

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL Y AMBIENTAL**



**Efectos de la *Erythrina edulis* Micheli en la fertilidad edáfica de un sistema agroforestal en la provincia de Chota, Cajamarca.**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO FORESTAL Y AMBIENTAL**

**AUTOR**

Analí Altamirano Chávez

**ASESOR**

Mtr. Denisse Milagros Alva Mendoza

**CHOTA – PERÚ**

**FEBRERO, 2022**

## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

ACTA N° 005-2022/EPIFA-FCA/UNACH


Siendo las 11:00 horas, del día viernes 18 de febrero de 2022, en video conferencia del aplicativo Meet de Google, los miembros del Jurado de Tesis titulada: “**Efectos de la *Erythrina edulis* Micheli en la fertilidad edáfica de un sistema agroforestal en la provincia de Chota, Cajamarca**”, integrado por:

1. Dr. Alejandro Seminario Cunya .....Presidente
2. M. Sc. Duberlí Geomar Elera Gonzáles .....Secretario
3. Dr. Marco Antonio Añaños Bedriñana..... Vocal


Sustentada por la Bach. **Analí Altamirano Chávez**, con la finalidad de obtener el Título Profesional en Ingeniería Forestal y Ambiental.

Terminada la sustentación, con las preguntas formuladas por los integrantes del Jurado y las respuestas otorgadas por la graduando, luego de deliberar, acuerda **Aprobar** la tesis, calificándola con la nota de: 16 (**dieciséis**), se eleva la presente Acta al Coordinador de la Facultad de Ciencias Agrarias, a fin de que se le declare EXPEDITA para conferirle el Título Profesional de Ingeniero Forestal y Ambiental.

Firmado en: Chota, 18 de febrero del 2022.

.....  
  
Dr. Alejandro Seminario Cunya  
Presidente

.....  
  
MSc. Duberlí Geomar Elera Gonzáles  
Secretario

.....  
  
Dr. Marco Antonio Añaños Bedriñana  
Vocal



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA**  
**VICEPRESIDENCIA DE INVESTIGACIÓN**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**UNIDAD DE INVESTIGACIÓN DE LA EPIFA**



## **Constancia de Originalidad**

El que suscribe, Director de la Unidad de Investigación de la Escuela Profesional de Ingeniería Forestal, Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional Autónoma de Chota, hace constar que el Informe Final de Tesis Titulado **Efectos de la *Erythrina edulis* Micheli en la fertilidad edáfica de un sistema agroforestal en la provincia de Chota, Cajamarca**; desarrollado por la **Bach. Analí Altamirano Chávez**; presenta una SIMILITUD MENOR O IGUAL al 20% por lo que cumple con los criterios de evaluación de originalidad establecidos en la Directiva N° 004-2020-UNACH aprobada mediante RESOLUCIÓN DE COMISIÓN ORGANIZADORA N° 450-2020-UNACH.

Chota, 03 de marzo de 2022.

Atentamente;

*M.Sc. Duberli Geomar Elera González*  
*Director Unidad de Investigación EPIFA*

**CO-008-EPIFA-FCA**

## **Agradecimiento**

A mi asesora, Denisse Milagros Alva Mendoza, quien, con su experiencia y conocimiento, me brindó su apoyo para poder desarrollar exitosamente esta investigación.

A todas las personas que desinteresadamente me apoyaron, moral y materialmente, dándome ánimos para seguir adelante con este trabajo de investigación y hacerlo realidad.

A la universidad Nacional Autónoma de Chota, Facultad de ciencias Agrarias y a todos los docentes de quienes he recibido importantes conocimientos los cuales aplique en el desarrollo de este trabajo

## **Dedicatoria**

A mis queridos padres, Osiel Altamirano Linares y Olga Chávez Muñoz, quienes me guiaron por el camino correcto, inculcándome respeto y el amor al estudio.

A todas las personas que ocupan un lugar especial en mi vida, quienes con su amor, comprensión y paciencia me incentivaron a seguir adelante y poder hacer realidad este sueño, de culminar con éxito esta anhelada tesis.

## Índice de contenidos

CAPÍTULO I.....	13
INTRODUCCIÓN.....	13
CAPÍTULO II.....	15
MARCO TEÓRICO.....	15
2.1. Antecedentes.....	15
2.2. Bases teóricas científicas.....	19
2.3. Marco conceptual.....	32
CAPÍTULO III.....	35
MARCO METODOLÓGICO.....	35
3.1. Ubicación.....	35
3.2. Población y muestra.....	40
3.3. Equipos, materiales e insumos.....	40
3.4. Metodología de la investigación.....	40
3.5. Análisis estadístico.....	46
CAPÍTULO IV.....	49
RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	49
4.1. Caracterización del sistema agroforestal y parcelas de control.....	49
4.2. Caracterización fisicoquímica del suelo.....	58
CAPÍTULO V.....	79

CONCLUSIONES .....	79
RECOMENDACIONES .....	80
CAPÍTULO VI .....	81
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	81
CAPÍTULO VI .....	93
ANEXOS .....	93

## Índice de tablas

<b>Tabla 1</b> Descripción taxonómica de <i>E. edulis</i> .....	20
<b>Tabla 2</b> Tipos de sistemas agroforestales.....	30
<b>Tabla 3</b> UTM y altitud de las parcelas ubicadas en La Retama.....	35
<b>Tabla 4</b> UTM y altitud de las parcelas ubicado en el Calvario.....	36
<b>Tabla 5</b> Equipos, materiales e insumos que se utilizaran en el desarrollo del trabajo.....	40
<b>Tabla 6</b> Composición florística y abundancia del componente arbóreo.....	49
<b>Tabla 7</b> Composición florística y abundancia del componente arbustivo.....	51
<b>Tabla 8</b> Composición florística y abundancia del componente herbáceo del sistema agroforestal.....	53
<b>Tabla 9</b> Diversidad y composición florística del componente herbáceo de las parcelas de control.....	55
<b>Tabla 10</b> Promedios $\pm$ error estándar de las propiedades fisicoquímicas del suelo del sistema agroforestal y parcelas de control.....	58
<b>Tabla 11</b> Datos del componente arbóreas de todas las parcelas muestreadas.....	99
<b>Tabla 12</b> Datos del componente arbustivas de todas las parcelas muestreadas.....	100
<b>Tabla 13</b> Datos del componente herbáceo de todas las parcelas muestreadas sistema agroforestal.....	101
<b>Tabla 14</b> Datos del componente herbáceo de todas las parcelas muestreadas.....	102
<b>Tabla 15</b> Análisis de varianza ANOVA $P < 0,05$ .....	107



## Índice de figuras

<b>Figura 1</b>	Mapa de ubicación del distrito de Lajas y Chota.....	37
<b>Figura 2</b>	Mapa de ubicación del área del proyecto Calvario Chota.....	38
<b>Figura 3</b>	Mapa de ubicación del área del proyecto La Retama Lajas.....	39
<b>Figura 4</b>	Esquema de la parcela instalada en el sistema agroforestal y parcela de control. ....	42
<b>Figura 5</b>	Altura para la medición del DAP de árboles bifurcados.....	43
<b>Figura 6</b>	Diseño de la parcela con los puntos aleatorios de muestreo de suelo.....	45
<b>Figura 7</b>	Abundancia relativa del componente arbóreo de La Retama y Calvario.....	50
<b>Figura 8</b>	Abundancia relativa del componente arbustivo en La Retama y Calvario.....	52
<b>Figura 9</b>	Abundancia relativa del componente herbáceo del sistema agroforestal.....	54
<b>Figura 10</b>	Abundancia relativa del componente herbáceo de La Retama y el Calvario.....	56
<b>Figura 11</b>	Abundancia de leguminosas del sistema agroforestal y parcelas de control del Calvario y La Retama.....	57
<b>Figura 12</b>	Proporción de arena, limo y arcilla del suelo del sistema agroforestal y parcelas de control. ....	60
<b>Figura 13</b>	Textura del suelo de las áreas de estudio. ....	61
<b>Figura 14</b>	pH del sistema agroforestal y parcelas de control del Calvario y La Retama.....	62
<b>Figura 15</b>	C.E. del sistema agroforestal y parcelas de control del Calvario y La Retama. ....	63
<b>Figura 16</b>	CIC del sistema agroforestal y parcelas de control del Calvario y La Retama.....	65
<b>Figura 17</b>	Relación MO y N del sistema agroforestal y parcelas de control del Calvario y La Retama.....	66
<b>Figura 18</b>	P del sistema agroforestal y parcelas de control del Calvario y La Retama. ....	69
<b>Figura 19</b>	K del sistema agroforestal y parcelas de control del Calvario y La Retama.....	70
<b>Figura 20</b>	Disponibilidad de P y K según pH del suelo de las parcelas de evaluación. ....	71
<b>Figura 21</b>	Ca cambiante del sistema y parcelas de control del Calvario y La Retama.....	72
<b>Figura 22</b>	Mg cambiante del sistemas agroforestales y parcelas de control del Calvario y La Retama.....	74
<b>Figura 23</b>	K cambiante del sistema agroforestal y parcelas de control del Calvario y La Retama.....	75
<b>Figura 24</b>	Disponibilidad de Ca, Mg y K según pH del suelo.....	76
<b>Figura 25</b>	Medición de las parcelas 100 m <sup>2</sup> en sistema agroforestal y parcelas de control....	93
<b>Figura 26</b>	Limpieza de vegetación. ....	94
<b>Figura 27</b>	Obtención de la muestra de suelo de los 25 cm de profundidad.....	94
<b>Figura 28</b>	Grosor de la muestra de suelo (5 cm). ....	95
<b>Figura 29</b>	Cuarteo de las submuestras de suelo.....	95
<b>Figura 30</b>	Embolsados de la muestra de suelo.....	96

<b>Figura 31</b> Etiquetado de las muestras de suelo.....	96
<b>Figura 32</b> Medición del CAP de las especies <i>E. edulis</i> .....	97
<b>Figura 33</b> Muestras botánicas especies arbórea <i>E. edulis</i> y especie herbácea <i>Trifolium</i> <i>pratense</i> .....	98
<b>Figura 34</b> Secado de las muestras botánicas en la estufa. ....	98
<b>Figura 35</b> Resultados del análisis de suelo La Retama.....	103
<b>Figura 36</b> Resultados del análisis de suelo de las parcelas de control La Retama. ....	104
<b>Figura 37</b> Resultados de suelo de las parcelas de control Calvario.....	105
<b>Figura 38</b> Resultados de análisis de suelo Calvario. ....	106
<b>Figura 39</b> Rangos para definir la fertilidad del suelo según reglamento de clasificación de tierras (perú, 2011).....	109
<b>Figura 40</b> Rangos de cationes cambiabiles según (AGROLAB, 2005). ....	109

## Resumen

La presente investigación tiene como objetivo determinar los efectos de *Erythrina edulis* Micheli en la fertilidad edáfica de un sistema agroforestal en la provincia de Chota, Cajamarca. Se caracterizó la composición y abundancia de especies, se evaluó el N, P, K, materia orgánica, cationes cambiabiles (Ca, Mg, K), textura, pH, CIC, C.E. del suelo extraído de parcelas de 100 m<sup>2</sup> a una profundidad de 25 cm. Se realizó un ANOVA y una prueba de medias Tukey ( $p < 0,05$ ). No se evidencia diferencias en la diversidad y abundancia de especies, textura, pH, CIC, C.E. y cationes cambiabiles entre el sistema agroforestal y las parcelas de control ( $p > 0,05$ ). Se registró diferencias estadísticas significativas ( $p < 0,05$ ) en el contenido de nitrógeno ( $0,2 \% \pm 0,02a$ ) y materia orgánica ( $4,07 \% \pm 0,43a$ ) entre el sistema agroforestal con *E. edulis* del sector Calvario y las parcelas de control. Los sistemas agroforestales con *E. edulis* contribuyen al mejoramiento de la fertilidad del suelo, dado que se reporta una mayor concentración de nitrógeno y materia orgánica que las parcelas de control.

Palabras claves: Leguminosa, sistema agroforestal, fertilidad edáfica.

