

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE AGRONOMÍA**



**TESIS**

**Efecto del beneficio húmedo centralizado del café (BHCC)**

**en las propiedades físicas y químicas**

**del suelo próximas a la planta en la C.A.F.E El Palomar**

**Para optar el título profesional de**

**Ingeniero Agrónomo**

**Autor: Bach. Geniker German MONTES ROMAN**

**Asesor: Ing. Iván SOTOMAYOR CORDOVA**

**LA MERCED - PERÚ - 2019**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE AGRONOMÍA**



**TESIS**

**Efecto del beneficio húmedo centralizado del café (BHCC)**

**en las propiedades físicas y químicas**

**del suelo próximas a la planta en la C.A.F.E El Palomar**

**Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:**

---

**Dr. Luis Antonio HUANES TOVAR**  
**PRESIDENTE**

---

**Mg. Carlos RODRIGUEZ HERRERA**  
**MIEMBRO**

---

**Mg. Julio IBAÑEZ OJEDA**  
**MIEMBRO**

## **DEDICATORIA**

*Con eterna gratitud y entrañable cariño a mis padres Germán Patrocinio MONTES PALOMINO y Enma Sara ROMAN OSCCO, quienes con su invaluable apoyo y paciencia me formaron para ser un profesional de éxito.*

*A mi asesor por el apoyo brindado y las sugerencias respectivas durante el desarrollo del presente trabajo.*

## RECONOCIMIENTO

Nuestro sincero agradecimiento a todas las personas e instituciones que han contribuido en la cristalización del presente trabajo de investigación, particularmente:

1. A la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Escuela de Formación Profesional de Agronomía – Filial La Merced; por habernos albergado y haber hecho posible nuestra formación académica a través de las enseñanzas impartidas por los docentes.
2. A la CAFE El Palomar.
3. A mi asesor Ing. Iván SOTOMAYOR CÓRDOVA por brindarme su tiempo, conocimientos y apoyo para la realización de este trabajo de tesis.
4. A mis compañeros de clase, con quienes compartí gratos momentos durante mi vida universitaria.
5. A mis hermanos y familiares, quienes confiaron en mi siempre.

## RESUMEN

El Beneficio Húmedo Centralizado, que permite el ahorro de costos al tratar volúmenes grandes de café y para conseguir una mejor y uniforme calidad, sin embargo, el manejo inapropiado de los subproductos generados en el proceso de cultivo del café genera impactos negativos de gran magnitud en el ecosistema cafetero, afectando tanto el suelo como el aire y agua. Dos principales subproductos del café se generan durante el proceso de beneficio ecológico del fruto y son la pulpa y el mucílago. La gran cantidad de pulpa acumulada genera la formación de lixiviados que representan una potencial fuente de contaminación; es así que el objetivo del trabajo de investigación fue: Determinar el efecto del Beneficio Húmedo Centralizado del Café (BHCC) en las propiedades físicas y químicas del suelo próximas a la planta en la CAFE El Palomar. El diseño experimental que se empleó en el desarrollo del trabajo de investigación fue el Diseño Completo al Azar (DCA) con 5 tratamientos más un testigo y 3 repeticiones por tratamiento. En los resultados obtenidos observamos que, el efecto del Beneficio Húmedo Centralizado del Café (BHCC) en las propiedades físicas y químicas del suelo próximas a la planta en la CAFE El Palomar, son significativas respecto de un suelo agrícola normal, las propiedades físicas del suelo próximas a la planta de beneficio son alteradas debido a la presencia de lixiviados producidos a partir de la pulpa de café. Las propiedades químicas del suelo próximas a la planta de beneficio son alteradas debido a la presencia de lixiviados producidos a partir de la pulpa de café. Las características químicas y microbiológicas del lixiviado proveniente del beneficio húmedo centralizado del café en la planta de la CAFE El Palomar, lo presentan como una alternativa para ser utilizado en la fertilización orgánica de los cafetales en producción por sus contenidos altos en fósforo principalmente.

Palabra clave: Ecosistema cafetero, Cafe

## **ABSTRACT**

The Centralized Wet Benefit, which allows cost savings when treating large volumes of coffee and to achieve a better and uniform quality, however, inappropriate handling of the by-products generated in the coffee growing process generates large-scale negative impacts on the coffee ecosystem, affecting both soil and air and water. Two main coffee by-products are generated during the process of ecological benefit of the fruit and are the pulp and the mucilage. The large amount of accumulated pulp generates the formation of leachates that represent a potential source of contamination; Thus, the objective of the research work was: To determine the effect of the Coffee Centralized Wet Benefit (BHCC) on the physical and chemical properties of the soil near the plant at CAFE El Palomar. The experimental design that was used in the development of the research work was the Complete Random Design (DCA) with 5 treatments plus a control and 3 repetitions per treatment. In the results obtained, we observe that the effect of the Centralized Wet Coffee Benefit (BHCC) on the physical and chemical properties of the soil near the plant at CAFE El Palomar, are significant with respect to normal agricultural soil, the physical properties of the soil next to the benefit plant are altered due to the presence of leachate produced from coffee pulp. The chemical properties of the soil near the beneficitation plant are altered due to the presence of leachate produced from coffee pulp. The chemical and microbiological characteristics of the leachate from the centralized wet benefit of coffee at the CAFE El Palomar plant, present it as an alternative to be used in the organic fertilization of coffee plantations in production due to their high phosphorus content

Keyword: Coffee Ecosystem, Coffee

## INTRODUCCIÓN

Actualmente el mundo tiene mayor conciencia sobre la importancia de cuidar el medio ambiente, debido al calentamiento global y al acelerado deterioro de los recursos naturales. Por ello es importante buscar alternativas de manejo a los residuos que sean económica y ambientalmente viables. De esta forma hacer un excelente aprovechamiento y brindar un bienestar a las comunidades.

En la superficie de nuestro planeta alrededor de 155 billones de toneladas de materia orgánica son producidas mediante el proceso fotosintético, cada año (Rajarithnam, 1991). Sin embargo, solamente una porción de esta materia orgánica es directamente comestible por el hombre y por los animales, la mayoría de ella, tomando diversas formas, no es comestible y en muchos casos se convierte en una gran fuente de contaminación ambiental.

Si analizamos los residuos que se producen en las diferentes agroindustrias, encontramos, por ejemplo, que en la industria del fique se utiliza solamente el 2% de la biomasa producida, en la industria de la cerveza solamente el 8% de los nutrientes del grano, y en las industrias del aceite de palma y de la celulosa se utiliza menos del 9% y 30%, respectivamente, de la biomasa producida (Zeri, 1997). Para el caso de la industria del café, solamente se utiliza el 9.5% del peso del fruto fresco en la preparación de la bebida, el 90.5% queda en forma de residuo (Calle, 1977).

Los residuos sólidos pueden clasificarse de muchas maneras, según el planteamiento o finalidad prevista. Recordemos que dicha clasificación depende del sistema productivo

de la región y de los diferentes hábitos y costumbres locales. Igualmente existen otras externalidades que inciden en la producción de los residuos municipales tales como la misma demanda ambiental a la que está sujeta la explotación de una serie de recursos, tanto de tipo biótico como abiótico (Pineda, 1998). Se puede definir el lixiviado como el líquido que se filtra a través de los residuos sólidos y que extrae materiales disueltos o en suspensión (Pineda, 1998).

Cuando llueve, una cierta cantidad de agua entra en los rellenos sanitarios debido a que una parte se pierde en la escorrentía superficial y evapotranspiración, el agua restante se filtra a través de los residuos en el relleno sanitario y es contaminada con diversos componentes orgánicos e inorgánicos. La generación de lixiviado ocurre cuando las características absorbentes de los residuos son excedidas (capacidad de campo), produciéndose la percolación. (Pineda, 1998). Las características de los lixiviados están íntimamente relacionadas con la cantidad producida, la naturaleza de los residuos y la etapa de estabilización en que se encuentra, variando de un relleno sanitario a otro y dependiendo de la estación del año. Cuando el lixiviado penetra en las aguas de un río, el oxígeno es consumido por las bacterias, las cuales descomponen los compuestos orgánicos del lixiviado. Cuando la contaminación orgánica es grave, el río puede ser despojado de la totalidad del oxígeno con consecuencias fatales para la vida acuática aerobia (Pineda, 1998). El relleno sanitario, de acuerdo con la Sociedad Americana de Ingenieros Civiles (ASCE), es una “técnica para la disposición de la basura en el suelo sin causar perjuicio al medio ambiente y sin causar molestia o peligro para la salud y seguridad pública. Este método utiliza principios de ingeniería para confinar la basura en la menor área posible, reduciendo su volumen al mínimo practicable, y cubriendo la



basura allí depositada con una capa de tierra con la frecuencia necesaria al fin de cada jornada” (Meléndez, 2004).

Una vez se han enterrado los residuos sólidos es necesario minimizar los impactos de esta práctica. Para empezar, el agua que ha entrado en contacto con la basura recoge gran cantidad de las sustancias que originalmente estaban dentro del residuo, quedando de esa manera altamente contaminada. Esta agua se denomina lixiviado y es uno de los líquidos más contaminados y contaminantes que se conocen. De no recogerse adecuadamente y luego tratarse, el lixiviado puede contaminar a su vez aguas subterráneas, aguas superficiales y suelos. Por esta razón, y para evitar que esto ocurra, los rellenos sanitarios se impermeabilizan, se drenan apropiadamente y los lixiviados recogidos por estos drenes se deben tratar (Giraldo, 1997). Una de las principales causas de la variabilidad de las características del lixiviado es la condición climática (temporadas seca y lluviosa), que hace que el lixiviado recolectado en los periodos secos presente mayores concentraciones, mientras que, en los periodos lluviosos, la escorrentía provoca fenómenos de dilución (Torres, 2005). Existen numerosas caracterizaciones de los lixiviados en donde se hace énfasis en su alto poder contaminante. Se concluye usualmente que los lixiviados contienen toda característica contaminante principal, es decir, alto contenido de materia orgánica, alto contenido de nitrógeno y fósforo, presencia abundante de patógenos e igualmente de sustancias tóxicas como metales pesados y constituyentes orgánicos. Estas características son importantes en cuanto nos indican qué es lo que toca removerle a los lixiviados durante su tratamiento (Giraldo, 1997). El tratamiento de los lixiviados de los rellenos sanitarios es un problema difícil de resolver, tal vez, sin exageración, uno de los problemas más desafiantes en la ingeniería del tratamiento de las aguas residuales. Esta apreciación quizás ayuda a explicar la gran cantidad de tecnologías y de investigación

que se ha realizado, y aún se realiza, alrededor del tema. En general puede decirse que todavía existe un gran campo para la innovación. Tal vez la solución final y racional consista en no producir los lixiviados, o al menos en producir lixiviados de características mucho menos contaminantes. Sin embargo, esta solución se podrá dar cuando se mire de una manera global el flujo de materiales en la sociedad y se internalicen los costos ambientales en todo el ciclo de los materiales, desde su producción, transformación, distribución, uso y descarte (Giraldo, 1999). El manejo inapropiado de los subproductos generados en el proceso de cultivo del café genera impactos negativos de gran magnitud en el ecosistema cafetero, afectando tanto el suelo como el aire y agua. Los dos principales subproductos del café se generan durante el proceso de beneficio ecológico del fruto y son la pulpa y el mucílago. (Rodríguez, 2009) Dado el riesgo que representa el desplazamiento de lixiviado en cualquier sitio de disposición final por la potencial contaminación hacia los cuerpos de agua, es indispensable realizar esta investigación que sirva como aporte para el manejo adecuado de los lixiviados producidos del beneficio de la pulpa del café.

Por tal motivo este trabajo tiene el propósito el conocer el efecto del lixiviado que se produce en el Beneficio Húmedo Centralizado del Café (BHCC) en las propiedades físicas y químicas del suelo próximas a la planta en la CAFE El Palomar; para poder tomar acciones para de disminuir los sistemas de producción que han generado altos costos sociales y ambientales, donde el uso de los recursos naturales constituye la base de la producción agrícola.

