

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN**

**CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERIA FORESTAL Y  
AMBIENTAL**



**Efecto de cuatro especies de árboles y macronutrientes del  
suelo en la calidad física del café (*Coffea arabica* L.) en el  
distrito de San José de Lourdes -2020.**

**TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO  
FORESTAL Y AMBIENTAL.**

**Autora:** Bach. Nancy Torres Gavidia

**Asesora:** Mg. Ing. Candy Lisbeth Ocaña Zuñiga

**JAÉN-PERÚ, NOVIEMBRE, 2022**

Two handwritten signatures in black ink. The signature on the left is 'Nancy Torres Gavidia' and the signature on the right is 'Candy Lisbeth Ocaña Zuñiga'.

## ACTA DE SUSTENTACIÓN

En la ciudad de Jaén, el día 21 de diciembre del año 2022, siendo las 11.30: horas, se reunieron de manera **presencial**, los integrantes del Jurado:

**Presidente:** PhD. Wilfredo Ruiz Camacho

**Secretario:** Mg. Joseph Campos Ruiz

**Vocal:** Dr. Polito Michael Huayama Sopla, para evaluar la Sustentación del:

- ( ) Informe de Plan de Trabajo de Investigación  
( x ) Informe Final de Tesis  
( ) Trabajo de Suficiencia Profesional

Titulado **“EFECTO DE CUATRO ESPECIES DE ÁRBOLES Y MACRONUTRIENTES DELSUELO EN LA CALIDAD FÍSICA DEL CAFÉ (*Coffea arábica* L.) EN EL DISTRITO DE SAN JOSÉ DE LOURDES - 2020”** presentado por la bachiller Nancy Torres Gavidia, de la Escuela Profesional de Ingeniería Forestal y Ambiental de la Universidad Nacional de Jaén.

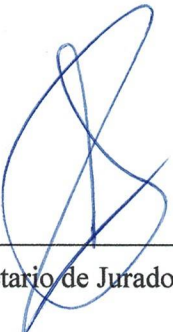
Después de la sustentación y defensa, el Jurado acuerda:

- ( x ) Aprobar                      ( ) Desaprobar                      ( x ) Unanimidad                      ( ) Mayoría

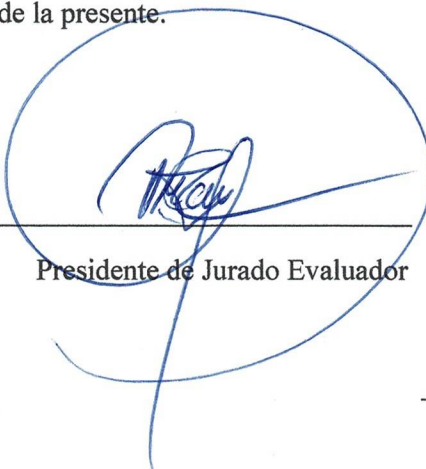
Con la siguiente mención:

- |                |            |        |
|----------------|------------|--------|
| a) Excelente   | 18, 19, 20 | ( )    |
| b) Muy bueno   | 16, 17     | ( 17 ) |
| c) Bueno       | 14, 15     | ( )    |
| d) Regular     | 13         | ( )    |
| e) Desaprobado | 12 ó menos | ( )    |

Siendo las 12: 30 horas del mismo día, el Jurado concluye el acto de sustentación confirmado su participación con la suscripción de la presente.



\_\_\_\_\_  
Secretario de Jurado Evaluador



\_\_\_\_\_  
Presidente de Jurado Evaluador



\_\_\_\_\_  
Vocal de Jurado Evaluador

## INDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN .....	VIII
ABSTRACT .....	IX
I. INTRODUCCIÓN.....	10
II. OBJETIVOS.....	12
2.1. Objetivo general .....	12
2.2. Objetivos específicos.....	12
III. MATERIALES Y MÉTODOS .....	13
3.1. Materiales.....	13
3.1.1. Equipos y materiales de campo .....	13
3.1.2. Equipos y materiales de laboratorio .....	14
3.2. Metodología.....	14
3.2.1. Ubicación del área de estudio.....	14
3.2.2. Población, muestra, muestreo.....	15
3.2.3. Obtención de muestras de café .....	19
3.2.4. Análisis de la calidad física del café.....	23
3.2.5. Estimación de Productividad.....	26
3.2.6. Determinación del porcentaje de sombra .....	27
3.2.7. Análisis de macronutrientes.....	28
3.2.8. Análisis de datos.....	29
IV. RESULTADOS .....	30
4.1. Productividad del café bajo sombra de diferentes especies forestales.....	30
4.1.1. Análisis de Varianza para la productividad de café .....	31
4.2. Calidad Física del café bajo sombra de diferentes especies forestales .....	33

4.2.1. Análisis de varianza para la calidad física del café .....	33
4.3. Porcentaje de sombra .....	36
4.4. Análisis de macronutrientes del suelo.....	37
V. DISCUSIÓN.....	40
VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	43
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	46
AGRADECIMIENTO .....	50
DEDICATORIA.....	51
VIII. ANEXOS .....	52

## INDICE DE TABLAS

	Pág.
<b>Tabla 1</b> <i>Altitud y coordenadas de parcelas evaluadas</i> .....	16
<b>Tabla 2</b> <i>Producción de café por planta (Kg de café pergamino)</i> .....	30
<b>Tabla 3</b> <i>ANOVA para la producción del café</i> .....	31
<b>Tabla 4</b> <i>Porcentaje de Rendimiento de la Calidad física del Café</i> .....	33
<b>Tabla 5</b> <i>ANOVA para la calidad física del café</i> .....	34
<b>Tabla 6</b> <i>Prueba de significación de Tukey al 5% de probabilidades para los promedios de calidad física de las cinco parcelas evaluadas</i> .....	34
<b>Tabla 7</b> <i>Porcentaje de sombra por parcela de café</i> .....	36
<b>Tabla 8</b> <i>Datos de estadísticos descriptivos importantes del suelo</i> .....	37

## INDICE DE FIGURAS

	Pág.
<b>Figura 1</b> <i>Ubicación del área de estudio (La Palma, El Romerillo, El Batán, La Palma-1, El Cedro son las parcelas muestreadas)</i> .....	15
<b>Figura 2</b> <i>Parcela uno-La Palma</i> .....	17
<b>Figura 3</b> <i>Parcela tres- El Romerillo</i> .....	17
<b>Figura 4</b> <i>Parcela cuatro-El Batán</i> .....	18
<b>Figura 5</b> <i>Parcela seis-La Palma_1 (monocultivo)</i> .....	18
<b>Figura 6</b> <i>Cosecha de café en parcela</i> .....	19
<b>Figura 7</b> <i>Cosecha selectiva de café en parcela (cerezos rojos)</i> .....	20
<b>Figura 8</b> <i>Despulpado de café</i> .....	21
<b>Figura 9</b> <i>Fermentación de café en bolsas plásticas</i> .....	21
<b>Figura 10</b> <i>Café a 10.5% de humedad</i> .....	22
<b>Figura 11</b> <i>Almacenamiento de café</i> .....	23
<b>Figura 12</b> <i>Determinación de humedad del café pergamino seco</i> .....	24
<b>Figura 13</b> <i>Clasificación granulométrica en zaranda metálica</i> .....	25
<b>Figura 14</b> <i>Clasificación de defectos café verde</i> .....	25
<b>Figura 15</b> <i>Identificación de defectos para el cálculo de porcentaje de rendimiento físico</i> .....	26
<b>Figura 16</b> <i>Selección de puntos de muestreo para análisis de suelo</i> .....	29
<b>Figura 17</b> <i>Medianas de las parcelas evaluadas</i> .....	32
<b>Figura 18</b> <i>Normalidad de datos</i> .....	32

<b>Figura 19</b> <i>Normalidad de la calidad física del café</i> .....	35
<b>Figura 20</b> <i>Relación rendimiento de café y altitud</i> .....	35
<b>Figura 21</b> <i>Relación entre altitud y calidad física de café</i> .....	36
<b>Figura 22</b> <i>Análisis mecánico de parcelas de café</i> .....	38
<b>Figura 23</b> <i>Correlación de las variables de estudio.</i> .....	39

## INDICE DE ANEXOS

	Pág.
<b>ANEXO 1.</b> Análisis de suelo parcela la palma (café asociado a <i>Eucalyptus saligna</i> ).....	53
<b>ANEXO 2.</b> Análisis de suelo parcela El cedro (café asociado a <i>Acrocarpus fraxinifolius</i> ). ...	54
<b>ANEXO 3.</b> Análisis de suelo parcela El romerillo (café asociado a <i>Retrophyllum rospligliosii</i> ). .....	55
<b>ANEXO 4.</b> Análisis de suelo parcela El batán (café asociado a <i>Cordia alliodora</i> ). .....	56
<b>ANEXO 5.</b> Análisis de suelo parcela la palma-1 (monocultivo).....	57
<b>ANEXO 6.</b> Análisis del rendimiento de la calidad física del café.....	58
<b>ANEXO 7.</b> Productividad de café por hectárea y por parcela. ....	59

## RESUMEN

El cultivo de café en sistemas agroforestales (SAF) proporciona mejoras en los atributos físicos del café. Sin embargo, existen pocos estudios sobre este tipo de asociación. Esta investigación se realizó en la Cooperativa Agraria de Servicios Múltiples “El Milagro”, distrito de San José de Lourdes, provincia de San Ignacio, con el objetivo de evaluar el efecto de los árboles y macronutrientes del suelo sobre la calidad física del café (*Coffea arabica* L.), la muestra de estudio fueron cuatro parcelas agroforestales (*Eucalyptus saligna*, *Acrocarpus fraxinifolius*, *Retrophyllum rospigliosii*, y *Cordia alliodora*) y un monocultivo. Se realizó el análisis de la calidad física del café, estimación de la productividad por hectárea y parcela, determinación de sombra y análisis de macronutrientes del suelo. Los resultados obtenidos demuestran que el sistema agroforestal café asociado a *A. Fraxinifolius* presenta mayor producción por planta y por ende una mayor productividad por ha, además fue la parcela con mayor porcentaje de calidad física (80.1%) en cuanto al rendimiento físico fue la parcela con monocultivo la que menor rendimiento físico presentó. Concluyendo que el rendimiento físico del café está directamente influenciado por el tipo de componente forestal con el cual está asociado.

