



# **UNIVERSIDAD ESTATAL DEL SUR DE MANABÍ**

**FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y DE LA AGRICULTURA  
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN  
MODALIDAD: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN  
PREVIA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO AGROPECUARIO**

## **TEMA**

**Respuesta productiva del café arábigo sarchimor 42-60 (*Coffe arabiga L*) a  
diferentes fuentes de fertilización.**

## **AUTOR**

**León Tutiven María Fernanda**

## **TUTOR**

**Ing. Fernando Augusto Ayon Villao. Mg. Sc**

**JIPIJAPA - MANABÍ - ECUADOR**

**2021**

---

## CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Ing. Fernando Ayon Villao, docente tutor de la Carrera Agropecuaria de la Facultad de Ciencias Naturales y de la Agricultura de la Universidad Estatal del Sur de Manabí.

Certifica que la Srta. León Tutiven María Fernanda, realizó su proyecto de investigación titulado “**Respuesta productiva del café arábigo sarchimor 42-60 (*Coffe arabiga L*) a diferentes fuentes de fertilización**”, bajo la dirección de quien suscribe certifico que ha cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.



---

Ing. Fernando Ayon Villao. Mg. Sc

**TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TRABAJO**  
**UNIVERSIDAD ESTATAL DEL SUR DE MANABÍ**  
**FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y DE LA AGRICULTURA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN**  
**MODALIDAD: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**“Respuesta productiva del café arábigo sarchimor 42-60 (*Coffe arabiga L*) a diferentes fuentes de fertilización.”**

Sometida a consideración de la comisión de titulación de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria como requisito previo a la obtención del título de Ingeniero Agropecuario.

Ing. Yamel Álvarez Mg. Sc.



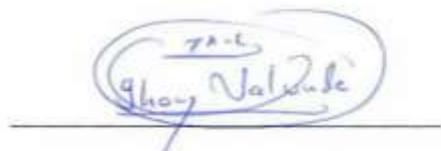
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

Ing. Julio Gabriel Ortega Ph. D.



**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

Ing. Alfredo Valverde Lucio Mg. GPSP.



**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

Ing. Washington Narváez Campaña Mg. Sc.



**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

---

## DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

La responsabilidad del contenido de este trabajo de titulación, mención proyecto de investigación, cuyo tema es “**Respuesta productiva del café arábigo sarchimor 42-60 (*Coffe arabiga L*) a diferentes fuentes de fertilización**” corresponde a la Srta. **León Tutiven María Fernanda** de manera exclusiva, y los derechos primordiales a la Universidad Estatal del Sur de Manabí,



**León Tutiven María Fernanda**

**AUTOR**

## **DEDICATORIA**

Dedico esta tesis principalmente a Dios, por darme la oportunidad de vivir, por darme las fuerzas necesarias para continuar luchando días tras días.

A mis padres por ser los pilares fundamentales y brindarme su cariño, por ser quienes me apoyaron a lo largo de mi carrera universitaria y han velado por mi bienestar y educación confiando siempre en mi capacidad.

A mi hija que desde el momento que llego a mi vida fue un motivo más por quererme superar día a día.

A todas las personas que estuvieron pendiente en este proceso y aquellos que me incentivaron a realizar este proyecto de investigación de una u otra manera mil gracias.

*León Tutiven María Fernanda*

## RECONOCIMIENTO

En primer lugar, agradezco a Dios por darme las fuerzas necesarias y permitirme culminar mi carrera universitaria.

A mis padres Mario León y Priscila Tutiven por brindarme su apoyo incondicional y ayudarme en cada momento de mi vida e inculcarme siempre buenos valores, darme palabras de apoyo y un abrazo reconfortante para renovar energías.

A mis hermanas que me motivaron y ayudaron en todo momento.

A mi esposo y a sus padres que me brindaron su apoyo.

Agradecer a mis tutores Ing. Fernando Ayón e Ing. Alfredo Valverde por su dedicación, experiencias y sus sabios conocimientos, gracias a la ayuda incondicional he podido llevar a cabo este proceso de investigación.

No podía faltar el agradecimiento a mi querida hija María Sol que fue mi compañera en el campo de investigación.

*León Tutiven María Fernanda*

## ÍNDICE DE CONTENIDO

Caratula	i
Certificado del tutor	ii
Certificado de aprobación del trabajo	iii
Declaración de responsabilidad	iv
Dedicatoria	v
Reconocimiento	vi
Índice de contenido	vii
Índice de tablas	x
Índice de gráficos	xi
Resumen	xii
Summary	xiii
I. ANTECEDENTES	1
II. JUSTIFICACIÓN	4
III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	5
3.1. Formulación del problema	5
3.2. Delimitación del problema	5
3.3. Situación actual del problema	5
IV. OBJETIVOS	6
4.1. Objetivo general	6
4.2. Objetivos específicos	6
V. VARIABLES	7
5.1. Variables independientes	7
5.2. Variables dependientes	7
VI. MARCO TEÓRICO	8
6. Historia del café	8
6.1. Morfología del café	9
6.2. Genotipos más explotados en Ecuador	14
6.3. Principales enfermedades del cultivo de café	18
6.4. Características del suelo cafetalero	21

6.5. Requerimiento nutricional de la planta de cafeto	23
6.5.1. Fuentes nutricionales químicas	23
6.5.2. Fuentes nutricionales orgánicas	24
6.6. Fuentes de fertilización utilizados en la investigación	24
6.6.1. Fuentes de fertilización química	24
6.6.1.1. Testigo Urea	24
6.6.1.2. Micro esencial	25
6.6.2. Fuentes de fertilización orgánica	25
6.6.2.1. Yeso agrícola	25
6.6.2.2. Micorriza	25
6.6.2.3. Humus de lombriz	26
6.7. Producción de café en el Ecuador	26
6.8. Producción mundial de café	28
VII. MATERIALES Y MÉTODOS	30
A. Materiales	30
B. Métodos	30
1. Ubicación	30
2. Tratamientos	30
3. Diseño experimental	31
4. Características del experimento	32
5. Análisis estadístico	32
6. Análisis funcional	32
7. Variables a ser evaluadas	33
8. Manejo específico de la investigación	34
VIII. RESULTADOS EXPERIMENTALES	36
IX. DISCUSIÓN	48
X. CONCLUSIONES	50
XI. RECOMENDACIONES	51
XII. BIBLIOGRAFÍA	52
XIII. ANEXOS	58

## ÍNDICE DE TABLAS

---

<b>N°</b>	<b>Nombre de tablas</b>	<b>Pagina</b>
1	Tratamientos de la investigación	31
2	Delineamiento experimental	32
3	Análisis de varianza	32
4	Análisis de normalidad de datos. Variables objetivo 1.	36
5	Prueba de Kolmogórov-Smirnov. Variables objetivo 1.	36
6	Cuadrado medios de variables analizadas en objetivo 1	37
7	Prueba Tukey 5 % variable diámetro de copa	39
8	Prueba de Tukey al 5 % Variable número de ramas	39
9	Análisis de normalidad de datos. Variables objetivo 2	42
10	Prueba de Kolmogórov-Smirnov. Variables Objetivo 2	42
11	Cuadrado medios de variables analizadas en objetivo 2.	43
12	Rendimiento café oro qq/ha	45
13	Correlación de Pearson: Coeficientes\probabilidades	46
14	Análisis relación beneficio costo.	47

---

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>N°</b>	<b>Nombre de gráficos</b>	<b>Pagina</b>
1	Altura de planta.	38
2	Diámetro de tallo	38
3	Diámetro de hoja	40
4	Longitud de hoja	40
5	Tamaño ápice de hoja	41
6	Número de nudos por rama	41
7	Peso 100 g de fruto maduro	43
8	Peso producción g/planta café pergamino.	44
9	Rendimiento café oro kg/ha	45

**UNIVERSIDAD ESTATAL DEL SUR DE MANABÍ**  
**FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y DE LA AGRICULTURA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

**Tema: “Respuesta productiva del café arábigo sarchimor 42-60 (*Coffe arabiga L*) a diferentes fuentes de fertilización”**

**AUTOR:** León Tutiven María Fernanda

**TUTOR:** Ing. Fernando Ayon Villao. Mg. Sc

**RESUMEN**

La investigación plantea la respuesta productiva del café arábigo sarchimor 42-60 (*Coffe arabiga L*) a diferentes fuentes de fertilización, y para esto, valoró el comportamiento morfológico y productivo del café arábigo Sarchimor 42-60 en etapa productiva, además de determinar la relación beneficio costo de los tratamientos estudiados. Se aplicó una metodología experimental, apoyada por el ANOVA en diseño factorial más uno, en el que se consideraron 13 tratamientos sumando al testigo local. El factor A correspondió a las fuentes de fertilización, con 4 niveles; Humus de lombriz (HL), micorriza (MZ), yeso agrícola (YA) y micro esenciales (ME), y el factor B las dosis, en las que se probaron 3 dosis de cada tratamiento. Los resultados alcanzados, determinaron a nivel morfológico (altura de planta, diámetro de tallo, numero de nudos por ramas, longitud de hoja y diámetro de hojas), que la MZ en dosis de 0,5 g/planta, más 25 g urea, HL en dosis de 50 y 150 g/planta, más 25 g urea y el YA en dosis de 50 y 100 g más 25 g de urea, fueron los mejores. Los resultados productivos, sustentados en las variables: Peso de 100 frutos maduros en g, peso de la producción/planta, rendimiento a café oro kg/ha, y rendimiento a café oro qq/ha, plantearon como mejores tratamientos HL en dosis de 50 g/planta más 25 g urea y al YA en dosis de 50 g/planta más 25 g de urea; La relación beneficio costo, establece como mejores tratamientos al HL en sus dosis 50 y 150 g/planta más 25 g urea, seguido por los 3 tratamientos de YA, y el tratamiento uno de MZ en dosis de 0,5 g más 25 g urea/planta. Concluyendo en que es oportuno el uso de abonos orgánicos, particularmente en cultivos perennes como el café, y más aún cuando los análisis de suelo determinen deficiencia de materia orgánica.

**Palabras claves:** Materia orgánica, nutrición, abonos orgánicos, economía, urea.

**UNIVERSIDAD ESTATAL DEL SUR DE MANABÍ**  
**FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y DE LA AGRICULTURA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

**Topic: "Productive response of Arabica coffee sarchimor 42-60 (*Coffe arabiga L*) to different sources of fertilization"**

**AUTOR:** León Tutiven María Fernanda

**TUTOR:** Ing. Fernando Ayon Villao. Mg. Sc

**SUMMARY**

The research proposes the productive response of the arabic coffee sarchimor 42-60 (*Coffe arabiga L*) to different sources of fertilization, and for this, it assessed the morphological and productive behavior of the arabic coffee Sarchimor 42-60 in the productive stage, in addition to determining the cost-benefit ratio of the studied treatments. An experimental methodology was applied, supported by the ANOVA in factorial design plus one, in which 13 treatments were considered adding the local control. Factor A corresponded to the sources of fertilization, with 4 levels; Worm humus (HL), mycorrhiza (MZ), agricultural gypsum (YA) and micro essentials (ME), and factor B doses, in which 3 doses of each treatment were tested. The results achieved determined at a morphological level (plant height, stem diameter, number of nodes per branches, leaf length and leaf diameter), that MZ in doses of 0.5 g / plant, plus 25 g urea, HL at doses of 50 and 150 g / plant, plus 25 g urea and YA at doses of 50 and 100 g plus 25 g of urea, were the best. The productive results, supported by the variables: Weight of 100 ripe fruits in g, weight of the production / plant, yield to golden coffee kg / ha, and yield to golden coffee qq / ha, proposed as the best HL treatments in doses of 50 g / plant plus 25 g of urea and YA in doses of 50 g / plant plus 25 g of urea; The cost-benefit ratio establishes HL as the best treatments in its doses of 50 and 150 g / plant plus 25 g urea, followed by the 3 treatments of YA, and the treatment one of MZ in doses of 0.5 g plus 25 g urea / plant. Concluding that the use of organic fertilizers is appropriate, particularly in perennial crops such as coffee, and even more so when soil analyzes determine organic matter deficiency.

**Keywords:** Organic matter, nutrition, organic fertilizers, economy, urea.

## **I. ANTECEDENTES**

La Organización Internacional de Café (2019), indica que hoy en día el café se produce comercialmente en más de 50 países y en el mundo se toman más de tres mil millones de tazas al día, uno solo o con la familia, los amigos y los colegas, sentado o andando, en casa o en cafeterías e incluso en el espacio ultraterrestre. Millones de cultivadores de café, la mayor parte agricultores en pequeña escala, aumentaron la producción un 50% en estas dos últimas décadas. Los países productores de café todavía exportan la mayor parte de lo que producen y ganan alrededor de USD 20 mil millones en ingresos de exportación al año. Se calcula que los ingresos anuales del sector cafetero en su totalidad rebasan los USD 220 mil millones, más de 11 veces el valor de las exportaciones que reciben los países productores.

Como mínimo, 100 millones de familias dependen del café para ganarse la vida. Una cantidad sustancial de puestos de trabajo y oportunidades económicas se crean en toda la cadena de valor del café. Van desde proveedores de insumos a los agricultores hasta comerciantes, procesadores, tostadores, distribuidores, comercializadores, proveedores de embalaje y hasta los que se ocupan de la eliminación y reutilización o reciclaje de los residuos de café. El café es un mercado en crecimiento. En todo el mundo el número de consumidores sigue aumentando y el consumo está creciendo de forma constante a una sólida tasa anual del 2,2% (<http://www.ico.org>, 2019).

En Ecuador está sucediendo un fenómeno contrario a lo expuesto por la OIC, de acuerdo a ANECAFE, al 2019 las exportaciones de café y sus elaborados como son café en grano, tostado y molido e industrializado registraron a octubre del 2019 una nueva tendencia a la baja como ha venido aconteciendo durante los últimos 7 años y se observa desde el 2013. En los primeros 10 meses del año las exportaciones fueron de USD 59.9 millones frente a USD 81,01 millones registrados en el 2018, representando una disminución de USD 21,1 millones en generación de divisas. Si comparamos las exportaciones del año 2012 que fueron de USD 273.9 millones frente a las exportaciones registradas en este año que está por concluir de USD 59.9 millones representan una drástica disminución de las exportaciones y en generación de divisas por un valor de USD 214 millones, lo que evidencia que nuestro sector exportador de café se ha reducido de forma dramática en un -78% con la consecuente afectación y disminución de las operaciones en el sector

industrial y en nuestros exportadores de café en grano (<https://www.anecafe.org.ec>, 2019).

Manabí es una de las provincias de mayor producción cafetalera del país, con alrededor del 40% del total de sacos de 60 kg producidos a nivel nacional. Según el III Censo Agropecuario existían en la provincia en el año 2000 alrededor de 100.000 hectáreas sembradas de café, 60.000 en cultivo solo y 40.000 en cultivo asociado, en Manabí existen actualmente alrededor de 70.000 hectáreas. Las zonas de mayor producción de café en la provincia de Manabí se concentran principalmente en los cantones Jipijapa, Portoviejo, Olmedo, 24 de mayo, Paján y Santa Ana, aunque existen pequeños cultivos a lo largo de casi toda la provincia (<http://www.manabi.gob.ec>, 2020).

La fertilización busca mantener o aumentar la materia orgánica, nutrientes en el suelo y la resistencia de las plantas a condiciones de estrés como la incidencia de plagas, enfermedades, y sequías (Bedoya *et al.*, 2014).

Por otro lado, Sadeghian (2008), manifiesta que actualmente los productores de café se enfrentan a un mercado mundial cada vez más competitivo, se hace prioritario revisar los factores que afectan la rentabilidad del cultivo, entre los cuales se incluye el costo de los fertilizantes, cuyas continuas alzas han generado preocupación en Colombia, pues la participación de la fertilización en los costos totales de producción ha pasado de 10 a 20%, en los últimos dos años.

Antes de realizar la fertilización del café, debes saber que nutrientes necesitan tus plantas y en qué cantidad. En términos generales, las investigaciones han demostrado que por cada 100 arrobas (1250 kilos) de café pergamino seco que se producen por hectárea al año, el cultivo extrae: 60 Kg de Nitrógeno, 20 Kg de Fósforo y 60 Kg de Potasio. Por ejemplo: si tu cultivo de café produce anualmente 400 arrobas de café pergamino seco por hectárea, se van a necesitar 240 a 300 Kg de Nitrógeno, 80 kg de Fósforo y 240 a 260 kg de Potasio por hectárea al año (<https://quecafe.info>, 2019).

En cambio, los cultivos que producen 100 arrobas de café o menos por hectárea al año, no requieren la aplicación de fertilizantes. Es el caso de cultivos con baja densidad de siembra, o sembrados bajo condiciones de mucha sombra o sembrados en suelos poco productivos. También es el caso de los cafetales envejecidos en los que la producción de café es muy baja. En resumen, la fertilización del café depende de: La producción

potencial de café pergamino seco que se puede llegar a obtener en unas determinadas condiciones de clima y suelo. De la densidad de siembra, es decir del número de plantas de café sembradas por hectárea (<https://quecafe.info>, 2019).

Fernández (2009), indica que los abonos orgánicos son un conjunto de materiales biodegradables ricos en bacterias nitrificantes y microorganismos activos que permiten una mayor disponibilidad de micro y macro nutrientes como: N, P, K, Ca, Mg, Mn, en forma proteínica (electrolitos) lo que evita su lixiviación y garantiza la fertilidad permanente del suelo para los cultivos. Aguilar et al., (2016), indicó que la aplicación de materia orgánica a los suelos agrícolas aumenta la actividad de las fosfatasas al estimular la biomasa microbiana y la secreción de las raíces. La fosfatasa ácida es influenciada por la fisiología de la planta y el suministro de P inorgánico, su actividad disminuye con la edad y aumenta cuando hay deficiencia de P El reciclaje de los desechos sólidos biodegradables en la producción de abonos orgánicos usados en la agricultura tropical, es una alternativa viable. Los residuos que pueden ser transformados en abonos orgánicos, a través de técnicas de fermentación aeróbica, como son el compostaje, el bocashi y el lombricompostaje.

## II. JUSTIFICACIÓN

El cultivo de café representa uno de los principales rubros económicos del país. Al igual que en los demás países cafetaleros, la producción de café es una actividad familiar que demanda mucha mano de obra y genera empleo rural y urbano, pues a las jornadas en el campo se suman aquellas necesarias para los procesos de comercialización, transporte, preparación del grano para la exportación y de industrialización (Patiño, 2002).