## INDICE

DEDICATORIA	
RECONOCIMIENTO	
RESUMEN	
ABSTRAC	
INTRODUCCIÓN	

### CAPITULO I

#### PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

<b>1.1 IDENTIFICACIÓN Y DETERMINACIÓN DEL PROBLEMA</b> .....	1
<b>1.2 DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....	3
<b>1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA</b> .....	3
<b>1.3.1 Problema principal</b> .....	3
<b>1.3.2 Problemas específicos</b> .....	4
<b>1.4 FORMULACIÓN DE OBJETIVOS</b> .....	4
<b>1.4.1 Objetivo general</b> .....	4
<b>1.4.2 Objetivos específicos</b> .....	4
<b>1.5 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....	5
<b>1.6 LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....	6

### CAPITULO II

#### MARCO TEÓRICO

<b>2.1 ANTECEDENTES DE ESTUDIO</b> .....	7
<b>2.2 BASES TEÓRICAS - CIENTÍFICAS</b> .....	12
<b>2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS</b> .....	27
<b>2.4 FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS</b> .....	28
<b>2.4.1 Hipótesis general</b> .....	28
<b>2.4.2 Hipótesis específicas</b> .....	28
<b>2.5 IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES</b> .....	28
<b>2.6 DEFINICIÓN OPERACIONAL DE VARIABLES E INDICADORES</b> .....	29

### CAPITULO III

#### METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

<b>3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN</b> .....	30
<b>3.2 MÉTODO DE INVESTIGACIÓN</b> .....	30
<b>3.3 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....	30

<b>3.4 POBLACIÓN Y MUESTRA .....</b>	<b>32</b>
<b>3.5 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS .....</b>	<b>32</b>
<b>3.6 TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS .....</b>	<b>32</b>
<b>3.7 TRATAMIENTO ESTADISTICO .....</b>	<b>32</b>
<b>3.8 SELECCIÓN, VALIDACIÓN Y CONFIABILIDAD DE LOS INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>32</b>
<b>3.9 ORIENTACIÓN ÉTICA .....</b>	<b>33</b>

#### CAPITULO IV

#### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

<b>4.1 DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE CAMPO .....</b>	<b>34</b>
<b>4.2 PRESENTACIÓN, ANALISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS .....</b>	<b>38</b>
<b>4.3 PRUEBA DE HIPOTESIS.....</b>	<b>50</b>
<b>4.4 DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....</b>	<b>51</b>

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFIA

ANEXOS

## **CAPITULO I**

### **PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

#### **1.1 Identificación y determinación del problema**

El cultivo de café en el Perú tiene una gran importancia económica y social porque ocupa aproximadamente 200,000 hectáreas, da ocupación directa e indirectamente a más de 500,000 personas (Julca y Crespo, 1999) y genera divisas para el país por más de 280 millones de dólares anuales (Julca y Crespo, 1997).

El beneficio post cosecha del café es realizada de manera tradicional e individual por la mayoría de familias productoras de café de selva central. Esta actividad lo realizan teniendo como principal limitación los escasos conocimientos sobre tecnologías para el beneficio, secado y almacenado en la línea de cafés especiales; lo que genera una oferta de café con calidad heterogénea y con perfiles de taza menores a 80 puntos que no califican como café especial. Una alternativa a este inconveniente, es el Beneficio Húmedo Centralizado, que permite el ahorro de costos al tratar volúmenes grandes de café y para conseguir una mejor y uniforme calidad, asimismo, permite que los productores puedan dedicarse mayor tiempo al

cultivo de café, al desarrollo de otros cultivos complementarios y de autoconsumo, mejorando de esta manera el bienestar social de las familias cafetaleras (Central Café y Cacao, 2015).

La pulpa y el mucílago constituyen los subproductos más abundantes del proceso de beneficiado húmedo del café y representa alrededor del 60% del peso del fruto fresco. La pulpa de café, que frecuentemente se desperdicia en las fincas y se convierte en un contaminante del agua de los ríos y quebradas, es un excelente recurso para elaborar abono orgánico (Izquierdo 1996), sin embargo los grandes volúmenes de café que se benefician en los centros de beneficio húmedo centralizado (BHCC), no están permitiendo un buen manejo de la pulpa de café la cual campaña tras campaña se viene acumulando generando una fuente de contaminación; asimismo estos grandes volúmenes de pulpa mezclados con el agua de lluvia u otra fuente hídrica están originando la formación de lixiviados que son fuente de contaminación del suelo y las vertientes cercanas a estas instalaciones.

El estudio del balance de materia (Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, *et al*, 1984), y la determinación de la capacidad contaminante (expresada como Demanda Química de Oxígeno, DQO), de los subproductos generados en el proceso de beneficio, así como su distribución al entrar en contacto con el agua (Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, *et al*, 1989), permiten calcular que la pulpa proveniente del despulpado en seco de 5 kg de café cereza, si es arrojada directamente a las corrientes de agua, produce una contaminación equivalente a los excrementos y orina generados por 6 personas en un día. Cuando la pulpa es transportada con agua a las fosas, utilizando 1 L. de agua por cada kg de café cereza despulpado, la cantidad de sustancias (materia orgánica) que pasan al agua por cada

2 kg de café cereza despulpado tiene una capacidad contaminante equivalente a la de una persona/día.

Estas consideraciones sugieren la necesidad de estudiar mejor el efecto del Beneficio Húmedo Centralizado del Café (BHCC) en las propiedades físicas y químicas del suelo próximas a la planta en la CAFE El Palomar.

## **1.2 Delimitación de la investigación**

El presente trabajo de investigación se ejecutó en una parcela próxima a la planta de la Cooperativa Agropecuaria Cafetalera “El Palomar” del Distrito de Sanchirio, Provincia de Chanchamayo. El tema escogido para el trabajo de investigación fue propuesto debido a los grandes volúmenes de cerezo de café que procesa la planta y la gran cantidad de pulpa de café que se genera como producto del beneficio húmedo, el cual es depositado en un lote de terreno próximo a la planta, nuestras primeras observaciones nos señalan que los terrenos agrícolas próximas a la planta de procesamiento, han dejado de ser explotadas por los agricultores.

La cosecha de café consiste en recolectar selectivamente solo las cerezas maduras, evitando el quiebre de las ramas y la destrucción de las yemas florales y las hojas.

La cosecha de café arábigo y robusta debe realizarse en estado de cereza madura, evitando cosechar los frutos verdes o inmaduros, porque tienen bajo rendimiento.

(Duicela & Sotomayor, 1993).

Por todo lo expuesto, es que el trabajo se delimita al estudio del efecto del Beneficio Húmedo Centralizado del Café (BHCC) en las propiedades físicas y químicas del suelo próximas a la planta en la CAFE El Palomar.

## **1.3 Formulación del problema**

### **1.3.1 Problema principal**

- ¿Cuál es el efecto del Beneficio Húmedo Centralizado del Café (BHCC) en las propiedades físicas y químicas del suelo próximas a la planta en la CAFE El Palomar?

### **1.3.2 Problemas específicos**

- ¿Cuáles son las características de las propiedades físicas del suelo próximas a la planta de beneficio?
- ¿Cuáles son las características de las propiedades químicas del suelo próximas a la planta de beneficio?
- ¿Cuáles son las características químicas y microbiológicas del lixiviado proveniente del beneficio húmedo centralizado del café en la planta de la CAFE El Palomar?

## **1.4 Formulación de objetivos**

### **1.4.1 Objetivo general**

- Determinar el efecto del Beneficio Húmedo Centralizado del Café (BHCC) en las propiedades físicas y químicas del suelo próximas a la planta en la CAFE El Palomar.

### **1.4.2 Objetivos específicos**

- Caracterizar las propiedades físicas del suelo próximas a la planta de beneficio.
- Caracterizar las propiedades químicas del suelo próximas a la planta de beneficio.
- Determinar las características químicas y microbiológicas del lixiviado proveniente del beneficio húmedo centralizado del café en la planta de la CAFE El Palomar.



## **1.5 Justificación de la investigación**

En Perú, el proceso de beneficio del café se ha hecho tradicionalmente por vía húmeda y éste es uno de los factores a los cuales se debe la excelente calidad del café de altura peruano. No obstante, en este proceso, tal y como se hace actualmente, se consumen grandes volúmenes de agua limpia y se contaminan cantidades equivalentes. De acuerdo con el Manual del Cafetero Colombiano, en las labores de lavado y clasificación se consumen 20 litros de agua limpia por kilogramo de café pergamino seco y un volumen igual en el despulpado y transporte hidráulico de la pulpa y del café en baba.

La pulpa es el desecho más importante del beneficiado, pues representa aproximadamente del peso total del fruto fresco del café, alrededor de 40% (López y Castillo, 2011), 42 % (Gómez, Morales, y Adalid, 2006) y de 43.58% (Montilla, 2006). Su poder contaminante es mayor cuando se transporta y separa por vía húmeda debido a su composición química, pues la humedad en exceso retarda su descomposición y dificulta su manejo, y cuando se fermenta posteriormente causa malos olores y proliferación de moscas (López y Castillo, 2011). Por cada millón de sacos de 60 kg de café almendra, se generan 162 900 toneladas de pulpa fresca, la cual si no se utiliza adecuadamente produciría una contaminación equivalente a la generada durante un año, en excretas y orina, por una población de 868 736 habitantes en términos de DBO (Rodríguez, 2009).

A partir de este cúmulo de pulpa de café que se genera del beneficio húmedo, conjuntamente con el agua ya sea del beneficio húmedo mismo o de las precipitaciones, se produce el lixiviado de la pulpa de café. Los lixiviados se generan debido a que las mieles al entrar en contacto con la pulpa arrastran los

fenoles presentes en éstas; los fenoles al contacto con el aire toman una coloración negra la cual es característica de los lixiviados.

Por tal motivo este trabajo tiene el propósito el conocer el efecto del beneficio húmedo centralizado del café en las propiedades físicas y químicas del suelo próximas a la planta en la CAC el Palomar, de tal manera que se controle los subproductos del beneficio húmedo contaminantes del medio ambiente.

## **1.6 Limitaciones de la investigación**

A nivel de la provincia de Chanchamayo existen otros centros de beneficio húmedo centralizado de café, al igual que la CAFÉ El Palomar, producen grandes volúmenes de pulpa de café que no es transportado a centros de compostaje y simplemente se dejan en el lugar de beneficio sin tratamiento alguno.

El trabajo se limita a realizar una investigación sobre el efecto del beneficio húmedo centralizado de la CAFÉ El Palomar sobre los terrenos agrícolas próximas a la planta en el distrito de Sanchirio. Asimismo, una limitación que hemos encontrado es la poca información bibliográfica respecto del tema planteado, pues aunque sea la producción del café de forma orgánica y ésta sea la presentación principal para su comercialización, cuando se realiza la inspección interna de la producción de café para ser considerado orgánico, no hay reglamentación que exija que los sub productos del beneficio húmedo del café también sean inspeccionados aun cuando este proceso pertenece al proceso productivo del café.

