiento obtenido del cultivo de café. También Bustamante *et al.* (2004) y Puerta (2016) indican que los rendimientos en relación con el material genético y las diferentes altitudes, tienen un efecto significativo y este puede explicarse por las variables evaluadas a los árboles de café variedad Castillo, Por lo tanto, se afirma la tendencia que se mostró al obtener un mayor rendimiento en una finca con menor altura, como es el caso de la tercera finca La Joya que se sitúa a 1667 msnm y obtuvo un rendimiento de 2,97 t ha⁻¹.

Tabla 2.

Datos de las variables de las muestras de café variedad Castillo medidas en tres localidades (1=1858 msnm, 2=2030 msnm, 3=1657 msnm) del municipio de La Florida, departamento de Nariño.

M	Loc	NH	RPrI	RPrM	RPrS	Lri	Lrm	Lrs	Nei	Nen	Nes	Rto
1	1	1123,00	14,00	18,00	12,00	70,50	47,50	36,00	25,50	16,50	11,50	1,24
2	1	2813,00	24,00	21,00	25,00	65,50	43,50	34,00	27,00	14,00	12,00	1,44
3	1	1222,00	24,00	19,00	18,00	54,00	41,00	33,50	21,00	20,00	12,00	1,49
4	1	1199,00	20,00	13,00	14,00	60,00	48,00	34,00	37,00	16,00	12,50	1,76
5	1	1795,00	19,00	20,00	15,00	58,50	56,50	39,50	48,50	12,50	12,00	1,94
6	1	1482,00	12,00	16,00	13,00	49,50	50,50	40,50	37,00	16,50	10,50	2,95
7	1	2134,00	20,00	25,00	18,00	60,00	51,50	35,50	34,50	18,50	12,50	3,11
8	1	1178,00	20,00	25,00	18,00	63,00	47,50	43,50	12,00	15,50	11,50	3,40
9	1	1552,00	22,00	15,00	21,00	38,50	46,00	38,00	56,00	11,50	10,50	4,03
10	1	2053,00	26,00	20,00	19,00	61,50	46,50	35,50	42,00	16,50	12,50	4,24
11	2	1692,00	21,00	27,00	34,00	70,50	54,00	36,00	34,00	27,00	23,00	0,99
12	2	1680,00	36,00	30,00	33,00	71,50	67,50	50,50	32,50	43,50	18,50	1,51
13	2	2005,00	36,00	36,00	43,00	65,00	54,50	38,50	37,00	22,00	21,50	1,53
14	2	2028,00	39,00	32,00	33,00	50,50	55,50	49,00	51,00	28,00	30,00	1,54
15	2	1930,00	25,00	30,00	42,00	61,00	70,50	61,50	35,00	30,50	27,50	2,17
16	2	1800,00	26,00	32,00	33,00	46,50	43,50	54,00	61,00	21,50	28,00	2,25
17	2	2010,00	31,00	34,00	41,00	69,50	55,00	42,50	73,00	23,50	33,50	2,29
18	2	1754,00	30,00	33,00	37,00	79,00	51,00	46,00	41,50	36,00	23,00	2,48
19	2	1980,00	34,00	30,00	41,00	70,50	66,50	39,50	35,00	31,50	31,00	3,72
20	3	2058,00	22,00	17,00	33,00	30,00	25,50	12,00	61,00	62,00	46,00	0,90
21	3	1650,00	23,00	22,00	27,00	54,50	56,00	39,50	33,00	16,00	11,50	1,49
22	3	1750,00	14,00	27,00	23,00	82,50	58,50	39,50	34,00	28,00	10,50	1,76
23	3	1630,00	20,00	22,00	24,00	75,50	48,50	33,50	39,50	20,00	17,50	2,25
24	3	1624,00	18,00	19,00	27,00	60,50	47,00	36,00	38,50	29,50	12,50	2,46
25	3	2000,00	18,00	18,00	32,00	38,00	66,00	31,50	25,50	21,50	12,50	2,88