Una de las prácticas que contribuye con un óptimo crecimiento y al logro del máximo potencial productivo en el cultivo del café, es la fertilización. Esta labor puede realizarse mediante un plan ajustado a los resultados de los análisis de suelos o a través de un plan de abonamiento general. Cualquiera que sea la alternativa seleccionada, el éxito de la misma depende en buena medida de la oportunidad y la pertinencia con la que se lleve a cabo, aspecto que involucra los otros componentes que interactúan en el aprovechamiento de los nutrientes por el cultivo, como son el tipo de suelo, la edad de la planta, el estado de desarrollo del cultivo, así como la disponibilidad de agua en el suelo y de radiación solar (González *et al.*, 2014).

El objetivo de la agricultura orgánica no es solo lograr que no se empleen sustancias auxiliares de producción tales como agroquímicos, o que dichos productos sean sustituidos por otros que estén admitidos en la agricultura ecológica (Aguilar *et al.*, 2016). La agricultura orgánica se desarrolló en base a diversas ideologías, modos de pensar y motivaciones de política agraria. Estas corrientes tienen una meta en común, lograr un método de producción agrícola que pueda producir alimentos sanos cuidando al máximo posible los ecosistemas naturales.

En la investigación se plantea la utilización de una gama de combinaciones entre abonos orgánicos y fertilizantes químicos, aplicando las dosis que se utilizan de manera común, a las que se les realiza un incremental y una reducción, a fin de establecer la dosis adecuada. Las investigaciones aportan directamente a la economía del productor de café, indistintamente de su tamaño, y de manera particular al cuidado ambiental, propiciando utilización de abonos orgánicos, a fin de fomentar una producción ecológica y sana para el suelo y su manejo sostenible.

### **III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **3.1. Formulación del problema**

¿De qué manera las diferentes fuentes de fertilización químicas y orgánicas, inciden en la etapa productiva del café arábigo sarchimor 42-60?

#### **3.2. Delimitación del problema**

**Contenido:** inciden en la etapa productiva del café arábigo sarchimor 42-60.

**Clasificación:** Experimental

**Espacio:** Manabí – Jipijapa

**Tiempo:** mayo – octubre 2020

#### **3.3. Situación Actual del problema**

Manabí es productor por excelencia de café arábigo, especialmente en la zona Sur, donde destaca el cantón Jipijapa, sin embargo, la producción en los últimos años se ha venido a menos, las causas pudieran ser diversas, y podríamos mencionar aspectos que van desde los bajos precios, hasta la baja productividad; en este análisis se aborda los de este último aspecto, las causas son diversa, presencia de plagas y enfermedades, manejo inadecuado, variedades susceptibles a roya, y por su puesto el ineficiente manejo del suelo cafetalero.

Ante la amplia perspectiva de este análisis, la investigación se aplica a la problemática del suelo y su inadecuado manejo nutricional, considerando a este aspecto como uno de los que más inciden en la baja productividad del cultivo de café; y es que nuestro productor por ambigüedad o conocimiento empírico solo aplica urea, y nunca realiza análisis de suelo.

Situación preocupante, más cuando sabemos que nuestras familias campesinas son parte de los 25 millones de personas que viven en los trópicos dependen del café como medio de subsistencia. Este cultivo es el soporte económico de muchos países y el segundo producto más comercializado del mercado mundial, después del petróleo (Ecocafesal, 2009). No es posible exagerar la importancia del café en la economía mundial. El café es uno de los productos primarios más valiosos (Figuroa et al, 2015).

## **4. OBJETIVOS**

### **4.1 Objetivo general**

Evaluar la respuesta productiva del café arábigo sarchimor 4260 (*Coffe arábiga L*) a diferentes fuentes de fertilización

### **4.2. Objetivos específicos**

Evaluar el comportamiento morfológico del café arábigo Sarchimor 42-60 en etapa productiva a diferentes fuentes de fertilización.

Evaluar el comportamiento productivo del café arábigo Sarchimor 42-60 a diferentes fuentes de fertilización.

Determinar la relación beneficio costo de los tratamientos estudiados.

### **Hipótesis**

Hi:

Las diferentes fuentes de fertilización, inciden en la etapa productiva del café arábigo sarchimor 42-60

H<sub>0</sub>:

Las diferentes fuentes de fertilización, no inciden en la etapa productiva del café arábigo sarchimor 42-60

## **5. VARIABLES**

### **5.1. Variable independiente**

Fuentes de fertilización en diferentes dosis.

### **5.2. Variable dependiente**

Productividad de café del café arábigo sarchimor 42-60

## **VI. MARCO TEÓRICO**

### **6. Historia del café**

El café es uno de los cultivos agrícola más importantes recientes en la historia. Las primeras referencias concretas que se tienen acerca del cafeto datan del siglo VI, y las que refieren a los orígenes legendarios de la bebida al siglo XIII, Mas reciente aun en su propagación comercial; el cultivo se extiende por Asia y América en los siglos XVII Y XVIII, y solo a mediados del siglo XIX Brasil entra a dominar como el mayor productor mundial del grano. El uso de la bebida, por otra parte, se propaga por Europa durante el siglo XVII, y los Estados Unidos solo llegan a representar más de la mitad del consumo mundial a inicios del siglo presente (CENICAFE, 2020).

En Jipijapa - Manabí se cultiva café desde 1860, siendo este uno de los lugares donde más se ha sembrado café en Ecuador. Cuando Ecuador se abrió al comercio exterior, se produjeron cambios significativos en todo el país con nuevas plantaciones pequeñas que alcanzaron cierto grado de desarrollo, lo que permitió la exportación de café para el crecimiento económico de la nación. Esto ocurrió casi a la par con la producción de cacao. Desde el puerto de Manta, se exportaba café a varios países, "...poco a poco Ecuador se convirtió en uno de los grandes exportadores, logrando enviar casi dos millones de sacos a inicios de la década del noventa." Para el año 1935, las exportaciones llegaron a 220.000 sacos; en 1950, a 337.000 sacos; en 1960, a 552.000 sacos; para 1970 se sobre pasó el 1'000.000 de sacos exportados y ya para 1982 el promedio exportado alcanzó los 1'200.000 sacos (Santelices, 2019).

Hoy en día, el café ecuatoriano está en auge. El problema del café ecuatoriano es que sus costos de producción son muy altos, Felipe Sancho, tostador del café Vélez, explica que "el problema de Ecuador en el café es la mano de obra, es muy costosa, y esto hace que suba el precio del café". Un jornalero de café gana \$20 al día, más el almuerzo que no está incluido en ese costo. Cuando es época de cosecha, se necesitan varias personas para la misma, y no solo por un día sino todo el tiempo que tome. En Colombia, un jornalero de café gana \$10,10 al día, así que es el doble de precio en Ecuador, y no se paga más por el café ecuatoriano (Santelices, 2019).

La producción de café se ve influenciada por el medio en que se desarrolla, ejercen influencia sobre él factores como temperatura, e intensidad lumínica cuando estos se ven

afectados ejercen influencia directa sobre la fisiología de la planta en sus diferentes etapas. Existen otros factores de tipo agronómico que influyen en su desarrollo como: variedad, densidad de siembra, sombra, manejo y nutrición. Tanto, factores de tipo físico y agronómicos, en rangos óptimos conforman el ambiente propicio para el desarrollo del café (Blanco *et al.*, 2003).

## **6.1. Morfología del café**

El cafeto es un arbusto que, en el continente africano, su patria, y en algunas partes del asiático alcanza alturas de 12 y 14 metros, pero que en la zona cafetera de la América no pasa de 4 a 6. Los botánicos le han colocado en la familia de las Rubiáceas a la cabeza de un grupo al que ha dado su nombre: el grupo de las Coffeáceas. (Gómez, 2010). En efecto en América, el cafeto es considerado un arbusto o árbol pequeño, perennifolio, de tronco recto que puede alcanzar los 10 metros en estado silvestre; en los cultivos se les mantiene normalmente en tamaño más reducido, alrededor de 3 metros (Hernández, Soto, & Montoya, 2015).

### **6.1.1 Tallo**

El tallo de la planta de café sirve para sostener tanto las ramas como las raíces. El tallo, al igual que las raíces, también puede dividirse en varias partes: nudos, ramas, yema terminal, yema auxiliar y entrenudos. Podemos imaginar al tallo como una tubería que hace correr el agua y los nutrientes pasando por el tallo hasta la raíz, a lo largo de toda la planta. Los nudos del tallo, por su parte, tienen la tarea de comenzar el proceso de crecimiento de las nuevas ramas. Todo lo que dure este proceso, los nudos deberán sostener las ramas en su lugar y mantenerlas rígidas. Por otro lado, la yema terminal es, como su nombre indica, la que marca la terminación del tallo y el comienzo de un nuevo crecimiento. La yema terminal está a cargo del desarrollo de las nuevas ramas durante toda la vida de la planta (<https://cafemalist.com>, 2020).

En lo que respecta al tallo, es leñoso, erecto y de longitud variable de acuerdo con el clima y tipo de suelo; en las variedades comerciales varía entre 2,0 y 5,0 m de altura. En una planta adulta la parte inferior es cilíndrica, mientras que la parte superior (ápice) es cuadrangular y verde, con esquinas redondas y salidas. Presenta la particularidad de producir tres tipos de yemas que originan diferentes partes de la planta; el tallo, bandolas y hojas (Alvarado & Rojas, 2007).

### **6.1.2 Ramas**

Conocidas también como ramas laterales o ramas primarias, estas son opuestas y dan origen a las ramas secundarias; a su vez, pueden originar ramificaciones terciarias o palmilla. Las ramas laterales tienen un punto apical de crecimiento que va formando nuevas hojas y entrenudos, el número de estos puede variar de un año a otro y, consecuentemente, las axilas que se forman dan origen al número de flores y por ende a los frutos (Alvarado & Rojas, 2007).

Es este aspecto es importante entender que, las ramas primarias no se pueden renovar. Al perderse una rama primaria, el cafeto pierde una zona muy importante para la producción de frutos. En el cafeto la cosecha se produce casi en su totalidad en las ramas nuevas. A mayor número de ramas nuevas, mayor será la cosecha futura (<https://www.yoamoelcafedecolombia.com>. 2006).

### **6.1.3 Hojas**

La lámina de la hoja mide de 12 a 24 cm de largo por 5 a 12 de ancho, variando su forma de elíptica a lanceolada.

En la parte inferior, en el ángulo que se forman en el nervio central y lateralmente, existen unos agujeros de forma irregular que se abren en cámaras diminutas, llamadas “domocios”, cuya función no se conoce aún; sin embargo, con frecuencia viven en ellas ácaros muy pequeños. El tamaño, de la hoja no solo varía entre especies y cultivares, sino también de acuerdo con las condiciones de sombra o plena exposición de sol a que este sometida (Alvarado & Rojas, 2007).

Las hojas de la planta de café, al igual que sus frutos, cambian de color según la etapa en la que estén. Al comienzo, son de color verde claro, pero luego ese tono se oscurece con el tiempo. Aunque suene extraño, las hojas del cafeto son cruciales para su supervivencia. Esto se debe a que son las hojas las que forman la planta y le dan su estructura. Para conocer de la forma más completa posible la morfología y taxonomía del café, es importante conocer las 5 partes que componen a la hoja de la planta de café: limbo, nervio central, peciolo, estipula y margen.

#### **1. Estipulas**

Son pequeñas protuberancias verdes que se encuentran en el comienzo de la hoja. Las estípulas son quienes protegen la base de la hoja y, a su vez, señalan el lugar en donde estuvo la yema.

## 2. Pecíolo

El Pecíolo un tallo fino que conecta a las hojas con las ramas.

## 3. Nervio central

El nervio central se asemeja a las venas humanas: es una estructura encargada de transportar nutrientes.

## 4. El margen

Como es de suponer, el margen es el borde de la hoja.

## 5. Limbo

El limbo es todo lo verde de la hoja. Esta es la zona donde se produce la fotosíntesis. La fotosíntesis es el nombre del proceso que transforma la luz solar en energía (<https://cafemalist.com>, 2020).

### **6.1.4 Raíz**

La planta del café tiene intrincadas raíces en la parte inferior del tallo, a pocos centímetros de profundidad. Entre esta compleja estructura se encuentra la raíz principal: una más larga y gruesa que va de forma vertical desde el final del tallo hasta el final de la raíz. Esta raíz, que hace de sostén para las otras raíces más chicas, puede alcanzar los 50 centímetros si se trata de plantas que tienen más de 5 años. Por otro lado, las raíces secundarias o ramificaciones son aquellas encargadas de absorber del suelo los nutrientes y el agua. Ya que estamos hablando de la morfología y taxonomía del café, vale resaltar que solo la raíz puede dividirse en once partes distintas: Xilema, Floema, Periciclo, Endodermis, Parénquima, Epidermis, Protodermis, Meristema, Caliptra (<https://cafemalist.com>, 2020).

Por otra parte, Alvarado & Rojas (2007), indican que las clases de raíces que tiene el cafeto son: pivotante, axiales o de sostén, laterales y raicillas. La pivotante puede ser considerada como raíz central, su longitud máxima en una planta adulta es de 60 cm. Las raíces axiales o de sostén y las laterales se originan a partir de la pivotante; de las laterales

generalmente se desarrollan las raicillas que, en un alto porcentaje (80-90%), se encuentran en los primeros 30 cm del suelo con un radio de 2 a 2,5 m a partir de la base del tronco. Las raicillas son muy importantes porque le permiten a la planta la absorción de agua y nutrientes a partir del suelo.

### **6.1.5 Flores**

El café es una planta de flores hermafroditas y regulares, de receptáculo cóncavo, alojando al ovario y llevando en sus bordes un cáliz gamosépalo corto, de cinco divisiones poco pronunciadas (acompañado comúnmente de una capa de materia cerosa), algunas veces aun nulas. Corola hipocraterimorfa o infundibuliforme, glabra o velluda en la garganta, de limbo cortado en cuatro o cinco lóbulos torcidos en el botón. Los estambres (dimorfos en *coffea arabica*) alternos, se componen de un filamento ordinariamente corto que se adhiere a la garganta de la corola ó en el seno de sus divisiones y soporta una antera dorsifija (en la *coffea arabica* el colectivo está bombeado y el vértice del filamento se inserta sobre el dorso, permaneciendo rígido, de modo que la antera no es oscilante) introrsa, de dos lóculos estrechos dehiscentes cerca de los bordes, inclusas o exertas. (Gómez, 2010).

El gineceo se compone de un ovario ínfero ordinariamente bilocular (algunas veces tri, pero nunca monocular), coronado de un disco epigineo grueso y de un estilo incluso o exerto, cuya extremidad se divide en dos ramas rectas o curvas (curvas en el C. arábica) cargadas de papillas estigmáticas hacia adentro; en el ángulo interno de cada lóculo, se inserta a una altura variable un óvulo peltado, incompletamente anatropo de microphylo dirigido abajo y hacia afuera (rodeado de un obturador placentario) (Gómez, 2010).

En este mismo sentido, Alvarado & Rojas (2007), indica que las axilas de las hojas se presentan las yemas florales de 1 a 3 ejes, los que se dividen en 2 o 6 ramificaciones cortas de 2 a 4 mm coronando cada una en una flor la cual está formada por el cáliz, corola, estambre y pistilo. El cáliz es poco desarrollado y se encuentra asentado en la base de la flor. La corola es un tubo largo, de forma cilíndrica en la base que termina en cinco pétalos y mide de 6 a 12 mm; cuando el botón floral no se ha abierto es de color verde; conforme se va abriendo adquiere el color blanco. Los estambres son cinco y se encuentran insertos en el tubo de la corola, alternando pétalos. Son filamentos finos y sostienen anteras largas, las cuales se abren longitudinalmente cuando están maduras para

liberar el polen. Las flores poseen un ovario súpero con dos óvulos formando así el gineceo.

La floración del café permanece pocos días. Es inducida primero, por días cortos y, posteriormente, cuando hay humedad suficiente, ya sea proveniente de la lluvia o riego. El número de floraciones varían según el patrón de precipitación de una región determinada. Cuando se abre la flor, las anteras ya han liberado gran cantidad de polen; por esta razón, la autofecundación se da en un alto porcentaje. Una vez que el polen alcanza los óvulos, la fertilización se completa durante cuatro o seis días (Alvarado & Rojas, 2007).

#### **6.1.6 Fruto**

Después de la fecundación, el ovario se transforma en fruto y sus dos óvulos en semilla. El fruto maduro es una drupa elipsoidal en los cultivares comerciales, ligeramente aplanada, cuyos tres ejes principales miden entre 12 y 18 mm de longitud, 8 y 14 mm de ancho y 7 y 10 mm de espesor. En el ápice queda el disco con una depresión central que corresponde a la base del estilo. El fruto es de superficie lisa y brillante y de pulpa delgada; está constituido por tres partes diferentes: el epicarpio epidermis; el mesocarpio o pulpa y el endospermo o semilla. Cuando madura puede ser color rojo o amarillo, dependiendo del cultivar (Alvarado & Rojas, 2007).

El fruto es una drupa oblonga o esférica más o menos carnosa, encerrando dos núcleos delgados y pergaminosos, más o menos fuertes, gruesos y resistentes, convexos hacia afuera y planos hacia adentro si son en número de dos. La cara plana presenta un surco vertical profundo que se ve reproducido en la semilla. La semilla se compone de un albumen cornea de color plomoso opaco, enrollado sobre sus bordes y conteniendo al interior un embrión excéntrico, dorsal próximo a la base del grano; sus cotiledones son foliáceos, elípticos y su radícula inferior y bastante larga (Gómez, 2010).

El pericarpio comprende tres secciones de diferentes características. Las dos más externas, epicarpio y mesocarpio son llamados comúnmente pulpa, mientras que la capa interna o sea el endocarpio es llamado pergamino, que llegada la maduración se separa y cubre las semillas. El epicarpio está constituido por una sola capa de células de paredes finas en la que existen numerosos estomas. El mesocarpio se compone de parénquima rico en azúcares, taninos y sustancias colorantes. En la madurez, la capa que une al

mesocarpio y el endocarpio se rellena de mucilago y se desintegran, separando ambas partes, en otras palabras, se diferencian la “pulpa” del “pergamino” (Estelita, 2016).

La semilla está rodeada de una doble envoltura perfectamente adherida al albumen, del cual no se diferencia al principio. Cuando el fruto ha llegado a su mayor grado de desarrollo se encuentra entre la capa pergaminosa y el albumen una película sumamente tenue, y casi transparente, que resulta de la diferenciación del tegumento externo. Suele desarrollarse sólo un ovulo y entonces el grano único es convexo por toda la periferia y ocupa casi el centro del fruto, el lóculo estéril permanece rudimentario. El grano toma entonces el nombre de caracolillo por la semejanza que tiene con la concha de algunos moluscos. (Gómez, 2010)

## **6.2. Genotipos más explotados en Ecuador**

De las especies que se explotan comercialmente, la *Coffea arábica* es la más conspicua a nivel mundial, no solo por el área de sembrada y cantidad suplida en el mercado, sino por la excelente calidad en su bebida (Alvarado & Rojas, 2007).