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 Antecedentes de estudio**

Capa (2015), manifiesta que el cultivo de café es de gran importancia a nivel mundial (ICO, 2011), y en el Ecuador ha sido uno de los cultivos más importantes en la generación de divisas (COFENAC, 2011). Sin embargo, en los sistemas productivos de este país se puede apreciar el uso inapropiado de fertilizantes, lo que conlleva a una pérdida de nutrientes, por lo que es importante estudiar las dosis adecuadas para la fertilización tanto mineral como orgánica. El objetivo del trabajo fue evaluar el efecto de la fertilización mineral y orgánica en diferentes dosis en un monocultivo de café en la provincia de Loja, sobre las propiedades del suelo, la emisión de los principales gases que provocan el efecto invernadero y la fenología y productividad del cultivo. En la provincia de Loja (Ecuador) se seleccionó un área de 2.520 m<sup>2</sup> en la que se establecieron 21 parcelas de café arábigo (*Coffea arabica* L.) var. caturra y se aplicó tres tratamientos con tres repeticiones de fertilización mineral y tres orgánicos con dosis: bajas minerales (**MIN 1**= 157 Kg NPK ha-1

año-1 para el primer año y 425 Kg NPK ha-1 año-1 para el segundo año), medias minerales (**MIN 2**= 325 Kg NPK ha-1 año-1 para el primer año y 650 Kg NPK ha-1 año-1 en el segundo año) y altas minerales (**MIN 3**= 487 y 875 Kg NPK ha-1 año-1 para el primer y segundo año respectivamente), bajas orgánicas (**ORG 1**= 147 Kg NPK ha-1 año-1 en el primer año y 388 Kg NPK ha-1 año-1 en el año dos), medias orgánicas (**ORG 2**= 265 Kg NPK ha-1 año-1 para el primer año y 541 Kg NPK ha-1 año-1 en el segundo año), altas orgánicas (**ORG 3**= 368 Kg NPK ha-1 año-1 para el primer año y 727 Kg NPK ha-1 año-1 en el segundo año) y fertilización cero (**TES** = sin fertilización). Se usó urea, roca fosfórica y muriato de potasio en la fertilización mineral y humus (Bioabor) en la orgánica, más un tratamiento testigo, cada tratamiento tuvo tres repeticiones. El tiempo de evaluación de los fertilizantes aplicados fue de dos años consecutivos, la fertilización se la realizó dos veces por año y en base a análisis del suelo y demandas nutricionales del cultivo. para determinar las características del suelo se realizó muestreos de suelos en cada parcela a una profundidad de 20 cm de estas muestras los parámetro iniciales determinados fueron: color (Munsell), textura (método del hidrómetro), pH (relación 1:2,5 suelo-agua), Materia orgánica (Walkey y Black), Nitrógeno (Micro Kjendahl), Fósforo (Bray y Kurtz), Potasio (Olsen), estos procesos se repitieron cada seis meses para poder evaluar los cambios de que se producen debido a la fertilización mineral y orgánica en el cultivo. Las emisiones de gases efecto invernadero desde el suelo al ambiente se determinaron por el método de cámara cerrada (Rondón, 2000) y la concentración por cromatografía de gases. Las mediciones fisiológicas (altura de planta, ancho de copa, grosor de tallo y producción) se las evaluó cada dos meses, a excepción de la producción que fue anual al término de cada cosecha. Además, se realizó el análisis económico de la

productividad del cultivo. El análisis estadístico de datos se lo realizó con el programa SPSS v. 17.0. Las medias fueron comprobadas mediante ANOVAS de un factor con test de Tukey ( $P < 0,05$ ). El beneficio económico se estimó en términos de ingresos y gastos totales que se presentaron en el ensayo. Los resultados obtenidos al término del ensayo indican que los tratamientos MIN 2 y MIN 3 produjeron cambios más significativos en comparación con los otros tratamientos establecidos en la mejora de fertilidad del suelo, el pH ha sido menos afectado en la acidificación en comparación con los tratamientos orgánicos que se han acidificado mayormente; la materia orgánica (MO) tuvo incrementos considerablemente bueno en estos dos tratamientos, sin embargo fueron superados por los tratamientos de fertilización orgánica; el nitrógeno total (Nt )y el potasio (K) también presentaron mejores valores al término del ensayo y el fósforo (P) mostro incrementos buenos aunque un poco menores que los de los tratamientos ORG 2 y ORG 3. En lo que respecta a las emisiones de gases efecto invernadero, los flujos acumulados de óxido nitroso ( $N_2O$ ) en los dos años han aumentado en todos los tratamientos en comparación con el tratamiento Testigo, pero de manera considerable y con mayores flujos en el tratamiento MIN 3 y MIN 2 que se podrían considerarse los de mayor contaminación por  $N_2O$  al ambiente lo que se le atribuye a las dosis de fertilización mineral aplicadas en el periodo de investigación, los tratamiento MIN 1 y todos los tratamientos orgánicos muestran menores emisiones al ambiente. Las emisiones de metano ( $CH_4$ ) no muestran mayores diferencias de emisiones entre tratamientos, siendo los mayores emisores los tratamientos ORG 3 y ORG 2 posiblemente debido al abono orgánico y añadido al suelo; para las emisiones de dióxido de carbono ( $CO_2$ ) de manera similar al  $CH_4$  el tratamiento ORG 3 fue el que presento mayores emisiones, los flujos de  $CO_2$  al ambiente de los

otros tratamientos fueron menores y no presentaron diferencias significativas entre ellos. Las variables fisiológicas en todos los casos apoyaron al desarrollo de las plantas de café, esto al ser comparadas con el tratamiento Testigo, sin embargo las que alcanzaron las mayores altitudes, anchos de copas y diámetro de tallo fueron las plantas del tratamiento MIN 3, seguido del MIN 2, no mostrando significancia entre ellos, y para los tratamientos orgánicos el que presentó muy buenos resultados en estas variables ha sido el ORG 3, el cual no presentó diferencias significativas con el MIN 2, lo cual comprueba que la fertilización mineral es más efectiva en este caso frente a la orgánica. Para el primer año de producción el tratamiento mineral con fertilización MIN 3 es el que obtuvo mayor producción no presentando diferencia estadística con el tratamiento con el MIN 2, no obstante, fueron significativamente mayores que los otros tratamientos. Vale indicar que también el tratamiento MIN 1 y el tratamiento ORG 3 han presentado una producción considerable de café no mostrando diferencias estadísticas entre ellos. Para el segundo año la producción del cultivo mostró mayores rendimientos que el primer año de evaluación en todos los tratamientos, esto debido a la fisiología propia del cultivo y por otra parte se atribuye a la adición de fertilizantes que se ha realizado durante todo el ensayo; de manera similar al anterior los tratamientos MIN 3 y MIN 2 obtuvieron mejores rendimientos, no enseñando diferencias estadísticas significativas entre ellos, no obstante el tratamiento mineral dosis MEDIA no presentó significancia estadística con el ORG 3. El beneficio económico ha resultado mayor en el tratamiento MIN 3 y MIN 2, aunque el tratamiento MIN 2, es el que obtiene la mejor relación costo-beneficio; los tratamientos ORG 2 y ORG 3 y Testigo han producido beneficios negativos para el productor. En cuanto a la parte ambiental se considera que los mejores tratamientos en cuanto al cuidado

ambiental serían los tratamientos MIN 1 y ORG 1, sin embargo, a nivel de producción y rentabilidad para el productor baja.

Alfaro y Rodriguez (1993), manifiestan que la creciente preocupación por la pérdida de las condiciones ambientales necesarias para la vida en la tierra está llevando a la humanidad a la explotación sostenible de sus recursos. La utilización de desechos agroindustriales contribuye a la sostenibilidad y la conservación ambiental. El proceso industrial del café utilizado en Costa Rica, caracterizado por el "proceso húmedo", genera impactos positivos y negativos; Es una fuente de empleo e ingresos para muchas personas a diferentes niveles sociales, pero es también una de las fuentes más importantes de contaminación de aguas superficiales debido a su descarga de desechos líquidos y sólidos. Mediante una metodología de impacto ambiental, este artículo señala los principales componentes ambientales afectados por esta actividad. Se proponen varias alternativas para la utilización de subproductos residuales y para el tratamiento de aguas residuales.

Savigne y Romanovsk (2005), Manifiestan que, basado en los impactos ambientales potenciales en los cuerpos receptores de agua de la provincia Guantánamo, causado por un volumen de agua residual de 104000 m<sup>3</sup>/ año (1200 m<sup>3</sup>/día) y un aporte de carga orgánica de 416 000 kg DQO/ año ,es que se propone la utilización de métodos biológicos para el tratamiento de estos residuales , usando la digestión anaerobia, la cual ha dado los mejores resultados como tecnología , fundamentalmente en el uso de digestores de flujo ascendente (UASB) ,los cuales a altas cargas orgánicas (20 kg DQO/ m<sup>3</sup>/ día) han permitido una remoción de hasta el 91%. Resultado del presente trabajo es el balance de los residuales de café por

municipio de esta provincia, así como sus potencialidades energéticas a partir de este residual.

## **2.2 Bases teóricas - científicas**

### **2.2.1. El cultivo de café**

#### **A. Origen**

El café se originó en las tierras altas de más de 1000 m.s.n.s de Etiopia y Sudan, África. En los años 575 y 890, los persas y los árabes lo llevaron a Arabia y Yemen, en tanto que los nativos africanos lo extendieron a Mozambique y Madagascar. De aquí los holandeses y los portugueses, entre los años 1600 y 1700, lo trasladaron a Ceylán, posteriormente a Java y a la India, así como a otras regiones de Asia y África. En 1727 fue trasladado de Sumatra a Brasil, y luego paso a Perú y Paraguay, y en 1825, a Hawaii.

Por otra parte, en el invernadero de Paris se multiplicaron las plantas y pasaron a la Guyana Francesa, África Ecuatorial, Haití y Santo Domingo. Luego se extendió a Puerto Rico y a El Salvador en 1740; a Guatemala, en 1750; a Bolivia, Ecuador y Panamá en 1784; por último, a Costa Rica, procedente de Cuba y Guatemala, entre 1796 y 1798. (Academia de Geografía e Historia, 1986).

#### **B. Taxonomía**

Alvarado y Rojas (1994), manifiestan que la clasificación taxonómica del cultivo de café es la siguiente:



- Reino : Plantae
- División : Magnoliophyta
- Sub – División : Angiospermae
- Clase : Magnoliata
- Sub – Clase : Asteridae
- Orden : Rubiales
- Familia : Rubiaceae
- Género : Coffea
- Especie(s) : arábica, canéfora, ibérica, etc

### C. Morfología y fisiología del café

Las características morfológicas, fisiológicas y tecnología de producción de café son:

#### a. Morfología

El café es una dicotiledónea, un arbusto perenne que pertenece a la familia de las rubiáceas, la cual contiene alrededor de 500 géneros y más de 6 000 especies. La mayor parte son árboles y arbustos que crecen en el estrato más bajo de los bosques tropicales.

El fruto es de forma ovoide. Está formado por: el epicarpio o pulpa, el mesocarpio o mucilago. El endospermo o gra y además por una película de lignina, endospermo o grano y por el embrión.

Las yemas florales aparecen en series en las axilas de las hojas. El botón es de color verde y se torna blanco poco antes de la apertura de la flor.

Las flores hermafroditas, de color blanco, y de olor semejante al jazmín. Aparecen en grupos de 3 ó 4 envueltas en las brácteas. El cáliz tiene sus sépalos soldados entre sí, y la corola está compuesta por 5 pétalos unidos en la base.

Las hojas aparecen en su mayoría en ramas horizontales, en un mismo plano y en posición opuesta. La lamina es delgada, fuerte y ondulada de 12 a 24 cm. de ancho y su forma varia de elíptica a lanceolada.

Las ramas se distribuyen en forma alternada y opuesta a lo largo del tallo son delgadas y flexibles, y su longitud varia para las diferentes variedades o cultivares. En ellas se presentan una serie de nudos donde se producen las yemas que eventualmente, dan origen a hojas, flores y ramas tercias o palmillas.

El tallo central es erecto y de crecimiento indefinido. En el tallo se producen tres yemas: las que originan el tallo central o eje ortotrópico, las que producen las ramas que son los ejes plagiotrópico y, finalmente aquellas que producen las hojas.

El tallo principal está constituido por nudos y entrenudos en el nudo existen 6 yemas a un lado y 6 yemas al otro y 5 yemas seriadas. La yema cabeza de serie se transforman en chupones y son los que forman tallos nuevos. A menudo que se van produciendo las

cosechas, las ramas por eso los tallos se van pelando y disminuyen las cosechas.