**Palabras clave:** *Sistema agroforestal, calidad física, productividad*

## ABSTRACT

Coffee cultivation in agroforestry systems (AFS) provides improvements in the physical attributes of coffee. However, there are few studies on this type of association. This research was conducted in the Cooperativa Agraria de Servicios Múltiples "El Milagro", San José de Lourdes district, San Ignacio province, with the objective of evaluating the effect of trees and soil macronutrients on the physical quality of coffee (*Coffea arabica* L.), the study sample were four agroforestry plots (*Eucalyptus saligna*, *Acrocarpus fraxinifolius*, *Retrophyllum rospigliosii*, and *Cordia alliodora*) and a monoculture. The analysis of the physical quality of the coffee, estimation of productivity per hectare and plot, determination of shade and analysis of soil macronutrients were carried out. The results obtained show that the coffee agroforestry system associated with *A. Fraxinifolius* has a higher production per plant and therefore a higher productivity per ha, it was also the plot with the highest percentage of physical quality (80.1%) and the plot with monoculture had the lowest physical yield. It was concluded that the physical yield of coffee is directly influenced by the type of forest component with which it is associated.

**Key words:** Agroforestry system, physical quality, productivity.

## I. INTRODUCCIÓN

La producción de café (*Coffea spp.*) tiene una gran importancia económica y social a nivel local, regional y mundial. Según el (MIDAGRI, 2022) en Perú, el café es el primer producto agrícola más importante para la exportación, siendo así el segundo país exportador mundial de café orgánico después de México, posee 425,416.00 hectáreas dedicadas al cultivo de café las cuales representan 6% del área agrícola nacional, las plantaciones de cafeto se encuentran distribuidas en 17 regiones, 67 provincias y 338 distritos del territorio nacional, dos millones de peruanos dependen de ésta actividad agrícola, el 30% de los productores de café pertenecen a alguna organización y el 20% exporta directamente a través de sus organizaciones de productores.

Durante el periodo 2019-2021, la región de Cajamarca se ha consolidado como la principal región productora de café para exportación con 195,000.00 toneladas de café (88,000.00 toneladas en el 2019, 81,000.00 en el 2020 y 26,000.00 en 2021) (El Peruano,2022). Asimismo, el (PEJSIB, 2022) menciona que la producción de café en la región Cajamarca se ha quintuplicado en los últimos siete años y las 12 mil familias caficultoras de las provincias de Jaén, San Ignacio y Bagua vienen exportando su producto a mercados internacionales como Estados Unidos y Europa. Este progreso en la producción ha permitido mejorar la calidad de vida de las 12 mil familias cafetaleras de la región, siendo las provincias de Jaén y San Ignacio las que se posicionan como un referente de cultivo de café especial a nivel internacional.

El cambio climático está afectando las plantaciones de café en diversas regiones del Perú, principalmente en la selva central donde la producción cayó de 105,000.00 toneladas a 71,000.00 el año 2021, es por ello que las cooperativas y asociaciones proponen la producción de café en sistemas agroforestales como respuesta al cambio climático y acreditación de cero emisiones de gases de efecto invernadero (La República, 2021). Además, son considerados un sistema de uso sostenible de la tierra, esto debido a que abarca condiciones naturales, ecológicas productivas y sociales que mejoran el bienestar de la población rural (Sanchez et al.,2018). En Perú el café es un cultivo que puede establecerse a plena luz solar; sin embargo, se observa plantaciones establecidas en sistemas agroforestales con diferente especie arbórea. Por su parte Jácome (2020) afirma que el cultivo de café en un sistema agroforestal que puede proporcionar mejoras en los atributos químicos y físicos del suelo, aumentar el rendimiento de los cultivos y diversificar la producción.

La finalidad del estudio es mostrar como aporta el componente forestal y los macronutrientes sobre la calidad física del café en parcelas de la Cooperativa Agraria de Servicios Múltiples “El Milagro”, para ello se analizó la calidad física del café de cuatro parcelas agroforestales y un monocultivo, con el objetivo de analizar si el componente forestal y suelo afecta las condiciones físicas comparado con el cafeto a pleno sol.

## II. OBJETIVOS

### 2.1. Objetivo general

Evaluar el efecto de los árboles y macronutrientes del suelo sobre la calidad física del café (*Coffea arabica* L.) en el distrito de San José de Lourdes.

### 2.2. Objetivos específicos

- Determinar la productividad del café bajo sombra de diferentes especies forestales.
- Analizar la calidad física del café (*Coffea arabica* L.) bajo sombra de diferentes especies forestales.
- Analizar el contenido de macronutrientes del suelo de las parcelas evaluadas.

## III. MATERIALES Y MÉTODOS

### 3.1. Materiales

#### 3.1.1. Equipos y materiales de campo

- Bolsas herméticas
- Plumón indeleble
- Tablero
- Etiquetas
- Poncho de agua
- Palana
- Barreta
- Wincha
- Bolsas plásticas
- Medias latas
- Balde de 18 litros
- Sacos, tina, agua
- Cuaderno de campo
- Lapiceros
- Lápices
- Borradores
- Tajadores
- Tijera

### **3.1.2. Equipos y materiales de laboratorio**

- Tamices N° 18, 17, 16,15 y 14
- Táperes de plástico transparente
- GPS
- Cámara fotográfica
- Balanza manual de 5 kg
- Trilladora
- Balanza analítica
- Medidor de humedad de granos
- Despulpadora.

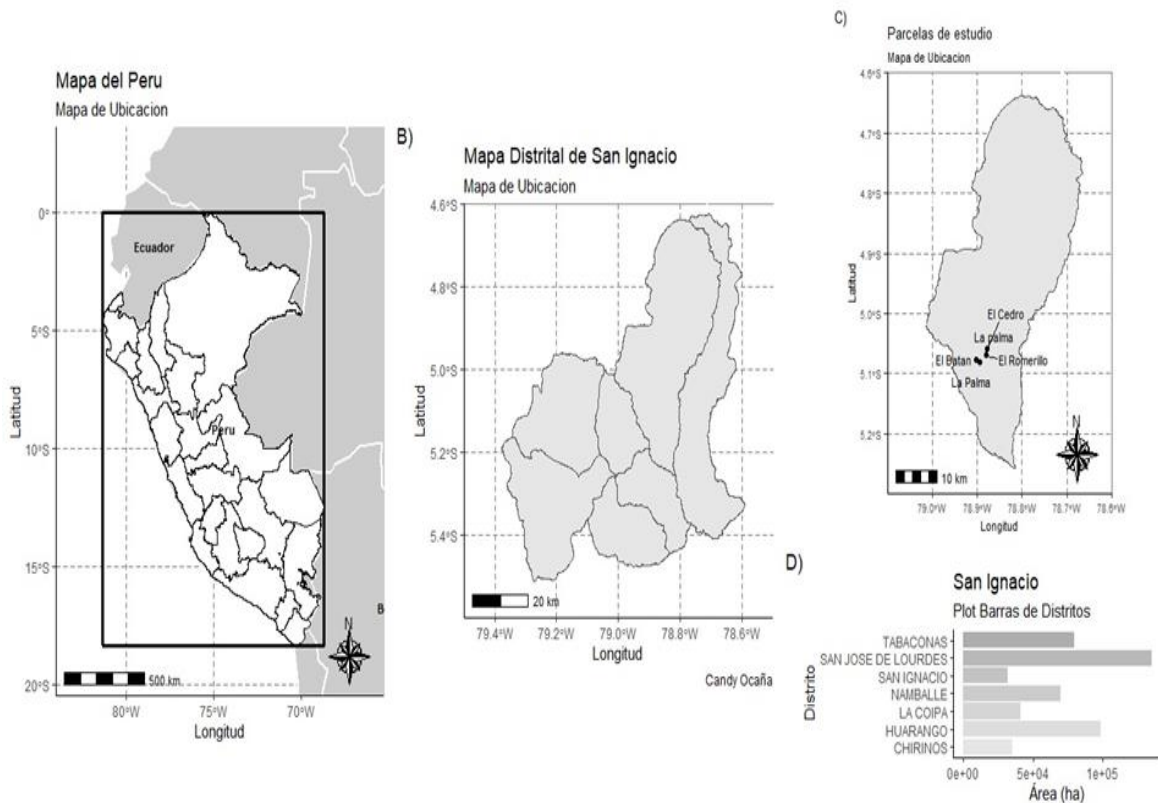
## **3.2. Metodología**

### **3.2.1. Ubicación del área de estudio**

La investigación se realizó en el distrito San José de Lourdes en la Cooperativa Agraria de Servicios Múltiples (CASM) El Milagro, ubicada en el distrito de San José de Lourdes, provincia de San Ignacio, región Cajamarca, se encuentra entre 1 200 m.s.n.m y 1 800 m.s.n.m con temperaturas que varían entre 15 a 26 °C y con clima lluvioso templado.

**Figura 1**

Ubicación del área de estudio (La Palma, El Romerillo, El Batán, La Palma-1, El Cedro son las parcelas muestreadas).



Nota. Cartografía obtenida de la Macro Zonificación Ecológica Económica de la Región Cajamarca. Datos obtenidos con GPS Garmin 76Csx. Software Rstudio.