26	3	1438,00	14,00	14,00	22,00	38,00	41,50	27,50	26,00	23,50	10,00	4,19
27	3	1620,00	20,00	20,00	22,00	66,50	53,50	34,50	33,00	16,00	12,00	4,57
28	3	2001,00	26,00	21,00	23,00	79,00	74,50	49,00	19,50	18,50	12,50	4,60
29	3	1901,00	28,00	25,00	26,00	73,50	71,50	43,50	22,50	13,50	34,50	4,67
Media		1762,14	23,52	23,48	26,52	60,79	53,07	39,10	37,00	23,09	18,28	2,55
DE		352,764	6,97	6,51	9,18	13,47	10,68	9,00	13,57	10,62	9,53	1,18
CV			29,63	27,71	34,60	22,15	20,13	23,02	36,68	45,98	51,86	46,15

DE=desviación estándar, CV= coeficiente de variación, N=; número de hojas, RPr= ramas primarias inferiores, RPrM= ramas primarias medias, RPrS= ramas primarias superiores, Lri= largo de ramas inferiores, Lrm= largo de ramas medias, Lrs= largo de ramas superiores, Nei= número de entrenudos inferiores, Nen= número de entrenudos medios, Nes= número de entrenudos superiores, Rto= rendimiento.

2.1 Análisis de Componentes Principales

El ACP (Figura 5) indica los valores propios y la variabilidad explicada por los componentes principales con relación a la proporción de la varianza explicada por cada uno de ellos y la varianza acumulada; sin embargo, para explicar toda la variabilidad, solo es necesario considerar los tres primeros componentes principales que explican el 70% de la variabilidad total encontrada en las muestras evaluadas, De esta manera, se tiene en cuenta el principio de la “parsimonia” el cual sugiere “un criterio para seleccionar la mejor opción entre varias igualmente soportadas por los datos” (De Luna, 2005) por lo tanto, se explica la mayor variabilidad posible en los tres componentes principales (Ramírez et al., 2011).

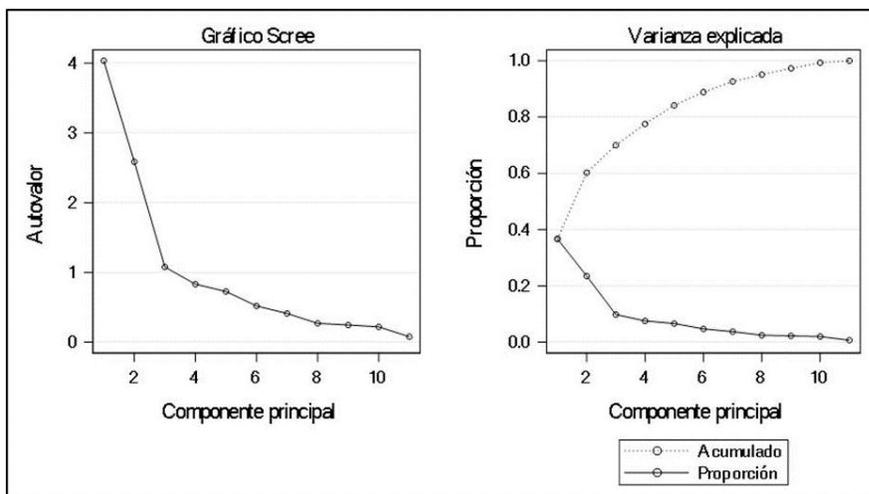


Figura 5. Representación gráfica de los valores propios y la varianza explicada de once Componentes Principales (CP) para once variables de respuesta de tres altitudes para café (*Coffea arabica*) variedad Castillo.