## Abstract

The present investigation work has as goal to determine the effects of *Erythrina edulis* Micheli on the soil fertility of an agroforestry system in the province of Chota, Cajamarca. The composition and abundance of species were characterized, it was evaluated the N, P, K, organic matter, exchangeable cations (Ca, Mg, K), texture, pH, CIC, C.E. of the soil extracted from plots of 100 m<sup>2</sup> at a depth of 25 cm. It was realized an ANOVA and a Tukey mean test ( $p < 0,05$ ). There is no evidence of differences in the diversity and abundance of species, texture, pH, CIC, EC, and exchangeable cations between the agroforestry system and the control plots ( $p > 0,05$ ). It was registered Significant statistical differences ( $p < 0,05$ ) in the nitrogen content ( $0,2 \% \pm 0,02a$ ) and organic matter ( $4,07 \% \pm 0,43a$ ) between the agroforestry system with *E. edulis* in the Calvary sector and the control plots. The Agroforestry systems with *E. edulis* contribute to the improvement of ground fertility, given that it was reported a Greater concentration of nitrogen and organic matter than the control plots.

Keywords: Legume, agroforestry system, soil fertility.

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

El suelo es un recurso natural en el cual se desarrolla la vida y es capaz de aportar nutrientes para el crecimiento vegetal. No obstante, en algunos ecosistemas principalmente agrícolas su fertilidad ha disminuido, siendo necesario la utilización de fertilizantes químicos, como los nitrogenados sintéticos, que son de acceso limitado por los altos costos, y efectos negativos, como producción y lixiviación de nitratos que contaminan los mantos freáticos siendo dañino para la salud humana (Castro *et al.*, 2018).

En las diversas zonas tropicales del mundo han buscado alternativas para conservar los suelos, pues se ha demostrado que el clima cálido no reprime una producción adecuada de la tierra, sino el manejo inadecuado de estos (Sánchez *et al.*, 2011). Una opción viable de producción agrícola sostenible es la agroforestería donde se asocian la producción agrícola y pecuaria con árboles (Gómez, 2014); estos sistemas tienen el potencial para desarrollar y conservar la fertilidad de los suelos, reciclar nutrientes, reducir la erosión, favorecer a los ciclos biogeoquímicos y ayudar a la diversificación de la producción agropecuaria (Aguilar, 2016). No obstante, la mayor parte de la población, desconocen los beneficios del uso de tecnologías, además no tienen la noción de como instalarlas y qué especies serían las adecuadas para asociarlas a sus cultivos y forrajes.

Según Ramírez-Bahena *et al.* (2016), las leguminosas son una alternativa para la conservación del suelo ya que son capaces de crecer en suelos áridos, de escasa fertilidad, debido a su capacidad de favorecer asociaciones simbióticas con bacterias del suelo llamadas

*Rhizobium*; microorganismos que forman nódulos en las raíces los cuales fijan nitrógeno, nutriente excepcional y vital para el desarrollo de las plantas.

Entre las especies leguminosas, *Erythrina edulis*, es un árbol nativo de los andes tropicales, posee diversas aplicaciones y utilidades, en lo ecológico fortalece los suelos degradados mediante la fijación de nitrógeno, y en lo alimenticio por la provisión de frutos y forrajes ( Velásquez Holguín *et al.*, 2019).

En el ámbito de la provincia de Chota, la fertilidad de los suelos también ha ido disminuyendo, por el inadecuado manejo y las malas prácticas agrícolas, a esto se suma el uso de fertilizantes químicos que, con el pasar del tiempo han conllevado a la pérdida de nutrientes y a la degradación del mismo, afectando al poblador campesino, entre ellos los del caserío La Retama en el distrito- de Lajas y el sector Calvario en el distrito- de Chota donde se observa la baja productividad de sus cultivos y pastos, presumiblemente, por la baja disponibilidad de nutrientes en los suelos. Por tal motivo se planteó determinar los efectos de la *E. edulis* Micheli en la fertilidad edáfica de un sistema agroforestal en la provincia de Chota, Cajamarca. Como objetivos específicos se planteó; 1) Caracterizar la flora del sistema agroforestal y parcelas de control; 2) conocer el contenido de nitrógeno, fósforo, potasio, materia orgánica y cationes cambiabiles en el suelo de sistemas agroforestales con *E. edulis*; 3) evaluar la textura, determinar el pH, capacidad de intercambio catiónico y la conductividad eléctrica del suelo de un sistema agroforestal con *E. edulis* y 4) comparar resultados del análisis de las parcelas de sistemas agroforestales con *E. edulis* y parcelas de control. Se estableció como H1 que *E. edulis* mejora significativamente la fertilidad edáfica de un sistema y como H0 que *E. edulis* no mejora significativamente la fertilidad edáfica de un sistema agroforestal.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes

Lok *et al.* (2019), determinaron el efecto de la práctica agroforestal con leguminosas en la dinámica edáfica de pastizales en la provincia de Pinar del Río-Cuba. En la evaluación de cuatro años encontraron que en el área uno (semilla-proteína), la materia orgánica se incrementó de 1,18 a 4,96 %, y en el área dos (abonos verdes- *Morus alba*) fue de 1,18 a 4,44 % en la profundidad de 0 a 10 cm en época lluviosa. Comportamiento similar se registró en el contenido de nitrógeno, pues se incrementó 0,12 a 0,25 % en el área uno y de 0,12 a 0,22 % en el área dos. Concluyeron que las prácticas agroforestales basadas en leguminosas contribuyen eficazmente a la mejora de la fertilidad edáfica y favorece a la producción de los pastos y forrajes.

Bianco y Cenzano (2018), describieron el contexto actual de la desertificación y las trascendentales estrategias adaptativas de las leguminosas nativas de zonas áridas y semiáridas, asimismo analizaron la variedad de microorganismos que nodulan las leguminosas nativas y su importancia en la fijación biológica de nitrógeno, determinando que las leguminosas y su simbiosis representa un germoplasma que puede adoptarse para la restauración de ecosistemas degradados y mantenimiento de la biodiversidades, además, el sistema radical y la taxonomía rizobiana proporcionan a las especies tolerancia a distintos factores de estrés como salinidad, sequia, suelos con pH alcalino y suelos de baja fertilidad

Aguilar (2016), analizó el beneficio y eficacia de biomasa de especies herbáceas domesticadas y silvestres, en la reparación de suelos degradados. Determinando que en el tratamiento uno (*Avena Sativa, Linneo*) más *Vicia (Vicia hajastana, Cells)* existe mayor aporte de materia orgánica (4,5 %); seguido por el T2 Rábano silvestre (*Raphanus sativus, Linneo*),

con 1,5 % y el mayor incremento de materia orgánica en el suelo lo obtuvo el T4 (Testigo) 4 % y el T3 Bledo (*Amaranthus dubius*, Linneo) con 1,31 %.

Bueno López y Camargo García (2015), cuantificaron el nitrógeno edáfico y nodulación de la leguminosa *Leucaena leucocephala* establecida en sistemas silvopastoriles de alta densidad (10,000 plantas/ha), en una finca de Balboa, departamento de Risaralda, Colombia. Siete meses después del establecimiento, se midió los contenidos de N amoniacal total en el suelo y en las raíces se evaluó la presencia de nódulos. Registraron que la inoculación no afectó la producción de biomasa, y el aporte de N es de (0,39 %) en el suelo y fue equivalente a 250 kg/ha ( $P < 0,05$ ) indicando el beneficio en *L. leucocephala* en un sistema silvopastoril.

Borja Byron (2015) determinaron la fijación biológica de nitrógeno (FBN) de la leguminosa *Canavalia ensiformis* comparada con *Pueraria phaseoloides*, con el propósito de disminuir el uso de fertilizantes en la agricultura. Se realizó un ensayo en campo con cinco tratamientos a dos distanciamientos de siembra para *C. ensiformis*; dos distanciamientos de siembra de *P. phaseoloides*, leguminosa que es utilizada como abonos verdes para la fijación de nitrógeno; y un testigo (maleza), para comparar los índices de FBN. Los resultados demostraron un incremento en el aporte de amonio  $\text{NH}_4$ , con un aumento de 26,66 % en comparación al primer análisis; además el mantenimiento del pH y del sustentable aporte de elementos esenciales para el aprovechamiento del suelo.

Fontana (2014), determinó los efectos de la utilización de leguminosas (*Melilotus albus* Desr. y *Vicia villosa* Roth) como abono verde sobre las condiciones de fertilidad del suelo, la producción de materia seca (MS) y proteína bruta (PB) de los cultivos en suelos franco arenosos de fertilidad media (2,4 % MO) típicos de la Región Semiárida Pampeana Argentina. En el ensayo uno (*Melilotus albu*) y dos (*Vicia villosa*) se evidenció la efectividad del abono verde



sobre la producción de MS y PB de cultivos de centeno. Asimismo, el nivel residual de nitratos en el suelo fue mayor en los tratamientos con abono verde, en cambio en el ensayo tres (*M. albus* y *V. villosa*) no se encontraron diferencias entre tratamientos en producción de masa seca ni proteína bruta y tampoco se detectaron diferencias en el contenido residual de nitratos y materia orgánica en el suelo debido a que los nitratos liberados fueron lixiviados por las lluvias.

Murillo *et al.* (2014), evaluaron el efecto de la aplicación de tecnologías sostenibles en la evolución de las propiedades del suelo, en áreas deterioradas del departamento del Cesar, Colombia; evaluando dos métodos, un testigo (manejo tradicional del productor) y un experimental (aplicación de enmiendas inorgánicas, labranza adecuada, incorporación de abono verde (*Vigna unguiculata*) e instalación de cobertura vegetal con gramíneas y leguminosas (*Bothriochloa pertusa*, *Leucaena leucocephala* y *Clitoria ternatea*)). En los primeros 30 cm de profundidad se registró aumento de la porosidad del suelo, infiltración básica, materia orgánica y el azufre; además no se incrementó la concentración de sodio ni la conductividad eléctrica en el área experimental.

Hernández Cruz (2013), evaluó los efectos de un suelo no agroforestal y de un sistema agroforestal basado en el establecimiento de leguminosas nativas entre ellas *Leucaena esculenta*, *Acacia acatlensis* y *Lysiloma divaricata*. Los resultados mostraron diferencia significativa en el porcentaje de carbono total del suelo, y en lo que respecta al porcentaje de nitrógeno no se encontraron diferencias significativas ( $p=0,194$  y  $p=0,856$ ).

Yauri Salazar (2019), evaluó tres especies leguminosas *Canavalia ensiformes*, *Centrosema macrocarpum*, *Pueraria phaseoloides* para la recuperación de suelos degradados y determinó que, *Canavalia* y compost es la mejor combinación para incrementar altura, cobertura, longitud radicular, y aumentar el nivel de pH del suelo, *Centrosema* con dolomita

aumenta el N, *Centrosema* con compost aumenta el nivel de P y *Canavalia* tiende a producir mayor materia verde y seca.

Santillana Villanueva y Tineo Bermúdez (2019), determinaron las características simbióticas de rizobios aislados de *Trifolium amabile* en leguminosas no hospederas; se evaluó cinco rizobios (H1, E4, Q10, Q23, M16) y tres especies de plantas (*Phaseolus vulgaris* var. Panamito, *Trifolium pratense* var. Quiñequeli, *Vicia faba* var. Amarilla). Determinando que los rizobios son específicos e infectivos en *Phaseolus vulgaris* variedad Panamito y *Trifolium pratense* var. Quiñequeli de la cual la cepa Q10 es eficiente en la fijación de nitrógeno; en *Vicia faba* variedad amarilla las cepas evaluadas no fueron capaces de inducir nodulación y el contenido de nitrógeno.

Torres Calderon *et al.* (2018), estudiaron la asociación de cultivos, maíz y leguminosas para la conservación de la fertilidad del suelo, demostrando que el intercalado de cultivos con leguminosas es una técnica muy viable ya que posee la capacidad de incorporar residuos vegetales, los cuales sirven para reducir patógenos, además contribuye a la conservación de nutrientes de N, P, K, los cuales mejoran la fertilidad de los suelos.