### **6.2.1 Caturra**

Caturra es una mutación natural de la variedad Borbón, la cual tiene una mutación de un solo gen que causa que la planta crezca más pequeño. Otras selecciones fueron hechas por el Instituto Agronómico de Sao Paulo en Campinas, Brasil (IAC). El proceso de selección para Caturra fue llamado "selección masal," lo que significa que un grupo de individuos son seleccionados en base a su rendimiento superior, las semillas de estas plantas se agrupan para formar una nueva generación, y luego se repite el proceso. La variedad nunca fue liberada en Brasil, pero se ha vuelto común en Centroamérica (Instituto Agronômico (IAC), Brazil, 2020).

La variedad caturra tiene los cogollos de color verde más claros que le resto de las hojas, las hojas son más redondas que las de bourbon, produce menos que el bourbon y más que la típica, se comporta muy bien en toda la zona cafetalera y además es susceptible a la roya (Echeverri, 2020).

La variedad Caturra fue encontrada en Minas Gerais (Brasil) y es considerada como una mutación del café Bourbon. Esta variedad comprende dos cultivares: Caturra rojo y Caturra amarillo. Los nombres rojo y amarillo se han dado en base a la coloración de los frutos. Las plantas de Caturra son de porte bajo, de aspecto vigoroso y compacto. Los

entrenados son cortos y con una coloración verde en sus brotes tiernos. Las ramas forman un ángulo de 45° con respecto al eje central. Esta variedad se empezó a cultivar en 1.956, tiene amplio rango de adaptabilidad y alta producción, pero susceptible a la roya del café. La introducción T2308 fue el germoplasma de Caturra rojo, que se distribuyó a los productores, en la década de 1.950. Posteriormente, se amplió la base genética con otros materiales como: T2542 y C818. En cuanto al Caturra amarillo, la introducción T3386, se difundió entre los productores ecuatorianos (Lucas, 2018).

### **6.2.2. Bourbon rojo y amarillo**

Cultivar originario de las Islas Reunion (antes Bourbon). Se caracteriza por su alta producción por árbol. Es de porte alto. Sus hojas tiernas son generalmente de color verde. El ángulo de la rama primario respecto a su salida del tallo es de 58. Las hojas son anchas y redondas (Alvarado & Rojas, 2007).

Debido a que es uno de los primeros varietales conocidos, se transforma en una variedad de café bastante extendida, que luego engendró otros varietales. Este varietal, se produce mucho en Brasil, pero no llegó de la mano de los franceses.

- "Arbustos de dos a tres metros de altura, forma más o menos cilíndrica" (se refiere a cafetos cultivados a plena exposición).
- "Ramas laterales primarias un poco menos pendientes que la variedad típica, formando un ángulo medio de 58°. Ramas laterales, secundarias y terciarias abundantes, formando principalmente en la base de la planta muchas palmas.
- Hojas cuando nuevas, verde claras, cuando maduras verde oscuras, elípticas y levemente coriáceas, con láminas más onduladas que la variedad típica, domáceas idénticas a esta variedad. Estípulas interpeciolares deltoides, acuminadas, con una punta generalmente un poco más corta que en la variedad típica.
- Flores en un todo semejantes a las de la variedad típica.
- Frutos también semejantes a los de la variedad típica. Simientes menores que los de la variedad típica", (Triana, 1995).

En Brasil existen dos tipos uno se lo conoce como "Bourbón Vermelho" rojo y otro como "Bourbon Amarelo" Amarillo.

El Bourbon Vermelho se trajo en 1864 directamente de la isla Bourbon (actual isla Reunión).

- Es el más Común de los tres tipos de Bourbon.
- El fruto en este caso es de un color Rojizo oscuro.
- Su Fragancia y Aroma: Caramelo, pomelo cítrico, vainilla, floral ligero.
- El Gusto y Retrogusto: Vainilla, fruta de inicio, algo de chocolate, picante, acidez cítrica media – alta, cuerpo medio denso.

El Bourbon Amarello surge del cruce del varietal Amarelo de Botucatu en 1945.

- Básicamente es de la familia de Café Bourbon, pero el fruto maduro es de color amarillo (no rojo)
- Hace un tiempo atrás, llegó a ser uno de los varietales que más se produjeron a nivel mundial, pero debido a su baja productividad ha sido reemplazado por cultivos de mayor rinde.
- Algunas haciendas en Brasil destinaron un poco de su cultivo al Bourbon Amarillo para que no desaparezca.
- También tiene unas características especiales porque su fruto no posee gran cantidad de fructuosa, derivando en un grano con notas florales similares al jazmín, cuerpo y baja acidez (INFOKOFÉ, 2020).

### **6.2.3. Catuai**

Es el resultado del cruzamiento artificial de las variedades Mundo Novo y Caturra, realizado en Brasil. La introducción de Catuaí al país se realizó alrededor de 1970. Se adapta muy bien en rangos de 600 a 1,370 metros sobre el nivel del mar (1,970 a 4,500 pies sobre el nivel mar) en la costa sur y de 1,070 a 1,675 metros sobre el nivel del mar (3,500 a 5,500 pies sobre el nivel del mar) en la zona central, oriental y norte del país (ANACAFE, 2016).

Es de porte pequeños e entrenudos cortos. Tiene la característica muy particular de producir mucha palmilla, aun desde muy joven, tal hecho que le permite una alta producción. Las bandolas erectas forman ángulos de 45. Fruto similar al de caturra y la maduración tardía. También posee el tipo que madura de color rojo y el de maduración amarilla (Alvarado & Rojas, 2007).

#### **6.2.4. Acawua**

El genotipo Acawa, es originaria del cruce Mundo Novo IAC 388-17 y Sarchimor IAC 1668, de alta resistencia a la sequía y a la roya; tolerante a los nematodos; bebida de buena calidad y ciclo de madurez tardío; es una semilla altamente productiva, con características organolépticas, resistentes a los periodos prolongados de sequía y con resistencia al hongo *Hemileia vastatrix* (Roya del café). Estas semillas, con un buen manejo técnico, tienen una productividad promedio 100 quintales por hectárea al año. En Ecuador, como mínimo, se pretende tener un rendimiento de 40 quintales por hectárea, estas variedades técnicamente están orientadas a sembrarse en las zonas cafetaleras ubicadas en los pisos altitudinales de entre 300 y 1.200 metros sobre el nivel del mar (Tumbaco, 2019).

#### **6.2.5. Catimor**

Variedad adaptada perfectamente en Latinoamérica, con resistencia a la roya del cafeto (Alarcó, 2011). En general, estas variedades son muy precoces, productivas y exigentes en el manejo agronómico, especialmente en la nutrición. Evidencian una mayor susceptibilidad a la enfermedad ojo de gallo (*Mycena citricolor*) (ANACAFE, 2016).

#### **6.2.6. Sarchimor 42 60. Genotipo utilizado en el experimento.**

El sarchimor se originó del cruzamiento de las variedades Villa Sarchi CIFIC 971/10 x híbrido de Timor CIFIC 832/2, desarrollado en el centro de investigaciones de las royas del cafetero, Oeiras, Portugal. Al Ecuador se introdujeron, en 1985, las líneas Sarchimor C-1669 y Sarchimor C-4260, seleccionadas en el Instituto Agronómico de Campinas (Brasil), (Lucas, 2018).

De acuerdo a este origen se muestran datos de la especie en Ecuador:

En Ecuador se introdujeron las líneas de Sarchimor C-1669 y, Sarchimor C4260, en 1.985

La línea C-1669 ha mostrado buena adaptación, principalmente en zonas secas de Manabí, el Oro y Loja, sus brotes son de color bronceado, de porte bajo y alta producción, de bajo porcentaje de grano vano, resistente a la roya.

Las plantas contienen las siguientes características: su tamaño es bajo, no supera los 5 metros de altura, las hojas cuando la planta está tierna son de color verde, sus frutos son

grandes y de color rojo intenso, estos maduran antes de cada estación previa a la producción de las plantaciones.

En esta investigación se logró determinar que las raíces de Sarchimor 1669 – 4260 de la variedad IAC 125 RN, se mantuvieron libres de agallas provocadas por los nemátodos, lo cual demuestra que esta se protege a diferencia de la clase de Catuaí que si presenta engrosamientos radicales cuando es atacada por la plaga, (Franco, 2018).

### **6.3. Principales enfermedades del cultivo de café**

Las principales enfermedades del café se enlistan a continuación:

#### **Roya anaranjada (*Hemileia vastratix*)**

La roya del café es típicamente una enfermedad de la hoja, aunque puede encontrarse pústula algunas veces en los frutos. Las uredopústulas que se desarrollan en 3-4 semanas (dependiendo de las condiciones climáticas) en el envés de las hojas es la causa de la caída de las hojas (Pozo, 2014).

La naturaleza de defoliación no se ha estudiado a fondo. Nutman y Roberts informaron que hasta una sola pústula puede causar la caída prematura de la hoja. Esta defoliación madura debilita las plantas de café y afecta año a año la producción de madera necesaria para producir la futura cosecha. La roya del café usualmente no mata a la planta en América Latina, pero la debilita progresivamente, dando por resuelto una severa defoliación. (Schieber, 1972).

#### **Mal de hilachas, arañero (*Pellicularia koleroga*)**

Esta enfermedad ataca ramas, hojas, frutos tiernos que se presenta en lugares con abundante lluvias y alta humedad relativa

Este hongo se desarrolla en la parte inferior de las ramas y tallos jóvenes y avanza de la base hacia las puntas de las ramas. Este micelio forma hilos o cordones, penetrando los tejidos celulares. Las hojas se marchitan, oscurecen y mueren quedando en la rama sostenidas por el micelio Este hongo ataca principalmente durante el período de lluvias, principalmente de junio a septiembre, al aparecer esta enfermedad también ataca a los frutos. Produce defoliación severa y pérdida de frutos. (Olortegui, 2012).

Se resienten sus daños en la cosecha actual y llegan sus efectos a la siguiente cosecha. Un buen control de las sombras, para evitar los excesos de humedad en el ambiente, así como una buena ventilación, evitarán el desarrollo y la propagación de este hongo, (Olortegui, 2012).

### **Ojo de gallo (*Mycena citricolor*)**

Se produce por el exceso de sombra, aparecen en las hojas pequeñas manchas de color café oscuro.

El ojo de gallo ataca hojas y frutos en todos sus estados de desarrollo y se observa como una mancha redonda hundida y de diferente tamaño, tomando un color amarillento, volviéndose pardo al final. Las hojas afectadas presentan manchas más o menos circulares, visible en las dos caras de las hojas. Estas manchas al principio son de color café oscuro y gris blanquecino cuando han alcanzado su madurez. En este estado avanzado de la enfermedad puede desprenderse el tejido afectado, dejando perforaciones en las hojas. (Olortegui, 2012).

Los niveles de infección de "ojo de gallo" son altas en regiones, donde la precipitación y el poco o nulo manejo de poda y mayor número de hijos por planta favorece el desarrollo del hongo, aun aplicando productos químicos.

Al madurar el hongo aparecen filamentos erguidos de color amarillento.

Afecta a cafetales en alturas superiores a los 600 msnm, atacando el hongo en el haz de las hojas.

Causa la pérdida del follaje del cafeto, el debilitamiento de la planta y la baja en producción, ya que al ser alto el número de manchas o bien cuando afecta directamente la nervadura de la hoja, ésta cae.

Se controla reduciendo la sombra, realizando podas de control y modelado de las matas y mejorando la ventilación en la plantación para abatir los niveles de humedad ambiente (Olortegui, 2012).

### **Mancha de hierro (*Cercospora coffeicola*)**

Esta enfermedad ataca al café en cualquier edad desde las plántulas germinadas hasta cafetales adultos, especialmente cuando están mal abonados, sembrados a libre

exposición solar o con poca sombra. La enfermedad afecta al follaje y el fruto del café. En las hojas aparecen pequeñas manchas circulares de color marrón rojizo. A medida que crecen, la mancha del centro de ésta se torna gris claro y se rodea de un anillo rojizo. Cuando el ataque es fuerte ocasiona la caída de hojas y frutos. En las cerezas atacadas la pulpa se pega a la semilla y provoca la “mancha en el café pergamino”. El ataque se agrava debido al Ataque de nematodo. Fallas en el trasplante del café en el campo. Aplicación de materia orgánica sin descomponer. Aplicación de gallinaza con mucha cal. Deficiencia de Nitrógeno Mayor incidencia en viveros y plantaciones sin fertilizar, (Olortegui, 2012).

#### **Antracnosis (*Colletotrichum coffeanum*)**

La enfermedad es conocida en África, en cafetales situados a altitudes superiores a más de 1.500 metros, dentro de la zona peri-ecuatorial localizada entre 10°N a 10°S de latitud. Estas regiones son caracterizadas por un clima fresco y húmedo, tal como se encuentra en numerosas zonas de la caficultura latinoamericana. Se destaca además que, dentro de las regiones de más baja altitud, cercanas a 1.000 metros, solamente ciertas variedades son igualmente afectadas, algunas veces muy fuertemente, en particular el Caturra (Muller, 2018).

Esta enfermedad se presenta en cafetales mal abonados, sobre tejidos afectados por otras enfermedades, por daños de insectos o por maltrato en las labores de cultivo. La enfermedad pudre los cogollos y tumba las hojas de las ramas. En los bordes y las puntas de las ramas aparecen manchas irregulares de color café oscuro. Los granos verdes y pintones atacados se manchan y las ramas se tornan negras y secas (Olortegui, 2012).

#### **Marchitez Vascular (*Fusarium oxysporum* F. Sp. *Coffeae*)**

Esta enfermedad ocurre en áreas localizadas en las plantaciones de árboles adultos. Cuando se manifiestan los síntomas es porque el grado de infección está muy avanzado y los cafetos ya no recuperaran. Generalmente los cafetos pueden estar infectados, pero no manifiestan síntomas, sin embargo, bajo condiciones de estrés, como sequía o alta producción, se marchitan y mueren. El síntoma inicial es la clorosis de las hojas y eventualmente defoliación. Asociado a la marchitez se encuentra la decoloración de los haces vasculares que se expresa como estrías de color oscuro en la madera de las plantas enfermas. El hongo que causa esta enfermedad puede sobrevivir por periodos largos en

el suelo y en la presencia de nematodos Fito parasíticos la infección es particularmente severa (Monroig, 2020).

#### **Pudrición de la Raíz (*Rosellinia bunodes*)**

Esta enfermedad ocurre esporádicamente y cuando se detecta generalmente es en áreas donde previamente existen arboles de sombra o en cafetales bajo sombra de Inga sp.. los cafetos afectados comienzan a languidecer y eventualmente mueren. El hongo invade las raíces afectando la translocación de agua y minerales. Las raíces afectadas manifiestan diseños de áreas oscuras producidos por el micelio del hongo. La infección se favorece por alta humedad en suelos de pobre drenaje. El hongo es habitante del suelo y su diseminación ocurre a través de contactos entre raíces infectadas, y por las escorrentías (Monroig, 2020).

#### **6.4. Características de suelo cafetalero.**

Dentro de los factores fundamentales en una empresa cafetera está la calidad del suelo donde se siembra el cultivo, ya que de ella depende la rapidez de crecimiento y desarrollo de los árboles, la iniciación de la producción, la cantidad y calidad de ésta, la resistencia al ataque de plagas y enfermedades y la duración de su vida productiva (Tumbaco, 2019).

Uno de los problemas principales en el país es la baja rentabilidad del cultivo debido a los bajos rendimientos. Entre las causas determinantes de este bajo rendimiento está el uso no adecuado de los suelos en las zonas cafetaleras debido a que los agricultores adolecen de informaciones relacionadas con las características del suelo. Conocer los suelos de la estación, sus características físicas y químicas, permitirán tener claro el tipo de manejo que se debe dar y qué tipos de cultivos son más recomendables. (IDIAF, 2010).

**6.4.1. Textura.** - Al estudiar las partículas que forman el suelo, estas son de diferentes tamaños; las más pequeña se llaman arcillas; las más grandes o gruesas se llaman arenas y las que tienen un tamaño intermedio entre las arcillas y las arenas se denomina limo. Es la responsable de las propiedades físicas que dan al suelo mayor o menor grado de facilidad para el laboreo, influenciando notablemente la retención de humedad, balance de agua-aire, velocidad de infiltración, penetración de raíces, permeabilidad y condiciona características químicas que tienen que ver con la fertilidad del suelo (Salomón, 2017).

**6.4.2. Profundidad efectiva (cm).** para la estimación se suman los horizontes A y B si ambos permiten el crecimiento de la raíz del cafeto, es la profundidad hasta donde las

raíces de las plantas o cultivos estrictamente aeróbicos penetran fácilmente en busca de obtener perfectamente el agua y los nutrientes necesarios para su crecimiento y desarrollo normal (Salomón, 2017).

**6.4.3. Relieve.** el cafeto, por ser una planta rústica, se adapta con facilidad a condiciones topográficas que son desfavorables para otros cultivos. Los suelos planos o ligeramente ondulados son los más aptos para el cultivo de café, por su mayor profundidad, capacidad de retención de agua y nutrimentos y, por ser aptos para la mecanización. No obstante, esta ventaja carece de importancia para la caficultura en Centroamérica, puesto que en general, las labores de cultivo se efectúan manualmente.

Deben evitarse pendientes mayores de 45% para que no se produzcan procesos erosivos que deterioren el suelo o, en su defecto, deben aplicarse buenas medidas de conservación, lo cual facilita la producción de café en suelos con pendientes de hasta 60 y 70% (Alvarado & Rojas, 2007).

**6.4.4. Color.** En términos generales, el color negro de los suelos indica un buen contenido de materia orgánica. Los suelos oscuros son los mejores para el café y los cultivos, en general (Vanegas, 2016).

**6.4.5. Grado de acidez o pH.** En pH menores de 4,8 el factor clave es la toxicidad causada por Aluminio, hierro y Manganeso, que pueden causar disturbios fisiológicos. Esta medida varía entre 1 y 14. Los suelos buenos para café deben tener una acidez entre 5 y 5.5. Al cafeto no le convienen suelos con valores de la acidez por debajo de 5 o por encima de 5.5, pues se dificulta la nutrición del cultivo (Vanegas, 2016).