La contribución de las variables a los Componentes Principales se muestra en la Tabla 3. Las variables con mayor peso asociadas al CP1 fueron el número de hojas por planta (NH), ramas primarias inferiores (RPrI), ramas primarias medias (RPrM), ramas primarias superiores (RPrS), número de entrenudos medios (Nem), número de entrenudos superiores (Nes) Estas variables aparte de contribuir a la varianza del CP1, lo que podría determinarse como la característica del componente, ya que todas las variables forman parte de la estructura vegetativa de la planta, donde se realizan procesos fisiológicos que determinan el rendimiento de los árboles de café, así lo manifiestan Avedaño *et al.* (2021) que estas variables son determinantes para la producción de café (Blanco *et al.*, 2003; Granada *et al.*, 2007).

Se pudo observar que el CP1 está representando por las variables asociadas al crecimiento vegetativo de la planta, que posteriormente va a determinar la producción que se obtendrá de cada lote evaluado. Por otra parte, Zapata *et al.* (2015) afirman que características como el número total de hojas y el número de ramas que posee una planta de café son propias de cada variedad, pero a su vez, también están influenciadas por la interacción que se da entre el genotipo y el ambiente. Consecuentemente, de esta interacción dependerá la capacidad productiva del cultivo de café, tal como lo manifiesta Avedaño *et al.* (2021).

Tabla 3.

Contribución de las variables evaluadas en café variedad Castillo a los tres primeros Componentes Principales (CP).

Variable	CP1	CP2	CP3
Número de hojas (NH)	0,26*	-0,04	0,49*
Ramas Primarias Inferiores (RPrI)	0,41*	0,07	0,09
Ramas Primarias Medias (RPrM)	0,44*	0,15	-0,18
Ramas Primarias Superiores (RPrS)	0,45*	-0,07	0,05
Largo de ramas inferiores (Lri)	0,13	0,41*	-0,36
Largo de ramas Medias (Lrm)	0,18	0,48*	0,10
Largo de ramas Superiores (Lrs)	0,23	0,41*	-0,10
Numero de entrenudos inferiores (Nei)	0,21	-0,35	0,18
Numero de entrenudos medios (Nem)	0,25*	-0,35	-0,22
Numero de entrenudos superiores (Nes)	0,37*	-0,25	0,10
Rendimiento (Rto)	-0,11	0,28*	0,69*

*Valores con mayor magnitud o peso, escogidos para describir cada CP

El CP2 explica el 22% de la varianza total (Figura 5). Dentro de este CP, las variables que más contribuyeron a su formación fueron el largo de ramas medias (Lrm), largo de ramas inferiores (Lri), largo de ramas superiores (Lrs). Según Blanco *et al.* (2003) estas variables son de mucha importancia debido al crecimiento constante y producción de entrenudos, la cual se detiene únicamente para dar formación y llenado de fruto, influyendo directamente en el rendimiento (Rto).

Al contrastar el CP1 con el CP2 se evidencia que el primer componente está representado por las variables que determinan el crecimiento y desarrollo vegetativo de la planta, mostrando que una tercera parte de la varianza total de esta investigación se puede explicar con estas variables de crecimiento vegetativo. Por otra parte, el segundo componente muestra la influencia de variables de crecimiento como lo es el largo de ramas, pero también las variables productivas como lo es el rendimiento (Rto) mostrando que el CP2 representa el estado de transición desde una fase de crecimiento hacia una fase reproductiva.

El CP3 aporta el 15% de la variabilidad total de la investigación, está representado positivamente por el número de hojas (NH) y el rendimiento (Rto) midiendo principalmente la producción del cultivo café. El número de hojas que posee una planta no solo está ligado al crecimiento vegetativo sino también es muy importante en el proceso productivo de la planta, ya que aquí se lleva a cabo el proceso donde se transforma la energía lumínica en energía química que se usara para los procesos metabólicos vegetativos y/o reproductivos de la planta (Montoya *et al.*, 2017).