La Raíz principal y Raíces Laterales:

- Primer año. El desarrollo de la raíz principal, las raíces primarias, secundarias y los pelos absorbentes en el primer año, alcanzan una profundidad de 20 a 25 cm.
- Segundo año. El desarrollo de la raíz principal, las raíces primarias, secundarias y los pelos absorbentes en el segundo año, alcanzan una profundidad de 25 – 30 cm.
- Tercer año. El desarrollo de la raíz principal en el tercer año, alcanza una profundidad de 40 – 50 cm., la raíz hídrica va profundizando.
- Estos primeros 3 años son los más importantes para el desarrollo del sistema radicular.
- Los elementos más importantes son: Nitrógeno, Fósforo, Calcio, Magnesio y azufre.
- Pelos absorbentes: El 80% de los pelos absorbentes se encuentran en los primeros 20 cm. de profundidad y su función es absorber agua y sustancias naturales.
- Raíces hídricas: Llegan hasta una profundidad de 1.50 m. y determinan: La profundidad que debe tener un suelo para utilizarlo para el cultivo de café y mantiene el nivel de agua en la planta en la época de descanso. (Figuerola et al, 1996).

## **b. Variedades**

- **Coffea arabica (Café Arabica):** Llamado “arábica”, esta variedad constituye entre el 60% y el 70% de la producción mundial. Las variedades originales de este café en general producen buenas infusiones con acidez, más sabor y aroma, pero son susceptibles a las plagas y enfermedades.
- **Coffea canephora (Café Robusta):** Denominado “robusta”, constituye entre el 30% y el 40% de la producción mundial. Árbol pequeño (de hasta 10m. de altura), que puede crecer a alturas inferiores que el café arabica, con mayor rendimiento y resistencia a las enfermedades. Sin embargo, los granos tienen menos sabor que los de arabica y el doble de cafeína. (Figueroa et al, 1996).

### c. **Ciclo vegetativo**

En la base de las hojas formadas en la campaña anterior, las yemas ya formadas se desarrollan formando las estaquillas. La falta de agua es necesaria para que la hormona llamada ácido abscísico que está en las hojas sea eliminado y así puedan desarrollar las estaquillas transformándose después en botones florales.

- **La parte aérea está en reposo:** no crece el tallo ni las ramas, no se forman hojas nuevas y las ramas formadas en la campaña anterior se engrosan y maduran.
- **El sistema radicular:** La raíz principal y las raíces secundarias no crecen, no hay absorción de agua, ni de sustancias minerales

por los pelos absorbentes y las raíces hídricas mantienen el nivel de agua en la planta.

Con el inicio de las lluvias el suelo va alcanzando el 50% de su capacidad de campo. Se inicia la absorción de agua y sustancias minerales a través de los pelos absorbentes.

La floración y el crecimiento se inician con las primeras lluvias. Para que los botones florales se conviertan en flores, necesitan que las hojas produzcan una hormona llamada ácido giberélico, el cual se forma cuando la raíz absorbe agua y esta llega a las hojas.

A mayor agua, mayor ácido giberélico, mayor floración; las flores se autopolinizan inmediatamente se forman los frutos.

La planta cumple 2 funciones:

- Los frutos crecen, desarrollan y las ramas se llenan de frutos.
- El tallo y las ramas crecen formando nuevas hojas.

El desarrollo del grano tiene 4 etapas definidas:

- **primera. Etapa (1 ½ mes):** Poco crecimiento del fruto.
- **segunda. Etapa (2 meses):** Las semillas que están dentro del fruto crecen rápidamente y alcanzan su máximo tamaño, es la época en que necesita más agua, de lo contrario los frutos no crecen, son chicos y se caen.
- **tercera. Etapa (2 ½ meses):** Las semillas alcanzan su máximo tamaño y se van llenando de sustancias nutritivas y que se almacenan en el tallo, hojas y raíz, que sirven para el desarrollo de los frutos y planta.

- **4ta. Etapa (3 ½ meses):** La cáscara y la pulpa del fruto crecen rápidamente, cambia de color verde a rojo o amarillo.

En la etapa de cosecha las lluvias empiezan a disminuir, comienza cuando los frutos cambian de coloración verde a roja o amarilla de acuerdo a la variedad. Crece y desarrolla la cáscara y la pulpa, en esta etapa la formación de hojas en las ramas disminuye. En la base de las hojas formadas durante toda la campaña se forman las yemas para la cosecha de la próxima campaña. (Figuroa et al, 1996),

**d. Requerimientos climáticos**

Requiere de climas tropicales y sub-tropicales con temperatura que varía de 20 y 25 °C con lluvia anual de 1,500 a 2,500 mm. y terrenos con altitud de 1000 a 1500 msnm. La cantidad de luz y horas de sol tiene gran influencia a mayor luminosidad la planta puede dar mayor cosecha, siempre que se encuentre bien abonado (Figuroa et al, 1996).

**e. Condiciones edafológicas**

El suelo es muy importante en la producción, con una buena profundidad de la capa agrícola del suelo (alrededor de un metro) se tienen aseguradas buenas cosechas por mucho tiempo. Y en suelos superficiales, las cosechas son menores, así como la duración del cafetal necesitando lluvias o riegos más frecuentes y mayor cantidad de abo Los terrenos planos o con ligera pendiente ofrecen mejores condiciones agrícolas que los de mayor pendiente. (Figuroa et al, 1996).

La planta de café o cafeto, necesita para crecer un suelo rico y húmedo, que absorba bien el agua y drene con rapidez el exceso de precipitación. Los mejores suelos son los formados por un pequeño manto de hojas, materia orgánica de otra clase y roca volcánica desintegrada (Café Imperial, 2013).

**f. Periodo vegetativo**

El cafeto es un cultivo de ciclo económico prolongado (más de 50 años), si se cultiva en condiciones de clima y suelos apropiados, acompañado de un manejo tecnificado. (Figuerola et al, 1996).

**g. Propagación**

La forma de propagar el cafeto en forma comercial es por semilla botánica. La propagación vegetativa se utiliza solo para fines específicos, tales como conservación de híbridos inter-específicos, injertos, etc.

Antes de 2 meses del trasplante realizamos la poda de raíces; la poda se hace a 10 cm. de la base del tallo y a 12 cm. de profundidad y con esta labor favorecemos que se produzcan más raíces. (Figuerola et al, 1996).

En los viveros comerciales del café se acostumbra sembrar durante el otoño e invierno directamente en el vivero, la cual tiene las siguientes ventajas:

- Economía. - Se evita el trabajo del trasplante del almacigo al vivero, en una estación en que escasea la mano de obra. Pero para su limpieza es difícil.

- Mayor tamaño de planta. - Las plantas al pasar del almacigo al vivero interrumpen sus funciones vegetativas por algún tiempo hasta arraigar bien el terreno (Castañeda, 1997)

### **2.2.2. Central de Beneficio Húmedo del Café**

Escoger entre una central de beneficio o una en la finca es una decisión importante para los productores de café: pues afecta los ingresos, la productividad, la calidad, la carga de trabajo y más. Pero, ¿cuáles son las diferencias entre estos dos tipos de beneficiaderos?

La mayoría de las chacras cafetaleras son pequeñas según los estándares latinoamericanos; sólo el 5% de ellas son mayores de 5 hectáreas. Esto influye en la decisión de los productores de elegir beneficios en fincas o centrales de beneficio industrializadas. Sin embargo, los puntos que son relevantes para los beneficiaderos y agricultores de todo el mundo.

El beneficiadero es donde las cerezas de café se convierten en granos verdes. La pulpa de las cerezas se elimina primero, y luego las semillas resultantes se secan hasta entre 10-12%. Esto hace que el proceso de beneficio sea una etapa crítica en la producción de café, y puede tener un fuerte impacto en la calidad final y el sabor de los granos. Hay muchos métodos de beneficio para el café: seco / natural, húmedo / lavado, miel (y todas las variaciones dentro de esto), despulpado natural ... y, por supuesto, también existen métodos más experimentales. Todos estos procesos son complejos y de múltiples etapas.

Las centrales de beneficio son independientes de los agricultores, que pueden traer sus cerezas y ser pagados de inmediato. Estos tipos de



centrales pueden pertenecer o no a una cooperativa. Operan a escala industrial, con eficiencia clave para el éxito.

Por otro lado, también encontrará pequeños beneficios vinculados a chacras en particular. En éstos, a menudo una familia es responsable de cada etapa del proceso de beneficio, desde el despulpe hasta el secado. Los beneficiaderos tradicionales permiten que el productor tenga más control sobre su café. Esto puede ser particularmente útil para los productores que tienen ciertos objetivos. Por ejemplo, en 2014, la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia (FNC) asesoró alrededor de 491 productores de café sobre la agricultura y procesamiento orgánico.

El beneficiadero húmedo en la chacra ayuda a los productores a controlar mejor la calidad de sus procesos, definir qué método de procesamiento será más adecuado para su café, experimentar con procesamiento y hacer mejoras, y entregar la trazabilidad a un comprador específico. “Muchos compradores especializados se preocupan por la sostenibilidad y la transparencia. Como tal, están interesados en el trabajo que se dedica a cultivar, cosechar y procesar el café.

### **2.2.3. El lixiviado**

El lixiviado es el líquido que se obtiene a partir de la descomposición lenta y en forma aeróbica de la materia orgánica (Espinoza, 2007).

La descomposición de materiales vegetales puede definirse como el proceso mediante el cual se degradan sus tejidos hasta los constituyentes elementales de las proteínas, carbohidratos, grasas y otros (Fassbender, 1993).

La liberación de N es el término usualmente empleado para designar la pérdida de este elemento (en forma orgánica y/o mineral) a partir de materiales en descomposición (Palm y Sánchez, 1990). Mientras que la mineralización de N se refiere estrictamente al proceso de transformación de N orgánico en N mineral, proceso que es importante para el crecimiento de las plantas (Alexander, 1977).

La descomposición de los tejidos vegetales y la liberación y mineralización de N frecuentemente muestran una fase inicial rápida, las cuales son degradados por los microorganismos que componen la biomasa del suelo, obteniéndose productos secundarios (constituyentes de la pared celular, como celulosa y hemicelulosa). Esta nueva biomasa y sus productos metabólicos son, a su vez, sustratos para la segunda fase, que es mucho más lenta, regulada principalmente por el contenido de lignina (Anderson e Ingram, 1993).

La relación C/N y la relación lignina/celulosa de los residuos vegetales tiene mucha influencia en la velocidad de descomposición del material vegetal (Swift *et al.*, 1979, Wild, 1972). A su vez, el mismo autor, determinó que la etapa rápida de descomposición se cumple dentro de los tres primeros meses y que a partir del segundo trimestre comienza la segunda fase de descomposición que es mucho más lenta. Este efecto puede explicarse por la diferente composición química del material vegetal que tiene mayor influencia que la climatología del sitio, por lo menos, en la descomposición a corto plazo.

La descomposición es un proceso dinámico que comporta un cambio de estado del recurso o sustrato por el efecto de un número elevado de factores biológicos y abióticos (SWIFT *et al.*, 1979). Dentro de este cambio de estado, la expresión más simple es la pérdida de peso; además también se produce un cambio en la composición química del recurso (VERDU, 1984).

Estos cambios pueden atribuirse a tres procesos diferentes que actúan simultáneamente sobre el recurso: lavado por el agua de lluvia; catabolismo resultante de la acción fundamentalmente bacteriana y fúngica; y fragmentación por la actividad de los animales detritófagos (VERDU, 1984).

A largo plazo, el resultado final de la descomposición es la mineralización del recurso. A corto plazo, la descomposición origina la formación de la materia orgánica del suelo, ya sea en forma de fracción celular o de humus (VERDU, 1984).