**6.4.6. Fertilidad.** - Esta propiedad del suelo está estrechamente relacionada con la cantidad disponible de nutrimentos para las plantas. Los elementos nutritivos que el cafeto requiere en mayor cantidad son: Nitrógeno, Fósforo y Potasio. El cafeto necesita en menor cantidad de Calcio – Magnesio, Azufre – Hierro, Zinc – Manganeso, Boro – Cobre. La carencia de alguno de estos nutrimentos afecta el normal crecimiento y desarrollo de la plantación cafetera al igual que su producción potencial, tanto en calidad como en cantidad de café. Un suelo que presente mediana a baja fertilidad se puede mejorar con la aplicación de fertilizantes. En general, se puede decir que para el cultivo del cafeto son más importantes las buenas condiciones físicas del suelo que su fertilidad natural (Vanegas, 2016).

**6.4.7. Materia orgánica.** - Está representada por los residuos descompuestos de plantas y animales. La pulpa de café descompuesta aporta materia orgánica a los suelos. La materia orgánica tiene mucha importancia para obtener una alta productividad del cultivo. Influye en forma decisiva en el mejoramiento de las condiciones físicas del suelo, favorece la retención de humedad y es el principal sustrato para el desarrollo de pequeños organismos que la transforman en una gran fuente de alimento para el cafeto. Los suelos buenos para cultivar café deben tener contenidos de materia orgánica mayores al 8% (Vanegas, 2016).

## **6.5. Requerimiento nutricional de la planta de cafeto**

Se ha demostrado que en esta etapa las plantaciones pueden responder positivamente al suministro de nitrógeno, potasio, magnesio, azufre, calcio y, eventualmente, a boro, dependiendo de factores como la fertilidad del suelo, las condiciones climáticas, la densidad de siembra y el nivel de sombra entre otros (Sadeghian, 2008).

### **6.5.1 Fuentes nutricionales químicas**

Todas las plantas superiores entre ellas el café, requieren 16 o más elementos que se consideran esenciales para su crecimiento. Estos de acuerdo a su origen, pueden clasificarse en:

**6.5.1.1. Minerales.** - aquellos que se encuentran principalmente en el suelo y son absorbidos por las raíces de las plantas en su forma inorgánicas

**6.5.1.2. No minerales.** - los que proceden esencialmente de la atmósfera y del agua.

De acuerdo con la cantidad requerida, los elementos minerales se clasifican en:

**Mayores o macronutrientes.** - nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg) y azufre (S).

**Menores o micronutrientes.** - hierro (Fe), cobre (Cu), magnesio (Mn), boro (B), molibdeno (Mo), zinc (Zn), y cloro (Cl), (Sadeghian, 2008).

### **6.5.2. Fuentes nutricionales orgánicas**

Desde la antigüedad se sabe que el uso de abonos orgánicos para el manejo del suelo, permite mejorar sus características físicas, químicas, biológicas y sanitarias, con lo cual se incrementa la fertilidad del suelo y por ende la productividad de los cultivos.

El abono orgánico fermentado de mayor uso es el Bocashi (termino en japonés que significa “fermentación suave”). A diferencia de los abonos compostados, es un producto que posee materia orgánica y minerales sin transformar totalmente. Por lo cual, los agricultores lo utilizan principalmente para aumentar los microorganismos benéficos del suelo, como también mejorar características físicas y químicas, reflejándose en la sanidad y crecimiento de las plantas. Los factores que intervienen de forma directa en su elaboración son: humedad, temperatura, pH, aireación, tamaño de las partículas de los materiales y relación carbono/nitrógeno (Mosquera, 2016).

Los materiales orgánicos transformados por lombrices, se caracterizan por ser fuente de nutrientes de liberación lenta, presencia de enzimas que estimulan el crecimiento vegetal, así como de ácidos húmicos y sustancias reguladoras del crecimiento (Mosquera, 2016).

## **6.6. Fuentes de fertilización utilizados en la investigación**

### **6.6.1. Fuentes de fertilización química**

En la investigación se utilizaron 2 fuentes de fertilización química, la urea como testigo y el Micro esencial, a continuación, se citan:

#### **6.6.1.1. Testigo urea**

En lo que respecta a la urea, es un fertilizante altamente soluble y seco. Es una fuente cuyo nitrógeno se vuelve disponible para la planta cuando se convierte en amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) y luego en nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ). La urea se puede utilizar sólo o en mezclas con otros fertilizantes (secos o líquidos). Es un fertilizante muy utilizado por tener un alto contenido de nitrógeno (45 a 46 %), su costo es relativamente bajo por unidad de N y rápidamente pasa a formas disponibles para las plantas. Cuando se aplica se debe tapar, ya que de lo contrario las pérdidas por volatilización en forma de amoniaco pueden ser muy altas, incluso alcanzando valores superiores al 40 % del aplicado. La principal desventaja de la urea es la tasa de pérdida que llega a tener antes de que los cultivos tengan la oportunidad de absorber el nitrógeno, ya que fácilmente se puede perder por diferentes vías como: volatilización, desnitrificación y lixiviación (INTAGRI, 2017).

#### **6.6.1.2. Micro esencial**

Es un fertilizante edáfico elaborado mediante un novedoso proceso, con el cual se garantiza que cada gránulo contenga N, P, S y Zn en la relación correcta, permitiendo

realizar aplicaciones uniformes. Todos los nutrientes están en forma más disponibles y fáciles de usar por las plantas. Recomendado para fertilizaciones de iniciales de fondo y enmiendas periódicas de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, su contenido es: Microessentials SZ 12%N - 40% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> - 10%S - 1%Zn. (FERTISA, 2018).

## **6.6.2. Fuentes de fertilización orgánica**

### **6.6.2.1. Yeso Agrícola**

El yeso agrícola se ha convertido en una enmienda del suelo que ha demostrado ser capaz de recuperar suelos sódicos degradados y mejorar varias propiedades físicas del suelo. El yeso puro está constituido por 79 % de sulfato de calcio y 21 % de agua. El sulfato de calcio contiene 23.3 % de calcio (Ca) y 18.6 % de azufre (S); es moderadamente soluble en agua (2.5 g/L), aproximadamente 200 veces mayor que la cal agrícola. Esta característica de solubilidad del yeso hace que el calcio sea más móvil que el calcio de la cal y le permite moverse con mayor facilidad a través del perfil del suelo. Es un mineral muy suave compuesto por sulfato de calcio di-hidratado (CaSO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O) que ha sido utilizado por los agricultores desde hace mucho tiempo. Se aplicó ampliamente como fertilizante en Europa en el siglo XVIII, incluso los griegos y los romanos lo utilizaron (Santiago, 2014).

### **6.6.2.2. Micorriza**

En lo referentes a la micorriza, Camargo *et. al.*, (2012), indica que son una asociación constituida por un conjunto de hifas fúngicas (micelio) que, al entrar en contacto con las raíces de las plantas, las pueden envolver formando un manto y penetrarlas intercelularmente a través de las células del córtex, como en el caso de la ectomicorriza o, como en el caso de la micorriza arbuscular, penetran la raíz, pero no se forma ningún manto. Al mismo tiempo, las hifas se ramifican en el suelo, formando una extensa red de hifas capaz de interconectar, subterráneamente, a las raíces de plantas de la misma o de diferentes especies. Esta red de micelio permite, bajo ciertas condiciones, un libre flujo de nutrimentos hacia las plantas hospederas y entre las raíces de las plantas interconectadas, lo que sugiere que la micorriza establece una gran unión bajo el suelo entre plantas que, a simple vista, podrían parecer lejanas y sin ninguna relación. Así, la micorriza ofrece a la planta hospedera y al ecosistema, diferentes beneficios en términos de sobrevivencia y funcionamiento.

### **6.6.2.3. Humus de lombriz**

El humus contiene un elevado porcentaje de ácidos húmicos y fúlvicos; pero éstos no se producen por el proceso digestivo de la lombriz sino por toda la actividad microbiana que ocurre durante el periodo de reposo dentro del lecho. El humus de lombriz posee una elevada carga microbiana del orden de los 20 mil millones de grano seco, contribuyendo a la protección de la raíz de bacterias y nematodos, sobre todo, para el cual está especialmente indicado. Produce además hormonas como el ácido indol acético y ácido giberélico, estimulando el crecimiento y las funciones vitales de las plantas. El humus de lombriz es de color negruzco, granulado, homogéneo y con un olor agradable a mantillo de bosque. La lombriz recicla en su aparato digestivo toda la materia orgánica, comida y fecada, por otras lombrices (INFOAGRO, 2017).

### **6.7. Producción de café en Ecuador**

El café se produce en 20 de las 24 provincias de Ecuador, y ocupa aproximadamente 350.000 hectáreas equivalentes a casi un 20% de la superficie cultivable del país. Aunque en el país se cultivan las variedades arábica y robusta, en la zona sur sólo se produce *Coffea arabica*. (Alarcó, 2011).

En Ecuador, el Consejo Cafetalero Nacional indica que los cafetales arábicos ocupan el 68 % del área cafetalera del país y la especie robusta, el 32 %. El arábigo produce un café fino y aromático, mientras que el robusta produce uno rico en cafeína, fuerte y más ácido. El Cantón Jipijapa en la Provincia de Manabí es uno de los lugares de mayor presencia de cultivo de café en el país, que entró en crisis de producción a partir de los años 2003 y 2005, provocando una importante reducción productiva que desincentivó el mejoramiento tecnológico. Aseguran que el problema central de la caficultura ecuatoriana es la baja producción nacional, puesto que el rendimiento promedio anual es 0.51 toneladas de café oro por hectárea para arábigo y 0.55 toneladas de café oro por hectárea para robusta; se estima un déficit promedio anual de un millón de sacos de 60 kg. Las especies arábica y robusta son importantes por producir la bebida de mayor consumo en el mundo y por poseer características fenotípicas especiales, tolerancia a la sequía y adaptabilidad a diferentes condiciones de clima, suelo y métodos de cultivo, particularmente la especie robusta (Cantos, Pinargote, & Palma, 2018).

Durante el 2012, el precio promedio estimado es de 172.56 dólares, acorde a los reportes presentados por la Asociación Nacional de Exportadores de Café (ANECAFE). Ecuador es un país productor de las variedades de cafés arábica y robusta; presenta varios factores que afectan la producción nacional, como repercusiones por las caídas de precios en el mercado mundial, fenómenos naturales como “El Niño”, reducción del área cultivada y edad avanzada de los cafetales (Lucas, 2018).

Todo esto incide en las condiciones de vida de los productores cafetaleros. En la caficultura ecuatoriana prevalece el sistema de manejo tradicional del cultivo. El 85% de los cafetales se maneja deficientemente, obteniendo rendimientos muy bajos (5,18 quintales de café oro por hectárea). El otro 15% de la superficie cafetalera se maneja de manera semitecnificada, que permite rendimientos promedios estimados en 16 quintales de café oro por hectárea (Lucas, 2018).

Exportaciones por segmentos:

Café en grano. - A octubre del presente año, las exportaciones principalmente de café en grano son las más bajas de su historia con apenas 17.041 sacos de 60 kilos exportados frente a 73.232 sacos del año anterior 2018 que por sí ya eran consideradas como las peores exportaciones de café en grano registradas. A pesar de la dramática reducción de las exportaciones de café en grano, en segmento de los cafés especiales se exportaron 8,038 sacos que corresponden a las exportaciones de café arábigo especial y 315 sacos de robusta especial representando el 49% de las exportaciones de café en grano país, lo cual demuestra una vez más el gran aporte del sector privado ANECAFE al haber creado y desarrollado por 13 años consecutivos el evento de competitividad en calidad denominado TAZA DORADA, constituyéndose en la vitrina de los cafés especiales hacia el mundo, al posicionar a las diferentes provincias del país en el mapa mundial de los cafés especiales, ha resultado ser el estímulo y aliciente real para los pequeños productores del país para no terminar de desaparecer como caficultores (<https://www.anecafe.org.ec>, 2019).

Exportaciones por segmento: Café industrializado. Las exportaciones de café Industrializado del Ecuador representaron hasta el mes de octubre del 2019 la cantidad de 374.748 sacos de 60 kilos equivalentes a 8.650 TM y en divisas USD 55.785.542 versus el año anterior 2018 que fueron de 409.466 sacos o su equivalente a 9.450 TM y en divisas USD 69.106.397, lo que significa una reducción de -34,718 sacos en volumen y USD-

13.320.855 en generación de divisas para el país equivalente 19,3% menos en comparación al 2018. Si comparamos las exportaciones de café industrializado desde el año 2012 que representaron 1.097.452 sacos y USD 198.440.131 en generación de divisas frente a este año 2019 de apenas 374.748 y USD 55.785.542 en divisas, significa que en apenas 7 años la industria ecuatoriana de café ha perdido un espacio importante en ventas en el exterior por más de 722 mil sacos equivalentes a 17 mil TM de café soluble y USD 142.345.411 representando más del 71% menos en divisas para el país (<https://www.anecafe.org.ec>, 2019).

### **6.8. Producción mundial de café.**

El café es considerado como una de las materias primas más importantes a las que se les da seguimiento en la economía mundial. Es así que, para muchos de los países menos adelantados del mundo, las exportaciones de café representan una parte fundamental de sus ingresos en divisas, en algunos casos más del 80%.

La producción mundial de café verde promedio en el periodo 2000-2012 fue de 7 millones 964 mil toneladas. De este volumen, el 75 por ciento lo aportaron los diez principales países productores. Brasil ocupa el primer lugar al reportar el 30.5 por ciento de la producción total, seguido de Vietnam, Indonesia y Colombia con un aporte de 12.4, 8.1 y 7.8 por ciento de la producción mundial, respectivamente. La India y México ocupan el quinto lugar al representar el 3.5 por ciento de la oferta mundial de café, (Flores, 2014).

La producción mundial de café entre octubre de 2019 y septiembre de 2020 (año cafetero) disminuirá un 0.9 % sumando 167.4 millones de sacos frente a los 169 millones contabilizados entre los mismos meses de 2018 y 2019. Así lo prevé la Organización Internacional del Café (OIC) al indicar que, aunque se calcula que el café robusta aumentará un 1.5 % y será de 71.72 millones de sacos, se espera que la de arábica (grano que se produce en Colombia) descienda un 2.7 % totalizando 95.68 millones de sacos (Vanegas, 2016).

“El descenso en la producción de arábica se deberá principalmente a que el periodo 2019-2020 será un año de cosecha baja en el ciclo bienal de Brasil. Como resultado de ese descenso, la producción de Suramérica podría disminuir un 3.2 % y sumar 78,08 millones de sacos. Se calcula que la producción de Colombia aumentará un 1 % y será de 14 millones de sacos, ligeramente más alta que la de los dos últimos años” (Vanegas, 2016).

En estas dos últimas décadas el sector mundial del café se expandió considerablemente a raíz del 65% de aumento en la demanda de café. El principal motor de crecimiento fue el aumento del consumo en economías emergentes y en países productores de café. La demanda en mercados tradicionales que ya tenían un consumo por habitante elevado se reforzó con el crecimiento de segmentos de mercado de alto valor, como el del café de calidad especial, y como resultado de innovaciones en el producto que ofrecen nuevos sabores y mayor comodidad a los consumidores. El valor del café verde sin procesar en el país de origen fue de más de USD 25 mil millones en 2017/18 (<http://www.ico.org>, 2019).

La valoración de todo el sector cafetero se multiplicó y se calcula que es de más de USD 200 mil millones en total. La mayor parte del valor se crea en los países importadores de café. A pesar del crecimiento general del sector, los precios del café experimentaron una tendencia continua al descenso a partir de 2016 y cayeron un 30% por debajo de la media de los diez últimos años. Los productores de café de todo el mundo tienen dificultad en cubrir sus costos de operación, dado que el costo de los insumos, la observancia y las transacciones sigue aumentando. La consecuencia es que los ingresos procedentes de la agricultura disminuyen y el medio de vida de las fincas productoras de café, la mayoría de las cuales están manejadas por agricultores en pequeña escala de países de ingresos bajos y medios, está cada vez más en peligro. El desplome de los precios del café tiene graves consecuencias económicas y sociales para los países productores (<http://www.ico.org>, 2019).

## **VII. MATERIALES Y METODOS**

### **A. Materiales**

Entre los materiales y equipos que se utilizaron en la investigación, destacan: machetes, piolas, rótulos, pesa gramera, flexómetro, calibrador vernier, escalímetro, libreta de apuntes, esferos, grapadoras.

Los insumos empleados en la investigación son: Fertilizantes químicos (Urea, Microesencial, y fertilizantes orgánicos (Humus de Lombriz, Yeso agrícola, Micorrizas)

### **B. Métodos**

Se aplicó el método de investigación explicativo, respaldado estadísticamente por la aplicación de un diseño experimental.

Es oportuno indicar que se siguió la metodología aplicada por Holguín (2019), quien realizó el estudio morfológico en etapa de crecimiento del cultivar analizado.

#### **1. Ubicación**

La investigación se desarrolla en la Finca Experimental de Andil, perteneciente a la Universidad Estatal del Sur de Manabí, ubicada en el kilómetro 5 de la vía que conduce a la Parroquia Noboa del Cantón 24 de Mayo. Esta se encuentra ubicada a una altura de 378 msnm; con una georreferenciación de 17M 0551229 y UTM 9851068.

#### **Limites**

El cantón Jipijapa, está limitado al norte por los cantones Montecristi, Portoviejo y Santa Ana, al Sur por la provincia de Santa Elena y Puerto López, al este por los cantones Paján y 24 de Mayo; y, al oeste por el Océano Pacífico (GAD-Jipijapa, 2015).

#### **2. Tratamientos**

Los tratamientos surgen a partir de la interacción de los factores de estudio, los cuales son:

#### **FACTOR A: Tipos de fertilización**

##### **Niveles**

A1: Micorriza

A2: Humus de lombriz

A3: Yeso Agrícola

A4: Micro esencial

A5: Testigo (urea)

## FACTOR B: Dosis

### Niveles

B1: Dosis 1

B2: Dosis 2

B3: Dosis 3

El cuadro que a continuación se presenta, describe los tratamientos de interacción de los factores, con sus respectivos niveles. El total de tratamientos es trece.