Al comparar el CP1 con el CP3 se puede observar que los dos componentes tienen influencia positiva de la variable Número de hojas (NH), sin embargo, es notable que el CP1 se caracteriza principalmente por medir el crecimiento y desarrollo vegetativo, debido a que todas las demás variables que lo conforman involucran exclusivamente los procesos fisiológicos de crecimiento de la planta. Por el contrario, el CP3 está representada por la variable productiva cual, dentro de este componente, el rendimiento es la que tiene mayor peso, haciendo que este componente sea el que mide la producción de las plantas de café de esta investigación.

Por otra parte, el CP2 comparte la influencia positiva de la variable Rendimiento (Rto) con el CP3, pero es notable que la variable tenga mucho más peso en el CP3 (0,7) a diferencia del CP2 (0,3). De esta forma se puede definir que el CP2 mide directamente el estado de transición de crecimiento al estado productivo de la planta, debido a que está conformado por variables que tienen mayor peso, como lo son las longitudes de las ramas, que inicialmente hacen parte de un estado de crecimiento y posteriormente serán responsables del rendimiento de los árboles, a diferencia del CP3 que posee dos variables que son responsables directamente del proceso productivo del cultivo como lo es el Número de hojas (NH) y el Rendimiento (Rto), así se puede afirmar que el tercer componente involucra solo el proceso productivo.

2.2 Análisis de Conglomerados

En la Tabla 4, se muestran las características de los conglomerados. El primer clúster está formado por las muestras 1, 3, 4 y 8 de la finca Santa Ana (Figura 6). Estas representan el 13,79% del total de las muestras, donde las variables una mayor correlación son el rendimiento (Rto) con un 49% y el número de entrenudos inferiores (Nei) con un 43%, dentro de este grupo se observa que la variable largo de ramas inferiores (Lri) que obtuvo el mejor promedio en comparación al total de variables del mismo clúster.

El segundo clúster, conformado por las muestras 5, 16, 18, 22, 11, 12, 21, 23, 27, 24, 6, 26 y 9 (Figura 6), contiene muestras de las tres fincas evaluadas que representan el 44,82% del total, es el clúster con el mayor porcentaje de muestras. Las variables más representativas fueron las ramas primarias inferiores (RPrI), ramas primarias medias (RPrM) y largo de ramas inferiores (Lri), con porcentajes de 31, 28 y 24%, respectivamente. Las variables con mejores promedios dentro del clúster número dos a comparación con los demás conglomerados fueron largo de ramas superiores y numero de entrenudos inferiores.

Finalmente, el tercer clúster conformado por las muestras 2, 7, 20, 10, 14, 17, 13, 19, 28, 25, 15, 29 representando el 41,37 % del total de las muestras. Este grupo contiene muestras de las tres fincas, pero en mayor frecuencia de la finca San Francisco. Las variables más representativas son el número de hojas, ramas primarias superiores, largo de ramas medias, largo de ramas superiores, numero de entrenudos medios, numero de entrenudos superiores, siendo la mejor muestra dentro de todo el análisis de conglomerados, este resultado indica que el número de entrenudos medios es la variable más compacta dentro de todas las muestras analizadas. Los mejores promedios de las variables evaluadas están representados en su mayoría por el clúster número tres.

Tabla 4.

Resumen de los grupos formados en el análisis de conglomerados, del número de muestras, promedio y correlación de las variables.

Variable	Número de muestras			Promedio			Correlación		
	Clúster	Clúster	Clúster	Clúster	Clúster	Clúster	Clúster	Clúster	Clúster
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
NH	4	13	12	1180	1651	2076*	3,58	6,80	11,54*
RPrI	4	13	12	19,5	21,1	27,41*	21,1	31,40*	23,55
RPrM	4	13	12	18,7	22,84	25,75*	26,2	28*	25,22
RPrS	4	13	12	15,5	25,46	31,33*	19,3	28,70	29,03*
Lri	4	13	12	61,8*	60,88	60,33	11,8	24,42*	23,83
Lrm	4	13	12	46	50,84	56,75*	7,26	13,45	24,90*
Lrs	4	13	12	36,7	39,61*	39,33	12,5	17,93	30,39*
Nei	4	13	12	23,8	39,57*	38,58	43,5*	25,29	41,54
Nem	4	13	12	17	23,19	25*	12,0	40,64	52,34*
Nes	4	13	12	11,8	15,24	23,83*	4,03	39,28	48,34*
Rto	4	13	12	1,97	2,52	2,75*	49,4*	44,13	47,72