En cuanto al tipo de descomposición de los materiales esta puede ser aeróbica en la que los microorganismos consumen oxígeno y utilizan una fuente de carbono orgánico para generarlos posteriormente en dióxido de carbono, nitratos y sulfatos, entre otros compuestos. La descomposición anaeróbica al contrario de la anterior sucede en ausencia de oxígeno en el cual están presentes las bacterias hidrolíticas estas se encargan de convertir las moléculas orgánicas complejas a más simples, estas bacterias formadoras de ácidos transforman las moléculas simples en ácidos orgánicos luego éstas los transforman a metano, dióxido de carbono y otros productos como el ácido sulfhídrico. Otro punto importante para la elección

del tipo de descomposición es el tiempo con que se cuente ya que la descomposición aeróbica es más rápida y la descomposición anaeróbica toma varios días hasta meses para obtener el producto deseado (SICA, 2007) Para la elaboración de lixiviados se puede emplear cualquier materia orgánica, con la condición de que no se encuentre contaminada a fin de evitar la proliferación de microorganismos patógenos. Generalmente estas materias primas proceden de:

- Restos de cosechas. Pueden emplearse para hacer compost. Los restos vegetales jóvenes como hojas, frutos, tubérculos, etc. son ricos en nitrógeno y pobres en carbono Los restos vegetales más adultos como troncos, ramas, tallos, etc. Son menos ricos en nitrógeno.
- Abonos verdes, malas hierbas, etc.
- Las ramas de poda de los frutales. Es preciso triturarlas antes de su incorporación al compost, ya que con trozos grandes el tiempo de descomposición se alarga.
- Hojas. Pueden tardar meses o años en descomponerse, por lo que se recomienda mezclarlas con otros materiales.
- Restos urbanos. Se refiere a todos aquellos restos orgánicos procedentes de las cocinas como pueden ser restos de fruta y hortalizas, restos de animales de mataderos, etc.
- Estiércol animal. Destaca el estiércol de vaca, aunque otros de gran interés son la gallinaza, estiércol de caballo, de oveja y los purines.
- Plantas marinas. Especies marinas como *Posidonia oceánica*, que pueden emplearse como materia prima para la fabricación de compost

ya que son compuestos ricos en N, P, C, oligoelementos y biocompuestos.

- Algas. También pueden emplearse numerosas especies de algas marinas, ricas en agentes antibacterianos y antifúngicos y fertilizantes para la fabricación de compost (Mourichon et al, 1997).

Los residuos de origen vegetal son materiales fertilizantes de gran importancia en la práctica de la agricultura orgánica, pues debidamente procesados son capaces de mejorar la calidad física, química y biológica de los suelos. Estos residuos se deben aplicar a los suelos haciendo parte de enmiendas orgánicas de acuerdo a los requerimientos nutricionales de los mismos. Los ácidos fúlvicos extraídos del raquis de plátano contienen una alta concentración de potasio, el cual tiende a inducir resistencia a algunas enfermedades (Arciniegas et al, 2002).

Estudios realizados por Stindt y Weltzein (1990), Weltzein (1992) y Yohalem *et al.* (1994), relatan que los lixiviados se han usado durante muchos años en aspersiones a nivel foliar para el control de enfermedades fungosas en plantas. Además, en estudios publicados por Álvarez *et al.* (2002) se afirma que las aplicaciones al 5% de ácidos fúlvicos provenientes del lixiviado de plátano reduce la severidad del mildew polvoso en rosa (Arciniegas et al, 2002).

Es importante tener en cuenta la relación C/N en los lixiviados obtenidos a partir de los raquis de los diferentes materiales, para saber qué tipo de proceso se está dando si es mineralización (descomposición microbiana

Orgánica a inorgánica) o inmovilización (descomposición microbiana inorgánica a orgánica) (Arciniegas, 2002).

#### A. Composición química y microbiológica de los lixiviados

	ELEMENTOS	Plátano		Banano
		Aeróbico	Anaeróbico	Anaeróbico
Macronutrientes (ppm)	N (total) (%)	29.93	23.24	14.3
	P	100.20	258.4	56.4
	K	50.30	45.44	20.15
	Ca	1178.34	2498.78	5496.8
	Mg	107.17	103.4	36.95
Micronutrientes (ppm)	Fe	21.84	24.97	41.39
	Mn	0.14	0.43	4.32
	Cu	0.64	0.52	0.20
	Zn	10.80	13.19	81.34
	B	2.10	2.25	1.77
	Si	30.50	40.12	23.15
Biológico (UFC/ml)	Salmonella	Ausencia	Ausencia	Ausencia
	E. Coli (NMP/ml)	<3	<3	<3
	Aeróbicos Totales	6,2x10	2,5x10	2,4x10
	Hongos y Levaduras	6x10	4,2x10	4x10
	Actinomicetos	<10	1x10	<10

Fuente: Jimenez (2008).

#### B. Concentración final de nutrientes obtenidos en los lixiviados en ensayos de campo e invernadero

Tipo de Ensayo	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Na
Campo (ppm)	45500.0	15901.0	66327.0	14910.0	15338.0	14720.0	14701.0	14818.0
Campo (%)	4.50	1.50	6.60	1.40	1.50	1.40	1.40	1.40
Inver. (ppm)	3640.00	12720.8	42208.0	14910.0	14315.4	16822.8	7350.5	10584.2
Inver. (%)	3.60	1.20	4.20	1.40	1.40	1.60	0.70	1.00

Fuente: Chávez-Estudillo, V., Valencia-Ordoñez, A., Córdoba Nieto, C., Flores-Estevéz, N., Jarillo-Rodríguez, J., Noa Carrazana, J.C.

### 2.3 Definición de términos básicos

- **Cultivo de café.**- Se conocen como café los granos obtenidos de unas plantas perennes tropicales (cafetos), morfológicamente muy variables, los cuales, tostados y molidos, son usados principalmente para preparar y tomar como una infusión. Taxonómicamente, todas estas plantas se clasifican como del género Coffea, y se caracterizan por una hendidura en la parte central de la semilla. Se encuentran desde pequeños arbustos hasta árboles de más de 10 m.; sus hojas, que son simples, opuestas y con estípulas, varían tanto en tamaño como en textura; sus flores son completas (en la misma flor se encuentran todos los órganos) blancas y tubulares; y los frutos, son unas drupas de diferentes formas, colores y tamaños, dentro de las cuales se encuentran la semillas, normalmente dos por fruto.
- **Contaminación ambiental.**- Se denomina contaminación ambiental a la presencia de componentes nocivos (ya sean químicos, físicos o biológicos) en el medio ambiente (entorno natural y artificial), que supongan un perjuicio para los seres vivos que lo habitan, incluyendo a los seres humanos. La contaminación ambiental está originada principalmente por causas derivadas de la actividad humana, como la emisión a la atmósfera de gases de efecto invernadero o la explotación desmedida de los recursos naturales.
- **Beneficio Húmedo Centralizado.**- Estructura construida de cemento, en la cual se realiza la recepción de los cerezos de café por parte del agricultor, luego se procesa en conjunto en grandes volúmenes de tal manera que se obtenga una sola calidad de café respecto del beneficio del café. De esta manera se evita las diferentes calidades de café que el agricultor logra si el beneficio es en su propia chacra.
- **Lixiviado.**- Se denomina lixiviado al líquido resultante de un proceso de percolación de un fluido a través de un sólido. El lixiviado generalmente arrastra gran cantidad de los compuestos presentes en el sólido que atraviesa. El término lixiviado se usa en casi todas las ciencias ambientales, siendo su uso más general el que corresponde al lixiviado de los depósitos controlados, por lo que generalmente se asocia el término lixiviado a los líquidos que se gestionan en los depósitos controlados de residuos.

- **Fermentación.-** Es el proceso que continúa después del desgrane y que consiste en amontonar los granos durante varios días con el fin de que los microorganismos descompongan el mucílago, aumente la temperatura para producir la muerte del germen o embrión y se inicien los cambios bioquímicos y las reacciones enzimáticas en el interior de las almendras, que van a ser los responsables de la formación de los compuestos precursores del sabor a chocolate.
  
- **Pulpa de café.-** Es el sub producto resultante del proceso de beneficio húmedo del café, es utilizado generalmente para la elaboración de compost; sin embargo puede convertirse en un gran contaminante del medio ambiente.

## 2.4 Formulación de la hipótesis

### 2.4.1 Hipótesis general

- El Beneficio Húmedo Centralizado del Café (BHCC), no tiene efecto en las propiedades físicas y químicas del suelo próximas a la planta en la C.A.F.É. El Palomar.

### 2.4.2 Hipótesis específicas

- El Beneficio Húmedo Centralizado del Café (BHCC), no tiene efecto en las propiedades físicas del suelo próximas a la planta de beneficio.
  
- El Beneficio Húmedo Centralizado del Café (BHCC), no tiene efecto en las propiedades químicas del suelo próximas a la planta de beneficio.
  
- Las características químicas y microbiológicas del lixiviado proveniente del beneficio húmedo centralizado del café en la planta de la CAC El Palomar, no permiten que el lixiviado de la pulpa de café sea considerado como un posible producto útil para la agricultura.

## 2.5 Identificación de variables

### 2.5.1. Variable independiente



Beneficio Húmedo Centralizado del Café (BHCC).

### 2.5.2. Variable dependiente

Propiedades físicas y químicas del suelo.

## 2.6 Definición operacional de variables e indicadores

Variable	Dimensión	Indicador
<b>Independiente:</b> Beneficio Húmedo Centralizado del Café (BHCC)	Pulpa de café	kg
<b>Dependiente:</b> Propiedades físicas y químicas del suelo.	pH	Unid.
	Materia orgánica	%
	Nitrógeno	%
	Fósforo	%
	Potasio	%

## **CAPITULO III**

### **METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN**

#### **3.1 Tipo de investigación**

El tipo de investigación al que pertenece el presente proyecto es el experimental.

#### **3.2 Método de investigación**

El método de investigación utilizado en el presente proyecto es el método deductivo.

#### **3.3 Diseño de la investigación**

El diseño experimental que se empleó en el desarrollo del trabajo de investigación fue el Diseño Completo al Azar (DCA) con 5 tratamientos más un testigo y 3 repeticiones por tratamiento.

##### **3.3.1. Modelo aditivo lineal**

$$Y_{ijk} = \mu + t_i + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

$Y_{ij}$  = Es una observación cualquiera.

$\mu$  = Media poblacional.

$t_i$  = Efecto del i-ésimo tratamiento.

$\varepsilon_{ijk}$  = Error experimental.

### 3.3.2. Análisis de variancia

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos		5			
Intra-grupos		12			
Total		17			

Para realizar el análisis de variancia en el DCA, se realizará las pruebas de homogeneidad de varianzas de Levene y la prueba de normalidad de los datos de kolmogorov-Smirnov, los cuales son requisito indispensable para realizar un análisis de variancia en el DCA.

Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
	5	12	

#### Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra

		pH
N		18
Parámetros normales <sup>a,b</sup>	Media	
	Desviación típica	
Diferencias más extremas	Absoluta	
	Positiva	
	Negativa	
Z de Kolmogorov-Smirnov		
Sig. asintót. (bilateral)		

### **3.4 Población y muestra**

#### **3.4.1. Población**

La población estuvo constituida por 18 muestras de suelo.

#### **3.4.2. Muestra**

Debido a que la población es pequeña, la muestra estuvo conformada por las 18 muestras de suelo.

### **3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

La principal técnica que se utilizó fue la observación y el principal instrumento que se utilizó fue la ficha de colección de datos.

### **3.6 Técnicas de procesamiento y análisis de datos**

El análisis de los datos se realizó mediante el análisis de varianza y su procesamiento de los datos se realizó en el SPSS.

### **3.7 Tratamiento estadístico**

Para comparar los promedios de los tratamientos y poder clasificarlos, se aplicó la prueba de significación de Duncan (5%).

### **3.8 Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación**

Se ha realizado un análisis del trabajo de investigación para poder validar el instrumento de colección de datos y dentro de este, seleccionar las variables que nos permitieron obtener los datos que darán respuesta al efecto de los tratamientos en el trabajo de investigación.