### 3.2.2. Población, muestra, muestreo

#### Población

La población del estudio estuvo representada por 491 parcelas cafetaleras perteneciente a los socios de la Cooperativa Agraria de Servicios Múltiples El Milagro en 25 localidades del distrito de San José de Lourdes; de las cuales se seleccionó cinco parcelas de café; (cuatro cultivadas bajo sistemas agroforestales y un monocultivo de café), según el detalle siguiente:

- Parcela uno (La Palma): Café asociado a *Eucalyptus saligna*.
- Parcela dos (El cedro): Café asociado a *Acrocarpus fraxinifolius*

(Cedro rosado)

c). Parcela tres (El Romerillo): Café asociado a *Retrophyllum rospigliosii*  
(romerillo macho)

d). Parcela cuatro (El Batan): Café asociado a *Cordia alliodora*

e). Parcela cinco (La Palma-1): Monocultivo

Las parcelas seleccionadas cumplieron con los siguientes criterios de selección y exclusión:

- 1.-Análisis de suelos: Se consideró los análisis de suelos realizados con anterioridad por la CASM El Milagro, de tal forma se seleccionó parcelas con características edáficas similares.
- 2.-Altitud: Se consideró la base de datos proporcionada por la cooperativa para la elección de las parcelas a evaluar, las cuales se ubicaron en un rango de 1 455.33 a 1 885.93 msnm.
- 3.-Acceso a las localidades: la investigación se realizó en época de pandemia y debido al contexto muchas localidades del distrito habían restringido el acceso, por ello, se tuvo en cuenta este factor para la elección de las parcelas evaluadas.
- 4.-Parcelas en sistemas agroforestales: Se seleccionó aquellas parcelas establecidas en sistemas agroforestales que presentaron diferentes especies como componente sombra, misma variedad de café (Catimor rojo) y similar densidad de sombra.

### Tabla 1

*Altitud y coordenadas de parcelas evaluadas.*

PARCELA	COORDENADAS		ALTITUD (m.s.n.m.)
La Palma	735283E	9440384N	1760.49
El Cedro	735280E	9440386N	1762.50
El Romerillo	735077E	9439280N	1885.93
El Batán	732663E	9438428N	1455.33
La Palma_1	733457E	9437952N	1625.43

**Figura 2**

*Parcela uno-La Palma*



**Figura 3**

*Parcela tres- El Romerillo*



**Figura 4**

*Parcela cuatro-El Batán*



**Figura 5**

*Parcela seis-La Palma\_1 (monocultivo)*



### 3.2.3. Obtención de muestras de café

Se siguió la metodología utilizada por Núñez (2019):

**-Cosecha:** Para realizar la recolección se seleccionaron cuatro plantas por cada parcela de estudio, para cada planta se consideraron tres estratos (alto, medio y bajo). Se cosechó 3 kg por planta de café cerezo y 12 kg por parcela en estudio, equivalentes a 7 kg de café baba los cuales fueron sometidos a procesos de post cosecha (lavado y secado), se utilizaron 250 gr. de café oro, para poder determinar la calidad física.

#### Figura 6

*Cosecha de café en parcela*



**-Cosecha selectiva:** consistió en cosechar únicamente las cerezas maduras (de color rojo), una por una, dejando el pecíolo adherido a la rama.



**Figura 8**

*Despulpado de café*



**-Fermentación:** El café despulpado fue puesto a fermentar en una bolsa plástica por 20 horas.

**Figura 9**

*Fermentación de café en bolsas plásticas*



**-Lavado:** El proceso consistió en colocar al café con el mucílago fermentado en un balde y aplicar agua necesaria para cubrir completamente los granos y remover; el agua del primer enjuague se vació y se reemplazó con agua limpia, repitiéndose el proceso durante tres veces más.

**-Secado:** Consistió en exponer los granos de café al sol para reducir la humedad del 55 o 60% (humedad natural del café) al 10 a 12% (humedad óptima), con el fin de poder almacenar el producto en condiciones que permitirán conservar su calidad.

### Figura 10

*Café a 10.5% de humedad*



**-Almacenamiento:** Para almacenar las muestras de café pergamino se emplearon bolsas herméticas de 1 Kg, las cuales fueron debidamente etiquetadas y se guardaron en un ambiente apropiado y sin riesgo de contaminación hasta su posterior análisis.

## Figura 11

### *Almacenamiento de café*



#### 3.2.4. Análisis de la calidad física del café.

El análisis de la calidad física del café siguió lo establecido por el protocolo de la Asociación de Cafés Especiales (SCA), el detalle se describe a continuación:

- **Determinar olor y humedad:** El olor fue característico a café seco y fresco
- **Porcentaje de humedad:** El equipo utilizado para medir la humedad fue el Gehaka G610i, para ello se depositó 250 gr. de café pergamino seco debidamente trillado en la celda y así se determinó el porcentaje de humedad, la cual estuvo entre 10,5 y 12%.

**Figura 12**

*Determinación de humedad del café pergamino seco*



**-Determinación del porcentaje de merma (cáscara):** Se tomó la muestra de 250 gr. de café pergamino seco y se trilló para obtener el café verde o almendra. Las almendras trilladas se pesaron nuevamente para determinar el porcentaje de merma. Se tomó en cuenta la fórmula establecida por SCA:

Ecuación 1.

$$\frac{250 \text{ gr.} - \text{Peso final de la almendra}}{250 \text{ gr.}} \times 100$$

**- Clasificación granulométrica:** Para la clasificación granulométrica se utilizaron tamices de tamaño del 14 al 18, tamizando por dos minutos en las 18, 17, 16, 15, 14, ordenadas de forma descendente. Luego, se tomó una a una las mallas y se pesó los granos retenidos para calcular el porcentaje sobre cada tamiz (Gamboa et al., 2015).

**Figura 13**

*Clasificación granulométrica en zaranda metálica*



**- Identificación de los defectos del grano:** Se separó las almendras sanas de las defectuosas (granos negros, agrios totales, brocados, con hongo, agrios parciales): se tuvo como referencia la figura de clasificación de defectos café verde establecido por la Norma Técnica Peruana (NTP) 209.027:2018.

**Figura 14**

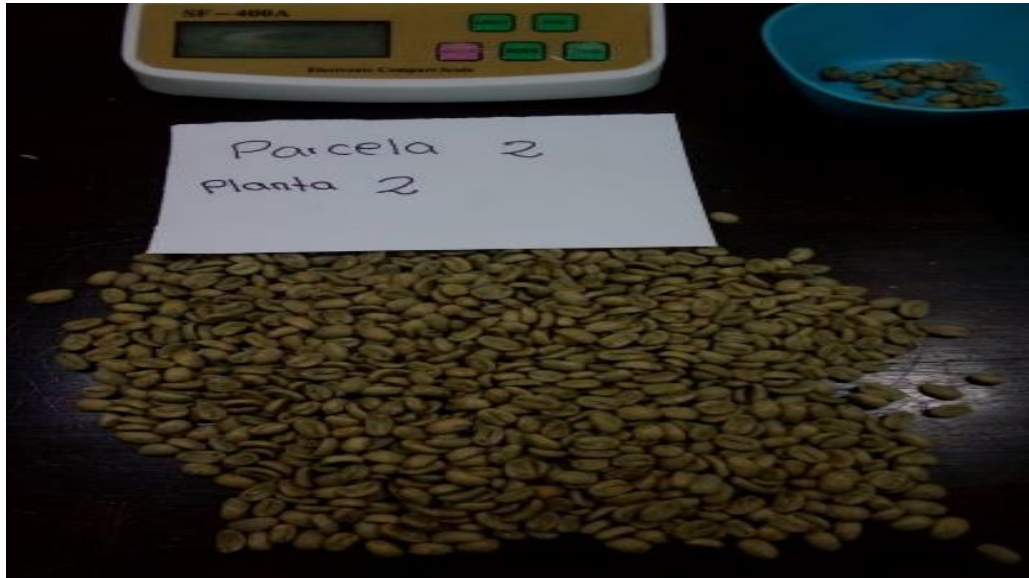
*Clasificación de defectos café verde*



Fuente: Norma Técnica Peruana NTP 209.027:2018

## Figura 15

*Identificación de defectos para el cálculo de porcentaje de rendimiento físico*



**3.2.4.6. Cálculo de factor de rendimiento:** Se realizó teniendo en cuenta el peso de la almendra sana. La fórmula utilizada es descrita por la Asociación de Cafés Especiales (SCA).

Ecuación 2.

$$\frac{\text{gr. granos defectuosos}}{\text{gr. Almendra total}} \times 100$$

### 3.2.5. Estimación de Productividad.

La producción del grano se estimó considerando la metodología utilizada por Pérez y Suárez (2011).

El número de plantas por parcela se determinó a través de una medición directa entre surcos y plantas. Se calculó el promedio de plantas por parcela con base al número de muestras. Posteriormente se obtuvo el número de plantas por hectárea y el número de plantas por parcela en relación al tamaño de la muestra. Finalmente se calculó el promedio de plantas por hectárea para el cultivo.

Se seleccionó tres plantas con marcada influencia de luz y tres plantas bajo sombra dentro del radio de los 10 m. Cada planta se dividió en tres estratos de manera subjetiva: alta, media y baja. Para cada planta y por estrato se realizó un conteo del número de granos presentes en una rama, luego se calculó el promedio de las tres plantas influenciadas con luz y sombra.

Realizado el conteo de ramas productivas, se calculó el total de granos por plantas de café, por parcela y por hectárea.

### 3.2.6. Determinación del porcentaje de sombra

Se realizó siguiendo la metodología aplicada por Pérez y Suárez (2011) que establece lo siguiente:

**-Diámetro de copa.** En cada parcela de muestreo se realizó un conteo del número de individuos presentes, seleccionando tres árboles en estado maduro y con copa bien desarrollada, con base en estas características se procedió a medir los diámetros de copa para los árboles seleccionados.

Luego se determinó el diámetro promedio de copa para cada árbol, posterior a ello, se promedió el diámetro de los tres árboles muestreados.

**-Porcentaje de sombra.** Se calculó para cada parcela por medio del siguiente modelo matemático propuesto por Pérez y Suárez (2011):

Ecuación 3.

$$\% \text{ sombra} = N \times 0.7854 (Dc)^2$$

N= número de árboles/ha

Dc=diámetro promedio de copa en m<sup>2</sup>

**-Factor de frondosidad y opacidad de la copa.** Es un número que varía entre cero y uno, se calculó en campo midiendo con una cinta métrica la proyección vertical de la copa de los árboles maduros sobre un plano horizontal. La medida obtenida se dividió en dos partes iguales, colocando la mitad de una copa sobre la otra mitad.