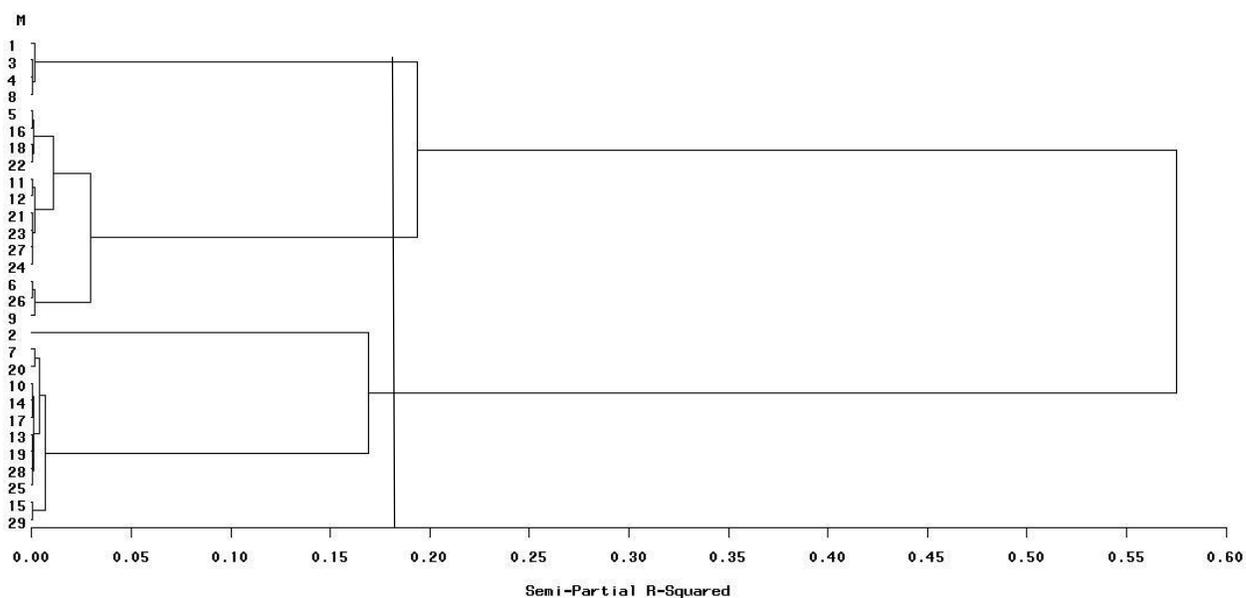


Figura 6. Dendrograma del análisis de componentes principales de 29 muestras de tres localidades

3. Conclusiones

El análisis estadístico registro el mayor rendimiento en las muestras de la finca La Joya, por el contrario, el menor rendimiento se registró en las muestras de la finca San Francisco.

El análisis de componentes principales estimo la mayor variabilidad de las muestras evaluadas en tres componentes con un 70% de la variabilidad total.

El componente uno está representado por el crecimiento vegetativo de la planta, la variable más representativa fue el número de ramas. Los componentes dos y tres están representados por las variables largo de ramas y rendimiento, respectivamente.