Oliva *et al.* (2018), evaluaron la influencia de los sistemas silvopastoriles con especies arbóreas nativas como *Eritryna edulis*, *Alnus acuminata* y *Salix babylonica* sobre el rendimiento y valor nutricional de *Lolium multiflorum* (Rye grass) y *Trifolium repens* (Trébol). Concluyeron que existe diferencias estadísticas ( $p < 0,05$ ) en el rendimiento de biomasa y materia seca para ambas especies de pastos entre los sistemas evaluados. Los niveles de proteína son superiores en los sistemas silvopastoriles, estos no representan diferencias estadísticas entre sistemas. Referente a grasa bruta y fibra detergente ácida indican que son estadísticamente iguales; es decir, el tipo de sistema productivo no influyó en estas variables.

Escamilo Cárdenas (2012), estudió un frondoso árbol llamado pajuro o poroto que se encuentra en diversos departamentos, entre ellos Cajamarca donde se consume con regularidad el pajuro, en el recorrido hecho en el resto de regiones solo se encontró vestigios de su presencia anterior. Determinando que en la actualidad ya no se esta cultivando esta especie, a pesar que el pajuro como árbol soporta diversas sequías prolongadas, no requiere fertilizantes, suministra nitrógeno, controla la erosione del suelo, es semicultivado, no requiere de cuidados fitosanitarios.

Vela Ahumada y Quispe Urteaga ( 2017), evaluaron a las plantas aisladas y de cercos vivos de la especie *E. edulis* con la finalidad de ver las principales plagas, determinando que la *E. edulis* es una planta rustica y marginal ya que puede crecer aisladamente y en muchas ocasiones se encuentra integrando cercos vivos con la presencia de gran cantidad de individuos.

A nivel regional son pocos los estudios directamente relacionados con especies leguminosas debido a la poca investigación que se realiza acerca de los sistemas agroforestales y sus asociados. Cabe recalcar que algunos autores realizaron estudios acerca de la fertilidad del suelo, especificando que la mayoría de agricultores tienen suelos poco productivos debido a la ausencia de nutrientes y por la utilización de monocultivos y fertilizantes químicos que alteran la estructura del suelo y al medio ambiente; por tal motivo, esta investigación constituirá un aporte científico para conocer los beneficios entre ellos los nutrientes que aporta la *E. edulis* a un sistema agroforestal con la finalidad de contribuir en la economía y mejora de la producción agrícola y mejora de la calidad del medio ambiente.

## **2.2. Bases teóricas científicas**

### **2.2.1. *Erythrina edulis* (Pajuro)**

La especie *E. edulis* Micheli es oriunda de Latinoamérica, fue cultivada y aprovechada por los Incas y las culturas regionales asentadas en distintas áreas de los Andes; se cultiva en la ceja de selva, en los valles interandinos bañados principalmente por los ríos Vilcanota, Huallaga, Marañón, Condebamba, Huancabamba y en las entradas de algunos valles costeros, sobre todo en los de la región norte del país (Escamilo Cárdenas, 2012).

### ***Descripción Taxonómica de E. edulis***

**Tabla 1**

*Descripción taxonómica de E. edulis.*

<b>Taxonomía</b>	
Reino	Plantae
División	Tracheophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Fabales
Familia	Fabaceae
Género	<i>Erythrina</i>
Epíteto específico	<i>Edulis</i>
Autor del epíteto específico	Triana ex Micheli
Especie	<i>Erythrina edulis</i> Micheli

Fuente: Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis (Morales y Gustavo, 2001).

### ***Descripción botánica o morfológica de E. edulis.***

Las características, propiedades y relaciones de la *Erythrina* y sus procesos vitales según Espinoza Córdova (2018), se presentan a continuación:

**Porte.** El pajuro, conocido también como chachafruto, es un árbol con una copa frondosa y tiene una altura promedio de 8 m y un diámetro de tronco de 24 centímetros.

**Hojas.** Presentan un color verde claro además son alternadas, pinnadas, trifoliadas y de peciolo largo que se agrupan alrededor de las ramas, tiene un foliolo central de mayor tamaño.

**Las flores.** Son completas, zigomorfas, con pistilo único rodeado por 10 estambres, además presentan un color carmesí con algunas variantes a anaranjado intenso; miden en promedio 2,8 cm de largo y por 1,2 cm de ancho.

**Los frutos.** Son legumbres o vainas alargadas, lisas y brillantes de color verde claro y tamaño variado, llegan a medir en promedio 32 cm de largo por 3,3 cm de ancho y un promedio de seis semillas en cada vaina.

**Las semillas.** Tienen la forma de un frijol grande y constituyen la parte comestible de la planta, su tamaño promedio es de 5,2 cm de largo por 2,5 cm de ancho, además, presentan una cáscara lisa y brillante.

**Fenología.** La *Erythrina* tiende a florecer de noviembre a abril y el fruto de marzo a agosto, además la inflorescencia está agrupada en racimo el cual pierde su follaje con el tiempo.

**La raíz.** Presenta nódulos los cuales en su interior se encuentran bacterias del género *Rhizobium*.

### ***Importancia de E. edulis***

**Fijadora de nitrógeno.** *Erythrina* es de gran importancia ya que su valor radica en la capacidad de algunas de sus especies para fijar simbióticamente, mediante la bacteria *Rhizobium sp.* el nitrógeno atmosférico a través de la alineación de los nódulos formados o desarrollados en la raíz (Fernández Hilario, 2010).

Según Correa, citado por Fernández Hilario (2010), la nodulación de la *E. edulis* es buena en suelos de textura arcillosa y franca ya que está tiene una gran relación con la capacidad de fijación de nitrógeno debido a que se encuentra en la hojarasca permitiendo la liberación del mismo.

Se puede deducir que la *Erythrina*, es una especie que crea poca competencia de nutrientes y produce poca biomasa que se descompone rápidamente, logrando a corto plazo liberar una cantidad de nutrientes aceptable. Según Escamilo Cárdenas (2012), *E. edulis* tiene gran importancia por lo siguiente:

**No requiere tratamiento ni atención.** Los campesinos, consideran que, al momento de colocar las estacas, éstas ya no requieren de muchos cuidados, prácticamente se deja de lado hasta el momento que proporciona frutos.

**Controla la erosión.** Se considera que debido a las características del árbol especialmente sus raíces, interviene muy bien la erosión de los suelos, por lo que se recomienda plantarla a orillas de acequias para que no se desborden.

**Adaptación a terrenos áridos.** Los especialistas y los agricultores afirman que el pajuro tiende a crecer en terrenos áridos, una vez que está a enraizado y desarrollado un abundante follaje, llega a soportar grandes periodos de sequía.

**Planta melífera.** El pajuro se considera como planta melífera, ya que sus numerosas flores en forma de racimo de color rojo carmín contienen abundante néctar, por lo cual son visitadas con frecuencia por picaflores y abejas.

Según Inciarte *et al.* (2015), el pajuro en algunos casos no tolera largos periodos de sequía ni heladas frecuentes. Por otro lado, el pajuro comienza a producir

frutos a los tres años de edad y estabiliza su producción a los seis años con un número de 62 semillas por kilogramo.

### ***Aplicación en Sistemas Agroforestales***

Según Fernández Hilario (2010), la *E. edulis* en un sistema agroforestal permite:

- Obtener frutos como alternativa favorable para el consumo humano.
- En algunos lugares como América tropical, provee sombra, la cual es ideal para realizar una asociación con plantaciones de café y cacao.
- La combinación entre *E. poeppigiana* y *Pennisetum clandestinum* tienen buenos resultados debido a que los árboles resisten a las podas permitiendo el crecimiento de pastos.
- Utilizarlo como cerco vivo, ya que tiende a rebrotar rápidamente facilitando la obtención de leña y forraje.

## **2.2.2. Fertilidad edáfica**

### ***2.2.2.1. Suelo***

El suelo es uno de los recursos no renovables con innumerables servicios ecosistémicos como los ciclos biogeoquímicos de los diversos elementos como nitrógeno, fósforo y carbono (Burbano, 2016). Es una capa natural y superficial en la cual se desarrollan los organismos.

### **Propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo**

**Textura.** Esta determinada por el porcentaje en peso de las partículas de arcilla (0,002 mm), limo (0,02 – 0,002 mm) y arena (2 – 0,02 mm) (Ramírez Carvajal, 1997).

**Densidad aparente.** Se calcula de la relación existente entre la masa y el volumen de suelo en el cual se considera el espacio poroso (Ramírez Carvajal, 1997). Permite conocer el estado de compactación del suelo, la masa por unidad de área, la porosidad, entre otros.

**Color.** Se determina mediante la observación, para lo cual se emplea una tabla Munsell (Ramírez Carvajal, 1997). Por otro lado, el color permite conocer las características, que según Rucks *et al.* (2004), guarda importante y directa relación con la dinámica de los elementos, la temperatura, la cantidad de materia orgánica, los organismos y la movilidad de agua en el suelo.

**Estructura.** Determinada por la forma de agregación de las partículas del suelo y la resistencia a su destrucción; contribuye a la aireación, temperatura e infiltración del agua (Ramírez Carvajal, 1997).

**Capacidad de intercambio catiónico (CIC).** Determinada por la capacidad que tiene los coloides del suelo (arcilla y materia orgánica) para intercambiar cationes con la solución suelo (López, 2006). El intercambio



iónico es de suma importancia, en especial para las plantas. Ramírez Carvajal (1997), afirma que la fracción de arcilla y materia orgánica determina la CIC; siendo esta el número de cargas negativas del suelo y se expresa en mEq/ 100 g de suelo.

**pH.** El pH nos muestra las condiciones en que se encuentra el suelo. Según Pereira *et al.* (2011) el pH indica el grado de acidez de la solución suelo, pero no la acidez total de este, por otro lado, el pH incurre en la mineralización, desarrollo de plantas, microfauna y el estado de nutrientes del suelo, además según Ramírez Carvajal (1997) el pH establece la “concentración de Iones tóxicos, la Capacidad de Intercambio Catiónico y varias propiedades que intervienen en la fertilidad del suelo.

**Materia orgánica (MO).** Conformada por una composición heterogénea de residuos de plantas y animales en diferentes estados de descomposición, de sustancias sintetizadas químicamente y microbiológicamente a partir de los productos de degradación, de microorganismos vivos y muertos ( Sánchez *et al.*, 2005).

## **Nutrientes del suelo**

**a. Nitrógeno.** Es un nutriente de suma importancia para el crecimiento de las plantas, según la Organización de las Naciones Unidas para la

Alimentación y la Agricultura (FAO, 2002), el 4 % de biomasa seca se absorbe del suelo en forma de amonio y nitratos que a su vez en la planta se combina con diversos componentes el cual forma proteínas y aminoácidos. Además, el nitrógeno es necesario para la síntesis de la clorofila y, al formar parte de la molécula de la clorofila, tiene un papel en el proceso de fotosíntesis (Izquierdo *et al.*, 2006).

➤ **Dinámica del nitrógeno en el suelo**

**Mineralización del nitrógeno**

El nitrógeno orgánico para llegar a compuestos inorgánicos como  $\text{NH}_4$ ,  $\text{NO}_2$  y  $\text{NO}_3$  pasa por tres etapas.

**Aminificación;** según Ramírez Carvajal (1997), es la obtención de aminas y aminoácidos simples a partir de proteínas y compuestos nitrogenados por parte de microorganismos heterotróficos. Es decir, es la degradación bioquímica de las proteínas y otros compuestos complejos nitrogenados en aminoácidos y aminas ( Benimeli, y otros, 2019).

**Amonificación;** esta fase consiste en la transformación del nitrógeno de moléculas orgánicas en amonio, esta transformación se realiza mediante bacterias anaeróbicas y aeróbicas, hongos, actinomicetos, y

depende del pH si se encuentra como amoniaco o como ion amonio (Pellegrini, 2017). Por otro lado, en esta fase se obtiene el amoniaco a partir de aminas y aminoácidos. (Ramírez Carvajal, 1997).

**Nitrificación;** es la transformación de amonio a nitrato, esta conversión es llevada a cabo por bacterias quimio-autotróficas del género Nitrobacter y Nitrosomonas. (Cabrera, 2007).