Tabla 1. Tratamientos de la investigación

Tratamientos	Nomenclatura	FACTOR A.- Tipos de fertilizantes	FACTOR B.- Dosis de aplicación
1	A1 X B1	Urea - Micorriza	0.5 g/planta+25g urea /planta
2	A1 X B2	Urea - Micorriza	1.0 g/planta+25g urea/planta
3	A1 X B3	Urea - Micorriza	1.5 g/planta+25g urea/planta
4	A2 X B1	Urea - Humus de lombriz	0.5 kg/planta+25g urea/planta
5	A2 X B2	Urea - Humus de lombriz	1.0 kg/planta+25g urea/planta
6	A2 X B3	Urea - Humus de lombriz	1.5 kg/planta+25g urea/planta
7	A3 X B1	Urea - Yeso Agrícola	50 g/planta+25g urea/planta
8	A3 X B2	Urea - Yeso Agrícola	100 g/planta+25g urea/planta
9	A3 X B3	Urea - Yeso Agrícola	150 g/ planta+25g urea/planta
10	A4 X B1	Urea - Micro esencial	40 g/planta+25g urea/planta
11	A4 X B2	Urea - Micro esencial	80 g/planta+25g urea/planta
12	A4 X B3	Urea - Micro esencial	120 g/planta+25g urea/planta
13	A5 X B1	Testigo local urea	25 urea/planta

Es oportuno indicar que se realizó un análisis de suelo en el área del experimento, donde se estableció que el suelo es franco arcilloso, con un Ph ligeramente ácido (6.5 %), con un contenido medio de nitrógeno, y con niveles altos de P y K, y con un nivel de apenas 2,5 % de materia orgánica, lo cual es considerado bajo. Estos resultados motivaron los tratamientos planteados.

### 3. Diseño experimental

El diseño experimental que se utilizó es bloque al azar en arreglo factorial 4 x 3 + 1, siendo este último el testigo local.

El modelo matemático es el siguiente: (Gabriel *et al.*, 2017)

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_i + d_j + d_k + dd_{jk} + e_{jkl}$$

$Y_{ijk}$  = Variable de respuesta en la  $ijk$ -ésima unidad experimental

$\mu$ = Media general de la variable de respuesta

$\beta_i$ = Efecto de la j-ésima repetición

$d_j$ = Efecto de la i-ésima factor

$d_k$ = Efecto del i-ésima nivel

$dd_{jk}$ =Efecto de la interacción de factores

$e_{ijkl}$ = Error experimental asociado a la ijk-ésima unidad experimental

#### 4. Características del experimento

Tabla 2. Delineamiento experimental

<b>DELINEAMIENTO EXPERIMENTAL</b>	
Unidades o parcelas experimentales	: 39
Número de repeticiones	: 3
Número de tratamientos	: 13
Número de plantas por unidad experimental	: 36
Número de plantas evaluadas en parcela útil	: 10
Distancia entre hileras	: 2 m
Distancia entre plantas	: 1,5 m
Distancia entre repeticiones	: 2m
Longitud de parcela	: 18 m
Ancho de parcela	: 8 m
Área total de la parcela	: 144 m <sup>2</sup> (18 m x 8 m)
Área total del ensayo	: 1440 m <sup>2</sup> (60 m x 24 m)

#### 5. Análisis estadísticos

De acuerdo al análisis estadístico expuesto en el diseño experimental, se aplicó el siguiente análisis de varianza:

Tabla 3. Análisis de varianza

Fuente de variación	Grados de Libertad
Repetición	2
Factor A	3
Factor B	2
Interacción A x B	6
Testigo Vs resto	1
Error	25
Total	39

## 6. Análisis funcional

La comparación de las medias se realizó mediante la prueba de Tukey al 5% de probabilidades.

### Coefficiente de variación

El coeficiente de variación se realizó utilizando la siguiente formula:

$$C.V. \% = \frac{\sqrt{CME}}{X} \times 100$$

### Análisis de correlación de variables

Se procedió a realizar los análisis de correlación entre las variables de respuesta correspondientes. Para los mencionados procedimientos se realizará el análisis de correlación de Pearson (Gabriel *et al.*, 2017).

$$r = \frac{S_{xy}}{S_x S_y}$$

Donde:

$r$  = Coeficiente de correlación de Pearson.

$S_{xy}$  = Covarianza entre las variables  $x$  e  $y$ .

$S_x$  = Desviación estándar de la variable  $x$ .

$S_y$  = Desviación estándar de la variable  $y$ .

## 7. Variables a ser evaluadas

Para el análisis de las variables a ser evaluadas, se planteó un estudio a partir de los objetivos:

**Objetivo 1.** - Evaluar el comportamiento morfológico del café arábigo Sarchimor 42-60 en etapa productiva utilizando fertilizantes químicos y orgánicos

Se estudiaron las variables:

Altura de planta. - Se tomó este dato considerando desde el ras del suelo hasta el último par de hojas antes de llegar al brote del ápice. Se utilizará un flexómetro.

Diámetro de tallo. – Se tomó el dato a 10 cm del suelo. Se empleará un calibrador Vernier o pie de rey.

Diámetro de copa. - Se contabilizó esta variable con la ayuda de una cinta métrica o flexómetro tomando las ramas del tercio medio de la planta.

Número de ramas. - Se contabilizó el número de ramas por cada repetición consideradas útiles por el tratamiento y previamente marcadas.

Diámetro de hoja. – Se midió el diámetro de las hojas por tratamiento y repetición

Longitud de hojas. - Se midió la longitud de las hojas por tratamiento y repetición, se utilizó un flexómetro

Tamaño del ápice de hojas. – Se midió el ápice de la hoja con un flexómetro

Número de nudos por rama. – Se contabilizó el número de nudos por rama.

**Objetivo 2.** - Evaluar el comportamiento productivo del café arábigo Sarchimor 42-60 utilizando fertilizantes químicos y orgánicos

Las variables analizadas en este objetivo son las siguientes:

Peso de 100 frutos maduros. - En gramos (usando balanza de precisión)

Peso de la producción/planta (suma de las recolecciones). - Usando balanza gramera

Peso del café pergamino seco/planta. - Usando balanza gramera

Conversión café cereza café oro. – Se divide el resultado de café pergamino para la café cereza.

Rendimiento a café oro kg/ha. - Usando balanza gramera, y proyectando la producción de una planta, multiplicado al total de plantas por hectárea.

Rendimiento a café oro qq/ha. – Se obtiene de la producción proyectada, de una planta por hectárea

**Objetivo 3.** - Determinar la relación beneficio costo de los tratamientos estudiados.

Se tomaron datos de costos fijos y variables, así como de productividad, estableciendo de esta manera los ingresos. El procedimiento para la obtención de la relación beneficio

costo, sugiere la división del ingreso para el egreso, el resultado nos determinara el beneficio neto por cada dólar invertido.

La variable económica a analizar es la relación beneficio costo.

### **8. Manejo específico de la investigación**

Aplicación de fertilizantes. - se efectuó al final del invierno, una fertilización con cada uno de los productos químicos y orgánicos (urea, micorriza, humus de lombriz, yeso agrícola y micro esencial) con las medidas determinadas en el ensayo.

Control de maleza. - El control de malezas se efectuó de forma manual. Es oportuno indicar que el ensayo es parte de una investigación de la UNESUM, que tiene 2 años establecido, y será la primera cosecha. El control de maleza es cada 6 meses, o cuando el cultivo lo requiere.

Riego. – Se lo efectuó en función a la necesidad del cultivo, y cuando la situación lo amerite de acuerdo a las condiciones edafológicas y climáticas se lo realizó de manera manual.

Manejo técnico. – El cultivo es llevado de manera técnica, efectuando controles periódicos.

Toma de datos. – Los datos se tomaron durante la época de cosecha, y en el tiempo que el cultivo lo ameritó. Los aspectos productivos se tomaron con la rigurosidad científica que la investigación lo amerita, siguiendo los protocolos recomendados para su efecto.

Tabulación de datos. – Los datos tomados en el campo, se tabularon en Excel, para luego aplicarlos al Software estadístico Infostat; obteniendo de esta manera los respectivos resultados que permitieron establecer las conclusiones y recomendaciones de los objetivos planteados dentro de la investigación, dando respuesta a la hipótesis.

## VIII. RESULTADOS EXPERIMENTALES

Los datos tomados en el campo fueron tabulados en Excel, y posteriormente se trasladaron al software estadístico Infostat, para la realización de los diseños experimentales planteados.

Sin embargo, para la aplicación del diseño experimental propuesto, fue necesario primero realizar un análisis de datos, a fin de establecer la normalidad de los mismos (tabla 4), y con esto justificar el uso de estadística paramétrica.

Tabla 4. Análisis de normalidad de datos. Variables objetivo 1.

Variable	Media	CV	Mín	Máx	Asimetría	Kurtosis
Altura de planta	0,87	28,94	0,44	1,31	-0,01	-1,2
Diámetro de tallo	1,6	29,98	0,8	2,9	0,48	-0,18
Diámetro de copa	0,75	35,2	0,34	1,39	0,51	-0,83
Números de ramas Raíz	6,18	22,91	3,37	10,25	0,2	0,25
Diámetro de hoja	6,08	12,81	4,17	7,1	-0,61	-0,55
Longitud de hoja cm	14,59	10,75	11,06	17,29	-0,39	-0,74
Tamaño del ápice de la hoja	4,8	13,29	3,46	6,11	0,17	-0,53
N° de nudos por rama	7,99	22,9	4,62	12	0,02	-0,77

Elaborado por: María Fernanda León.

Tabla 5. Prueba de Kolmogórov-Smirnov. Variables Objetivo 1

Variables	Kolmogórov-Smirnov		
	Estadístico	gl	Sig.
Altura de planta	0,092	39	0,200
Diámetro de tallo	0,138	39	0,061
Diámetro de copa	0,134	39	0,077
Números de ramas Raíz	0,102	39	0,200
Diámetro de hoja	0,097	39	0,200
Longitud de hoja cm	0,120	39	0,171
Tamaño del ápice de la hoja	0,137	39	0,064
N° de nudos por rama	0,089	39	0,200*

Elaborado por: María Fernanda León.

Como se pudo observar en las tablas 4, los datos siguen una curva normal, tanto a nivel de asimetría como de curtosis, y en el análisis de la varianza, la prueba de Kolmogórov-Smirnov (Tabla 5), establece que en todas las variables hay normalidad (Sig. >0,05) lo que motivo la aplicación del diseño estadístico propuesto en la metodología.

A continuación, se presentan los resultados en función a los objetivos planteados en el experimento.

El Objetivo 1 “Evaluar el comportamiento morfológico del café arábigo Sarchimor 42-60 en etapa productiva a diferentes fuentes de fertilización”, implicó el análisis de varias variables dependientes y que están relacionadas con la respuesta morfológica del cultivo, frente a influencia de diversas fuentes de fertilización; las variables estudiadas son: Altura de planta “AP”, diámetro de tallo “DT”, diámetro de copa “DC”, número de ramas “NR”, Longitud de hoja “LH”, diámetro de hoja “DH”, tamaño de ápice de hojas “TAH”, Número de nudos por rama “NNR”.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos, una vez realizado el análisis de varianza de tipo factorial:

Tabla 6. Cuadrado medios de variables analizadas en objetivo 1.

F.V.	Cuadrados medios								
	gl	AP	DT	DC	NR	DH	LH	TAH	NNR
Repetición	2	0,05	0,28	0,01	1,04	0,42	0,37	0,29	0,0037
Tratamiento	12	0,14	0,45	0,17	4,11	1,49	6,89	0,82	8,8
FACTOR A	3	0,18**	0,95**	0,28*	6,37**	2,07**	4,46**	1,91**	3,05**
FACTOR B	2	0,19**	0,38*	0,15	4,42*	1,13*	15,53**	0,5	18,01**
FACTOR A*FACTOR B	6	0,08*	0,14	0,14	0,53	1,56**	6,1**	0,44	8,34**
Tratamientos vs testigo	1	0,34**	0,93**	0,09	1,09**	0,01	1,68	0,44	10,32**
Error	24	0,03	0,14	0,07	1,04	0,22	0,42	0,21	0,9
Total	38								
CV		17,45	21,42	35	16,45	7,01	4,43	9,57	11,89

\*Significativo

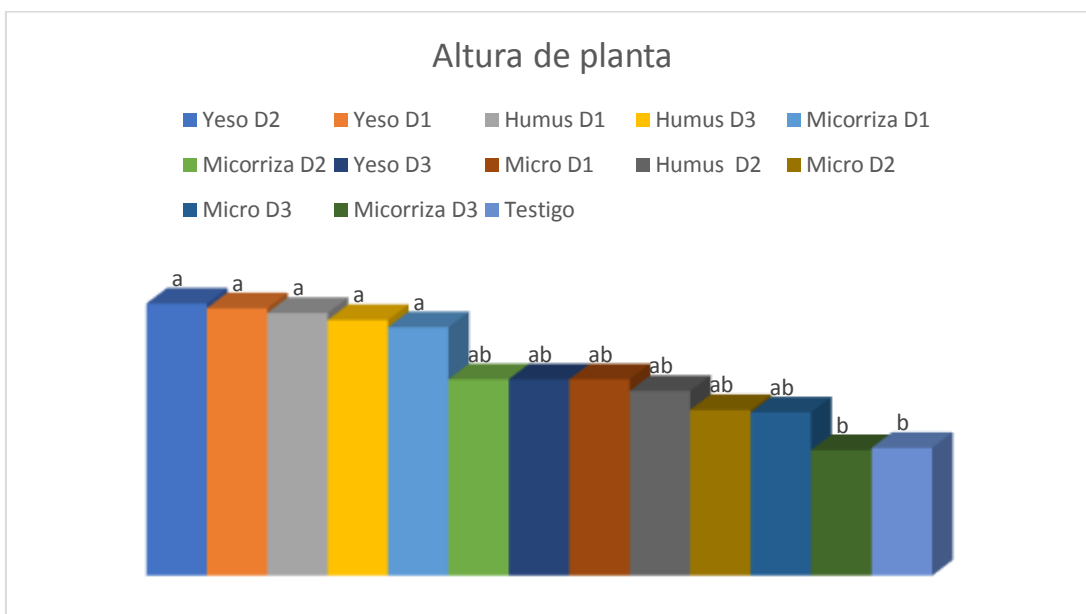
\*\* Altamente significativo

**Altura de planta.** - El análisis determina interacción entre factores, el resultado obtenido en el análisis estadístico determina diferencias estadísticas entre tratamiento lo que motivo la aplicación de la prueba de significación de Tukey al 5 %; el gráfico 1, pauta el comportamiento de cada uno de los tratamientos.

Es apreciable que los factores A y B, cuentan con alta significación, sin embargo, el factor dosis al tener un valor de F calculada superior, expresa ser el factor de mayor incidencia, en la variable Altura de planta, determinando que la dosis de fertilizantes es importante en el desarrollo morfológico de la planta de café.

Tukey establece que los tratamientos yeso agrícola en sus dosis de 50 y 100 g/planta más 25 g de urea, el humus de lombriz en sus dosis 0,5 kg y 1,5 kg más 25 g de urea, y la micorriza en dosis de 0,5 g/planta más 25 g urea, como las de mejor respuesta a nivel de altura de planta.

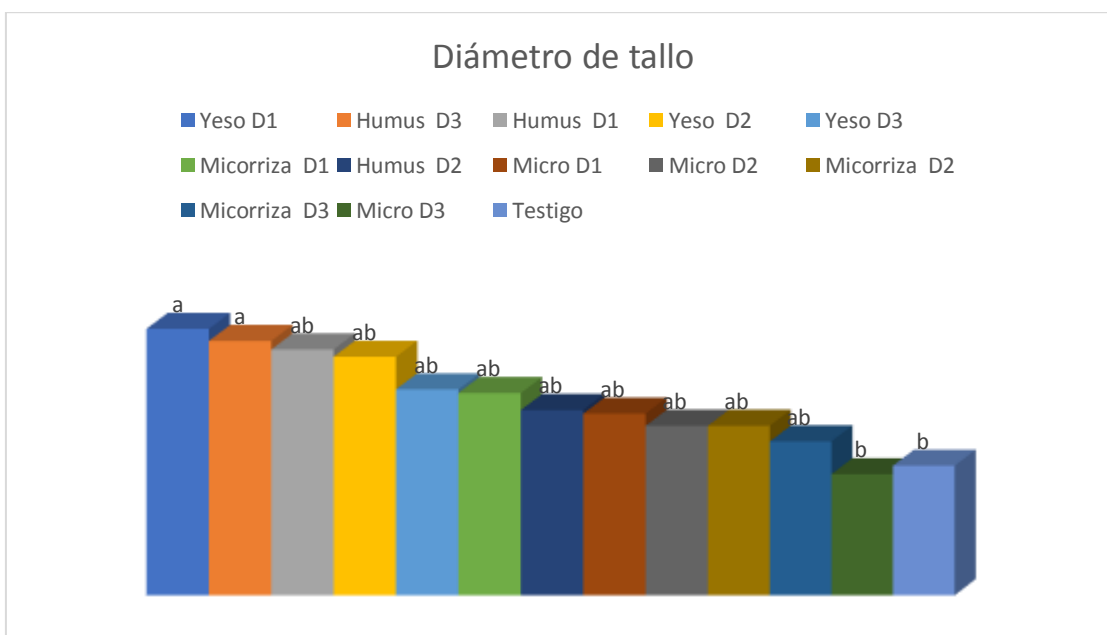
Gráfico 1. Altura de planta.



Se analizó la **variable diámetro de tallo**, el ANOVA establece que no hay diferencia significativa entre factores, motivando un análisis simple o por factores, se aprecia que el factor fertilizante es el que mayormente incide en el diámetro de tallo.

Es oportuno indicar que se efectuó la prueba de significación de Tukey al 5 %, y se establece los tratamientos yeso agrícola dosis 1 (50 g más 15 g de urea/planta) y humus de lombriz dosis 3 (150 g más 25 g urea/ planta) los de mejor respuesta (Gráfico 2).

Gráfico 2. Diámetro de tallo.



El análisis de la variable **diámetro de copa**, determina que no hay interacción entre factores, lo que motivó un análisis simple a nivel del factor fertilizantes, y mediante la prueba de tukey se establece que el mejor tratamiento es el humus de lombriz (Tabla 7).

Tabla 7. Prueba Tukey 5 % variable diámetro de copa.

<b>FACTOR A</b>	<b>Medias</b>	<b>Significación</b>
Humus de lombriz	0,97	A
Micorriza	0,78	ab
Yeso agrícola	0,76	ab
Micro esencial	0,54	b

El análisis de la variable **número de ramas**, determina que no existe interacción entre los factores fertilizantes y dosis, sin embargo, se observa que a nivel del factor fertilizantes si hay significancia, motivando la aplicación de la prueba de significación de Tukey al 5 %, donde se establece (Tabla 8), que la mejor respuesta se encuentra en los tratamientos a base de yeso agrícola y humus de lombriz.