Referencias

- ANACAFÉ. Asociación Nacional del Café. (2019). Guía de variedades de café, Guatemala 2(1):14-16. Disponible en:
<https://www.anacafe.org/uploads/file/9a4f9434577a433aad6c123d321e25f9/Gu%C3%ADa-de-variedades-Anacaf%C3%A9.pdf>.
- Alvarado, G., Posada, H., Cortina, H. (2005). Castillo Nueva variedad de Café Con resistencia a la roya. 1(1): 2-3. Disponible en:
<https://www.cenicafe.org/es/publications/avt0337.pdf>.
- Avendaño, CH., Gómez, Y., Martínez, M., Méndez, I., Ortíz, S., Ariza, R., Canul, J., Reyes, D. (2021) Radiación gamma de 60 Co en características morfológicas y reproductivas de plantas M1 en Coffea arabica L. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios 8(1): e2730. Disponible en: 10.19136/era. a8n1.2730.
- Arcila, P. (2007). Factores que determinan la productividad del cafetal. En Sistema de producción de café en Colombia 1(2):62-86. Disponible en:
http://infocafes.com/portal/wpcontent/uploads/2017/12/Sistemasproducci%C3%B3n-caf%C3%A9-Colombia_.pdf.
- Bécue, M., Y Valls, J. (2005). Manual de introducción a los métodos factoriales y clasificación con SPAD. Bellaterra: Servei d'Estadística. Universidad Autònoma de Barcelona. Disponible en:
<http://sct.uab.cat/estadistica/sites/sct.uab.cat.estadistica/files/manualSPAD.pdf>.
- Blanco, Moisés., Hagggar, Jeremy., Madriz, Jazmín., Moraga, Pedro., Pavón, Giovanni, (2003). Morfología del café (Coffea arabica L.), en lotes comerciales. Nicaragua, Agronomía Mesoamericana. Disponible en: 10.15517/am.v14i1.11996.
- Bustamante, J., Casanova, A., Numa, R., & Monterrey, C. (2004). Estimación temprana del potencial de rendimiento en café (Coffea arabica L.) Var. Bramón I. Bioagro, 16 (1), 3-8. Disponible en:
http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S131633612004000100001&lng=es&tlng=es.

- Bustamante, C., Pérez, A., Rivera, R., Martín, G., Viñal, R. (2015) Influencia de las precipitaciones en el rendimiento de *coffea canephora* Pierre ex Froehner cultivado en suelos pardos de la región oriental de Cuba, *Revista De Cultivos Tropicales*. 36 (4), 21-27. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v36n4/ctr03415.pdf>.
- Camarena, M., Chura, C., Blas R. (2012). Mejoramiento genético y biotecnológico de plantas 1(1) 15. Disponible en: https://www.agrobanco.com.pe/wpcontent/uploads/2017/07/MEJORAMIENTO_GENETICO_Y_BIOTECNOLOGICO_DE_PLANTAS.pdf.
- Cenicafé. Centro Nacional De Investigaciones De Café. (2015). Informe anual Cenicafé. 1(1) 13. Disponible en: <https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/658/1/39286.pdf>.
- Criollo, E., Muñoz, B., Checa, B. y Noguera, R., (2019). Crecimiento inicial de café (*Coffea arabica* L.) var. Castillo en la zona cafetera de Nariño. *Revista De Ciencias Agrícolas*, 36 (E), 124-137. Disponible en: <https://doi.org/10.22267/rcia.1936E.112>.
- CLIMATE-DATA (2017). La Florida clima (Colombia). Disponible en: <https://es.climate-data.org/america-del-sur/colombia/narino/la-florida-49613/>.
- Da Silva, M., De Almeida, A., Dalmolina, Â., Ahnert A, D., Virupax C. (2017). Influence of low light intensity and soil flooding on cacao physiology. *Scientia Horticulturae* (217) 243-25. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.01.038>.
- De Luna, E., Guerrero, J.A., Chew T. (2005). Sistemática biológica: avances y direcciones en la teoría y los métodos de la reconstrucción filogenética. *Hidrobiológica*, 15(3), 351-37. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57815311>.
- FEDECAFÉ. Federación Nacional De Cafeteros De Colombia. (2020). Producción de café de Colombia, prensa. Disponible en: <https://federaciondefcafeteros.org/wp/listado-noticias/produccion-de-cafe-de-colombia-crece-12-en-junio/>.