<b>Consultor</b>	<b>Experto</b>	<b>Valoración del instrumento</b>
<b>1</b>	M.Sc. Karina Marmolejo Gutarra	95%
<b>2</b>	M.Sc. Carlos Rodriguez Herrera	96%
<b>3</b>	Ing. Iván Sotomayor Córdova	94%

Es así que a juicio de expertos la ficha de colección de datos para evaluar el efecto del beneficio húmedo centralizado del café en las propiedades físicas y químicas del suelo próximas a la planta en la CAC el Palomar, presentó en promedio un coeficiente de valoración del 95%.

### **3.9 Orientación ética**

El desarrollo del trabajo de investigación que servirá de referencia para otros trabajos de investigación y que contribuirá al conocimiento en el Beneficio húmedo del café, fue desarrollado siguiendo los valores éticos del investigador y es así que doy fe que lo que se expone en el presente documento está representado en sus resultados fiel a las evaluaciones realizadas en campo.

## **CAPITULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **4.1 Descripción del trabajo de campo**

##### **4.1.1. Lugar de ejecución**

El presente trabajo de investigación se ejecutó en el Anexo de Sanchirio, en el distrito de Perene, provincia de Chanchamayo, departamento de Junín.

##### **Ubicación política**

Región : Junín  
Provincia : Chanchamayo  
Distrito : Perene  
Anexo : Sanchirio

##### **Ubicación geográfica**

Latitud sur : 10° 46' 26.9" S (-10.77414152000)  
Longitud oeste : 75° 6' 36.2" W (-75.11004678000)  
Altitud : de 1244 m.s.n.m.

#### **4.1.2. Materiales y equipos**

##### **Materiales de campo**

- Tablero
- Fichas de datos
- Cuchillo
- Chafle o machete
- Cinta métrica
- Baldes
- Cordel
- Bolsas

##### **Materiales de escritorio**

- Ficha de colección de datos
- Libreta de campo
- Lápiz
- Reglas
- Plumones indelebles
- Lapiceros
- Papel bond 75 gr.
- Resaltador
- CD's
- USB

##### **Equipos**

- Computadora
- Termómetro
- Cámara digital

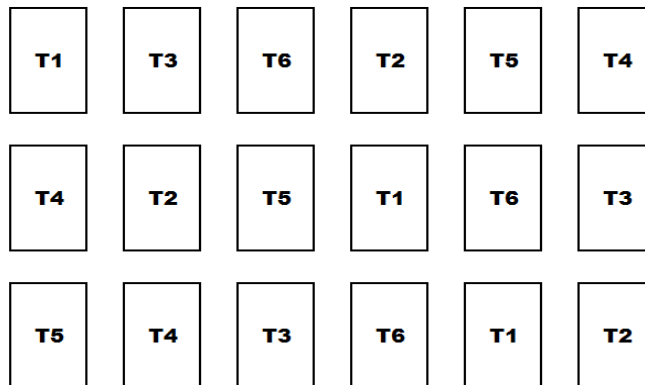
- Balanza
- Vernier digital
- Mochila asperjadora

#### 4.1.3. Descripción de los tratamientos

No	Tratamiento	Descripción de los tratamientos
1	<b>T1</b>	Muestreo de suelo a 1 m.
2	<b>T2</b>	Muestreo de suelo a 5 m.
3	<b>T3</b>	Muestreo de suelo a 10 m.
4	<b>T4</b>	Muestreo de suelo a 15 m.
5	<b>T5</b>	Muestreo de suelo a 20 m.
6	<b>T6</b>	Suelo Agrícola

#### 4.1.4. Croquis de campo

##### A. Distribución de las unidades experimentales



#### 4.1.4. Evaluación de las variables

Las muestras fueron llevadas al laboratorio de análisis de suelos del proyecto especial Pichis Palcazu donde se realizaron los análisis respectivos.



**A. pH**

Se midió utilizando el método del potenciómetro.

**B. Materia orgánica (%)**

Se midió a través del método de titulación con dicromato de potasio

**C. Nitrógeno (%)**

Se midió a través del método kjeldahl

**D. Fósforo (%)**

Se midió a través del método de espectrofotometría.

**E. Potasio (%)**

Se midió a través del método de espectrofotometría.

**4.1.5. Procedimiento y conducción del experimento**

Para la ejecución del presente trabajo experimental se llevó a cabo las siguientes actividades:

**A. Reconocimiento del área en estudio**

Para lograr uniformidad y evitar la presencia de subjetividades por desconocimiento del lugar a evaluar, se recorrió todos los terrenos próximos a la planta de procesamiento de la CAC El palomar.

Luego se procedió a elaborar un plano que identifique las áreas en que se pudo dividir el terreno, con medidas y referencias precisas, luego

se decidió el método de muestreo a seguir, que facilitó el ordenamiento de la información del terreno.

**B. Limpieza**

Los lugares seleccionados para la toma de muestra, se limpiaron cuidadosamente, dejándolo listo para la extracción de las muestras de suelos.

**C. Obtención de la muestra de suelo**

La obtención de la muestra de suelos se realizó siguiendo el protocolo para obtención de muestra de suelo para su análisis en laboratorio.

**D. Evaluación**

La evaluación de las variables se registró en una ficha de datos, luego se ordenaron dejándolos listos para su procesamiento.

**4.2 Presentación, análisis e interpretación de resultados**

**4.2.1. pH**

**Tabla No 4.1.** Prueba de homogeneidad de varianzas para pH

pH

Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
1,550	5	12	,247

En la tabla No 4.1. Prueba de homogeneidad de varianzas, basada en el estadístico de Levene, obtuvo una Significancia de  $0.247 > 0.05$ , por lo tanto, se acepta la hipótesis nula de homogeneidad de varianzas. Esto indica que se puede proceder correctamente a realizar el ANOVA.

**Tabla No. 4.2.** Prueba de Normalidad de los datos

**Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra**

		pH
N		18
Parámetros normales <sup>a,b</sup>	Media	5,0889
	Desviación típica	,57792
Diferencias más extremas	Absoluta	,103
	Positiva	,103
	Negativa	-,095
Z de Kolmogorov-Smirnov		,439
Sig. asintót. (bilateral)		,991

a. La distribución de contraste es la Normal.

b. Se han calculado a partir de los datos.

En la prueba de Kolmogorov-Smirnov, se obtuvo una Significancia de 0.991 > 0.05, por lo tanto, se acepta la hipótesis nula de normalidad de los datos. Esto nos indica que se puede proceder correctamente a realizar el Análisis de Varianza.

**Tabla No. 4.3. Análisis de Varianza para pH**

pH					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	4,498	5	,900	9,148	,001
Intra-grupos	1,180	12	,098		
Total	5,678	17			

En la tabla No. 4.3. Análisis de Varianza para pH, se observa que en la fuente de tratamientos el valor de la Sig. 0.001 < 0.05, por lo tanto, se rechaza la hipótesis de igualdad entre tratamientos, o existen diferencias significativas entre tratamientos, lo que indica que al menos uno de los tratamientos tiene un promedio diferente.

El coeficiente de variabilidad de 19.45% es considerado según Calzada Benza (1970), como coeficiente bueno, lo que nos indica que el pH dentro de cada tratamiento es homogéneo, con un promedio de 5.09.

La significación estadística nos indica que al menos uno de los tratamientos es diferente, asimismo nos indica que el beneficio húmedo centralizado del café, muestra efecto diferenciado sobre el pH del suelo próximas a la planta de procesamiento.

**Tabla No. 4.4.** Prueba de significación de Duncan para pH

Duncan<sup>a</sup>

Tratamientos	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
3	3	4,6333	
1	3	4,6667	
2	3	4,7000	
4	3	5,0000	
5	3		5,6333
6	3		5,9000
Sig.		,209	,318

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

En la tabla No. 4.4. prueba de significación de Duncan al 5% para el pH, se observa la presencia de 2 categorías, la categoría “a” conformada por los tratamientos T6 (Suelo agrícola) y T5 (Muestreo a los 20 m.) y la categoría “b” conformada por los tratamientos T4 (Muestreo a los 15 m.), T2 (Muestreo a los 5 m.), T1 (Muestreo a 1 m.) y T3 (Muestreo a los 10 m.).

#### 4.2.2. Materia orgánica

**Tabla No 4.5.** Prueba de homogeneidad de varianzas para materia orgánica

Materia\_organica

Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
,344	5	12	,877

En la tabla No 4.5. Prueba de homogeneidad de varianzas, basada en el estadístico de Levene, obtuvo una Significancia de  $0.877 > 0.05$ , por lo tanto, se acepta la hipótesis nula de homogeneidad de varianzas. Esto indica que se puede proceder correctamente a realizar el ANOVA.

**Tabla No. 4.6.** Prueba de Normalidad de los datos

**Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra**

		Materia_organica
N		18
Parámetros normales <sup>a,b</sup>	Media	8,3389
	Desviación típica	,64090
Diferencias más extremas	Absoluta	,142
	Positiva	,142
	Negativa	-,095
Z de Kolmogorov-Smirnov		,603
Sig. asintót. (bilateral)		,860

a. La distribución de contraste es la Normal.

b. Se han calculado a partir de los datos.

En la prueba de Kolmogorov-Smirnov, se obtuvo una Significancia de  $0.860 > 0.05$ , por lo tanto, se acepta la hipótesis nula de normalidad de los datos. Esto nos indica que se puede proceder correctamente a realizar el Análisis de Varianza.

**Tabla No. 4.7.** Análisis de Varianza para materia orgánica

Materia\_organica

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	6,043	5	1,209	15,428	,000
Intra-grupos	,940	12	,078		
Total	6,983	17			

En la tabla No. 4.7. Análisis de Varianza para materia orgánica, se observa que en la fuente de tratamientos el valor de la Sig.  $0.000 < 0.05$ , por lo tanto, se rechaza la hipótesis de igualdad entre tratamientos, o existen diferencias significativas entre tratamientos, lo que indica que al menos uno de los tratamientos tiene un promedio diferente.

El coeficiente de variabilidad de 3.35% es considerado según Calzada Benza (1970), como coeficiente excelente, lo que nos indica que la materia orgánica dentro de cada tratamiento es muy homogénea, con un promedio de 8.34%.

La significación estadística nos indica que al menos uno de los tratamientos es diferente, asimismo nos indica que el beneficio húmedo centralizado del café, muestra efecto diferenciado sobre la materia orgánica del suelo próximas a la planta de procesamiento.

**Tabla No. 4.8.** Prueba de significación de Duncan para materia orgánica

Tratamientos	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
1	3	7,6333			
2	3	7,7667	7,7667		
3	3		8,2333	8,2333	
4	3			8,5000	
5	3			8,5000	
6	3				9,4000
Sig.		,570	,064	,289	1,000

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

En la tabla No. 4.8. prueba de significación de Duncan al 5% para la materia orgánica, se observa la presencia de 5 categorías, la categoría “a” conformada por el tratamiento T6 (Suelo agrícola); la categoría “b” conformada por los tratamientos T5 (Muestreo a los 20 m.) y T4 (Muestreo a los 15 m.); la categoría “bc” conformada por el tratamiento T3 (Muestreo a los 10 m.); la categoría “cd” conformada por el tratamiento T2 (Muestreo a los 5 m.) y la categoría “d” conformada por el tratamiento T1 (Muestreo a 1 m.).

#### 4.2.3. Nitrógeno

**Tabla No 4.9.** Prueba de homogeneidad de varianzas para nitrógeno

Nitrogeno			
Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
6,400	5	12	,004

En la tabla No 4.9. Prueba de homogeneidad de varianzas, basada en el estadístico de Levene, obtuvo una Significancia de  $0.004 > 0.05$ , por lo tanto, se acepta la hipótesis nula de homogeneidad de varianzas. Esto indica que se puede proceder correctamente a realizar el ANOVA.

**Tabla No. 4.10.** Prueba de Normalidad de los datos

**Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra**

		Nitrogeno
N		18
Parámetros normales <sup>a,b</sup>	Media	2,0000
	Desviación típica	,08402
Diferencias más extremas	Absoluta	,216
	Positiva	,216
	Negativa	-,216
Z de Kolmogorov-Smirnov		,918
Sig. asintót. (bilateral)		,368

a. La distribución de contraste es la Normal.

b. Se han calculado a partir de los datos.