Tabla 8. Prueba de Tukey al 5 % Variable número de ramas

<b>FACTOR A</b>	<b>Medias</b>	<b>Significación</b>
Yeso agrícola	52,66	a
humus de lombriz	49,85	a
micorriza	36,62	ab
micro esencial	29,96	b

La variable **diámetro de hojas** presenta interacción entre factores, además el análisis de varianza determina que el factor fertilizante es que incide mayormente, se aplicó la prueba de significación de Tukey al 5 % (Gráfico 3), donde se observa que la mejor respuesta está en la micorriza dosis de 0,5 g/planta más 25 g urea, y en yeso agrícola en dosis de 50 y 150 g más 25 g de urea/planta.

La variable **longitud de hoja**, determina interacción altamente significativa entre tratamientos, y determina que el factor que incide mayormente es el factor dosis; la aplicación de la prueba de Tukey al 5 % (gráfico 4), establece como mejores tratamientos a Micorriza en dosis de 0,5 g más 25 g urea/planta, y en yeso agrícola en dosis de 50 y 100 g más 25 g de urea/planta, humus de lombriz en dosis de 150 g más 25 g urea/ planta, y micro esencial en dosis de 40 g más 25 g urea/planta.

Gráfico 3. Diámetro de hoja

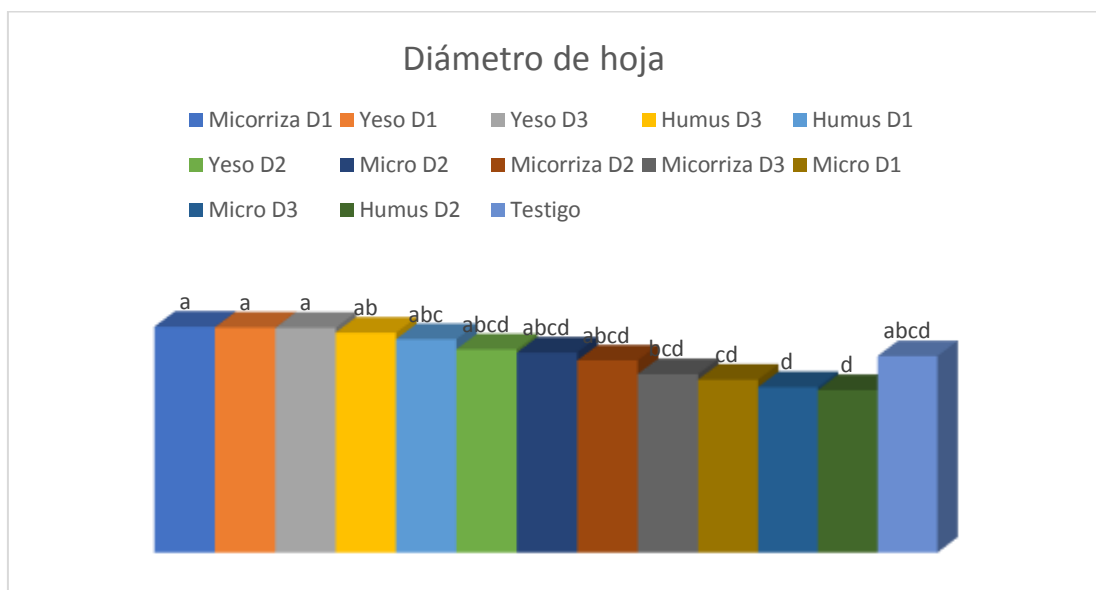
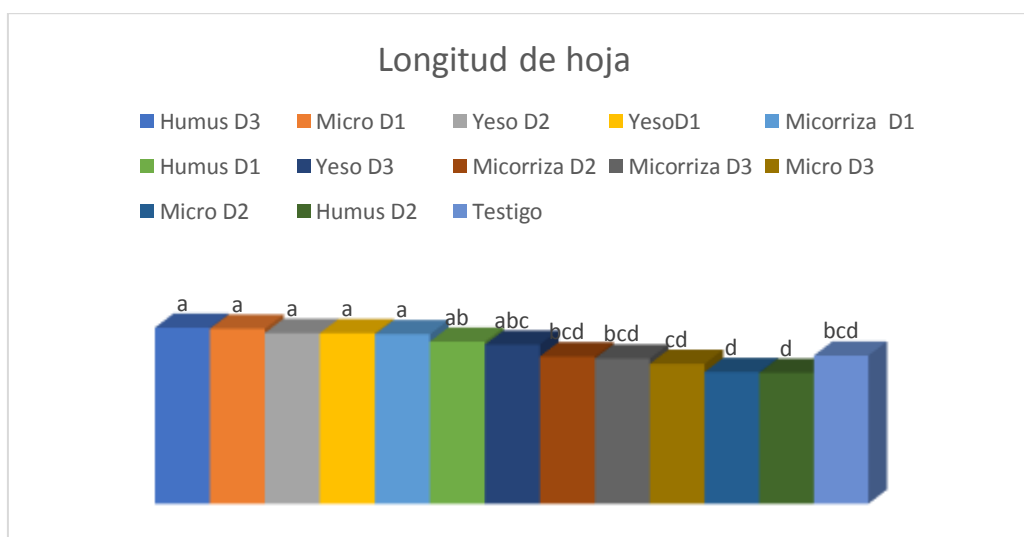


Gráfico 4. Longitud de hoja



El análisis de varianza de la variable, **tamaño de ápice de hojas**, no determina interacción entre factores, sin embargo, ante un p valor de 0,09, se optó por la aplicación de la prueba de Tukey al 5 % (gráfico 5), que permite establecer diferencia estadística entre tratamientos, ubicando como el mejor a la micorriza y posteriormente al yeso agrícola y al humus de lombriz. Por otro lado, es oportuno mencionar que el factor que incide mayormente es el factor fertilizante.

La variable **número de nudos por rama** establece interacción entre factores, e indica que el factor de mayor incidencia es de dosis, la aplicación de la prueba de significación de Tukey al 5 % (Gráfico 6), determina que los mejores tratamientos son: Micorriza en

dosis de 0,5 g más 25 g urea/planta, y humus de lombriz en dosis de 50 g más 25 g de urea/ planta, como se observa en el grafico 6.

Gráfico 5. Tamaño ápice de hoja

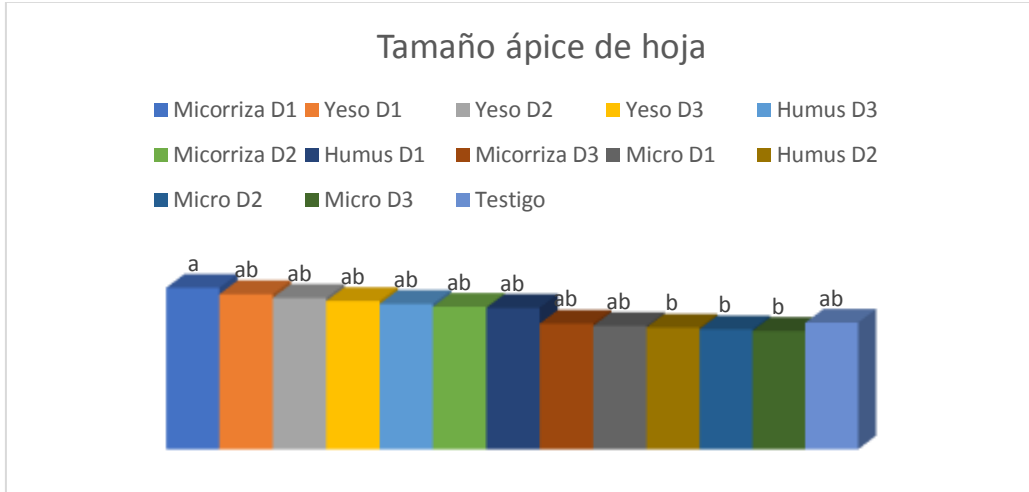
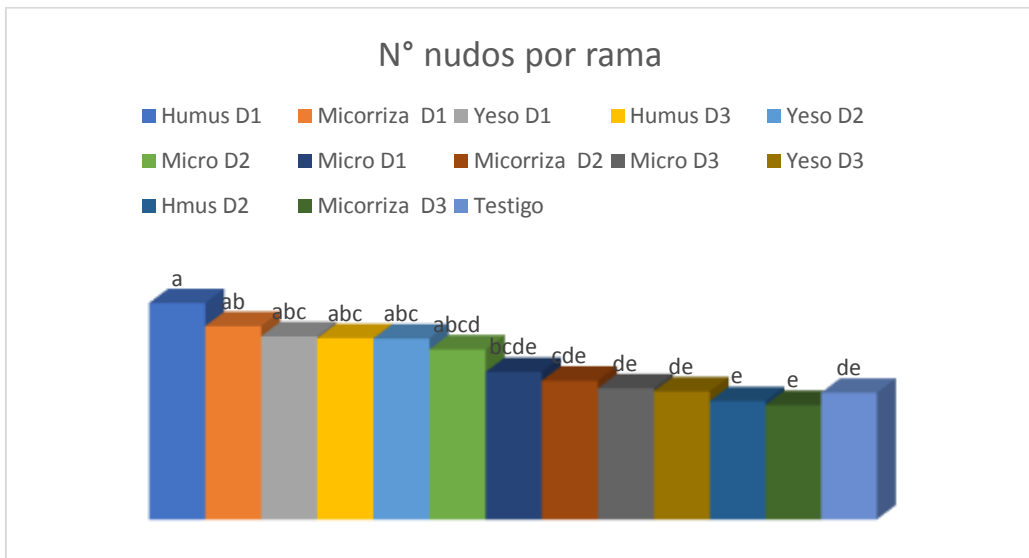


Gráfico 6. Número de nudos por rama



Los resultados del **Objetivo 2** “Evaluar el comportamiento productivo del café arábigo Sarchimor 42-60 productiva a diferentes fuentes de fertilización”, se presentan resumidos en la tabla 9.

Es oportuno mencionar que previo a la aplicación del ANOVA, se efectuó el análisis de normalidad de los datos, inicialmente estos no tenían una distribución normal, lo que motivo que se realizará una transformación de los mismos, aplicando para ello logaritmo. A continuación, se presentan los resultados de distribución normal y prueba de varianza respectivamente.

Tabla 9. Análisis de normalidad de datos. Variables objetivo 2

Variable	Media	CV	Mín	Máx	Asimetría	Kurtosis
Peso g. 100 frutos maduros.	2,09	3,56	1,91	2,26	0,1	-0,07
Peso de la producción g/pl..	1,02	43,12	-0,15	1,74	-0,26	-0,4
Peso g 100 del café pergam.	33,4	20,68	22	52	0,87	0,71
Conversión café cereza caf.	0,58	6,46	0,48	0,65	-0,16	0,56
Rendimiento a café oro kg/.	1,24	35,39	0,08	1,96	-0,26	-0,4
Rendimiento a café oro qq/.	-0,42	105,29	-1,58	0,31	-0,26	-0,4

Tabla 10. Prueba de Kolmogórov-Smirnov. Variables Objetivo 2

Variables	Kolmogórov-Smirnov		
	Estadístico	gl	Sig.
Peso g. 100 frutos maduros	0,078	35	,200*
Peso de la producción g/planta, pergamino	0,131	35	0,136
Peso g 100 del café pergamino seco/planta	0,123	35	0,199
Conversión café cereza café oro	0,123	35	,200*
Rendimiento a café oro kg/ha sin ajuste	0,131	35	0,136
Rendimiento a café oro qq/ha sin ajuste	0,131	35	0,136

Como se pudo observar en las tablas 9, los datos siguen una curva normal, tanto a nivel de asimetría como de curtosis, y en el análisis de la varianza, la prueba de Kolmogórov-Smirnov (Tabla 10), establece que en todas las variables hay normalidad (Sig. >0,05) lo que motivo la aplicación del diseño estadístico propuesto en la metodología.

En el análisis estadístico se consideraron las variables productivas: peso en gramos de 100 frutos maduros, peso de la producción g/planta, peso en g de 100 semillas de café pergamino, conversión café cereza a café oro, rendimiento de café oro kg/ha y rendimiento de café oro qq/ha.

Tabla 11. Cuadrado medios de variables analizadas en objetivo 2.

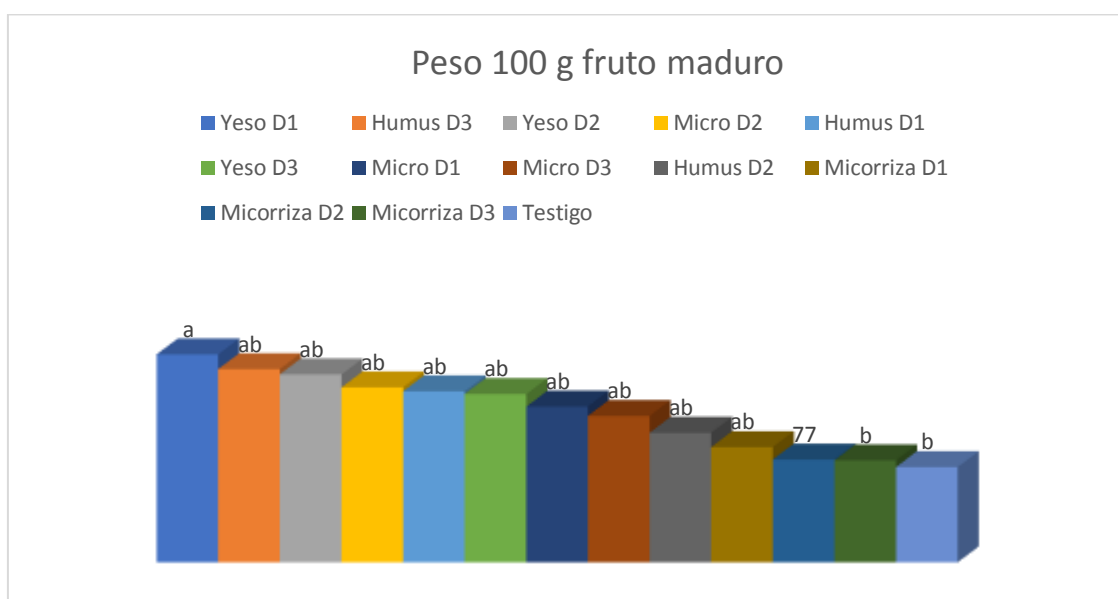
F.V.	gl	Peso g. 100 frutos maduros	Peso de la producción g/planta, pergaminó	Peso g 100 del café pergaminó seco/planta	Conversión café cereza café oro	Rendimiento a café oro kg/ha sin ajuste	Rendimiento a café oro qq/ha sin ajuste
Repetición	2	0,01	0,06	39,48	0,0014	0,06	0,06
Tratamiento	12	0,01	0,45	61,61	0,00089	0,45	0,45
FACTOR A	3	0,01	0,45**	55,45	0,00038	0,45**	0,45**
FACTOR B	2	0,0048	0,62**	24,3	0,00078	0,62**	0,62**
FACTOR A*FACTOR B	6	0,01*	0,25**	72,34	0,0011	0,25**	0,25**
Tratamientos vs testigo	1	0,01	1,24**	65,26	0,00078	1,24**	1,24**
Error	24	0,0034	0,05	40,21	0,0017	0,05	0,05
Total	38						
CV		2,78	19,22	35	16,45	7,01	4,43

\*Significativo

\*\* Altamente significativo

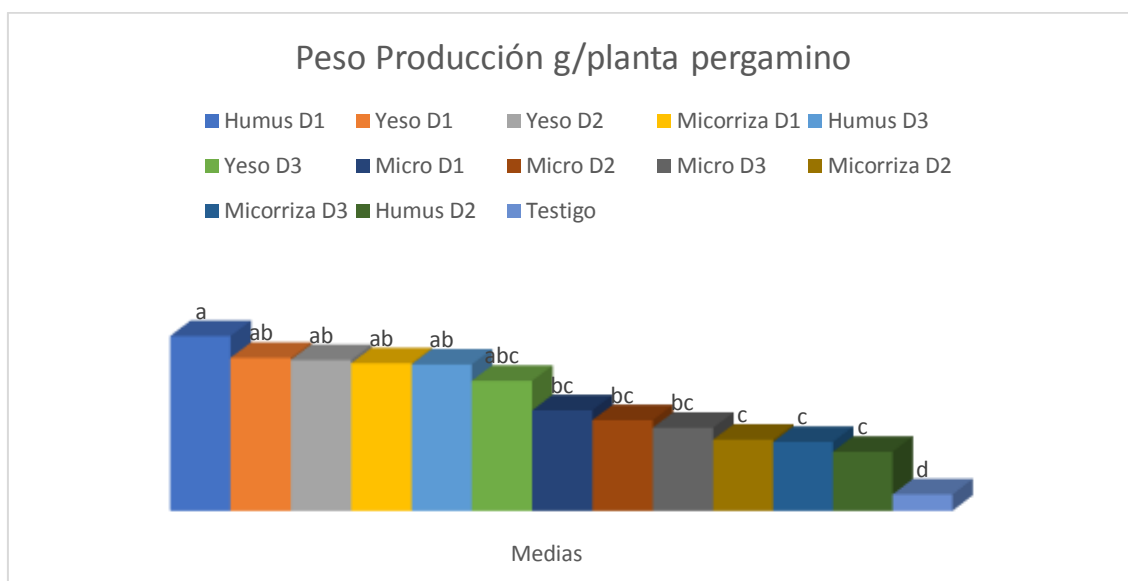
La variable **peso de 100 frutos maduros**, determina interacción entre factores, donde el factor fertilizante es el de mayor incidencia, la diferencia estadística entre tratamientos, se determinó mediante la aplicación de Tukey al 5 %, siendo el mejor tratamiento yeso agrícola en dosis de 50 g/planta más 25 g de urea; y seguidos por los tratamientos de humus de lombriz en dosis 3 y los que contenían otras dosis de yeso agrícola, como se observa en el gráfico 7.

Gráfico 7. Peso 100 g de fruto maduro



La variable **peso de la producción g/planta café pergamino**, estableció en el análisis de varianza diferencias estadísticas altamente significativas entre factores, lo que dio lugar a la aplicación de la prueba de Tukey (Gráfico 8) siendo el mejor tratamiento el Humus de lombriz en su dosis 50 g/planta, más 25 g de urea, siguiendo en importancia los tratamientos cuyo contenido es el yeso agrícola, micorrizas dosis 1 y las otras dosis de humus de lombriz, quedando al final el tratamiento testigo.