- Fernández María Elena, Gyenge Javier E. (2010). Técnicas en medición en ecofisiología vegetal: conceptos y procedimientos, 1(7). 91. Disponible en:
https://inta.gob.ar/sites/default/files/scripttmpintatecnicas_en_medicion_en_ecofisiologia_vegetal.pdf.
- Flórez R., C.P.; Arias S., J.C.; Maldonado L., C.E.; Cortina G., H.; Mocada B., M.D.P.; Quiroga C., J.; Molina V., D.M.; García, J.C.; Duque O., H. (2018). Variedades Castillo Zonales resistencia a la roya con mayor productividad. 1(1) 5-6.
Disponible en:
https://www.cenicafe.org/es/index.php/nuestras_publicaciones/avances_tecnicos/avt489.
- Gil Marín, J., Rodríguez, R., Jasso, D., Zermeño, A. (2006) Resistencia estomática, transpiración y potencial hídrico en sábila con diferentes condiciones ambientales. Terra Latinoamericana. 24 (3), 355-365. Disponible en:
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57311103007>.
- Granada, Dayhan., Moreno, Argemiro., García, Javier., Mejía, Jhon. (2007) Estudio del sistema de producción fríjol relevo maíz, intercalado en zocas de café. Cenicafé 58 (2) :111-121. Disponible en :
<https://www.cenicafe.org/es/publications/arc058%2802%29111-121.pdf>.
- IICA. Instituto Interamericano De Cooperación Para La Agricultura (2016). La situación y tendencias de la producción de café en américa latina y el caribe. En: Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco A.C, 1(6): 4-5. Disponible en:
<https://repositorio.iica.int/bitstream/11324/2792/1/BVE17048805e.pdf>.
- ICO. International Coffee Organization. (2020). Monthly export data for the last six months. International Coffee Organization, 1(2). Disponible en:
<http://www.ico.org/prices/m3-exports.pdf>.
- Lara Estrada, Leonel., Vaast, Philippe, (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. Disponible en:

10.13140/RG.2.1.4689.1289.

Marín Garza Tania, Gómez Merino Fernando C., Aguilar Rivera Noé., Murguía González Joaquín, Trejo Téllez Libia I., Pastelín Solano Miriam C., Castañeda Castro Odón, (2018). Composición bioactiva de hojas de café durante un ciclo anual, 1(1) 365-372. Disponible en <https://doi.org/10.35196/rfm.2018.4.365-372>.

Marín Garza, T., Gómez Merino, F.C., Aguilar Rivera, N., Murguía González, J., Trejo Téllez, L.I., Pastelín Solano, M.C., Castañeda Castro, O. (2018). Variaciones en área foliar y concentraciones de clorofilas y nutrimentos esenciales en hojas de café robusta (*Coffea canephora* P.) durante un ciclo anual. 11(4) 36-41. Disponible en: <https://www.revistaagroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/266>.

Montagnini, F., Somarriba, E., Murgueitio, E., Fassola, H., & Eibl, B. (2015). Serie técnica. Informe técnico 402. En: Sistemas agroforestales funciones productivas, socioeconómicas y ambientales, 1(6). 131. Disponible en: http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/7124/Sistemas_Agroforestales.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Montoya, E.C., Jaramillo, A. (2016). Efecto de la temperatura en la producción del café. 67(2) 58-65. Disponible en: <https://www.cenicafe.org/es/publications/4.Efecto.pdf>.

Montoya, E.C., Hernández, J.D., Unigarro, C.A., Flórez, R. (2017). Estimación del área foliar en café variedad Castillo a libre exposición y su relación con la producción. 68 (1): 55-61. Disponible en: <http://biblioteca.cenicafe.org/handle/10778/815>.