**Desnitrificación;** este proceso es contrario a la nitrificación, ya que los nitratos se utilizan por microorganismos como una fuente de oxígeno en medios especialmente inundados que después pasan a la atmósfera como  $N_2$ , es decir sufre una volatilización (Ramírez Carvajal, 1997).

- b. Fósforo.** Cumple un papel muy importante ya que un porcentaje del extracto seco de las plantas está involucrado en la transferencia de energía, además es esencial en la fotosíntesis, el desarrollo de tejidos que ayudan al crecimiento de la planta (FAO, 2002).

➤ **Dinámica del fósforo**

El fósforo procede de apatitas y almacenes de fosfatos naturales el cual es liberado mediante lixiviación, meteorización, extracción industrial y erosión como fertilizante. El fósforo es absorbido por las plantas y biomasa microbiana que luego se incorporará en la materia orgánica del

suelo y se sedimentará para luego depositarse en forma de minerales solubles ( Cerón Rincón y Aristizábal Gutiérrez, 2012).

La mineralización se realiza mediante la enzima fosfatasa que, según Ramírez Carvajal, (1997) descompone la materia orgánica, a su vez los componentes fosfatados se incorporan a la célula de microorganismos el cual es devuelto al suelo cuando estos mueren, además en algunos casos se presenta simbiosis es decir los hongos dejan asimilable el fósforo para las plantas.

- **Fósforo inorgánico:** el fósforo inorgánico se caracteriza por tener una combinación con metales, tales como aluminio, calcio y hierro, a su vez también están relacionado con minerales arcillosos. Además, el fósforo inorgánico del suelo es clasificado en fosfato de aluminio, sulfato de hierro, fosfato de calcio y fosfato soluble (Moron, 1992).
- **Fósforo orgánico:** el fósforo orgánico que se encuentra en el suelo según, Moron (1992) “está entre los 20 y 80 %, además este es medido en el incremento de una fracción inorgánica”, por otro lado (Pellegrini, 2017) dice que el “fósforo orgánico se puede separar en tres fracciones, como humus los cuales varían debido a los agentes químicos y biológicos, restos de cultivo no humificado y biomasa microbiana” (p.6).

- **Fósforo disponible:** son las fracciones de fósforo inorgánico en una fase sólida la cual repone el fósforo en una solución del suelo a medida que esta disminuye el equilibrio (Moron, 1992).

c. **Potasio.** Según Conti (2007), es uno de los elementos más nutritivos y esenciales para los organismos vivos ya que los vegetales requieren de grandes cantidades de potasio semejantes a las que necesitan de nitrógeno.

➤ **Dinámica del potasio**

Para Pellegrini (2017), la dinámica del potasio se puede clasificar como:

- **Potasio rápidamente asimilable;** esta forma está rápidamente disponible para las plantas, pero se encuentra en mínimas cantidades.
- **Potasio lentamente asimilable;** llamado potasio fijado, se encuentra entre la lámina de silicio de arcilla, este a su vez no se encuentra disponible para la planta es decir es lentamente aprovechable que posteriormente puede ser liberado.
- **Potasio no asimilable o de reserva;** conforma el 98 % de potasio estructural en el suelo, es cristalino y resistente, tiende a proporcionar

mínimas cantidades al ciclo de cultivo anual, pero con el tiempo debido a la hidrólisis, acidificación, entre otros; pueden ser aprovechable.

### 2.2.3. Sistema agroforestal

Los sistemas agroforestales son la adecuación sistemática, de especies vegetales y animales en espacios definidos. Según Roman (2016) es un conjunto de técnicas silviculturales que satisfacen las necesidades del productor, por la variedad de bienes y servicios que estos generan.

Para Mazo *et al.* (2014), los sistemas agroforestales son una alternativa de desarrollo sostenible que facilita el aprovechamiento de los recursos naturales y mejorar las condiciones de los suelos en aquellas zonas donde la degradación ha aumentado producto de la expansión de la frontera agrícola.

#### 2.2.3.1. Tipos de sistemas agroforestales

**Tabla 2**  
*Tipos de sistemas agroforestales.*

Clasificación de los sistemas agroforestales			
Sistemas			
Agrosilviculturales	sistemas agrosilvopastoriles	Sistemas Silvopastoriles	Otros
Este sistema está compuesto por varias especies, incluyendo cosechas agrícolas, árboles y arbustos.	Está compuesto por cosechas agrícolas, pastos, animales y árboles.	Es la asociación de árboles, pastos y animales. En este sistema se encuentra los cercos vivos, cortinas rompevientos entre otros.	Multiproductos, apicultura con árboles, acuicultura con árboles.

**Fuente:** tabla adaptada de (Silvia-Pando y Rozados lorenzo, 2002).

#### 2.2.3.2. Ventajas y desventajas de los sistemas agroforestales

Según Farrell y Altieri (1999) manifiestan que:

Las ventajas ambientales más importantes de los sistemas agroforestales está la disminución de la degradación, la conservación de la diversidad, el aprovechamiento de la radiación en los diferentes estratos de la formación vegetal, entre otros. Sin embargo, se debe tener en cuenta que, en muchos sistemas agroforestales, los componentes pueden competir por luz, humedad y nutrientes, por lo tanto, se debe considerar los intercambios.

Los mismos autores manifiestan que entre las ventajas socioeconómicas más relevantes de los sistemas agroforestales están el aumento de la producción por unidad de tierra, la utilización de los insumos producidos por el sistema para originar otros y el aumento de la producción forestal y costos del manejo arbóreo

Con relación a las desventajas sostienen que los sistemas agroforestales tienen baja calidad y una mala asociación de especies vegetales que conlleva a la baja fertilidad, la adaptabilidad de especie y su competencia por nutrientes entre las plantas que afecta el tipo de insumo.

#### ***2.2.3.3. Características de los sistemas agroforestales***

Según Pereira *et al.* (2012), las características de los sistemas agroforestales son:

**Sustentabilidad.** Optimiza los efectos beneficiosos de las interacciones entre las especies boscosas, los cultivos y los animales, esto resulta particularmente importante si se considera la aplicación actual de la agroforestería en zonas de calidad marginal de la tierra y baja disponibilidad de insumos.

**Productividad.** Al mejorar las relaciones entre los componentes del predio, con condiciones mejoradas de crecimiento y de uso eficaz de los recursos naturales, se espera que la producción en los sistemas agroforestales sea mayor a los sistemas convencionales.

**Adaptabilidad cultural/socioeconómica.** Los sistemas agroforestales son apropiados para una amplia gama de predios de diversos tamaños de condiciones socioeconómicas, pero su potencial es reconocido solo por los pequeños agricultores en áreas marginales y pobres de las zonas tropicales y subtropicales, pero por general no adoptan tecnologías costosas y modernas, por eso la agroforestería se adapta a sus realidades de los pequeños agricultores.

## **2.3. Marco conceptual**

### **2.3.1. Suelo.**

Es la capa superficial de la corteza terrestre que presenta escaso grosor y actúa como interface ante las diferentes capas terrestres además en ella se desarrolla la vida y es capaz de aportar nutrientes para el crecimiento de vegetales (INIA, 2015).

### **2.3.2. Fertilidad suelo**

Es la capacidad que tiene el suelo de nutrir y sostener el crecimiento de las diferentes especies de plantas (INIA, 2015).

### **2.3.3. Sistema**

Es una distribución de componentes o elementos que interactúa y guarda relación entre sí, y con un entorno para producir efectos positivos o un objetivo (Arnold y Osorio, 1998).



#### **2.3.4. Agroforestería**

Es el conjunto de técnicas de uso y manejo de la tierra que combina árboles forestales con cultivos agrícolas, con animales o con ambos a la vez, parcelas de las cuales se pueden obtener ventajas de la combinación (Proyecto Manejo Sostenible de Recursos Naturales 2007).

#### **2.3.5. Sistema agroforestal**

Es el manejo de los recursos naturales en donde se asocian especies arbóreas y arbustivas con cultivos, animales y forrajes (Navia *et al.*, 2003).

#### **2.3.6. Productividad**

La productividad es la medida de la eficiencia de un trabajo y el insumo que se utiliza para obtener o producir un valor económico (Galindo y Ríos, 2015).

#### **2.3.7. Nitrógeno**

Es un gas inerte y está formando por moléculas diatómicas que compone cuatro quintos del volumen del aire, se usa para sintetizar amoníaco y otros productos, además es un nutriente de suma importancia para el crecimiento de las plantas (Gasque, 2019).

#### **2.3.8. Fósforo**

Es uno de los elementos esenciales para la vida de plantas, conformando un componente primario de captación, almacenamiento y transferencia de energía, además es básico en la estructura macromolecular de los procesos fisiológicos (Fernández, 2007).

#### **2.3.9. Potasio**

Es un metal alcalino y un elemento activador de enzimas que interviene en la síntesis de proteínas, fotosíntesis y el cierre de estomas (Rincón Castillo, 2011).

#### **2.3.10. Textura**

Es la proporción en porcentaje de peso de partículas menores a 2 mm de diámetro como arena, arcilla y limo existentes en los horizontes del suelo. (Moreno-Ramón *et al.*, 2010).

#### **2.3.11. Capacidad de intercambio catiónico (CIC)**

Es la capacidad que tiene los coloides del suelo (arcilla y materia orgánica) para intercambiar cationes con las soluciones del suelo (López, 2006).

#### **2.3.12. pH**

Es una escala numérica que indica el grado de alcalinidad y acidez de una solución o del suelo en un rango de 0 a 14 (Vásquez y Rojas, 2016).

## CAPÍTULO III

### MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1. Ubicación

##### 3.1.1. Lugar de estudio

La investigación se realizó en el caserío La Retama, ubicado en el distrito de Lajas, provincia Chota, departamento de Cajamarca (Figura 1). Las parcelas muestreadas (sistema agroforestal y parcelas de control) se encuentran establecidas en un área de 2,38 hectáreas y ubicadas en un rango altitudinal de 2184 a 2261 msnm (Tabla 3 y Figura 3).

**Tabla 3**  
*UTM y altitud de las parcelas ubicadas en La Retama.*

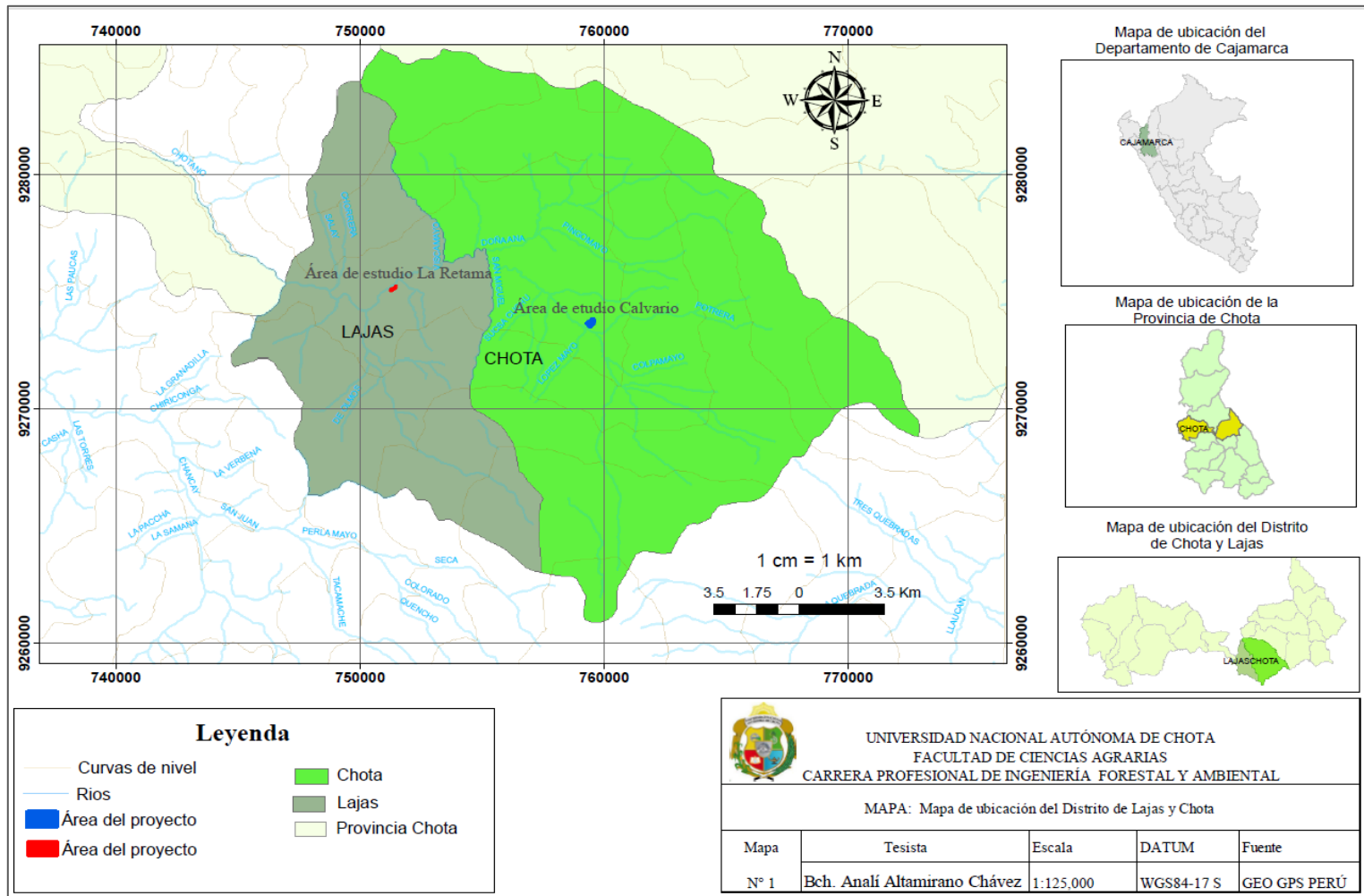
Parcela	Coordenadas (UTM)		Altitud (msnm)
	Este	Norte	
SA01	751414	9275251	2184
SA02	751428	9275217	2178
SA03	751401	9275190	2194
PM01	751401	9275239	2258
PM02	751253	9275106	2259
PM03	751446	9275263	2261