• **Número de árboles/ha.** Se empleó lo recomendado por Pérez y Suárez (2011) quienes utilizaron la fórmula que a continuación se presenta:

Ecuación 4

$$N = \frac{3000}{A \times \text{factor de frondosidad}}$$

Dónde:

$N \times (\text{Área de copa}) * \text{Factor de frondosidad promedio de las especies arbóreas seleccionadas} = 3\ 000\ \text{m}^2.$

Área de copa (A) =  $0.7854 * \text{diámetro promedio de}$

$\text{copa}(C)^2. N * (0.7854 \times C^2) * \text{factor de frondosidad} = 3\ 000\ \text{m}$

### 3.2.7. Análisis de macronutrientes

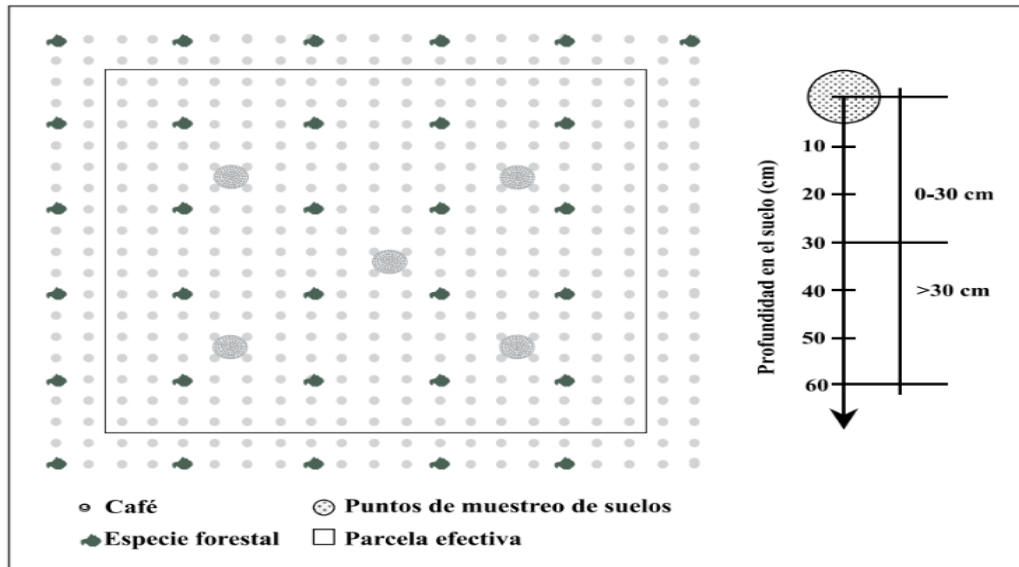
La muestra a analizar fue obtenida siguiendo la metodología propuesta por Farfán (2010):

- **Obtención de la muestra de suelo:** Se seleccionó dos puntos de muestreo en cada parcela a evaluar; cada punto se ubicó en el centro formado por cuatro árboles forestales y cuatro plantas de café. En cada punto de muestreo se realizó una calicata de la cual se tomó muestras de suelo a una profundidad de 30 cm.

Se tomó tres muestras por cada punto de muestreo, una entre 0 y 10 cm, otra entre 10 y 20 cm y la tercera entre 20 y 30 cm de profundidad; con éstas se formó una muestra compuesta. Este procedimiento se realizó con el fin de verificar que presenten cambios en el perfil del suelo.

**Figura 16**

*Selección de puntos de muestreo para análisis de suelo*



*Fuente:* Farfán (2010).

**-Parámetros a evaluar:** Se evaluó potencial hidrógeno (pH), materia orgánica, macronutrientes nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), capacidad de intercambio catiónico (CIC), contenidos de limo, arena y arcilla.

Las muestras de suelo fueron remitidas por la Cooperativa de Servicios Múltiples El Milagro, en el laboratorio de análisis de suelos de la Universidad Agraria la Molina, procediendo luego a su respectiva interpretación de resultados.

### 3.2.8. Análisis de datos

Los datos fueron analizados mediante un análisis de varianza (ANOVA) con el fin de determinar si existía o no, diferencias significativas entre las medias de los tratamientos, donde las hubo, las medias fueron comparadas a través de la prueba de Tukey ( $p = 0,05$ ) con el objeto de establecer entre que pares de medias existe esta diferencia. Los resultados se analizaron estadísticamente utilizando el software Restudio. Se realizó además una correlación de variables.

## IV. RESULTADOS

### 4.1. Productividad del café bajo sombra de diferentes especies forestales.

El análisis de productividad realizado a las parcelas evaluadas arrojó diferencias mínimas entre parcelas con diferente especie forestal como componente arbóreo. La parcela El Cedro (café asociado a *Acrocarpus Fraxinifolius*) es el que presentó mayor producción por planta y por ende una mayor productividad por ha.

**Tabla 2**

*Producción de café por planta (Kg de café pergamino)*

REPETICIONES	TRATAMIENTOS				
	La Palma	El Cedro	El Romerillo	El Batan	La Palma-1
P1	0.55	0.77	0.71	0.66	0.66
P2	0.62	0.74	0.62	0.71	0.63
P3	0.67	0.61	0.65	0.69	0.66
P4	0.67	0.69	0.72	0.72	0.69
P5	0.67	0.67	0.67	0.58	0.58
P6	0.72	0.72	0.72	0.72	0.66
<b>PROMEDIO</b>	0.65	0.70	0.68	0.68	0.65

*Nota.* La parcela El Cedro asociado a *Acrocarpus Fraxinifolius* presenta una producción de 0.70 kg por planta.

#### 4.1.1. Análisis de Varianza para la productividad de café

El análisis de varianza para la producción de café pergamino reportó diferencia estadísticamente no significativa entre las especies arbóreas estudiadas como parte de un sistema agroforestal (SAF); es decir, la productividad del café no está influenciada por el tipo de componente forestal con el cual está asociado.

**Tabla 3**

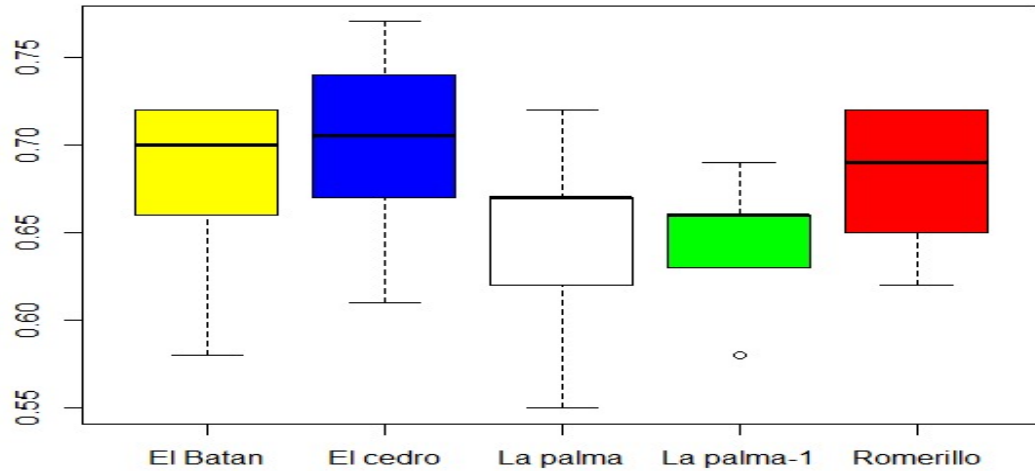
*ANOVA para la producción del café*

Predictor	Sum of Squares	<i>df</i>	Mean Square	<i>F</i>	<i>p</i>	partial $\eta^2$	partial $\eta^2$ 90% CI [LL, UL]
(Intercept)	13.53	1	13.53	5335.38	.000		
lugares1	0.01	4	0.00	1.22	.327	.14	[.00, .27]
Error	0.06	25	0.00				

*Nota.* Se acepta la hipótesis nula, el valor crítico es mayor que la *F* calculada (1.22); es decir no existen diferencias significativas entre las parcelas evaluadas.

**Figura 17**

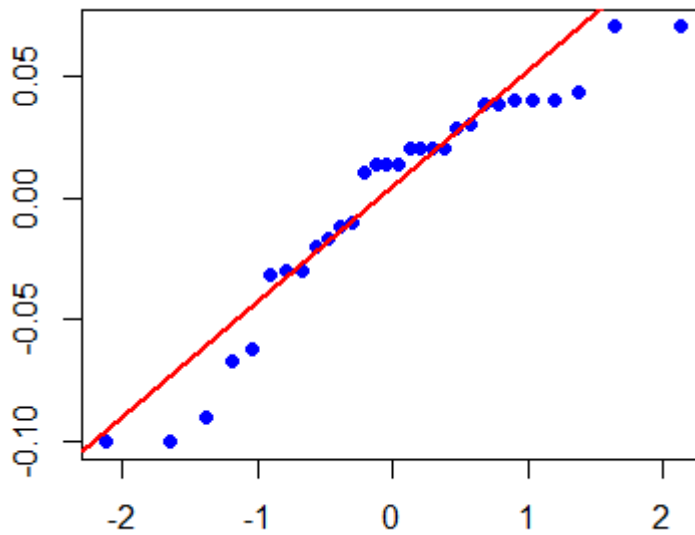
*Medianas de las parcelas evaluadas*



*Nota.* La parcela El cedro es la que presenta una mayor mediana, seguida de la parcela El Batan, siendo La palma\_1 la parcela que presenta una menor mediana.

**Figura 18**

*Normalidad de datos producción de café*



*Nota.* La figura 18 muestra que los datos son normales.

## 4.2. Calidad Física del café bajo sombra de diferentes especies forestales

**Tabla 4**

*Porcentaje de Rendimiento de la Calidad física del Café*

Parcela	Planta 1	Planta 2	Planta 3	Planta 4
La Palma	77.2	76.8	78.4	79.2
El Cedro	80.4	79.6	80.4	80
El Romerillo	76.8	77.2	77.2	76
El Batán	79.6	78	77.6	79.2
La Palma-1	71.2	73.2	72.8	69.6

La tabla 4 indica que la parcela que obtuvo el mejor rendimiento en calidad física del café fue la parcela el cedro (café asociado a *A. fraxinifolius*) con un porcentaje promedio de 80.1 % y la parcela con menor rendimiento físico fue la palma-1 (monocultivo).