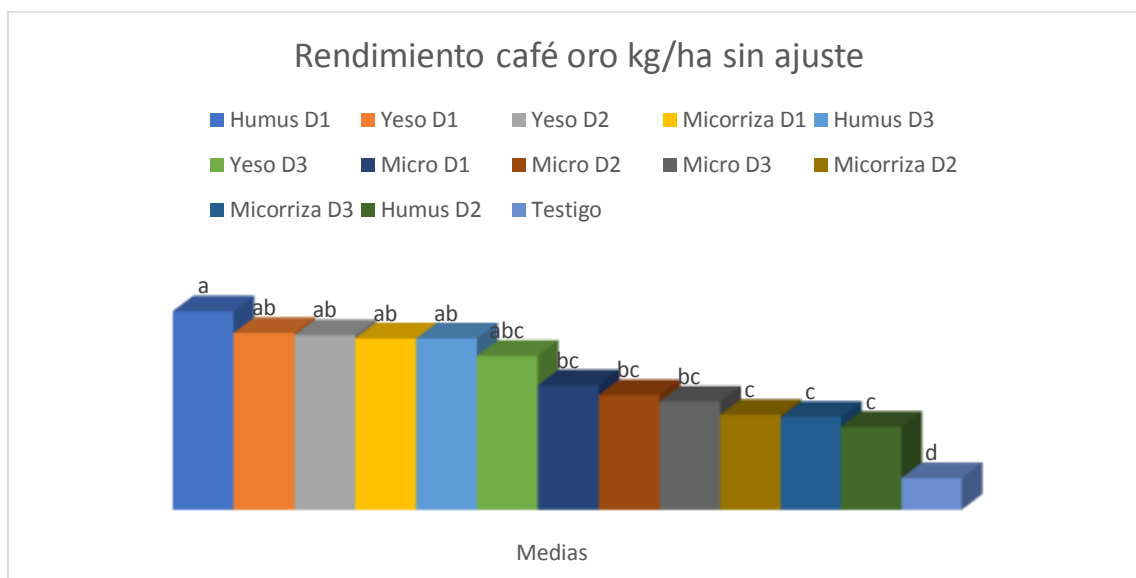
Gráfico 8. Peso producción g/planta café pergamino.



En el análisis de varianza de las variables: **peso en g de 100 semillas de café pergamino**, y **conversión café cereza a café oro**, no se encontraron diferencias significativas, ni entre factores, ni a nivel a análisis simple. Por lo expuesto, no se amplió el análisis de estas variables, Aduciendo que, a nivel de estas variables, todos los tratamientos son iguales.

La variable **rendimiento de café oro kg/ha**, una vez aplicado el análisis de varianza, establece interacción entre factores, estableciendo diferencias entre tratamientos, lo que motivo la realización de la prueba de significación de Tukey al 5 %, estableciendo que el tratamiento humus de lombriz en dosis de 50 g/planta, más 25 gramos de urea, presento mejor respuesta productiva, siguiendo en su orden los tratamiento a base de yeso agrícola y los otros tratamientos con humus de lombriz, quedando al final los tratamientos con fertilizantes químicos (microessencial y urea que es el testigo). (Ver gráfico 9)

Gráfico 9 Rendimiento café oro kg/ha



La variable **rendimiento de café oro qq/ha**, expreso el mismo comportamiento que la variable producción café oro kg/ha, de tal forma que el tratamiento humus de lombriz en dosis de 50 g/planta, más 25 gramos de urea, fue el de mejor resultado (tabla 12), seguido por los tratamientos a base de yeso agrícola, siendo el de menor producción el testigo.

Tabla 12. Rendimiento café oro qq/ha

Tratamiento	Medias	significación
Humus D1	0,17	A
Yeso D1	-0,04	ab
Yeso D2	-0,05	ab
Micorriza D1	-0,08	ab
Humus D3	-0,09	ab
Yeso D3	-0,25	abc
Micro D1	-0,51	bc
Micro D2	-0,6	bc
Micro D3	-0,67	bc
Micorriza D2	-0,79	c
Micorriza D3	-0,81	c
Humus D2	-0,89	c
Testigo	-0,81	c

Tabla 13. Correlación de Pearson: Coeficientes\probabilidades

Variables	Diámetro de hoja	Longitud de hoja cm	Tamaño del ápice de la hoja.	Número de ramas	Altura de planta	diámetro de tallo	diámetro de copa	números nudos por ramas	Peso g. 100 frutos maduros.	Peso de la producción g/pl..	Peso g 100 del café pergamino	Conversión café cereza café.	Rendimiento a café oro kg/ha	Rendimiento a café oro qq/ha	
Diámetro de hoja	1														
Longitud de hoja cm	0,57	1													
Tamaño del ápice de la hoja	0,62	0,51	1												
Nº de nudos por rama	0,58	0,55	0,37	1											
Altura de planta	0,59	0,63	0,35	0,69	1										
Diámetro de tallo	0,5	0,51	0,22	0,6	0,85	1									
Diámetro de copa	0,36	0,45	0,22	0,46	0,59	0,59	1								
Números de ramas	0,4	0,44	0,22	0,6	0,77	0,87	0,6	1							
Peso g. 100 frutos maduros.	0,3	0,31	0,12	0,37	0,35	0,38	0,23	0,26	1						
Peso de la producción g/planta	0,5	0,51	0,47	0,66	0,61	0,53	0,47	0,57	0,48	1					
Peso g 100 del café pergamino.	0,3	0,35	0,12	0,35	0,34	0,31	0,23	0,2	0,97	0,49	1				
Conversión café cereza café.	0,03	0,05	-0,03	0,12	0,12	0,21	0,06	0,09	0,84	0,29	0,74	1			
Rendimiento a café oro kg/ha	0,5	0,51	0,47	0,66	0,61	0,53	0,47	0,57	0,48	1	0,49	0,29	1		
Rendimiento a café oro qq/ha	0,5	0,51	0,47	0,66	0,61	0,53	0,47	0,57	0,48	1	0,5	0,29	1	1	

Elaborado por: María Fernanda León.

Como parte culminante del análisis de los objetivos 1 y 2, se efectuó un estudio de correlación entre las variables morfológicas y productivas, observando correlación positiva entre las variables morfológicas altura de planta, número de ramas, número de nudos por rama, con las variables productivas: peso de la producción g/planta, y en las variables rendimiento de café oro en kg/ha, como en qq/ha.

El análisis del **objetivo 3** “Determinar la relación beneficio costo de los tratamientos estudiados”, implicó un estudio de los costos efectuados durante el tiempo de manejo del estudio, e ingresos establecidos en la primera cosecha obtenida en el ensayo.

Es oportuno indicar que se aplicó la razón financiera relación beneficio/costo, el análisis esta realizado en función a una proyección por hectárea.

Tabla 14. Análisis relación beneficio costo.

Rubros	Urea - Micorriza D1	Urea - Micorriza D2	Urea - Micorriza D3	Urea - Humus de lombriz D1	Urea - Humus de lombriz D2	Urea - Humus de lombriz D3	Urea - Yeso Agrícola D1	Urea - Yeso Agrícola D2	Urea - Yeso Agrícola D3	Urea - Micro esencial D1	Urea - Micro esencial D2	Urea - Micro esencial D3	Testigo local urea
Adquisición de plantas	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Urea	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Micro esencial										3	3	3	
Humus le lombriz				1,5	1,5	1,5							
Micorriza	2	2	2										
Yeso agrícola							1,5	1,5	1,5				
Control de malezas	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Control fitosanitario	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Mano de obra cosecha	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
<b>Sub total costos variables</b>	<b>59</b>	<b>59</b>	<b>59</b>	<b>58,5</b>	<b>58,5</b>	<b>58,5</b>	<b>58,5</b>	<b>58,5</b>	<b>58,5</b>	<b>60</b>	<b>60</b>	<b>60</b>	<b>57</b>
Producción café oro	0,73	0,11	0,11	1,52	0,13	1,01	0,93	0,9	0,61	0,32	0,28	0,22	0,06
Precio Café oro	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110
Ingreso bruto café oro	80,3	12,1	12,1	167,2	14,3	111,1	102,3	99	67,1	35,2	30,8	24,2	6,6
<b>Ingreso neto</b>	<b>21,3</b>	<b>-46,9</b>	<b>-46,9</b>	<b>108,7</b>	<b>-44,2</b>	<b>52,6</b>	<b>43,8</b>	<b>40,5</b>	<b>8,6</b>	<b>-24,8</b>	<b>-29,2</b>	<b>-35,8</b>	<b>-50,4</b>
<b>Relación beneficio costo</b>	<b>0,36</b>	<b>-0,79</b>	<b>-0,79</b>	<b>1,86</b>	<b>-0,76</b>	<b>0,90</b>	<b>0,75</b>	<b>0,69</b>	<b>0,15</b>	<b>-0,41</b>	<b>-0,49</b>	<b>-0,60</b>	<b>-0,88</b>

El análisis de relación beneficio costo establece un patrón de comportamiento similar al obtenido estadísticamente, de tal manera que son precisamente los mejores tratamientos en su orden los siguientes: Humus de lombriz en sus dosis 50 y 150 g/planta más 25 g urea, seguido por los 3 tratamientos de yeso agrícola, y el tratamiento uno de micorriza en dosis de 0,5 g más 25 g urea/planta, tratamientos que generan hasta esta primer cosecha rentabilidad económica, no así el resto de tratamientos, lo que permite deducir que los abonos han sido más eficientes que los fertilizantes químicos.

## IX. DISCUSIÓN

El *Coffea arabica*, es genéticamente diferente a otras especies de café, ya que es tetraploide, lo que le hace tener un total de 44 cromosomas en lugar de 22. Se trata de un arbusto grande, de unos 5 metros de altura, con hojas ovaladas y de color verde oscuro brillante. La floración se produce después del periodo de lluvias, y sus flores son blancas, de aroma dulce y están dispuestas en racimo. Los frutos, verdes y ovalados, se vuelven rojos cuando maduran, al cabo de 7-9 meses (Rojo, 2014)

Teixeira *et al.*, (2014) indica que las evaluaciones de las características morfológicas y sus estimaciones de correlación son importantes para programas de cría, ya que ayudan al criador en la selección y eliminación temprana de golpes. Así, la caracterización de las variables más importantes, permite el mejor uso de los recursos en programas de mejora, permitiendo discriminar con genotipos de eficiencia en etapa juvenil utilizando la menor cantidad de variables posible.

La altura es importante porque indica el crecimiento ortotrópico de la planta, lo que va a proporcionar bandolas que garanticen la producción en los próximos años. En el análisis de esta variable Blanco *et al.*, (2003), encontró diferencias estadísticas en su investigación, probando variedades en diferentes localidades; por su parte Canseco *et al.*, (2020) y Plaza *et al.*, (2015), encontraron que la aplicación de abonos orgánicos influye en el comportamiento agronómico y productivo de plantaciones de *Coffea canephora*, al reportar alturas de plantas de  $\leq 220$  cm para plantas de portes bajos, valores de  $\leq 300$  cm en plantas de porte medio y  $> 301$  cm para plantas de porte alto, evaluadas en un lapso de tiempo de ocho meses. Los resultados de la evaluación muestran que en todos los tratamientos evidenciaron diferencias significativas con el transcurso del tiempo.

Concluyen que la combinación de abonos orgánicos y biofertilizantes genera crecimiento en las plantas. Dichos resultados coinciden con Román *et al.*, (2013), donde reportan que, entre mayor cantidad de materia orgánica, mayor cantidad microbiana ya que al aplicar abonos orgánicos, existe mayor posibilidad de liberación de nutrientes y al ser aplicados en el suelo continúa el proceso de descomposición. Estos resultados, aunque se trate de otra especie de café, coinciden con los resultados alcanzados en la primera cosecha, estableciéndose que las fuentes de fertilización orgánica brindan mejores resultados a nivel morfológico e incluso productivo.

Otro aspecto a nivel morfológico que es importante, es el diámetro de tallo, donde se encontró diferencias estadísticas a favor de las plantas abonadas con humus de lombriz, yeso agrícola y micorrizas, a las que se les combino 25 g de urea, coincidiendo con Plaza *et al.* (2015), quienes encontraron diferencias significativas al evaluar abonos orgánicos en café, lo cual indica que se tiene que asegurar un buen crecimiento vegetativo para obtener altos niveles de producción. Al respecto, Valverde *et al.*, (2020), indican que los bioestimulantes influyen en el comportamiento morfológico de las plantas de café; Adriano *et al.* (2011), mencionan que los rasgos morfológicos, diámetro del tallo, altura de planta y número de ramas primarias, están correlacionados genéticamente con el rendimiento.

Canseco *et al.*, (2020) en su investigación, concluye que, la incorporación de abonos orgánicos y biofertilizantes tuvieron efectos significativos entre tratamientos. Asimismo, la incorporación de dichos insumos genera mayor crecimiento y vigor a las plantas, por otro lado, mejora la estructura del suelo aportando nutrientes necesarios para dicho cultivo.

Casique *et al.* (2018), mencionan que el comportamiento de la altura y diámetro de tallo definen la producción de las plantas; coincidiendo con los resultados obtenidos, donde se establece correlación positiva variables morfológicas altura de planta, número de ramas, número de nudos por rama, con las variables productivas: peso de la producción g/planta, y en las variables rendimiento de café oro en kg/ha, como en qq/ha

Cabrera, (2019), realizó una investigación, donde evaluó el efecto de la aplicación de abonos orgánicos mejorados en las características morfológicas y de cosecha de *Coffea arabica* L. variedad Costa Rica 95 a la aplicación de abonos orgánicos mejorados. Los tratamientos fueron: 0 kg N.ha<sup>-1</sup> , guano de isla 200 kg N.ha<sup>-1</sup> , fórmula 2 (200 y 400 kg N.ha<sup>-1</sup> ), fórmula 4 (200 y 400 kg N.ha<sup>-1</sup> ). Los resultados no determinan diferencias en altura de planta y número de ramas, si encontró diferencias en número de hojas con fórmula dos (400 y 200 kg N.ha<sup>-1</sup>), en lo que respecta a los parámetros productivos, en el peso de 100 frutos maduros, peso de café cerezo, peso de café pergamino seco, relación café cerezo / café pergamino seco y rendimiento en quintales no se observaron diferencias estadísticas entre tratamientos. Lo cual no es coincidente con los resultados obtenidos en la investigación, aunque hay que dejar claro que no se utilizaron precisamente las mismas opciones nutricionales para las plantas.

## **X. CONCLUSIONES**

En lo que respecta al comportamiento morfológico del café arábigo Sarchimor 4260 en etapa productiva a diferentes fuentes de fertilización, se establecen diferencias entre tratamientos, donde se pudo observar que los tratamientos: Micorriza en dosis de 0,5 g/planta, más 25 g urea, humus de lombriz en dosis de 50 y 150 g/planta, más 25 g urea y yeso agrícola en dosis de 50 y 100 g más 25 g de urea, son los que expresaron mejor comportamiento morfológico, tanto a nivel de altura de planta, diámetro de tallo, número de nudos por ramas, longitud y diámetro de hojas.

En cuanto al comportamiento productivo del café arábigo Sarchimor 4260 a diferentes fuentes de fertilización. Las variables: Peso de 100 frutos maduros en g, peso de la producción/planta, rendimiento a café oro kg/ha, y rendimiento a café oro qq/ha, expresaron diferencias a favor de los tratamientos humus de lombriz en dosis de 50 g/planta más 25 g urea y yeso agrícola en dosis de 50 g/planta más 25 g de urea; con lo cual se acepta la hipótesis de investigación, pues se encuentra mejor respuesta productiva cuando existe aplicación de abonos orgánicos, reconociendo que es oportuno brindar nitrógeno al cultivo, toda vez que el análisis de suelo así lo ha determinado.

Como parte culminante del análisis de los objetivos 1 y 2, se efectuó un estudio de correlación entre las variables morfológicas y productivas, observando correlación positiva entre las variables morfológicas altura de planta, número de ramas, número de nudos por rama, con las variables productivas: peso de la producción g/planta, y en las variables rendimiento de café oro en kg/ha, como en qq/ha.

La relación beneficio costo de los tratamientos estudiados, establece que los mejores tratamientos en su orden los siguientes: Humus de lombriz en sus dosis 50 y 150 g/planta más 25 g urea, seguido por los 3 tratamientos de yeso agrícola, y el tratamiento uno de micorriza en dosis de 0,5 g más 25 g urea/planta, tratamientos que generan hasta esta primer cosecha rentabilidad económica, no así el resto de tratamientos, lo que permite deducir que los abonos en combinación con la urea han sido más eficientes que los fertilizantes químicos.

## **XI. RECOMENDACIONES**

Los resultados a nivel morfológico infieren a recomendar que es oportuno el uso de abonos orgánicos en el desarrollo de las plantas de café, sin embargo, siempre va a ser fundamental, considerar el realizar análisis de suelo, pues eso definirá dosis de fertilizantes, como la urea que, por su contenido de nitrógeno, es fundamental en la estructura del cultivo.

De igual manera es recomendable a nivel productivo el manejo adecuado de nutrientes, y aunque en esta primera cosecha no se llegó a los mejores parámetros productivos, se pudo establecer el comportamiento del cultivo en función a la presencia de abonos como el humus de lombriz, yeso agrícola y las micorrizas, todas combinadas con la urea, recomendando su uso, sin dejar de considerar el análisis precio del suelo.

Por los resultados productivos, se recomiendan el: Humus de lombriz en sus dosis 50 y 150 g/planta más 25 g urea, seguido por los 3 tratamientos de yeso agrícola, y el tratamiento uno de micorriza en dosis de 0,5 g más 25 g urea/planta; sin embargo, no se debe de considerar esto como una fórmula exclusiva para todos los cultivares, lo que si se recomienda por rendimiento es incluir los abonos, pues estos no incrementan los costos de producción, por el contrario, aportan a mejorar la productividad.

Un aspecto a considerar y que se suma a las recomendaciones, es el hecho que la urea como testigo local, y tratamientos químicos (ME) por sí solos, sin el aporte de los abonos, que mejoran sustancialmente el suelo y la disponibilidad de nutrientes, no deberían ser utilizados solos, salvo que se cuente con suficiente materia orgánica.