Asimismo, con la finalidad de contrastar los resultados con otros suelos de similares características, se realizó muestreos de suelos en el sector Calvario ubicado en el distrito de Chota, provincia Chota, departamento Cajamarca (Figura 1). Las parcelas muestreadas se encuentran establecidas en un área 7,1 hectáreas y ubicadas a una altitud de 2371 a 2300 msnm (Tabla 4 y Figura 2).

**Tabla 4***UTM y altitud de las parcelas ubicado en el Calvario.*

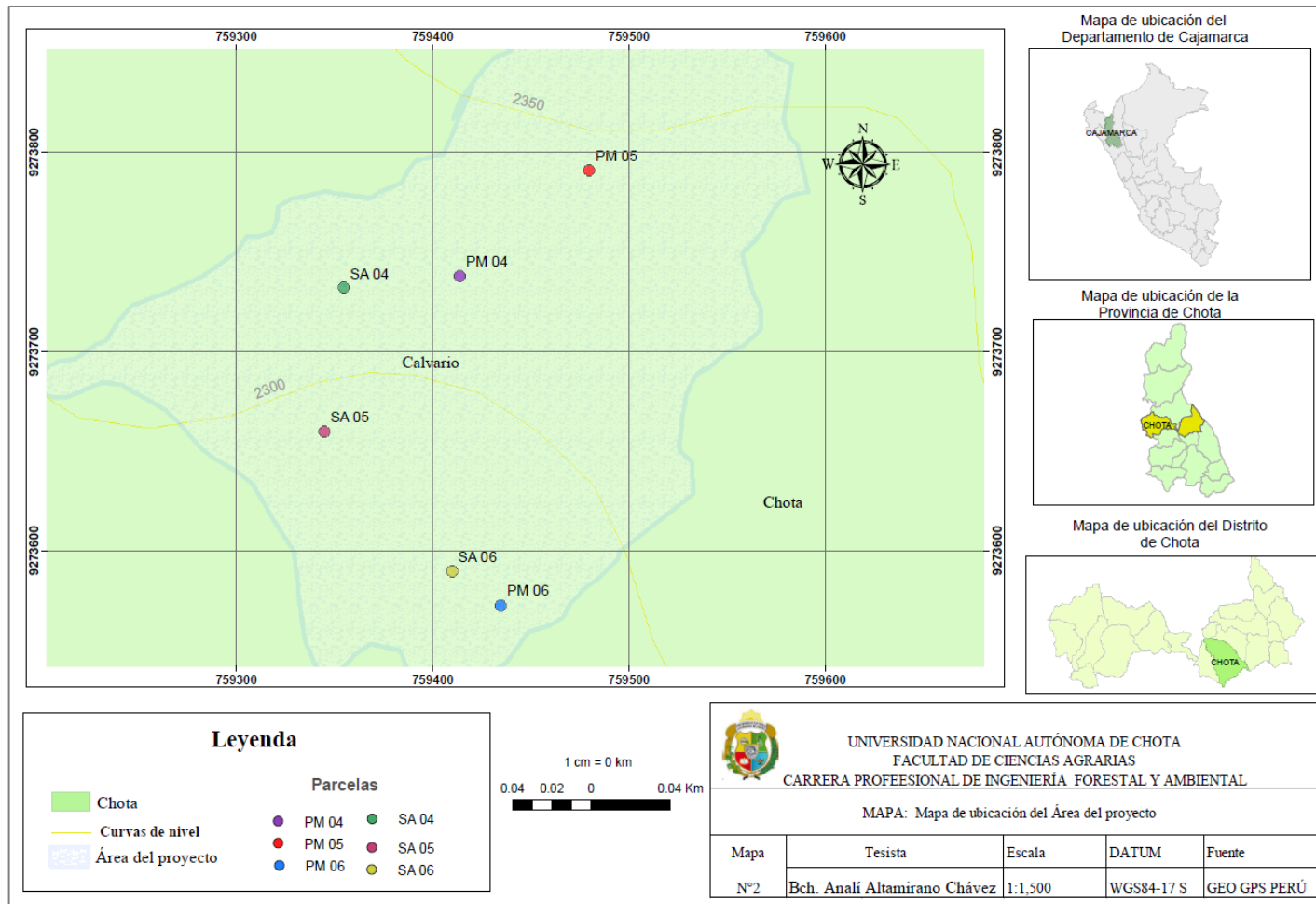
<b>Parcela</b>	<b>Coordenadas (UTM)</b>		<b>Altitud (msnm)</b>
	<b>Este</b>	<b>Norte</b>	
<b>SA 04</b>	759355	9273732	2371
<b>SA 05</b>	759345	9273660	2354
<b>SA 06</b>	759410	9273590	2303
<b>PM 04</b>	759414	9273738	2333
<b>PM 05</b>	759480	9273791	2389
<b>PM 06</b>	759435	9273573	2300

**Figura 1**  
 Mapa de ubicación del distrito de Lajas y Chota.

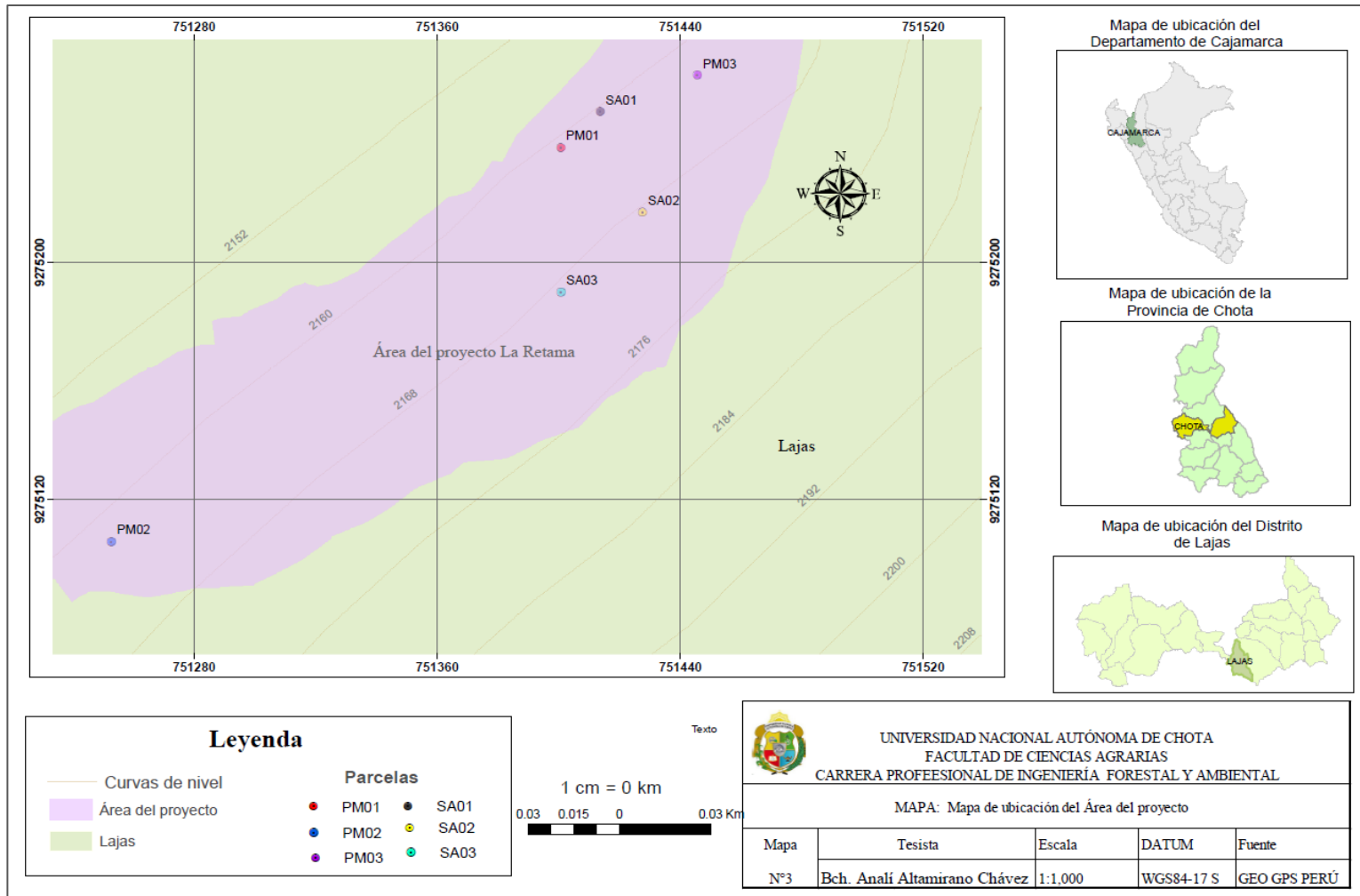


**Figura 2**

*Mapa de ubicación del área del proyecto Calvario Chota.*



**Figura 3**  
 Mapa de ubicación del área del proyecto La Retama Lajas.



### 3.1.2. Vía de acceso

El acceso al caserío La Retama es por vía asfaltada desde Chota hasta el distrito de Lajas, el tiempo de viaje en vehículo es de 20 minutos aproximadamente y luego se accede al lugar de estudio caminando un aproximado de 5 minutos.

El acceso al sector Calvario es por vía asfaltada, del distrito de Chota hasta el lugar, el tiempo de viaje en vehículo es aproximadamente 5 minutos, y luego se accede al lugar recorriendo aproximadamente 10 minutos.

### 3.2. Población y muestra

**3.2.1. Población.** La población está constituida por las 2,38 y 7,1 hectáreas de parcelas de control y sistemas agroforestales con *E. edulis*, ubicados en el caserío La Retama- Lajas y el sector Calvario-Chota respectivamente.

**3.2.2. Muestra.** La muestra es de 0,12 ha, las unidades de muestreo fueron constituidas por 12 parcelas rectangulares de 100 m<sup>2</sup> (seis en parcelas de control y seis en sistemas agroforestales con *Erythrina edulis*).