### 4.2.1. Análisis de varianza para la calidad física del café

El análisis de varianza para la calidad física del café a un nivel de confianza del 95% (significancia del 5%), reportó diferencia estadísticamente significativa entre las especies arbóreas estudiadas como parte de un SAF; es decir, el rendimiento físico del café está fuertemente influenciado por el tipo de componente forestal con el cual está asociado.

**Tabla 5***ANOVA para la calidad física del café*

Predictor	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p	partial $\eta^2$	partial $\eta^2$ 90% CI [LL, UL]
(Intercept)	118641.61	1	118641.6	112067.01	.000		
lugares	164.43	4	41.11	38.83	.000	.91	[.77, .93]
Error	15.88	15	1.06				

\*Nota. Se rechaza la hipótesis nula. Existe diferencias en la calidad física del café en cada parcela evaluada.

**Tabla 6**

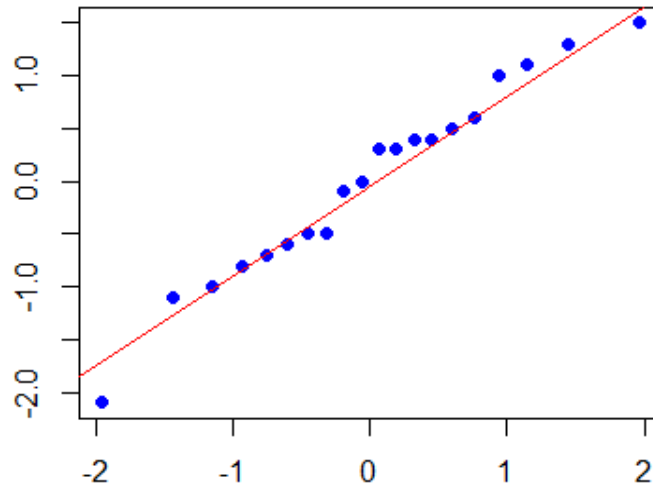
*Prueba de significación de Tukey al 5% de probabilidades para los promedios de calidad física de las cinco parcelas evaluadas.*

Especie arbórea	Promedio	Grupo homogéneo
<i>Acrocarpus fraxinifolius</i>	80.10	a
<i>Cordia alliodora</i>	78.60	ab
<i>Eucalyptus saligna</i>	77.90	ab
<i>Retrophyllum rospigliosii</i>	76.80	b
Monocultivo	71.70	c

Nota. La especie arbórea *Acrocarpus fraxinifolius* influye positivamente en la calidad física del cafeto con un promedio de 80.10 %.

**Figura 19**

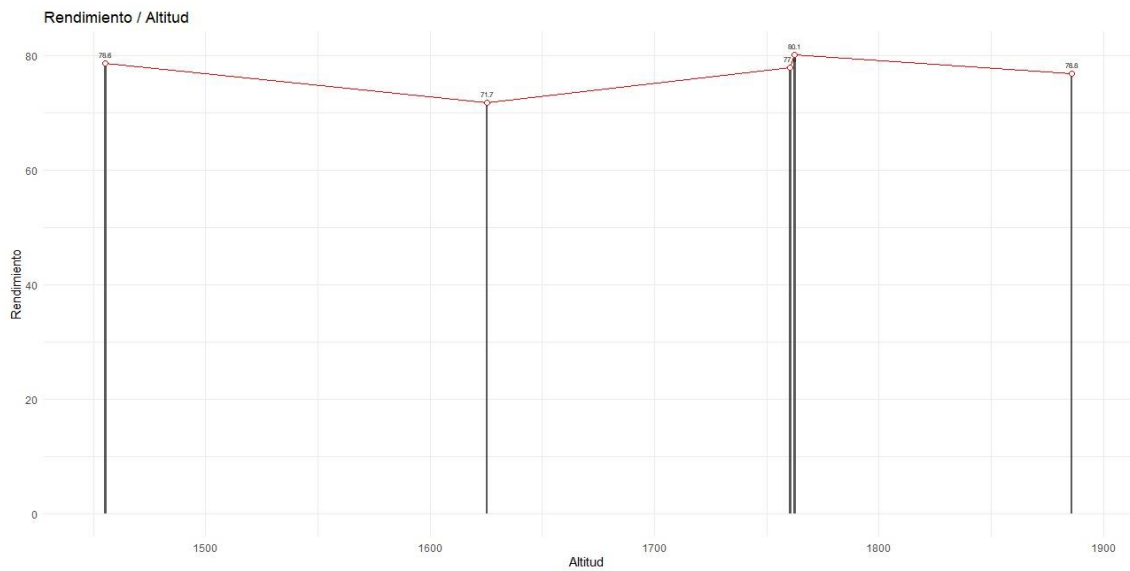
*Normalidad de la calidad física del café*



*Nota.* Observamos que los datos evaluados para la calidad física son normales.

**Figura 20**

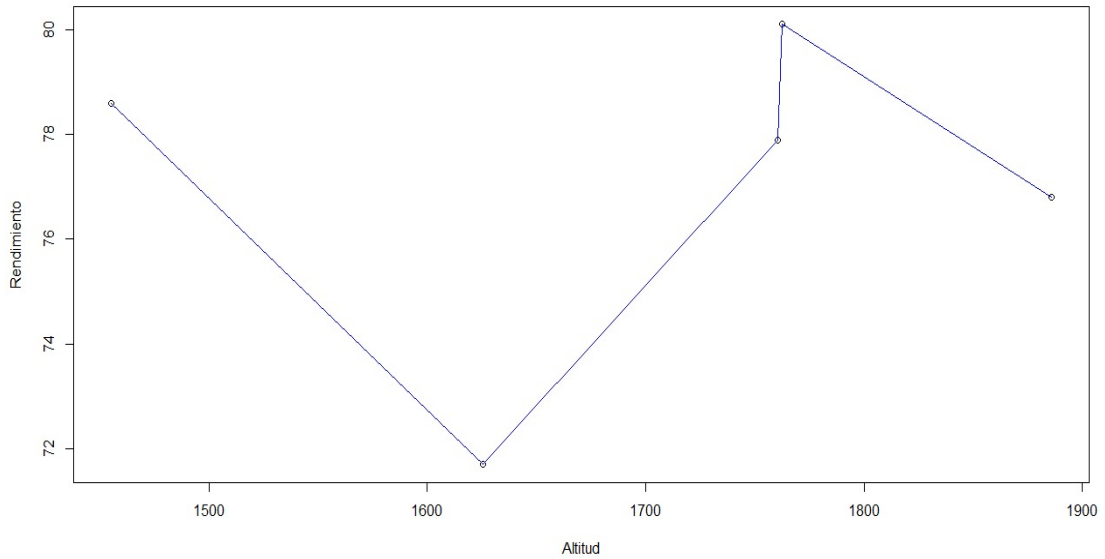
*Relación rendimiento de café y altitud*



*Nota.* El rendimiento físico del café no está relacionado directamente con la altitud.

**Figura 21**

Relación entre altitud y calidad física de café



*Nota.* La altitud no es un factor determinante en el rendimiento físico del café.

### 4.3. Porcentaje de sombra

**Tabla 7**

*Porcentaje de sombra por parcela de café*

Parcela	% sombra
La Palma	35.31
El Cedro	39.09
El Romerillo	36.7
El Batan	32.18

La tabla 7 describe el porcentaje de sombra de las parcelas evaluadas mostrando que todas se encuentran en un rango de 32.18 a 39.09 % respectivamente.

#### 4.4. Análisis de macronutrientes del suelo

**Tabla 8**

*Datos de estadísticos descriptivos importantes del suelo*

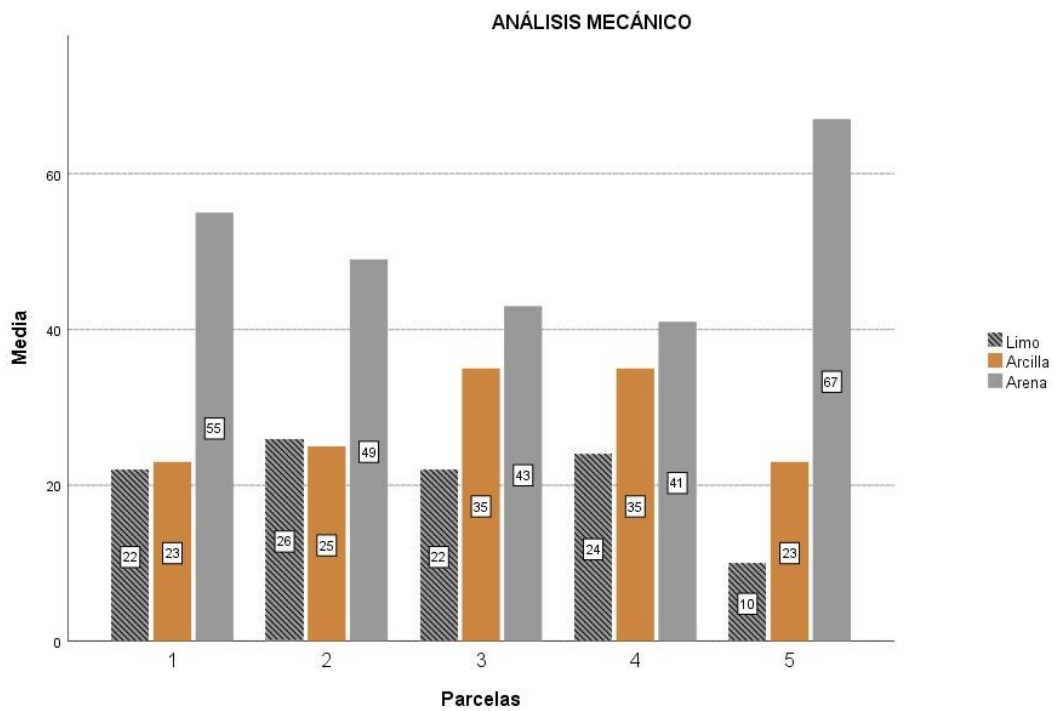
<b>Análisis de suelos</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Media</b>	<b>Desviación estándar</b>	<b>Varianza</b>
Ph	4,00	5,56	5,048	0,629	0,396
CE	0,08	0,20	0,130	0,046	0,002
Materia orgánica (%)	3,17	6,67	5,212	1,404	1,974
Fósforo (ppm)	2,2	5,2	3,660	1,331	1,773
Potasio (ppm)	73	458	268,80	156,338	24441,700
Arena (%)	41	67	51,00	10,488	110,000
Limo (%)	10	26	20,80	6,261	39,200
Arcilla (%)	23	35	28,20	6,261	39,200
CIC (meq/100g)	21,44	27,20	22,944	2,409	5,806
Ca <sup>+2</sup> (meq/100g)	2,07	20,00	11,612	6,595	43,497
Mg <sup>+2</sup> (meq/100g)	0,83	8,00	3,876	2,592	6,720
K <sup>+</sup> (meq/100g)	0,35	1,37	0,904	0,371	0,138
Na <sup>+</sup> (meq/100g)	0,36	0,42	0,390	0,024	0,001
Al <sup>+3</sup> + H <sup>+</sup> (meq/100g)	0,15	5,20	1,200	2,236	5,004

*Nota.* El promedio de pH para las parcelas fue de 5,048, la materia orgánica oscila en un rango de 3,17 a 6,67%. El promedio para el fósforo y potasio fue de 5,2 y 458 ppm respectivamente.