Pardo, Campo Elías. (2020). Estadística descriptiva multivariada. Bogotá, Universidad Nacional de Colombia. 265p. Disponible en: http://ciencias.bogota.unal.edu.co/fileadmin/Facultad_de_Ciencias/Publicaciones/Imagenes/Portadas_Libros/Estadistica/Estadistica_descriptiva_multivariada/libroEstadisticaDescriptivaMultivariadaDigital.pdf.

Pérez R., Ramírez B., Peña Q. (2016). Variabilidad espacial y temporal de la temperatura del aire en la zona cafetera colombiana, Investigaciones Geográficas, Instituto de Geografía, UNAM, México, pp. 23-40, Disponible en:
<https://doi.org/10.14350/rig.38707>.

Puerta, Gloria Ines. (2016). Calidad física del café de varias regiones de Colombia según la altitud, suelos y buenas prácticas de beneficio. Revista Cenicafé 67 (1): 7-40.

Peña Q, Andres & Ramírez Builes, Victor & Valencia, Julián & R., Alvaro. (2012). La Lluvia Como Factor De Amenaza Para El Cultivo Del Café En Colombia. Avances Técnicos Cenicafé. 415. 8p. Disponible en:
https://www.researchgate.net/publication/262336183_LA_LLUVIA_COMO_FACTOR_DE_AMENAZA_PARA_EL_CULTIVO_DEL_CAFE_EN_COLOMBIA

Ramírez B., V.H. Jaramillo R., A. Arcila P., J. (2010). Rangos adecuados de lluvia para el cultivo de café en Colombia. Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé. Avances Técnicos 395. 8p. Disponible en:
<https://biblioteca.cenicafe.org/jspui/bitstream/10778/364/1/avt0395.pdf>

Ramírez, C., Nienhuis, J. (2011). Evaluación del crecimiento y productividad del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) bajo cultivo protegido en tres localidades de Costa Rica. Tecnología en Marcha 25 (1): 3-15.

Riaño Luna, Campo Elías. (2013). Análisis de componentes principales-ACP en la identificación de elementos discriminatorios para caracterizar *Coffea arabica*. II Encuentro Internacional de Matemáticas, Estadística y Educación Matemática. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. 10p. Disponible en:
<http://www.uptc.edu.co/export/sites/default/eventos/2013/cf/eime/doc/PonenciaCampoRiaxo.pdf>.

Ruiz, F., Marrero, P., Cruz La Paz, O., Murillo, B., García, J. (2008). Influencia de los factores agroclimáticos en la productividad de albahaca (*Ocimum basilicum* L.) En una zona árida de Baja California Sur, México. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias 17 (1), 44-47. Disponible en:

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=93217109>.

Salamanca Claudia Alejandra. (2015). Métodos estadísticos para evaluar la calidad del café.

Tesis doctoral. Universidad de Girona. 168p. Disponible en:

<https://dugidoc.udg.edu/bitstream/handle/10256/11753/tcasr1de1.pdf?sequence=5&isAllowed=y>.

SGC. Servicio Geológico Colombiano. (2018). De la geología al café, 1(4):15. Disponible en:

https://www2.sgc.gov.co/Publicaciones/Cientificas/NoSeriadas/Documents/Geocaf%C3%A9_s.pdf.

Watson, D.J. (1947). Comparative Physiological Studies on the Growth of Field Crops: I.

Variation in Net Assimilation Rate and Leaf Area between Species and Varieties, and within and between Years. *Annals of Botany*, 11(1): 41-76. Disponible en:

<https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.aob.a083148>.

Zapata, I., Espinoza, K., Melena, N., Y Moncayo, J. (2015). Caracterización agro-

morfológica de nueve variedades de café arábigo (*coffea arábica* l.) en el cantón caluma, provincia Bolívar, Ecuador. *Revista de investigación talentos*. 2 46-51.

Disponible en: <https://talentos.ueb.edu.ec/index.php/talentos/article/view/74>.