### 3.3. Equipos, materiales e insumos

**Tabla 5**

*Equipos, materiales e insumos que se utilizaran en el desarrollo del trabajo.*

Equipos	Materiales	Insumos
- Balanza analítica	- Receptor GPS	- Ficha de observación
- Estufa	- Cámara digital	- Formatos
	- Bolsas herméticas	- Cuaderno de campo
	- Palanas y Zapapicos	
	- Cilindro de 100 cm <sup>3</sup>	

### 3.4. Metodología de la investigación



### **3.4.1. Trabajo de campo**

#### ***3.4.1.1.Reconocimiento del lugar***

Para la intervención del Sistema Agroforestal (SAF) con *E. edulis* y las parcelas de control, se realizó un reconocimiento del área, con la finalidad de conocer mejor el estado de cada área y poder establecer las parcelas en áreas representativas, además evaluar las condiciones del terreno para ver su accesibilidad y poder realizar la ejecución de la investigación.

#### ***3.4.1.2.Caracterización del sistema agroforestal.***

Para realizar la caracterización del sistema agroforestal y conocer su composición y abundancia de las diferentes especies botánicas existentes en el lugar de estudio, se realizó lo siguiente.

- a. **Establecimiento del área para la toma de muestras y determinación de número de parcelas.**

***Tipo de muestreo.*** El tipo de muestreo se realizó mediante el método aleatorio simple, el cual consiste en ubicar las unidades de muestreo al azar en el área donde se realizó el trabajo ( González *et al.*, 2017)

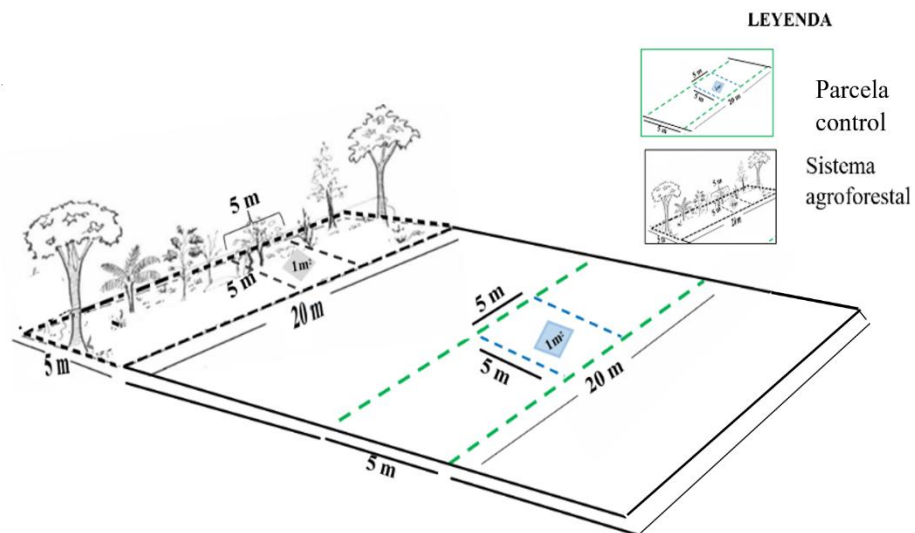
***Número de parcelas.*** La guía del Centro Internacional de investigación Agroforestal (ICRAF, 2009) recomienda que, para plantaciones de tamaño semejante, se utilice parcelas de área que varía entre 100 m<sup>2</sup> y 1000 m<sup>2</sup>. Para los sistemas agroforestales y parcelas de control se instaló parcelas rectangulares de 100 m<sup>2</sup> (20 m x 5 m) (Figura 4). Se realizó la identificación de especies arbóreas de tallos leñosos a todos los individuos con diámetro del fuste mayor a 2,5 cm y una altura superior de 1,3 m (Espinoza *et al.*, 2011). Para la identificación de especies

arbustivas o sotobosque, se estableció una subparcela de 5 m x 5 m, y dentro de esta se estableció una subparcela para la determinación del estrato herbáceo (González *et al.*, 2017) (Figura 4). Posteriormente se realizó la georreferenciación de cada una de las unidades de muestreo establecidas, utilizando un GPS. Se instalaron:

- Doce parcelas de 20 m x 5 m, para la medición de árboles con rango de DAP mayor a 2,5 cm.
- Doce subparcelas de 25 m<sup>2</sup> al interior de las parcelas para especies arbustivas y 12 subparcelas al interior de las parcelas de dimensiones de 1 m<sup>2</sup> para identificación y conteo de especies herbáceas.

**Figura 4**

*Esquema de la parcela instalada en el sistema agroforestal y parcela de control.*



- b. **Toma de datos para la composición florística.** Con el objetivo de conocer la diversidad de especies de la comunidad vegetal, se calculó valores de abundancia a partir de los datos de identidad y número de individuos de cada especie presente en la unidad muestral (González *et al.*, 2017).

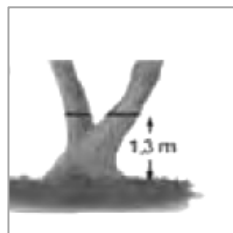
***Colección de muestras e identificación botánica.*** Se colectaron ramitas terminales, fruto y flores de las especies arbóreas, arbustivas y plantas completas, incluyendo la raíz de las especies herbáceas; todas las muestras fueron colocadas en una prensa y posteriormente secadas en una estufa (Figura 33 y 34) y se montaron en una cartulina, posteriormente se realizó la identificación botánica por el método comparación de especímenes, esto permitió conocer la diversidad de la vegetación del sistema y la interacción de *E. edulis* con dichas especies; para lo cual se fue elaborando:

- Listado de familias
- Listados de géneros
- Listado de especies

c. **Toma de datos de abundancia.** Se midió el DAP y la altura total de las especies arbóreas. La mayor parte de los árboles presentaron bifurcación, por tal motivo se siguió el método utilizado por ICRAF (2009), los árboles cuya bifurcación se encontraba por debajo de 1,3 m de altura, el DAP se midió por separado para luego promediarlo (Figura 5), el mismo criterio se utilizó para las alturas de los árboles bifurcados. El diámetro fue medido con una cinta métrica y la altura con un hipsómetro.

**Figura 5**

*Altura para la medición del DAP de árboles bifurcados.*



*Fuente: ICRAF (2009)*

- Con respecto a las especies forestales arbustivas y herbáceas se realizó la identificación y conteo de todas y cada una de ellas.

#### ***3.4.1.3. Fase de gabinete de la caracterización del sistema agroforestal y las parcelas de control.***

**Secado de los especímenes.** El secado se realizó en una estufa en la Institución Científica Depositaria de Material Biológico “Herbario Pedro Coronado Arrascue” de la UNACH. El secado fue monitoreado para que sea uniforme, además se colocó hacia la sección externa las muestras de tallos y hojas carnosas. Luego se verificó cada una de las muestras y aquellas que requerían secar por más tiempo, se les cambió el papel y se volvió a ubicar en la estufa por un periodo de 4 h a 60 ° C.

**Montado de muestras botánicas.** El montaje de las muestras botánicas se hizo en cartulina folcote número cinco, luego las muestras completamente secas se colocaron en una caja, donde se verificó constantemente para controlar la humedad.

**Identificación botánica.** Se accedió a la base de datos de TROPICOS (Colecciones digitales), *Herbarium Field Museum* (Colecciones digitales), y por el método de comparación de especímenes se corroboró los nombres científicos según el *Plant list*; además se comparó las especies con las existentes en el Herbario de la Institución Científica Depositaria de Material Biológico “Herbario Pedro Coronado Arrascue”, de la UNACH.

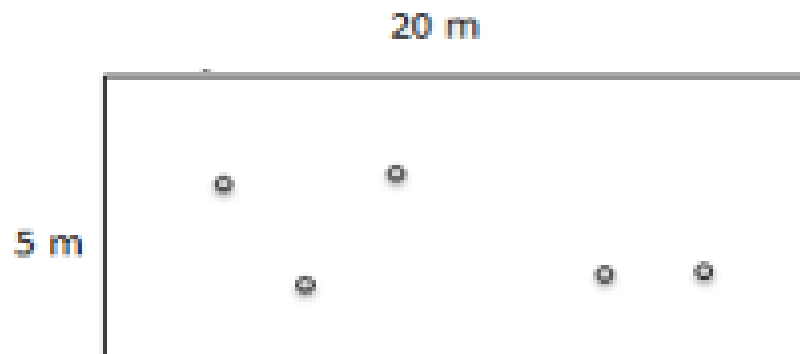
#### ***3.4.1.4. Muestreo de suelo***

### a. Demarcación de puntos de muestreo

En cada una de las unidades de muestreo se establecieron puntos para extraer cinco submuestras de suelo y formar una muestra compuesta (MINAM, 2014), luego, los lugares de muestreo se georreferenciaron con GPS (Figura 6). Las submuestras de suelo fueron colectadas de puntos localizados a 0,5 m del árbol, utilizando una palana recta; siguiendo la recomendación de Bolaños *et al.* (2014)

**Figura 6**

*Diseño de la parcela con los puntos aleatorios de muestreo de suelo.*



*Fuente: "Guía para muestreo de suelos" del Ministerio del Ambiente (MINAM, 2014)*

### b. Toma de muestras

En cada punto de muestreo se eliminó la vegetación en un área de 40 x 40 cm (Figura 26), se introdujo la palana 25 cm en forma "V" (Figura 27).

Seguidamente se cortó de la pared del hoyo una muestra de suelo de 3 cm de grosor y del ancho de la palana, de la cual se eliminó los bordes quedando 5 cm de suelo (Figura 28), la submuestra se introdujo a una bolsa para su posterior homogenización. Una vez extraídas las cinco submuestras se hizo una mezcla homogénea, se realizó el cuarteo y se tomó un kilogramo de suelo el cual fue colocado en una bolsa hermética que luego fue etiquetada (Figuras 29, 30, 31) y

llevada al laboratorio de suelos de FERTIABONO Tecnología y Desarrollo Agrícola J.D.S. R.L. Cajamarca.

Para la extracción de las muestras de suelo de las parcelas de control se siguió mismo procedimiento.

### **c. Análisis de laboratorio.**

La técnica utilizada para la determinación de las propiedades fisicoquímicas del suelo fue:

*Nitrógeno.* Determinado por el método Kjeldahl.

*Fósforo.* Determinado por el método Olsen,

*Potasio.* Determinado por el método de fotometría de llama previa extracción en una solución de acetato amónico 1N a pH 7.

*pH.* Determinado por el método del Potenciómetro

*CIC.* Determinado por el método del acetato de amonio.

*Textura.* Determinado por el método de Bouyoucos.

## **3.5. Análisis estadístico**

### **3.5.1. Determinación de la abundancia y composición florística**

#### **3.5.1.1. Abundancia**

La abundancia del sistema agroforestal y parcelas de control, se determinó, según lo sugerido por Lamprecht (1990)

*Abundancia absoluta (Aa):*

$$Aa = \frac{ni}{a}$$

Donde:

Aa= Abundancia absoluta

$ni$  =Número de individuos por especie

$a$ = Área muestreada

*Abundancia relativa (Ab %)*

$$Ar \% = \frac{ni}{N} * 100$$

Donde:

$Ar \% =$  *Abundancia relativa*

$ni =$  Número de individuos de la especie “i”

$N =$  *Número de individuos totales en la muestra*

Dado que las leguminosas fijan nitrógeno en el suelo (Izquierdo *et al.*, 2006), se determinó la abundancia de especies arbóreas, arbustivas y herbáceas de esta familia en el sistema agroforestal y parcelas de control, información que se presenta en gráficas comparativas de barras.

### **3.5.1.2. Composición**

La composición florística de cada sistema en estudio se presenta mediante un listado de géneros, especies y familias. Además, se indican los géneros y familias más representativas.

### **3.5.2. Características fisicoquímicas del suelo sistema agroforestal y parcelas de control.**

- Se estimó la cantidad de nutrientes que aporta *E. edulis* al suelo a través de la comparación entre las propiedades químicas del sistema agroforestal y parcelas de control.
- Para realizar las comparaciones de los diferentes resultados de las muestras se utilizó el análisis de varianza (ANOVA) y la prueba de medias de Tukey con un nivel de confianza del 95 %.

- El valor promedio de las características fisicoquímicas de las muestras procesadas en el laboratorio se presenta en tablas comparativas y gráficas.



## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIONES

#### 4.1. Caracterización del sistema agroforestal y parcelas de control.

##### 4.1.1. Sistema agroforestal

Se presenta los resultados de la composición, abundancia y listado de géneros, familias y especies del componente arbóreo, arbustivo y herbáceo de las dos áreas en estudio, caserío La Retama del distrito de Lajas y del sector Calvario del distrito de Chota.

##### *Componente arbóreo*

**Tabla 6**

*Composición florística y abundancia del componente arbóreo.*

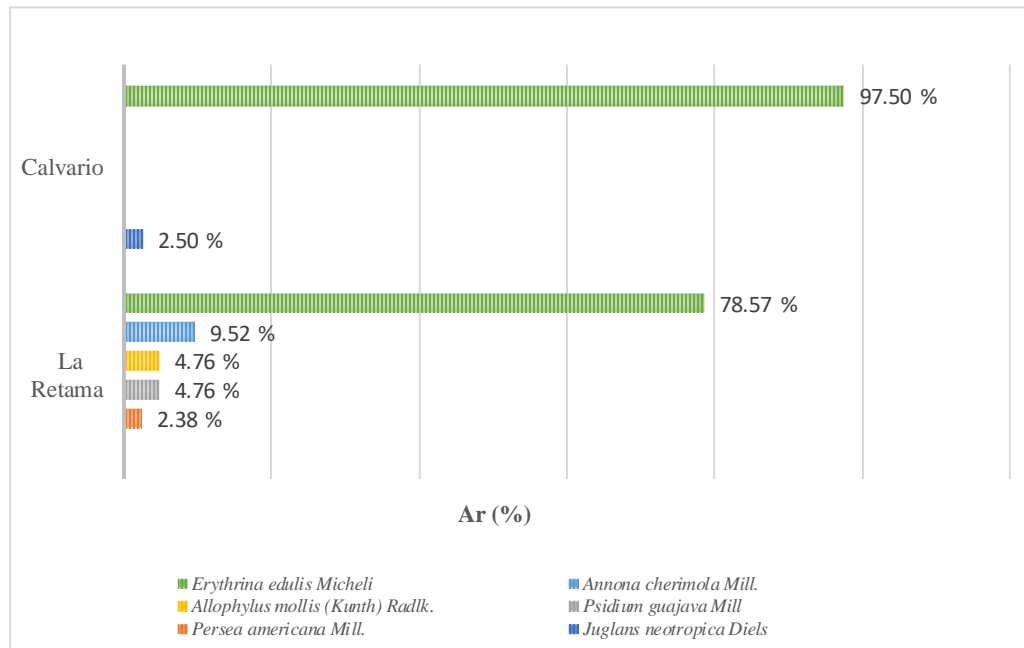
<b>Caserío La Retama</b>				
<b>Familia</b>	<b>Género</b>	<b>Especie</b>	<b>Aa *</b> <b>300 m<sup>2</sup></b>	<b>Ar</b> <b>%</b>
Fabaceae	<i>Erythrina</i>	<i>Erythrina edulis</i> Micheli	33	78,57
Sapindaceae	<i>Allophylus</i>	<i>Allophylus mollis</i> Kunth Radlk.	2	4,76
Annonaceae	<i>Annona</i>	<i>Annona cherimola</i> Mill.	4	9,52
Lauraceae	<i>Persea</i>	<i>Persea americana</i> Mill.	1	2,38
Myrtaceae	<i>Psidium</i>	<i>Psidium guajava</i> Mill.	2	4,76
<b>Total</b>			42	100
<b>Sector Calvario</b>				
Fabaceae	<i>Erythrina</i>	<i>Erythrina edulis</i> Micheli	39	97,50
Juglandaceae	<i>Juglans</i>	<i>Juglans neotropica</i> Diels.	1	2,50
<b>Total</b>			40	100

**Nota:** Aa=Abundancia absoluta, Ar = Abundancia relativa, \* abundancia de especies de las tres parcelas de evaluación (300 m<sup>2</sup>).

En la Tabla 6 se observa que el estrato arbóreo en La Retama y Calvario está compuesto por seis familias, seis géneros y seis especies de flora. La especie *E. edulis* se encuentra asociada en el sistema agroforestal, con las especies, *A. mollis*, *A. cherimola*, *P. americana*, *P. Guajava* y *J. neotropica*.

**Figura 7**

*Abundancia relativa del componente arbóreo de La Retama y Calvario.*



En la Figura 7 se aprecia en orden descendente, la proporción de las especies más abundantes. En La Retama *E. edulis* es la más abundante con el 78,57 %, y el 21,42 % se encuentra distribuido en otras especies como *A. cherimola*, *A. mollis*, *P. guajava* y *P. americana*. En el Calvario *E. edulis* con 97,5 % y *J. neotropica* con 2,50 %.

Resultados similares presentaron Vela Ahumada y Alfredo Quispe (2017), en su estudio realizado acerca de la especie *E. edulis* en la ciudad de Cajamarca, en la cual manifestaron que esta especie es utilizada como cerco vivo presentando gran cantidad de individuos en cada uno de ellos ya que es una planta rústica debido a que puede vivir a condiciones adversas al crecimiento. Además según Escamilo Cárdenas (2012), *E. edulis* tiende a estar asociado con árboles y arbustos pequeños de diferentes especies lo cual puede mejorar el equilibrio del ecosistema.

Fernández-Hilario (2010), manifiesta que *E. edulis* es una especie utilizada en sistemas agroforestales en Perú, y generalmente acompañada a otras, dado que es una alternativa sostenible de uso de la tierra y manejo de los recursos naturales.

*E. edulis* es una leguminosa que tiene la capacidad de fijar nitrógeno atmosférico debido a su asociación simbiótica con bacterias *Rhizobium*. FAO (2022) indica que los árboles fijan nitrógeno atmosférico en sus nódulos radicales y, a través del metabolismo, lo almacenan en su estructura vegetal en forma de proteína cruda (N x 6,25), cuyo contenido varía entre 10 a 35 %, radicando en ello su importancia de uso en agroforestería.

### **Componente arbustivo**

El componente arbustivo lo constituyen aquellas especies con múltiples ramificaciones desde la base. Se evaluaron todos los individuos presentes en las parcelas de 25 m<sup>2</sup>.

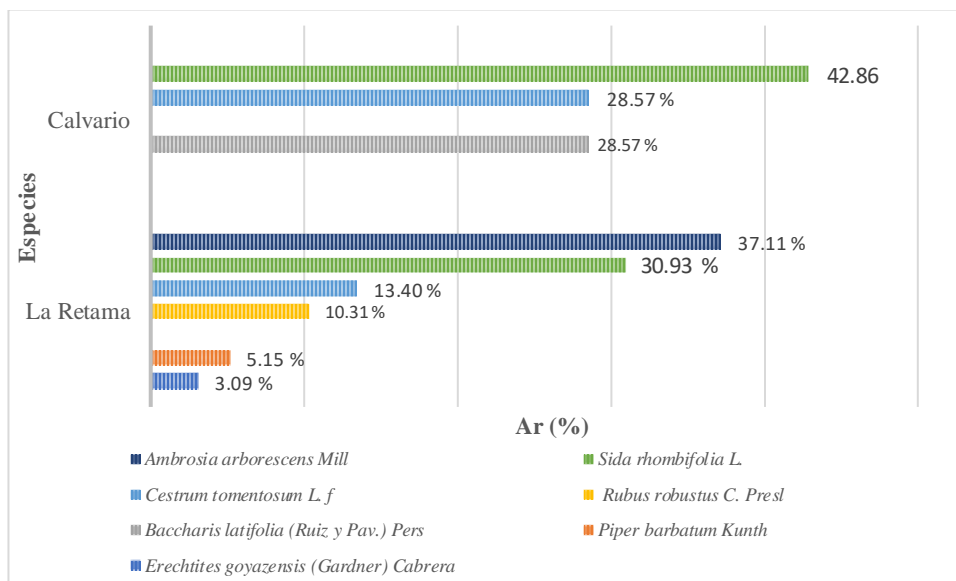
**Tabla 7**  
*Composición florística y abundancia del componente arbustivo.*

<b>Caserío La Retama</b>				
<b>Familia</b>	<b>Género</b>	<b>Especie</b>	<b>Aa 75 m<sup>2</sup></b>	<b>Ar %</b>
Compositae	<i>Erechtites</i>	<i>Erechtites goyazensis</i> Gardner Cabrera	3	3,09
	<i>Ambrosia</i>	<i>Ambrosia arborescens</i> Mill.	36	37,11
Solanaceae	<i>Cestrum</i>	<i>Cestrum tomentosum</i> L. f.	13	13,40
Rosaceae	<i>Robus</i>	<i>Rubus robustus</i> C. Presl	10	10,31
Piperaceae	<i>Piper</i>	<i>Piper barbatum</i> Kunth.	5	5,15
Malvaceae	<i>Sida.</i>	<i>Sida rhombifolia</i> L.	30	30,93
TOTAL			97	100
<b>Sector Calvario</b>				
Compositae	<i>Baccharis</i>	<i>Baccharis latifolia</i> Ruiz y Pav. Pers	2	28,57
Solanaceae	<i>Cestrum</i>	<i>Cestrum tomentosum</i> L. f.	2	28,57
Malvaceae	<i>Sida</i>	<i>Sida rhombifolia</i> L.	3	42,86
TOTAL			7	100

Nota: Aa=Abundancia absoluta, Ar = Abundancia relativa

**Figura 8**

Abundancia relativa del componente arbustivo en La Retama y Calvario.



Se registró mayor diversidad de especies arbustivas en el caserío la Retama (6), así como mayor abundancia (97). La especie más abundante en La Retama es *A. arborescens*, y en el Calvario es *S. rhombifolia* (Tabla 7 y Figura 8).

Como se muestra en Tabla 7 y Figura 8 en el sistema agroforestal con *E. edulis* en La Retama se encontró mayor abundancia de especies arbustivas estudio que concuerda con lo investigado por Escamilo Cárdenas (2012), quien manifiesta que *E. edulis* tiende a estar asociada con arbustos pequeños de diferentes especies lo cual puede mejorar el equilibrio del ecosistema.

Los resultados obtenidos también muestran similitud con el estudio realizado por Hurtado-Huarcaya (2021), quienes encontraron en su investigación etnobotánica acerca de las especies de la familia Compositae, *A. arborescens* como la especie más abundante y representativa para los pobladores de las comunidades andinas del Perú. Esto se corrobora

con lo investigado por (Vilcapoma y Beltrán, 2018), quienes afirman que la familia Compositae se presentan comúnmente en ecosistemas agrícolas de regiones templadas y disminuye en los bosques tropicales

Ariza y Almanza (2012), al indentificar malezas de un agro-sistema, encontraron a *S. rhombifolia* como una de las especies arbustivas mas abundante en las plantaciones y cultivos. En el lugar de estudio *S. rhombifolia* también fue una de las especies mas abundantes dentro de los sistemas agroforestales de *E. edulis*, pero según Alvarado-Huaman *et al.* (2019), estas malezas, al no ser elimidadas pueden limitar el crecimiento de otras especies y pueden hospedar plagas y efermedades.

La diversidad de especies agrícolas, forrajeras, y de aquellas que no cumplen un rol epecífico o conocido en los cultivos, son elementos esenciales para la agricultura (FAO, 2018) sostenible, debido a que contribuyen a la seguridad alimentaria y reducen la incidencia de plagas y enfermedades, además de brindar servicios ecosistémicos.

### ***Componente herbáceo***

El componente herbáceo lo constituye aquellas especies con ausencia de tallos leñosos. Se evaluó todos los individuos presentes en las parcelas de 1 m<sup>2</sup>.