La proporción de partículas primarias (arena, limo y arcilla) de los suelos de las parcelas evaluadas, predominando el suelo franco arcillo-arenoso (parcela uno, dos y cinco) y suelo franco arcilloso (parcela tres y cuatro) respectivamente.

**Figura 22**

*Análisis mecánico de parcelas de café*



*Nota.* La parcela cinco (monocultivo) presentó un suelo franco arcillo arenoso (Fr.Ar. A) con un porcentaje de 67% de arena, 23% de arcilla y 10% de limo respectivamente.

**Figura 23**

*Correlación de las variables de estudio.*

	Rendimiento	pH	P	K	CIC	Ca	Mg	Na	Altitud	Mo
Rendimiento	1.0000									
Ph	0.9319	1.0000								
P	0.3311	0.4956	1.0000							
K	0.8443	0.9012	0.7804	1.0000						
CIC	0.4617	0.3561	0.6169	0.6019	1.0000					
Ca	0.8796	0.9060	0.6055	0.8992	0.6905	1.0000				
Mg	0.6435	0.4722	-0.3673	0.2467	-0.2110	0.2084	1.0000			
Na	-0.5922	-0.3307	0.0613	-0.3036	-0.6980	-0.5672	-0.3217	1.0000		
Altitud	0.1022	0.3312	0.4315	0.2753	0.3265	0.5130	-0.5435	-0.0600	1.0000	
Mo	-0.6526	-0.3632	0.3939	-0.2021	-0.1591	-0.3037	-0.8651	0.7286	0.4651	1.0000

*Nota.* Los factores que más aportan a la calidad física del café son el potencial de hidrógeno, potasio, calcio y magnesio; sin embargo, existe una correlación negativa por parte del sodio y materia orgánica en relación al rendimiento físico del café. Es decir que mientras suba el porcentaje de sodio baja el rendimiento físico.

## V.DISCUSIÓN

La productividad de café no presenta diferencias significativas entre las cinco parcelas evaluadas. La parcela que presentó mayor producción por planta con un promedio de 0.70 kg de café pergamino y por ende una mayor productividad por Ha fue la parcela dos (café asociado con *A. fraxinifolius*, por su parte el (monocultivo) presentó una producción de 0.65 kg por planta, estos datos son similares a los reportados por Lara (2005) quien informa que la sombra tiene un efecto negativo sobre el rendimiento del cafeto ya que reduce la producción de grano en comparación con cafetos a pleno sol existiendo reducciones del 18 % en el rendimiento del café bajo sombra en comparación a café cultivado a pleno sol debido a la formación de entrenudos más largos, menos nudos fructificados y baja inducción floral, como respuesta a la menor exposición lumínica ejercida por la sombra.

En cuanto a la calidad física del café, el componente arbóreo si influye significativamente principalmente la sombra que éste proporciona. El rendimiento físico obtenido en las parcelas agroforestales estudiadas osciló entre 77 a 80% respectivamente y el monocultivo reportó un 71%. Siendo la parcela dos (café asociado con *A. fraxinifolius* la que obtuvo un mayor rendimiento físico. Resultados similares reportaron Sanchez et al. (2018) quienes determinaron que la cobertura arbórea de las plantaciones tiene un efecto positivo en la proporción de granos con forma de planchuela obteniendo puntajes superiores a 80% en calidad física en parcelas de café asociadas a *A. fraxinifolius*, mientras que Guyot et al. (1996), obtuvo un rendimiento de 69% para las muestras de café de sombra contra el 65% de las muestras de monocultivo de café. Es decir, la sombra favorece a una mejor granulometría; además, Lara (2005) determinó que el rendimiento, altitud, sombra y fertilización influyeron positivamente sobre el tamaño y peso de granos, así como una reducción en el contenido de granos imperfectos, por su parte Partelli et al. (2014) indica que el cultivo de café intercalado con otras especies arbóreas tiene algunas ventajas en comparación con el sistema de monocultivo ya que promueve la estabilidad del rendimiento físico del café. La sombra influye positivamente en la calidad física del café debido a que filtra y modifica la calidad de la luz que reciben los cafetos (Vaast et al. 2005c). Al respecto

Muschler (2001) encontró una mejora substancial de la calidad del café bajo sombra obteniendo cerezas de mejor peso y tamaño porque en condiciones de sombra la pulpa madura más lentamente por la menor temperatura producida por el sombrero similarmente a lo que afirma Wintgens (2004) quien sostiene que la disminución en la temperatura favorece un alargamiento en el proceso de maduración de la cereza, generando un mejor llenado de grano y consecuente producción de granos de mayor peso y tamaño, de forma semejante Rapidel et al. (2015) menciona que la sombra proveniente del componente forestal a través de su efecto regulador de la carga fructífera ayuda a eliminar casi totalmente la antracnosis, asociada a hongos del género *Colletotrichum*, además de reducir la incidencia y severidad de roya del café favoreciendo de esta manera a una mejor calidad física del café (López-Bravo 2012).

Los resultados obtenidos para el indicador pH comprende un rango de 5.08- 5.56 en los sistemas agroforestales estudiados (5.56 para la parcela uno, café asociado a *E. saligna*, 5.52 obtuvo la parcela dos, café asociado a *A. fraxinifolius* y 5.08 para las parcelas tres y cuatro respectivamente), condiciones ideales para el cultivo de café, similares a las reportadas por (Márquez et al., 2020) y Farfán (2010) quienes reportan que los rangos óptimos de pH para el cultivo de café es de 5,0-5,5. Sin embargo, el pH de la parcela cinco (monocultivo) es 4.00 (suelo extremadamente ácido) para el cultivo de café.

En promedio los suelos de las parcelas estudiadas presentan un nivel alto de materia orgánica (MO) promedio de (5,21%), teniendo similitud con los resultados obtenidos por Hameed et al., (2018) quien reportó niveles de MO entre 4-6%, siendo esta la proveedora de nitrógeno y promotora de vida en el suelo, indicando además que el contenido de materia orgánica en los suelos se ve favorecido por los árboles de sombra.

La conductividad eléctrica (CE) varió de 0.08 a 0.020 dS/m. La materia orgánica del suelo osciló entre 3,17 y 6,67% con un promedio de 5,12%. El fósforo (P) medio disponible fue de 5,2 ppm y el potasio intercambiable (K) fue de 0,9 meq/100g. Los contenidos medios de magnesio (Mg) fue 3,87 meq/100g, respectivamente. El calcio (Ca) intercambiable del suelo varió entre 2,07 y 20 meq/100g, y el contenido de Na intercambiable varió entre 0,3 y 3,4 meq/100g. La capacidad efectiva de intercambio catiónico (CIC) osciló entre 21, 4 y

27,2 meq/100g. Los índices de Al estuvieron en el rango de 0.15 a 5,20 meq/100g respectivamente.

Estos resultados presentan similitud con el trabajo realizado por Nuñez et al. (2011) quienes reportan que la conductividad eléctrica (CE) varió de 0,13 a 0,92 dS m<sup>-1</sup>. La materia orgánica del suelo osciló entre 3,0 y 10,8%. El P medio disponible fue de 14,3 mg kg<sup>-1</sup> y el potasio intercambiable (K) fue de 0,27 cmol(+) kg<sup>-1</sup> y el contenido de Mg intercambiable varió entre 0,55 y 3,56 cmol(+) kg<sup>-1</sup>. La capacidad efectiva de intercambio catiónico (ECEC) osciló entre 4,67 y 46,3 cmol(+) kg<sup>-1</sup>. Los índices de saturación de Na y Al estuvieron en el rango de 0.6 a 6.65% y 0.38 a 20%.

Asimismo, Cerda et al., (2015) encontró que la mayoría de los elementos de la fertilidad del suelo fueron mejores bajo sombra diversificada, como el caso de menor acidez y buenos contenidos de potasio, dos indicadores claves de la calidad del suelo. Por su parte Baraër (2013) determinó que la sombra favorece el reciclaje de nutrientes, sobre todo los procesos de mineralización y nitrificación del nitrógeno, uno de los elementos fundamentales en los rendimientos del café. En general, los árboles de sombra ayudan a evitar las pérdidas de nutrientes (Villarreyna, 2016). También es importante destacar que la sombra reduce la evaporación del agua del suelo. Finalmente, los efectos de la sombra sobre el suelo tienen un efecto directo sobre los rendimientos, debido a que todos tienen que ver con la fertilidad del suelo y la fertilidad del suelo es uno de los elementos fundamentales en el rendimiento de los cultivos.

## VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. Conclusiones:

- La productividad de café no está influenciada directamente por el componente forestal con el cual está asociado, las diferencias encontradas fueron mínimas entre el monocultivo y los sistemas agroforestales (café asociado a *Eucalyptus saligna*, *Acrocarpus fraxinifolius*, *Retrophyllum rospigliosii* y *Cordia alliodora*). Sin embargo la parcela dos (café asociado a *A. fraxinifolius* es la que presentó una mayor productividad por planta 0.70 kg respectivamente por ende una mayor producción por hectárea y parcela; asimismo la parcela con menor productividad fue la parcela uno (café asociado a *E. saligna* con un promedio de 0.55 kg por planta. Por su parte el monocultivo obtuvo un promedio de 0.65 kg por planta.
- La calidad física del café está fuertemente influenciada por el componente forestal asociado al cultivo de café principalmente la sombra que estos aportan es la responsable de mejorar la calidad física del café, la parcela dos (café asociado a *A. fraxinifolius* fue la que obtuvo un mayor porcentaje de rendimiento físico 80% mientras que el monocultivo un 69.6% existiendo una notable diferencia en la calidad física del cafeto.

- El contenido de macronutrientes de los sistemas agroforestales estudiados en comparación con el cultivo de café a pleno sol no evidenció diferencias considerables para los elementos: fósforo (P), Nitrógeno y materia orgánica (MO); por su parte las concentraciones de Potasio (K) oscilan en un rango de 188-458 ppm correspondientes a los sistemas agroforestales; sin embargo, para el monocultivo se registró 73 ppm, similares resultados se registró en el rango de pH que para el monocultivo fue de cuatro, siendo este extremadamente ácido para el cultivo de café.

## Recomendaciones

- Implementar el sistema agroforestal de café asociado a *A. fraxinifolius* debido a que aporta un mayor rendimiento físico y organoléptico del café, considerando que la calidad de la bebida del café con sombra de *Acrocarpus fraxinifolius* fue de 85 puntos en taza. Además *A. fraxinifolius* es una especie de rápido desarrollo.
- Con la finalidad de seguir generando conocimiento científico que sirva en las labores de conservación ambiental y producción sostenible, se recomienda ampliar esta investigación evaluando diferentes sistemas agroforestales de café asociado a *Acrocarpus fraxinifolius* en diferentes zonas y pisos altitudinales.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Baraër, T. (2013). Déterminants du cycle de l'azote dans des systèmes agroforestiers de caféiers au Costa Rica. Mémoire de fin d'études d'ingénieur, CIRAD/CATIE. p 36.
- Cerda, R., Allinne, C., Krolczyk, L., Mathiot, C., Clément, E., Harvey, C.A., Aubertot, J., Tixier, P., Gary, C. y Avelino, J. (2015). Ecosystem services provided by coffee agroecosystems across a range of topo-climatic conditions and management strategies. <https://doi.org/10.15472/017mzy>
- Diario oficial del Bicentenario. (13 de febrero del 2022). Cajamarca, Junín y San Martín son las regiones con mayor producción de café para producción. *El Peruano*. <https://elperuano.pe/noticia/127817-cajamarca-junin-y-san-martin-son-las-regiones-con-mayor-produccion-de-cafe-para-exportacion>
- Farfán-Valencia, F. (2010). Cambios en la fertilidad del suelo con plantaciones de café y sombrío de especies forestales. *Cenicafé*, 61(1),7-27.
- Gamboa, P., Mosquera, S., y Paz, I. (2015). Caracterización física de café especial (*Coffea arabica*) en el municipio de Chachagüí (Nariño, Colombia). *Lasallista de Investigación*, 12(1),90-98.
- Guyot, B., Gueule, D., Manéz, J.C., Perriot, J., Giron, J. y Villain, L. (1996). Influence de l'altitude et de l'ombrage sur la qualité des cafés arabica. *Cirad*, 3(4), 272-283. <https://agritrop.cirad.fr/388367/>

Hameed, A., Hussain S. y Suleria H. (2018). Coffee Bean Related “Agroecological Factors Affecting the Coffee”. In: Merillon JM., Ramawat K. (eds) Co Evolution of Secondary Metabolites. Reference Series in Phytochemistry. Springer, Cham. Switzerland, pp 1-67. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-76887-8\\_21-1](https://doi.org/10.1007/978-3-319-76887-8_21-1)

Jácome, M., Mantovani, J., Da Silva, A., Resender, A., y Landgraf, P. (2020). Soil attributes and coffee yield in an agroforestry system. *Coffee Science*, 15(1), 1-9, DOI: 10.25186/V15I.1676

Lara-Estrada, L. (2005). Efectos de la altitud, sombra, producción y fertilización sobre la calidad del café (*Coffea arabica* L. var. caturra) producido en sistemas agroforestales de la zona cafetalera norcentral de Nicaragua Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba, Costa Rica. <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.1.3780.3286>

La República. (27 de diciembre del 2021). Producción de Café retrocede diez años debido al cambio climático y abandono de plantaciones. <https://larepublica.pe/economia/2021/12/27/produccion-de-cafe-retrocede-10-anos-debido-al-cambio-climatico-y-abandono-de-plantaciones/>

Lin, B. (2010). The role of agroforestry in reducing water loss through soil evaporation and crop transpiration in coffee agroecosystems. *Agricultural and Forest Meteorology* 150(4): 510-518. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agrformet.2009.11.010>

López, D., Virginio, E. y Avelino, J. (2012). Shade is conducive to coffee rust as compared to full sun exposure under standardized fruit load conditions. *Crop Protection*, 38 (2012), 21-29. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2012.03.011>

Marquez, F., Quispe, P., Molleapaza, N., Cabrera, S. “y” Peña, J. Relación entre las características del suelo y altitud con la calidad sensorial del café cultivado bajo sistemas

agroforestales en Cusco, Perú. *Scientia Agropecuaria* 11(4), 529-536.  
<http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.04.08>

Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. (13 de febrero del 2022). Situación actual del café en el país. <https://www.midagri.gob.pe/portal/485-feria-scaa/10775-el-cafe-peruano>.

Muschler, R.G. (2001). Shade improves coffee quality in a suboptimal coffee zone of Costa Rica. *Agroforestry Systems* 51 (85), 131-139. <https://doi.org/10.1023/A:1010603320653>

Nesper, M., Kueffer, C., Krishnan, S., Kushalappa, C.G., y Ghazoul, J. (2018). Simplification of shade tree diversity reduces nutrient cycling resilience in coffee agroforestry. *Journal of Applied Ecology*. 56, 119-131. DOI: 10.1111/1365-2664.13176

Núñez, E. (2019). Evaluación de la productividad y calidad en taza de la variedad de café costarricense 95 (*Coffea arabica* L.) en el sector de Timaruca, en la provincia de San Ignacio – Cajamarca (Tesis de pre grado). Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque, Perú.

Núñez, P.A., Pimentel, A., Almonte, I., Sotomayor-Ramírez, D., Martínez, N., Pérez, A., y Céspedes, C. (2011). Soil fertility evaluation of coffee (*coffea* spp.) production systems and management recommendations. *J. Ciencias del suelo. Nutrición vegetal*. 11(1), 127-140, DOI: 10.4067/S0718-95162011000100010

Partelli, F., Vasconcellos, A., Duarte, H., Machado, J., Tavares, L., y Cochicho, J. (2014). Microclimate development of 'Conilon' coffee intercropped with rubber trees. *Agropec*. 49(11), 972-881, DOI: 10.1590/S0100-204X2014001100006

Pérez, L., y Suárez, L. (2011). Evaluación del efecto sombra en la producción de café –*Coffea arabica* L. - dentro de un sistema agroforestal tradicional con árboles en Las Minas, El Paraíso, Honduras. (tesis de pregrado).

Proyecto especial Jaén San Ignacio Bagua (14 de febrero del 2022). Producción de café se ha quintuplicado en siete años en Cajamarca y Amazonas. <http://www.pejsib.gob.pe/web/site/noticia/13-produccion-de-cafe-se-ha-quintuplicado-en-siete-anos-en-cajamarca-y-amazonas>.

Rapidel, B., Allinne, C., Cerdan, C., Meylan L., Virginio E. y Avelino J. (2015). Efectos ecológicos y productivos del asocio de árboles de sombra con café en sistemas agroforestales.

Sanchez, S., Escamilla, E., Mendosa, M., y Nazario, N. (2018). Calidad del café (*Coffea arabica* L.) en dos sistemas agroforestales en el centro de Veracruz, México. *Agroproductividad* 11(4), 80-86. ID de corpus: 169225753.

Vaast, P., Bertrand, B., Perriot, J., Guyot, B. y Genard, M. (2005c). Fruit thinning and shade improve bean characteristics and beverage quality of coffee (*Coffea arabica* L.) under optimal conditions. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2338>

Villarreyna, R., y Cerda, R. (2016). Efecto de los árboles de sombra sobre el suelo, en sistemas agroforestales con café, incluyendo la fenología y fisiología de los cafetos. <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.27058.61124>

Wintgens, J. (2004). Factors Influencing the Quality of Green Coffee. In J, Wintgens. Eds. Coffee: Growing, Processing, Sustainable Production. *Ciencias agrícolas*, 3(6),79.

## AGRADECIMIENTO

A Dios por regalarme este privilegio llamado VIDA, ser mi compañero, guía y fortaleza, llenar de amor mis días para lograr cada una de mis metas propuestas y proyecto de vida y por los aprendizajes obtenidos en el logro del presente objetivo.

A mis Padres y hermana por su amor incondicional, apoyo, motivación constante, confianza y sobre todo por su comprensión en el trayecto de mi formación profesional.

A mis amigas Stefanny J. Pasapera Tineo, Wendy L. Diaz Saavedra, Leslie L. Mejía Córdova y Yossi L. Romero por su amistad sincera, motivación y confianza.

A la Universidad Nacional de Jaén (UNJ), contribuir en mi formación académica. Así mismo, a la Escuela Profesional de Ingeniería Forestal y Ambiental brindarme la oportunidad de disfrutar la enseñanza de cada docente durante el transcurso de la carrera.

Agradezco a la Docente Candy Lisbeth Ocaña Zuñiga por su confianza y apoyo, que desde un principio creyó en el proyecto. Mi gratitud a la Cooperativa Agraria de Servicios Múltiples El Milagro-San José de Lourdes, en especial a sus productores que aportaron a la realización de esta investigación.