En la prueba de Kolmogorov-Smirnov, se obtuvo una Significancia de 0.368 > 0.05, por lo tanto, se acepta la hipótesis nula de normalidad de los datos. Esto nos indica que se puede proceder correctamente a realizar el Análisis de Varianza.

**Tabla No. 4.11.** Análisis de Varianza para nitrógeno

Nitrogeno					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	,093	5	,019	8,400	,001
Intra-grupos	,027	12	,002		
Total	,120	17			

En la tabla No. 4.11. Análisis de Varianza para nitrógeno, se observa que en la fuente de tratamientos el valor de la Sig. 0.001 < 0.05, por lo tanto, se rechaza la hipótesis de igualdad entre tratamientos, o existen diferencias significativas entre tratamientos, lo que indica que al menos uno de los tratamientos tiene un promedio diferente.



El coeficiente de variabilidad de 7.07% es considerado según Calzada Benza (1970), como coeficiente excelente, lo que nos indica que el nitrógeno dentro de cada tratamiento es muy homogénea, con un promedio de 0.12%. La significación estadística nos indica que al menos uno de los tratamientos es diferente, asimismo nos indica que el beneficio húmedo centralizado del café, muestra efecto diferenciado sobre el nitrógeno del suelo próximas a la planta de procesamiento.

**Tabla No. 4.12.** Prueba de significación de Duncan para nitrógeno

Duncan<sup>a</sup>

Tratamientos	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
1	3	1,9000		
2	3	1,9333		
3	3	1,9667	1,9667	
4	3		2,0333	2,0333
6	3			2,0667
5	3			2,1000
Sig.		,125	,109	,125

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

En la tabla No. 4.12. prueba de significación de Duncan al 5% para el nitrógeno, se observa la presencia de 5 categorías, la categoría “a” conformada por los tratamientos T5 (Muestreo a los 20 m.) y T6 (Suelo agrícola); la categoría “ab” conformada por el tratamiento T4 (Muestreo a los 15 m.); la categoría “bc” conformada por el tratamiento T3 (Muestreo a los 10 m.) y la categoría “c” conformada por los tratamiento T2 (Muestreo a los 5 m.) y por el tratamiento T1 (Muestreo a 1 m.).

#### 4.2.4. Fósforo

**Tabla No 4.13.** Prueba de homogeneidad de varianzas para fósforo

Fosforo			
Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
1,424	5	12	,284

En la tabla No 4.13. Prueba de homogeneidad de varianzas, basada en el estadístico de Levene, obtuvo una Significancia de  $0.284 > 0.05$ , por lo tanto, se acepta la hipótesis nula de homogeneidad de varianzas. Esto indica que se puede proceder correctamente a realizar el ANOVA.

**Tabla No. 4.14.** Prueba de Normalidad de los datos

**Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra**

		Fosforo
N		18
Parámetros normales <sup>a,b</sup>	Media	2,1611
	Desviación típica	,12433
Diferencias más extremas	Absoluta	,300
	Positiva	,300
	Negativa	-,200
Z de Kolmogorov-Smirnov		1,271
Sig. asintót. (bilateral)		,079

a. La distribución de contraste es la Normal.

b. Se han calculado a partir de los datos.

En la prueba de Kolmogorov-Smirnov, se obtuvo una Significancia de  $0.079 > 0.05$ , por lo tanto, se acepta la hipótesis nula de normalidad de los datos. Esto nos indica que se puede proceder correctamente a realizar el Análisis de Varianza.

**Tabla No. 4.15.** Análisis de Varianza para fósforo

Fosforo

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	,049	5	,010	,556	,732
Intra-grupos	,213	12	,018		
Total	,263	17			

En la tabla No. 4.15. Análisis de Varianza para fósforo, se observa que en la fuente de tratamientos el valor de la Sig.  $0.732 > 0.05$ , por lo tanto, se acepta la hipótesis de igualdad entre tratamientos, o no existen diferencias significativas entre tratamientos, lo que indica que todos los tratamientos tienen promedios similares.

El coeficiente de variabilidad de 6.10% es considerado según Calzada Benza (1970), como coeficiente excelente, lo que nos indica que el fósforo dentro de cada tratamiento es muy homogéneo, con un promedio de 2.2%.

La no significación estadística nos indica que todos los tratamientos son similares, asimismo nos indica que el beneficio húmedo centralizado del café, no muestra efecto diferenciado sobre el fósforo del suelo próximas a la planta de procesamiento.

**Tabla No. 4.16.** Prueba de significación de Duncan para fósforo

Duncan<sup>a</sup>

Tratamientos	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
1	3	2,1000
3	3	2,1333
4	3	2,1333
2	3	2,1667
5	3	2,1667
6	3	2,2667
Sig.		,191

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

En la tabla No. 4.16. prueba de significación de Duncan al 5% para el fósforo, se observa la presencia de 1 categoría, la categoría “a” conformada por todos los tratamientos T6 (Suelo agrícola), T5 (Muestreo a los 20 m.), T2 (Muestreo a los 5 m.), T4 (Muestreo a los 15 m.), T3 (Muestreo a los 10 m.) y T1 (Muestreo a 1 m.).

#### 4.2.5. Potasio

**Tabla No 4.17.** Prueba de homogeneidad de varianzas para fósforo

Potasio			
Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
2,050	5	12	,143

En la tabla No 4.17. Prueba de homogeneidad de varianzas, basada en el estadístico de Levene, obtuvo una Significancia de  $0.143 > 0.05$ , por lo tanto, se acepta la hipótesis nula de homogeneidad de varianzas. Esto indica que se puede proceder correctamente a realizar el análisis de varianza.

**Tabla No. 4.18.** Prueba de Normalidad de los datos

**Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra**

		Potasio
N		18
Parámetros normales <sup>a,b</sup>	Media	7,2222
	Desviación típica	,46089
Diferencias más extremas	Absoluta	,206
	Positiva	,154
	Negativa	-,206
Z de Kolmogorov-Smirnov		,873
Sig. asintót. (bilateral)		,431

a. La distribución de contraste es la Normal.

b. Se han calculado a partir de los datos.

En la prueba de Kolmogorov-Smirnov, se obtuvo una Significancia de 0.079 > 0.05, por lo tanto, se acepta la hipótesis nula de normalidad de los datos. Esto nos indica que se puede proceder correctamente a realizar el Análisis de Varianza.

**Tabla No. 4.19.** Análisis de Varianza para potasio

Potasio					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	2,864	5	,573	9,207	,001
Intra-grupos	,747	12	,062		
Total	3,611	17			

En la tabla No. 4.19. Análisis de Varianza para potasio, se observa que en la fuente de tratamientos el valor de la Sig. 0.001 < 0.05, por lo tanto, se rechaza la hipótesis de igualdad entre tratamientos, o existen diferencias significativas entre tratamientos, lo que indica que al menos uno de los tratamientos tiene un promedio diferente.

El coeficiente de variabilidad de 3.45% es considerado según Calzada Benza (1970), como coeficiente excelente, lo que nos indica que el potasio dentro de cada tratamiento es muy homogénea, con un promedio de 1.55%.

La significación estadística nos indica que al menos uno de los tratamientos es diferente, asimismo nos indica que el beneficio húmedo centralizado del café, muestra efecto diferenciado sobre el potasio del suelo próximas a la planta de procesamiento.

**Tabla No. 4.20.** Prueba de significación de Duncan para potasio

Duncan<sup>a</sup>

Tratamientos	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
1	3	6,6667	
3	3	6,6667	
2	3		7,3667
4	3		7,5000
5	3		7,5333
6	3		7,6000
Sig.		1,000	,309

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

En la tabla No. 4.20. prueba de significación de Duncan al 5% para el potasio, se observa la presencia de 2 categorías, la categoría “a” conformada por los tratamientos T6 (Suelo agrícola), T5 (Muestreo a los 20 m.), T4 (Muestreo a los 15 m.) y T2 (Muestreo a los 5 m.) y la categoría “b” conformada por los tratamientos T3 (Muestreo a los 10 m.) y T1 (Muestreo a 1 m.).

#### 4.3 Prueba de hipótesis

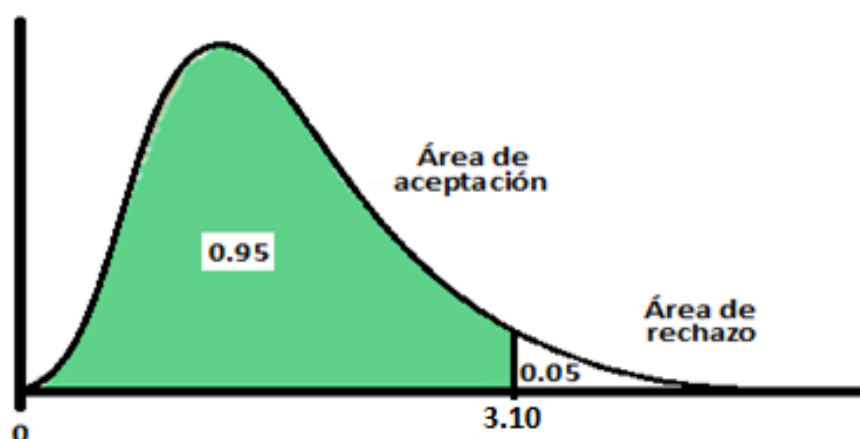
Para realizar la prueba de hipótesis del trabajo de investigación, realizaremos el planteamiento de la hipótesis estadística a partir de la hipótesis planteada.

Es así que tenemos:

**Ho:** *Todas las medias de los tratamientos son iguales*

**Ha:** *Al menos una media de un tratamiento es mayor que  $f$  tabular*

#### 4.3.1 Regla de decisión



Si  $f \leq 3.10$ , se acepta la  $H_0$ , y se rechaza la  $H_a$

Si  $f > 3.10$ , se rechaza la  $H_0$ , y se acepta la  $H_a$

#### A. Prueba de hipótesis

Evaluación	$f_{cal}$	$f_{tab}$	Decisión
pH	9.148	3.10	<i>Se rechaza la <math>H_0</math></i>
Materia orgánica	15.428	3.10	<i>Se rechaza la <math>H_0</math></i>
Nitrógeno	8.400	3.10	<i>Se rechaza la <math>H_0</math></i>
Fósforo	0.556	3.10	<i>Se acepta la <math>H_0</math></i>
Potasio	9.207	3.10	<i>Se rechaza la <math>H_0</math></i>

#### 4.4 Discusión de resultados

En el Análisis de Varianza para pH, se observa que en la fuente de tratamientos el valor de la Sig.  $0.001 < 0.05$ , por lo tanto, se rechaza la hipótesis de igualdad entre tratamientos, o existen diferencias significativas entre tratamientos, lo que indica

que al menos uno de los tratamientos tiene un promedio diferente. En la prueba de significación de Duncan al 5% para el pH, se observa la presencia de 2 categorías, la categoría “a” conformada por los tratamientos T6 (Suelo agrícola) y T5 (Muestreo a los 20 m.) y la categoría “b” conformada por los tratamientos T4 (Muestreo a los 15 m.), T2 (Muestreo a los 5 m.), T1 (Muestreo a 1 m.) y T3 (Muestreo a los 10 m.).

En el Análisis de Varianza para materia orgánica, se observa que en la fuente de tratamientos el valor de la Sig.  $0.000 < 0.05$ , por lo tanto, se rechaza la hipótesis de igualdad entre tratamientos, o existen diferencias significativas entre tratamientos, lo que indica que al menos uno de los tratamientos tiene un promedio diferente. En la prueba de significación de Duncan al 5% para la materia orgánica, se observa la presencia de 5 categorías, la categoría “a” conformada por el tratamiento T6 (Suelo agrícola); la categoría “b” conformada por los tratamientos T5 (Muestreo a los 20 m.) y T4 (Muestreo a los 15 m.); la categoría “bc” conformada por el tratamiento T3 (Muestreo a los 10 m.); la categoría “cd” conformada por el tratamiento T2 (Muestreo a los 5 m.) y la categoría “d” conformada por el tratamiento T1 (Muestreo a 1 m.).