## XII. BIBLIOGRAFÍA

- Adriano, A. M. L.; Gálvez, R. J.; Hernández, R. C.; Figueroa, M. S. y Monreal, V. C. T. (2011). Biofertilización del café orgánico en etapa de vivero, Chiapas, México. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 2(3):417-431.
- Aguilar Jiménez C., Alvarado Cruz I., Martínez Aguilar F., Galdámez J., Gutiérrez A., Morales J., (2016). Evaluación de tres abonos orgánicos en el cultivo de café (*Coffea arabica* L.) en etapa de vivero. *Siembra* 3 011–020 / ISSN: 1390-8928
- Alarcó Alicia. (2011). MODELO DE GESTIÓN PRODUCTIVA PARA EL CULTIVO DE CAFÉ (*COFFEA ARABICA* L.) E EL SUR DE ECUADOR. Obtenido de UNIVERSIDAD POLITECNICA DE MADRID.
- Alvarado, M., & Rojas, G. (2007). EL CULTIVO Y BENEFICIADO DEL CAFE. COSTA RICA: EDITORIAL UNIVERSIDAD ESTATAL A DISTANCIA.
- ANACAFE. (2016). Guía de variedades de café.
- Bedoya Cardoso M; Salazar Moreno R. (2014). Optimización del uso de fertilizantes para el cultivo de café. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, núm. 8, pp. 1433-1439. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias Estado de México, México.
- Blanco, M., Hagggar J, Moraga P., Madriz J., Giovanni Pavón G. (2003). MORFOLOGÍA DEL CAFE (*Coffea arabica* L.), EN LOTES COMERCIALES. NICARAGUA. Obtenido de *AGRONOMÍA MESOAMERICANA*. ISSN-e 2215-3608, ISSN 1021-7444, Vol. 14, N°. 1, 2003, págs. 97-103
- Cabrera Gerson. (2019). Efecto de abonos orgánicos mejorados en la producción de *Coffea arabica* L. variedad Costa Rica 95 en Satipo. Obtenido de: [repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/5497](https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/5497)
- Casique, V. R.; Mendoza, V. R. F.; Galindo, G. S.; González, M. S. and Sánchez, P. (2018). Improved parameters of *Pinus greggii* seedling growth and health after inoculation with ectomycorrhizal fungi. *Southern Forests: a J. Forest Sci.* 1-8 pp. doi: 10.2989/20702620.2018.1474415.

- Canseco Daniela, Villegas Yuri, Castañeda Ernesto, Carrillo José, Robles Celerino, Santiago Gisela. (2020). Respuesta de *Coffea arabica* L. a la aplicación de abonos orgánicos y biofertilizantes. *Revista Mexicana Ciencias Agrícolas* volumen 11 número 6.
- Cantos, G., Pinargote, J., & Palma, R. (2018). Influencia de la fitohormona kinetina en el crecimiento de plántulas de *coffea arábica* L. injertadas sobre patrón robusta en vivero. *SCIELO*, 12.
- Camargo, S., Montaña, N., De La Rosa, C., & Montaña, S. (2012). Micorrizas: una gran unión debajo del suelo. Obtenido de *Revista Digital Universitaria*. revista.unam.mx.: <http://www.revista.unam.mx/vol.13/num7/art72/>
- CENICAFE. (2020). MANUAL DEL CAFETO COLOMBIANO.
- Ecocafesal. 2009. Importancia del café. Martes 20 de octubre. Disponible en: <http://ecocafesal.blogspot.mx/2009/10/importancia-del-cafe.html>
- Echeverri, E. (2020). VARIEDADES DE CAFE SEMBRADAS EN COLOMBIA.
- Estelita, S. (2016). “COMPORTAMIENTO EN VIVERO DE SEIS VARIEDADES DE CAFÉ INJERTADAS SOBRE *Coffea canephora* var. ROBUSTA EN SAN RAMÓN (CHANCHAMAYO)”. Obtenido de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/1975/F01-E884-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Fernández, F. (2009). La agricultura orgánica. Disponible en; [http://www.ecoportal.net,/contenido/Temas\\_Especiales/Desarrollo\\_Sustentable/La\\_Agricultura\\_Organica](http://www.ecoportal.net,/contenido/Temas_Especiales/Desarrollo_Sustentable/La_Agricultura_Organica).
- FERTISA. (2018). Microessentials SZ 12%N - 40% P202 - 10%S - 1%Zn. Obtenido de FERTISA: <https://www.fertisa.com/producto.php?id=63>
- Figuroa Esther, Pérez Francisco, Godínez Lucila. (2015). La producción y el consumo del café. ECORFAN-Spain. ISBN 978-607-8324-49-1.
- Flores, F. (2014). LA PRODUCCIÓN DE CAFÉ EN MÉXICO: VENTANA DE OPORTUNIDAD PARA EL SECTOR AGRÍCOLA DE CHIAPAS. Obtenido de <https://espacioimasd.unach.mx/index.php/Inicio/article/view/60/185>

- Franco, F. (2018). RESPUESTA DE TRES HIBRIDO DE CAFE (Sarchimor 1669, Sarchimor 4260, Catimor C1FC) A LA APLICACION DE DOS BIOESTIMULANTES ORGANICOS EN ETAPA DE VIVERO.
- Gabriel J, Castro C, Valverde A, Indacochea B (2017) Diseños experimentales: Teoría y práctica. Universidad del Sur de Manabí (UNESUM), Jipijapa, Ecuador. 101 p.
- González Hernán, Sadeghian ISiavosh, Jaramillo Álvaro. (2014). Épocas recomendables para la fertilización de cafetales. Revista Técnica CENICAFE. Gerencia Técnica / Programa de Investigación Científica Fondo Nacional del Café. ISSN - 0120 – 0178.
- Gómez, Gabriel. (2010). CULTIVO Y BENEFICIO DEL CAFÉ. Revista de Geografía Agrícola, núm. 45, 2010, pp. 103-193. Universidad Autónoma Chapingo Texcoco, México
- Hernández, E. F., Soto, F. P., & Montoya, L. G. (2015). LA PRODUCCION Y EL CONSUMO DEL CAFE. ESPAÑA: ECORFAN.
- Holguín Gladys. (2019). Comportamiento morfológico del café (*Coffea arábica* L.) sarchimor 4260 en etapa de crecimiento con fertilizantes químicos y orgánicos. Universidad Estatal del Sur de Manabí.
- IDIAF. (2010). Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales. Obtenido de Caracterización de suelos en zonas cafetaleras de la República Dominicana.
- INFOAGRO. (2017). Lombricompost, Vermicompost o Humus de Lombriz. Obtenido de Revista INFOAGRO México: <https://infoagro.com/mexico/lombricompost-vermicompost-o-humus-de-lombriz/>
- INFOKOFE. (2020). Tipos de granos.
- Instituto Agronómico (IAC), Brazil. (2020). WORLD COFFEE RESEARCH.
- INTAGRI. (2017). Guía de Fertilizantes Nitrogenados para Cultivos. El nitrógeno en la nutrición vegetal. La Urea. Obtenido de <https://www.intagri.com/index.php/articulos/nutricion-vegetal/guia-de-fertilizantes-nitrogenados-para-cultivos>

- Lucas, V. (2018). Evaluación de la producción de variedades e híbridos de *Coffea arabica*.
- MAG. (2020). MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA. Obtenido de <https://www.agricultura.gob.ec/semilla-de-cafe-importada-de-brasil-se-destinara-a-cantones-cafetaderos-de-loja/#>
- Monroig, M. (2020). Enfermedades del cafeto. Obtenido de <http://academic.uprm.edu/mmonroig/id52.htm>
- Mosquera, A. T. (2016). Evaluación de fertilización orgánica en cafeto (*Coffea arabica*) con. 12.
- Muller, R. (s.f.). Algunos aspectos de un problema grave que constituye una amenaza para la caficultura latinoamericana. La antracnosis de los frutos del café arábica (Coffee Berry Disease o CBD). Obtenido de CINECAFE.
- Olortegui, T. (2012). Manejo integrado de plagas en café. Perú: Agrobanco.
- Patiño, M. (2002). CAFÉ EN ECUADOR. Manta -Ecuador: ANECAFE Asociación nacional de exportadores de café. COORDINACIÓN EDITORIAL.
- Pozo, M. (01 de 2014). Análisis de los factores que inciden en la producción de café en el Ecuador 2000 – 2011. Obtenido de <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/6848/7.36.001425.pdf?sequence=4>
- Plaza, A. L. F.; Loor, S. R. G.; Guerrero, C. H. E. y Duicela, G. L. A. 2015. Caracterización fenotípica del germoplasma de *Coffea canephora* Pierre base para su mejoramiento en Ecuador. Espamciencia. 6(1):7-13.
- Rojo Elena. (2014). Café I (G. *Coffea*). Reduca (Biología). Serie Botánica. 7 (2): 113-132, 2014. ISSN: 1989-3620. Obtenido de: <https://eprints.ucm.es/27835/1/1757-2066-1-PB.pdf>
- Román, P.; Martínez, M. M. y Pantoja A. 2013. Manual de compostaje del agricultor; experiencias en América Latina. Oficina Regional para América Latina y el Caribe, Santiago de Chile. 17-25 pp.

- Sadeghian, S. (2008). Fertilidad del suelo nutrición del café en Colombia. En Cenicafé, Fertilidad del suelo nutrición del café en Colombia (pág. 45). Chinchiná: Feriva S.A.
- Sadeghian, K, S. 2008. Fertilidad del suelo y nutrición del café en Colombia, Guía Práctica. Boletín técnico Núm. 32. Cenicafé.
- Salomón, J. (2017). Suelo, nutrición y fertilización. El Cafetalero, 111.
- Santelices, L. (14 de 04 de 2019). Propuesta para crear una identidad cafetera en Las Tolas, a partir de la capacitación de la comunidad en la plantación de café y sus productos elaborados. Obtenido de <http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/8231/1/142500.pdf>
- Santiago, J. (2014). Manual de uso de Yeso Agrícola cómo mejorador de suelos. Obtenido de INTAGRI Instituto para la innovación tecnológica en la agricultura: [https://www.intagri.com/public\\_files/Manual%20de%20Uso%20del%20Yeso%20Agricola%20como%20mejorador%20de%20suelos.pdf](https://www.intagri.com/public_files/Manual%20de%20Uso%20del%20Yeso%20Agricola%20como%20mejorador%20de%20suelos.pdf)
- Schieber, E. (1972). Impacto económico de la roya del cafeto en América Latina. Guatemala: Copyright.
- Teixeira Alexandro, Avelar Flávia, Costa de Rezende, Barros Rocha Rodrigo, Pereira Alves. (2013) ANÁLISIS DE PRINCIPALES COMPONENTES EN CARACTERES MORFOLÓGICOS DE CAFÉ ÁRABE EN ESTADIO JUVENIL. Coffee Science, Lavras, vol. 8, n. 2, pág. 205-210, abril / junio. 2013
- Triana, J. V. (1995). Anotaciones sobre el café Bourbon en Colombia. Obtenido de Cinecafé: <https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/988/1/arc006%2862%2958-67.pdf>
- Tumbaco, P. (2019). Evaluación del comportamiento productivo de tres híbridos de Café (*Coffea arábica* L.) en tres distanciamientos de siembra.
- Valverde-Lucio, Yhony, Moreno-Quinto, Josselyn, Quijije-Quiroz, Karen, Castro-Landín, Alfredo, Merchán-García, Williams, & Gabriel-Ortega, Julio. (2020). Los bioestimulantes: Una innovación en la agricultura para el cultivo del café (*Coffea arábica* L). Journal of the Selva Andina Research Society, 11(1), 18-28.

Vanegas, F. (31 de 08 de 2016). Coffee Media. Obtenido de El suelo óptimo para el cultivo de café.

<https://cafemalist.com>. (2020). Morfología y Taxonomía del Café: Partes y Características. Obtenido de: <https://cafemalist.com/morfologia-del-cafe/>.

<https://www.yoamoelcafedecolombia.com>. (2016). Taxonomía del café. Fabián Venegas Obtenido de: <https://www.yoamoelcafedecolombia.com/2016/08/31/taxonomia-del-cafe/>

<http://www.ico.org>. (2019). Informe de la Organización Internacional del Café sobre desarrollo cafetero de 2019 Obtenido de: <http://www.ico.org/documents/cy2018-19/ed-2318c-overview-flagship-report.pdf>.

<https://www.anecafe.org.ec>. (2019). Situación de la caficultura en Ecuador. Por Pablo Pinargote Gerente ANECAFE. Año 1. N° 01. Diciembre 2019. Obtenido de: <https://www.anecafe.org.ec/local/public/doc/SITUACION%20DEL%20CAFE%20EN%20ECUADOR%20DIC%202019%20ANECAFE%20BOLETIN1.pdf>

<http://www.manabi.gob.ec>. (2020). Invest Manabí. Exportación de café. Obtenido de: [http://www.manabi.gob.ec/investmanabi/Expor\\_cafe2-0.php](http://www.manabi.gob.ec/investmanabi/Expor_cafe2-0.php)

: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/1975/F01-E884-T.pdf?sequence=1&isAllowed=yFern>

<https://quecafe.info>. (2019). Guía de fertilización del café. 9 ideas para mejorar productividad y sostenibilidad reduciendo costes. Por Susana Gómez Posada. Obtenido de: <https://quecafe.info/guia-fertilizacion-cafe-intensificacion-sostenible/>.

### XIII. ANEXOS

#### Anexo 1.- Señalización de las plantas en el cultivo de café.



#### Anexo 2.- Toma de datos en el cultivo del café







**Anexo 3.- Cosecha de café.**







**Anexo 4.- Pesado del fruto maduro.**

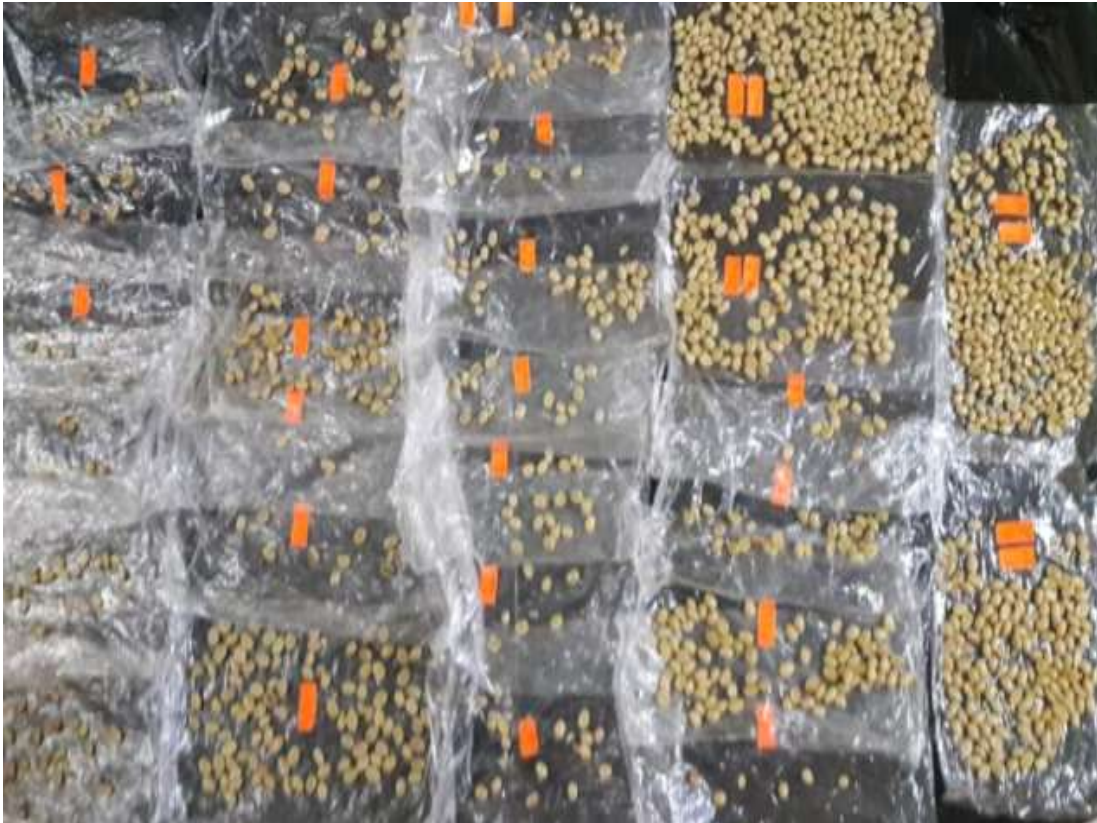




**Anexo 5.- Despulpado del café.**



**Anexo 6.- Secado del café.**



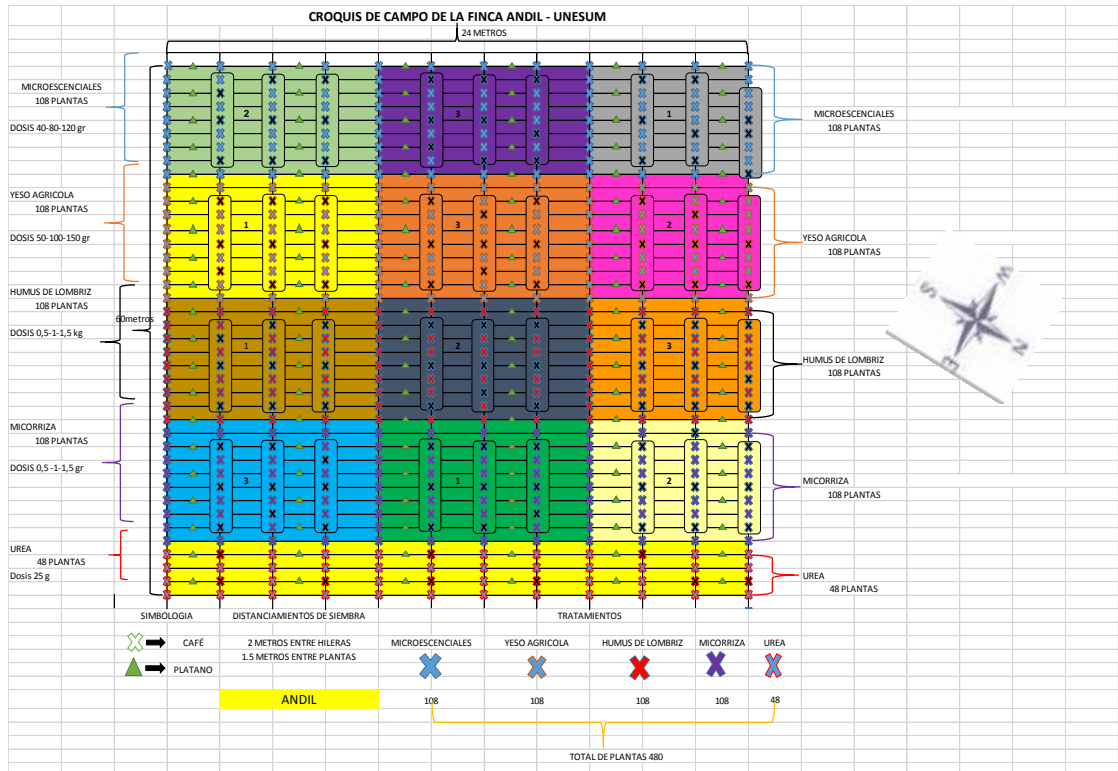
**Anexo 6.- Peso del café pergamino seco y peso de la producción/planta.**







## Anexo 7.- Croquis de campo



## Anexo 8.- Ubicación de la Finca Andil