Finalmente agradezco a quien lee este apartado y más de mi tesis.

## DEDICATORIA

Dedico con todo mi corazón este trabajo a mis padres Claudio Torres Gonzalez y Sara Gavidia Coronel, mi hermana, mejor amiga, compañera y cómplice de aventuras Merly Torres Gavidia por creer en mi capacidad, motivarme y guiarme en el logro de mi gran sueño.

Feliz, orgullosa de mi entrega, constancia, amor y paciencia me dedico este trabajo.

A mis amigos (as) del alma por su motivación, alegría y acompañamiento en el transcurso de esta etapa. A mi novio, compañero de aventuras A.S por su comprensión, amor y paciencia en el logro de esta meta y mi pequeña angelita que me llena de fortaleza diaria.

## VIII. ANEXOS

ANEXO 1. Análisis de suelo parcela la palma (café asociado a *Eucalyptus saligna*).

## ANALISIS DE SUELOS : CARACTERIZACION

Solicitante : NAJY CONSULTING & BUSINESS S.A.C.

Departamento : CAJAMARCA

Distrito :

Referencia : H.R. 72557-071C-20

Fact.: 6843

Provincia : SAN IGNACIO

Predio :

Fecha : 23/09/2020

Número de Muestra		pH (1:1)	C.E. (1:1) dS/m	CaCO <sub>3</sub> %	M.O. %	P ppm	K ppm	Análisis Mecánico			Clase Textural	CIC	Cationes Cambiables					Suma de Cationes	Suma de Bases	% Sat. De Bases
Lab	Claves							Arena	Limo	Arcilla			Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Al <sup>+3</sup> + H <sup>+</sup>			
								%	%	%										
4529	Fernández Vázquez Eli	5.56	0.12	0.00	6.34	4.9	394	55	22	23	Fr.Ar.A.	21.60	13.80	3.88	1.06	0.42	0.15	19.31	19.16	89

A = Arena ; A.Fr. = Arena Franca ; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso ; Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso

Número de Muestra		B ppm	Cu ppm	Fe ppm	Mn ppm	Zn ppm
Lab	Claves					
4529	Fernández Vázquez Eli	0.00	4.40	133.92	5.44	1.92

Ing. Braulio La Torre Martínez  
Jefe del Laboratorio

ANEXO 2. Análisis de suelo parcela El cedro (café asociado a *Acrocarpus fraxinifolius*).

## ANALISIS DE SUELOS : CARACTERIZACION

Solicitante : NAJY CONSULTING & BUSINESS S.A.C.

Departamento : CAJAMARCA

Distrito :

Referencia : H.R. 72557-071C-20

Fact.: 6843

Provincia : SAN IGNACIO

Predio :

Fecha : 23/09/2020

Número de Muestra		pH (1:1)	C.E. (1:1) dS/m	CaCO <sub>3</sub> %	M.O. %	P ppm	K ppm	Análisis Mecánico			Clase Textural	CIC	Cationes Cambiables					Suma de Cationes	Suma de Bases	% Sat. De Bases
Lab	Claves							Arena	Limo	Arcilla			Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Al <sup>+3</sup> + H <sup>+</sup>			
								%	%	%										
4532	Fernández Vázquez Eudes	5.52	0.15	0.00	4.64	5.2	458	49	26	25	Fr.Ar.A.	27.20	20.00	3.40	1.37	0.36	0.15	25.28	25.13	92

A = Arena ; A.Fr. = Arena Franca ; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso ; Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso

Número de Muestra		B ppm	Cu ppm	Fe ppm	Mn ppm	Zn ppm
Lab.	Claves					
4532	Fernández Vázquez Eudes	0.00	2.88	44.96	6.64	1.04

Ing. Braulio La Torre Martínez  
Jefe del Laboratorio

ANEXO 3. Análisis de suelo parcela El romerillo (café asociado a *Retrophyllum rospligiosii*).

## ANALISIS DE SUELOS : CARACTERIZACION

Solicitante : NAJY CONSULTING & BUSINESS S.A.C.

Departamento : CAJAMARCA

Distrito :

Referencia : H.R. 72557-071C-20

Fact.: 6843

Provincia : SAN IGNACIO

Predio :

Fecha : 23/09/2020

Número de Muestra		pH (1:1)	C.E. (1:1) dS/m	CaCO <sub>3</sub> %	M.O. %	P ppm	K ppm	Análisis Mecánico			Clase Textural	CIC	Cationes Cambiables					Suma de Cationes	Suma de Bases	% Sat. De Bases
Lab	Claves							Arenas	Limo	Arcilla			Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Al <sup>+3</sup> + H <sup>+</sup>			
4531	Zamora Díaz Enrique	5.08	0.10	0.00	5.24	2.7	188	43	22	35	Fr.Ar.	22.40	13.00	3.27	0.86	0.38	0.30	17.81	17.51	78

A = Arena ; A.Fr. = Arena Franca ; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso ; Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso

Número de Muestra		B ppm	Cu ppm	Fe ppm	Mn ppm	Zn ppm
Lab.	Claves					
4531	Zamora Díaz Enrique	0.00	4.80	295.52	12.48	2.16

Ing. Braulio La Torre Martínez  
Jefe del Laboratorio

ANEXO 4. Análisis de suelo parcela El batán (café asociado a *Cordia alliodora*).

## ANÁLISIS DE SUELOS : CARACTERIZACION

Solicitante : NAJY CONSULTING & BUSINESS S.A.C.

Departamento : CAJAMARCA

Distrito :

Referencia : H.R. 72557-071C-20

Fact.: 6843

Provincia : SAN IGNACIO

Predio :

Fecha : 23/09/2020

Número de Muestra		pH (1:1)	C.E. (1:1) dS/m	CaCO <sub>3</sub> %	M.O. %	P ppm	K ppm	Análisis Mecánico			Clase Textural	CIC	Cationes Cambiables					Suma de Cationes	Suma de Bases	% Sat. De Bases
Lab	Claves							Arena	Limo	Arcilla			Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Al <sup>+3</sup> + H <sup>+</sup>			
								%	%	%			meq/100g							
4533	Velásquez Córdova Erly	5.08	0.08	0.00	3.17	2.2	231	41	24	35	Fr.Ar.	21.44	9.19	8.00	0.88	0.38	0.20	18.65	18.45	86

A = Arena ; A.Fr. = Arena Franca ; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso ;

Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso

Número de Muestra		B ppm	Cu ppm	Fe ppm	Mn ppm	Zn ppm
Lab.	Claves					
4533	Velásquez Córdova Erly	0.00	6.88	391.60	4.32	1.84

Ing. Braulio La Torre Martínez  
Jefe del Laboratorio

ANEXO 5. Análisis de suelo parcela la palma-1 (monocultivo).

## ANALISIS DE SUELOS : CARACTERIZACION

Solicitante : NAJY CONSULTING & BUSINESS S.A.C.

Departamento : CAJAMARCA

Distrito :

Referencia : H.R. 72557-071C-20

Fact.: 6843

Provincia : SAN IGNACIO

Predio :

Fecha : 23/09/2020

Número de Muestra		pH (1:1)	C.E. (1:1) dS/m	CaCO <sub>3</sub> %	M.O. %	P ppm	K ppm	Análisis Mecánico			Clase Textural	CIC	Cationes Cambiables					Suma de Cationes	Suma de Bases	% Sat. De Bases
Lab	Claves							Arena	Limo	Arcilla			Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Al <sup>+3</sup> + H <sup>+</sup>			
								%	%	%										
4530	García Carrión Agenor	4.00	0.20	0.00	6.67	3.3	73	67	10	23	Fr.Ar.A.	22.08	2.07	0.83	0.35	0.41	5.20	8.86	3.66	17

A = Arena ; A.Fr. = Arena Franca ; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso ; Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso

Número de Muestra		B ppm	Cu ppm	Fe ppm	Mn ppm	Zn ppm
Lab	Claves					
4530	García Carrión Agenor	0.26	6.00	2353.60	5.68	8.08

Ing. Braulio La Torre Martínez  
Jefe del Laboratorio

ANEXO 6. Análisis del rendimiento de la calidad física del café

PARCELAS	APELLIDOS Y NOMBRES	PESO DE MUESTRA (gr.)	PLANTA	% HUMEDAD	PESO TRILLADO	CÁSCARA (%)	DESCARTE	ORO NETO	RENDIMIENTO (%)
La Palma	FERNANDEZ VÁSQUEZ ELI	250	1	11	202	20.4	6	193	77.2
			2	11	201	19.2	10	192	76.8
			3	11	199	20	6	196	78.4
			4	11	200	19.2	4	198	79.2
El Cedro	FERNANDEZ VÁSQUEZ EUDES	250	5	11	206	17.6	5	201	80.4
			6	11	204	18.4	5	199	79.6
			7	11	203	18.8	2	201	80.4
			8	11	204	18.4	4	200	80
El Romerillo	ZAMORA DÍAZ ENRIQUE	250	9	11	199	20.4	7	192	76.8
			10	11	202	19.2	8	193	77.2
			11	11	202	19.2	7	193	77.2
			12	11	200	20	9	190	76
El Batán	VELASQUES CORDOVA ERLI GUSMAN	250	13	11	206	17.6	6	199	79.6
			14	11	205	18	8	195	78
			15	11	205	18	8	194	77.6
			16	11	205	18	6	198	79.2
La Palma-1	GARCIA CARRION AGENOR	250	17	11	206	17.6	2	178	71.2
			18	11	203	18.8	3	183	73.2
			19	11	203	18.8	2	182	72.8
			20	11	206	17.6	3	174	69.6

ANEXO 7. *Productividad de café por hectárea y por parcela.*

<b>PRODUCTIVIDAD</b>					
	<b>La Palma</b>	<b>El Cedro</b>	<b>El Romerillo</b>	<b>El Batán</b>	<b>La Palma-1</b>
<b>POR HA (qq)</b>	38.36	50.87	44.21	41.29	44.42
<b>POR PARCELA (qq)</b>	95.9	127.17	110.54	103.23	111.06