En el Análisis de Varianza para nitrógeno, se observa que en la fuente de tratamientos el valor de la Sig.  $0.001 < 0.05$ , por lo tanto, se rechaza la hipótesis de igualdad entre tratamientos, o existen diferencias significativas entre tratamientos, lo que indica que al menos uno de los tratamientos tiene un promedio diferente. En la prueba de significación de Duncan al 5% para el nitrógeno, se observa la presencia de 5 categorías, la categoría “a” conformada por los tratamientos T5 (Muestreo a los 20 m.) y T6 (Suelo agrícola); la categoría “ab” conformada por el tratamiento T4 (Muestreo a los 15 m.); la categoría “bc” conformada por el



tratamiento T3 (Muestreo a los 10 m.) y la categoría “c” conformada por los tratamiento T2 (Muestreo a los 5 m.) y por el tratamiento T1 (Muestreo a 1 m.).

En el Análisis de Varianza para fósforo, se observa que en la fuente de tratamientos el valor de la Sig.  $0.732 > 0.05$ , por lo tanto, se acepta la hipótesis de igualdad entre tratamientos, o no existen diferencias significativas entre tratamientos, lo que indica que todos los tratamientos tienen promedios similares. En la prueba de significación de Duncan al 5% para el fósforo, se observa la presencia de 1 categoría, la categoría “a” conformada por todos los tratamientos T6 (Suelo agrícola), T5 (Muestreo a los 20 m.), T2 (Muestreo a los 5 m.), T4 (Muestreo a los 15 m.), T3 (Muestreo a los 10 m.) y T1 (Muestreo a 1 m.).

En el Análisis de Varianza para potasio, se observa que en la fuente de tratamientos el valor de la Sig.  $0.001 < 0.05$ , por lo tanto, se rechaza la hipótesis de igualdad entre tratamientos, o existen diferencias significativas entre tratamientos, lo que indica que al menos uno de los tratamientos tiene un promedio diferente. En la prueba de significación de Duncan al 5% para el potasio, se observa la presencia de 2 categorías, la categoría “a” conformada por los tratamientos T6 (Suelo agrícola), T5 (Muestreo a los 20 m.), T4 (Muestreo a los 15 m.) y T2 (Muestreo a los 5 m.) y la categoría “b” conformada por los tratamientos T3 (Muestreo a los 10 m.) y T1 (Muestreo a 1 m.).

## CONCLUSIONES

El efecto del Beneficio Húmedo Centralizado del Café (BHCC) en las propiedades físicas y químicas del suelo próximas a la planta en la CAFE El Palomar, son significativas respecto de un suelo agrícola normal.

Las propiedades físicas del suelo próximas a la planta de beneficio son alteradas debido a la presencia de lixiviados producidos a partir de la pulpa de café.

Las propiedades químicas del suelo próximas a la planta de beneficio son alteradas debido a la presencia de lixiviados producidos a partir de la pulpa de café.

Las características químicas y microbiológicas del lixiviado proveniente del beneficio húmedo centralizado del café en la planta de la CAFE El Palomar, lo presentan como una alternativa para ser utilizado en la fertilización orgánica de los cafetales en producción por sus contenidos altos en fósforo principalmente.

## **RECOMENDACIONES**

1. Continuar con trabajos de investigación similares buscando confirmar los resultados obtenidos en la presente investigación.
2. Promover la producción de compost de pulpa de café a fin de disminuir la cantidad de pulpa de café en las centrales de beneficio húmedo.
3. Promover la fertilización orgánica de café utilizando los lixiviados que se producen en las centrales de beneficio húmedo.
4. Promover la utilización de la pulpa de café en subproductos agrícolas o de otra índole de manera que se reduzca el grado de contaminación de este material.

## BIBLIOGRAFIA

- RAJARATHNAM, S.; BANO Z. Biological Utilization of Edible Fruiting Fungi. In: Arora, D.; Mukerji, K.; Math, E. (Eds). Handbook of Applied Mycology. Foods and Feeds. Volume 3. Marcel Dekker, Inc. New York. USA. 1991.
- ZERI. Curso para postgraduados en cero emisiones. Fundación Universitaria de Manizales. Manizales, Colombia. 1997.
- CALLE, H. Subproductos del café. Chinchiná (Colombia). Cenicafé. 1977. 84 p. (Boletín Técnico N° 6).
- Pineda, Samuel Ignacio. Manejo y Disposición de residuos Sólidos Urbanos. 1998. Asociación Colombiana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental (ACODAL). Págs. 55 – 239.
- Giraldo, Eugenio. 1997. "Manejo Integrado de Residuos Sólidos Urbanos". Tratamiento de Lixiviados de rellenos sanitarios. Facultad de Ingeniería.
- Giraldo, Eugenio. 2010. "Tratamientos de lixiviados de rellenos sanitarios: Avances recientes". Universidad de los Andes. Págs. 44 – 45.
- Torres Lozada, Patricia, Jenny Alexandra Rodríguez, Luz Edith Barba, Adriana Moran y Jorge Narváez. 2005. Tratamiento Anaerobio de lixiviado en reactores UASB. Ingeniería y Desarrollo Universidad del Norte. Pág.3 En: <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/852/85201804.pdf>

## **ANEXOS**

## MATRIZ DE CONSISTENCIAS

**Título: “Efecto del beneficio húmedo centralizado del café (BHCC) en las propiedades físicas y químicas del suelo próximas a la planta en la C.A.F.E El Palomar”**

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Indicadores
<p>- <b>General:</b></p> <p>- ¿Cuál es el efecto del Beneficio Húmedo Centralizado del Café (BHCC) en las propiedades físicas y químicas del suelo próximas a la planta en la CAFE El Palomar?</p> <p>- <b>Específicos:</b></p> <p>- ¿Cuáles son las características de las propiedades físicas del suelo próximas a la planta de beneficio?</p> <p>- ¿Cuáles son las características de las propiedades químicas del suelo próximas a la planta de beneficio?</p> <p>- ¿Cuáles son las características químicas y microbiológicas del lixiviado proveniente del beneficio húmedo centralizado del café en la planta de la CAFE El Palomar?</p>	<p>- <b>General:</b></p> <p>- Determinar el efecto del Beneficio Húmedo Centralizado del Café (BHCC) en las propiedades físicas y químicas del suelo próximas a la planta en la CAFE El Palomar.</p> <p>- <b>Específicos:</b></p> <p>- Caracterizar las propiedades físicas del suelo próximas a la planta de beneficio.</p> <p>- Caracterizar las propiedades químicas del suelo próximas a la planta de beneficio.</p> <p>- Determinar las características químicas y microbiológicas del lixiviado proveniente del beneficio húmedo centralizado del café en la planta de la CAFE El Palomar.</p>	<p>- <b>General:</b></p> <p>- El Beneficio Húmedo Centralizado del Café (BHCC), no tiene efecto en las propiedades físicas y químicas del suelo próximas a la planta en la C.A.F.É. El Palomar.</p> <p>- <b>Específicos:</b></p> <p>- El BHCC no tiene efecto en las propiedades físicas del suelo próximas a la planta de beneficio.</p> <p>- El BHCC no tiene efecto en las propiedades químicas del suelo próximas a la planta de beneficio.</p> <p>- Las características químicas y microbiológicas del BHCC en la planta de la CAC El Palomar, no permiten que el lixiviado de la pulpa de café sea considerado como un posible producto útil para la agricultura.</p>	<p>- <b>Variable independiente</b></p> <p>- Beneficio Húmedo Centralizado del Café (BHCC).</p> <p>- <b>Variable dependiente</b></p> <p>- Propiedades físicas y químicas del suelo.</p>	<p>- Pulpa de café (kg)</p> <p>- pH</p> <p>- Materia orgánica (%).</p> <p>- Nitrógeno (%)</p> <p>- Fósforo (%)</p> <p>- Potasio (%)</p>



Foto N° 1. Zona de acumulación de la pulpa de café en la CAFÉ El



Foto N° 2. Zona de generación del lixiviado



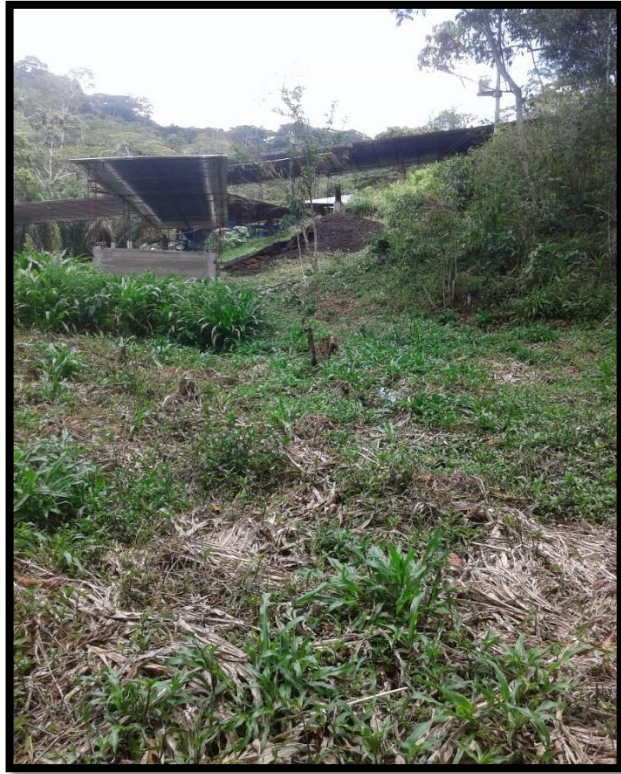


Foto N° 3. Área de muestreo de suelos



Foto N° 4. Lugar de colección del lixiviado





Foto N° 5. Terrenos agrícolas más próximas a la CAFÉ El Palomar



PROYECTO ESPECIAL PICHIS PALCAZU

### LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS AGRICOLAS - PEPP

SOLICITANTE : MONTES ROMAN, GENIKER  
PROCEDENCIA : SANCHIRIO  
MUESTRA DE : SUELO  
FECHA : 15/07/2017

MUESTRA		pH	M.O. %	N %	P %	K%	ANALISIS MECANICO			
LABORATORIO	CLAVE						ARENA %	LIMO %	ARCILLA %	TEXTURA
TS-2017	M1R1	4.60	1.70	0.110	0.12	1.39	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
TS-2017	M1R2	4.90	1.90	0.112	0.13	1.27	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
TS-2017	M1R3	4.50	1.70	0.114	0.15	1.36	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
TS-2017	M2R1	4.70	1.90	0.113	0.13	1.45	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
TS-2017	M2R2	5.10	1.90	0.115	0.14	1.60	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
TS-2017	M2R3	4.30	1.70	0.120	0.16	1.87	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
TS-2017	M3R1	4.50	2.10	0.116	0.12	1.29	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
TS-2017	M3R2	5.20	1.90	0.122	0.13	1.36	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
TS-2017	M3R3	4.20	2.20	0.113	0.16	1.39	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
TS-2017	M4R1	4.90	2.20	0.117	0.15	1.72	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
TS-2017	M4R2	5.10	2.40	0.136	0.14	1.65	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
TS-2017	M4R3	5.00	2.00	0.123	0.13	1.73	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
TS-2017	M5R1	5.60	2.10	0.130	0.13	1.67	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
TS-2017	M5R2	5.50	2.30	0.128	0.14	1.81	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
TS-2017	M5R3	5.80	2.20	0.131	0.16	1.71	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
TS-2017	M6R1	5.90	2.80	0.131	0.14	1.83	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
TS-2017	M6R2	6.20	2.50	0.125	0.19	1.64	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
TS-2017	M6R3	5.60	2.70	0.129	0.15	1.73	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.

  
B/Bgo Luis Caballero Palomino  
Laboratorista de Suelos