#### **Tabla 8**

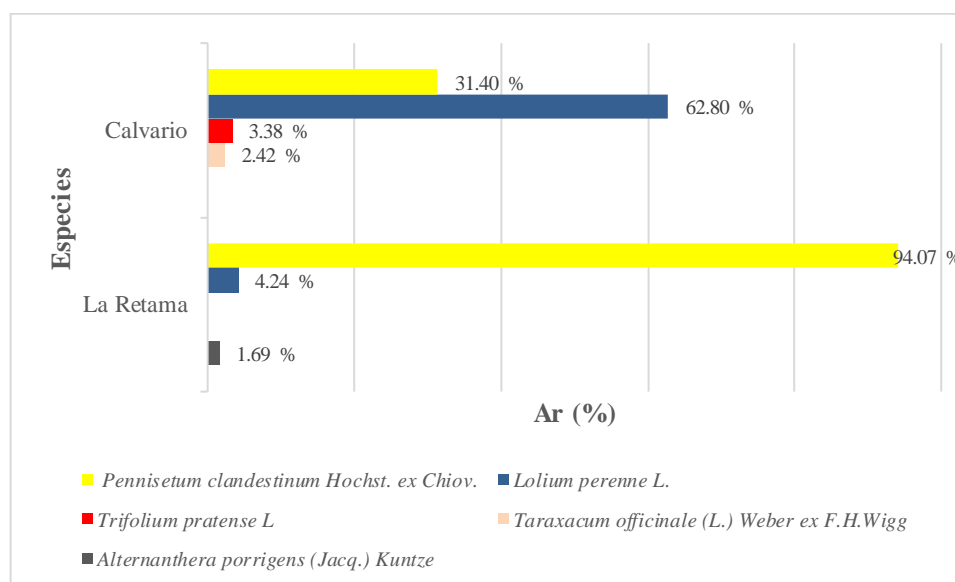
*Composición florística y abundancia del componente herbáceo del sistema agroforestal.*

<b>Caserío La Retama</b>				
<b>Familia</b>	<b>Género</b>	<b>Especie</b>	<b>Aa 3 m<sup>2</sup></b>	<b>Ar %</b>
	<i>Lolium</i>	<i>Lolium perenne</i> L.	10	4.24
Poaceae	<i>Pennisetum</i>	<i>Pennisetum clandestinum</i> Hochst. ex Chiov.	222	94.07
Amaranthaceae	<i>Alternanthera</i>	<i>Alternanthera porrigens</i> (Jacq.) Kuntze	4	1.69
<b>Total</b>			236	100
<b>Sector Calvario</b>				
	<i>Lolium</i>	<i>Lolium perenne</i> L.	130	62.80
Poaceae	<i>Pennisetum</i>	<i>Pennisetum clandestinum</i> Hochst. ex Chiov.	65	31.40
Asteraceae	<i>Taraxacum</i>	<i>Taraxacum officinale</i> (L.) Weber ex F.H.Wigg	5	2.42
Fabaceae	<i>Trifolium</i>	<i>Trifolium pratense</i> L.	7	3.38
<b>Total</b>			207	100

Nota: Aa=Abundancia absoluta, Ar = Abundancia relativa.

**Figura 9**

Abundancia relativa del componente herbáceo del sistema agroforestal.



En la Tabla 8 y Figura 9 se observa que *P. clandestinum* es la especie más abundante encontrándose gran cantidad de individuos como cobertura del suelo, seguido de *L.*

*perenne*. Vásquez *et al.* (2020), manifiesta que en sistemas silvopastoriles las asociaciones con árboles que aportan nitrógeno al suelo aumentan el porcentaje de abundancia de gramíneas, entre las cuales se encuentran las especies *L. perenne* y *P. clandestinum* con un 48 y 49 % de abundancia, valor inferior a lo encontrado en el lugar de estudio.

Según La Torre *et al.* (2006), la familia Poaceae es reconocida en el Perú por presentar gran cantidad de géneros y especies siendo la gran mayoría herbáceas y se encuentran mayormente en las zonas altoandinas.

#### 4.1.2. Parcelas de control.

Se presenta los resultados de la composición florística, de las parcelas de control, del caserío La Retama del distrito de Lajas y del sector Calvario del distrito de Chota.

**Tabla 9**

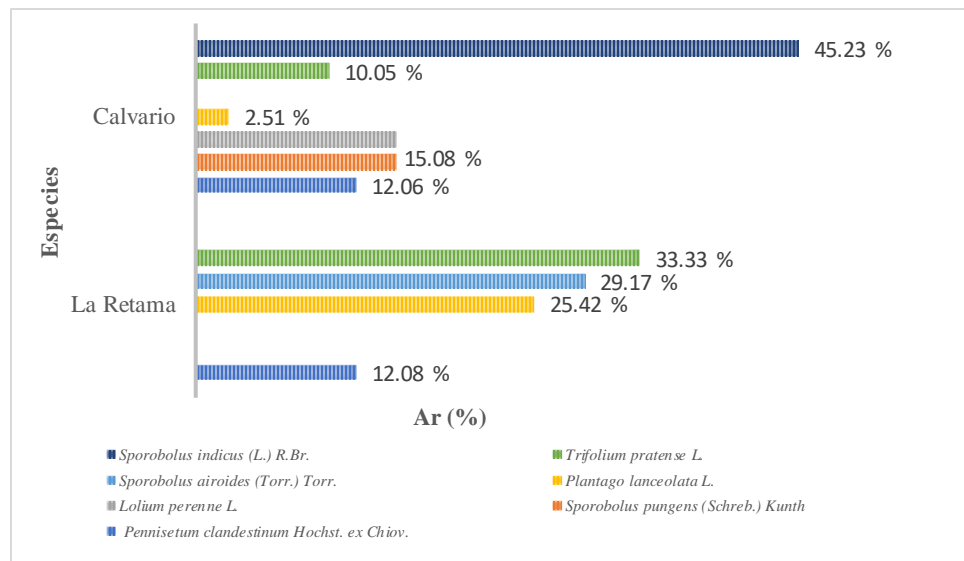
*Diversidad y composición florística del componente herbáceo de las parcelas de control.*

<b>Caserío La Retama</b>				
<b>Familia</b>	<b>Género</b>	<b>Especie</b>	<b>Aa 3 m<sup>2</sup></b>	<b>Ar %</b>
Plantaginaceae	<i>Plantago</i>	<i>Plantago lanceolata</i> L.	61	25,42
Poaceae	<i>Pennisetum</i>	<i>Pennisetum clandestinum</i> Hochst. ex Chiov.	29	12,08
		<i>Sporobolus</i> <i>Sporobolus airoides</i> (Torr.) Torr.	70	29,17
Fabaceae	<i>Trifolium</i>	<i>Trifolium pratense</i> L.	80	33,33
Total			240	100
<b>Sector Calvario</b>				
	<i>Sporobolus</i>	<i>Sporobolus pungens</i> (Schreb.) Kunth	30	15,08
	<i>Pennisetum</i>	<i>Pennisetum clandestinum</i> Hochst. ex Chiov.	24	12,06
	<i>Lolium</i>	<i>Lolium perenne</i> L.	30	15,08
Poaceae	<i>Sporobolus</i>	<i>Sporobolus indicus</i> (L.) R.Br.	90	45,23
Plantaginaceae	<i>Plantago</i>	<i>Plantago lanceolata</i> L.	5	2,51
Fabaceae	<i>Trifolium</i>	<i>Trifolium pratense</i> L.	20	10,05
Total			199	100

Aa=Abundancia absoluta, Ar = Abundancia relativa.

**Figura 10**

*Abundancia relativa del componente herbáceo de La Retama y el Calvario.*



En la Tabla 9 y Figura 10 se observa que las especies de la familia Poaceae son las más abundantes, encontrándose a *S. indicus* con gran cantidad de individuos como cobertura del suelo, seguido *T. pratense* con gran cantidad de individuos y mayor abundancia en el lugar de la Retama.

Fernández Navarro y Flores Altamirano (2015), en su estudio acerca de la composición florística de las pasturas en un sector de Cutervo encontraron bajos valores de trébol y alta predominancia de malezas como legua de vaca, también encontró a *L. perenne* con 27,21 % de abundancia, valor mayor a lo encontrado en el Calvario, además en su estudio encontró alta predominancia de la especie *Pennisetum clandestinum* (kikuyo) con 39,31 y 43,68 % de abundancia valor superior a lo registrado en las áreas estudiadas.

Drew Roca y De la Barra Ricaldes, (2018), en sus estudios realizados en consorcios agroforestales, encontraron que las especies vegetales con más abundancia pertenecen a la



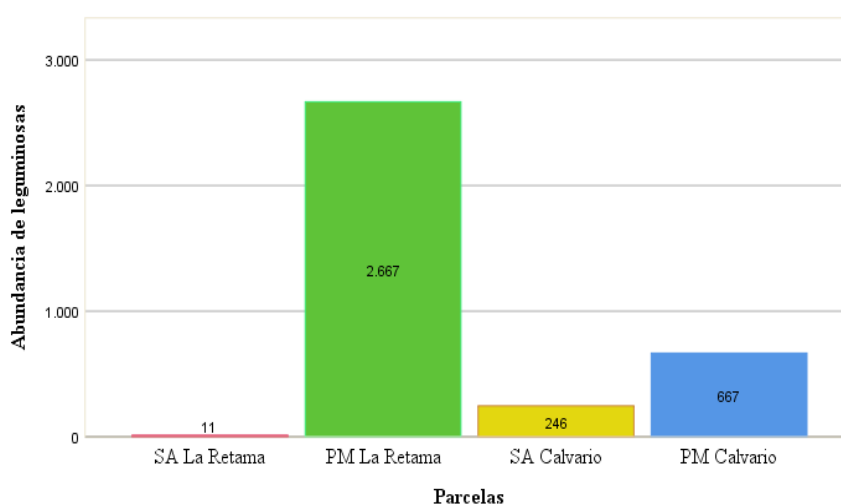
familia Poaceae y Fabaceae, el estudio concuerda con lo encontrado en el sistema agroforestal y parcelas de control ubicados en las zonas del presente estudio (Figura 10).

#### 4.1.3. Diversidad y abundancia de leguminosas

En La Retama y el Calvario se registró dos leguminosas, una arbórea y una herbácea. Respecto a la abundancia, no se registró diferencias estadísticas (Tabla 10) entre sistemas agroforestales y parcelas de control de las dos áreas de estudio.

**Figura 11**

*Abundancia de leguminosas del sistema agroforestal y parcelas de control del Calvario y La Retama.*



Según se aprecia en la Figura 11 en las parcelas de control de La Retama se registró mayor número de individuos de especie herbácea *T. pratense* (2667 individuos), y en las parcelas de control del Calvario con 667 individuos. En el sistema agroforestal el Calvario se registró 246 individuos de *E. edulis* y *T. pratense* y en el sistema agroforestal de La Retama 11 individuos de *E. edulis*. Argote *et al.* (2013), repotaron que en los pastizales dominados por gramíneas en el Perú, el *Trifolium* es uno de los géneros más frecuentes con

9,1 % con ( $p < 0,05$ ) la cual hace referencia a la asociación significativa que tiene con las gramíneas y otras pasturas.

Las leguminas forrajeras aportan proteína a los animales, siendo un componente clave en los sistemas pastoriles (Radic y Mcadam, 2012), ello es posible debido a la simbiosis con bacterias que asimilan el nitrógeno atmosférico y lo fijan a las raíces de la planta (Terán y Izquierdo, 2005). Leguminosas como *Trifolium* contribuyen significativamente a la nutrición nitrogenada y productividad de las praderas (Capillo *et al.*, 2003).

#### 4.2. Caracterización fisicoquímica del suelo.

Las muestras tomadas en los primeros 25 cm de profundidad del suelo se analizaron y se presentan los valores promedios de las variables analizadas en la Tabla 10.

**Tabla 10**

*Promedios  $\pm$  error estándar de las propiedades fisicoquímicas del suelo del sistema agroforestal y parcelas de control.*

Parámetro	Unidad de medida	Calvario		Retama	
		SA	PM	SA	PM
Arena	%	50,67 $\pm$ 9,33a	36,67 $\pm$ 12,02a	30,67 $\pm$ 0,67a	24,00 $\pm$ 7,02a
Limo	%	20,33 $\pm$ 7,33a	34,33 $\pm$ 15,71a	28,33 $\pm$ 3,33a	38,33 $\pm$ 8,82a
Arcilla	%	29,00 $\pm$ 2,00a	29,00 $\pm$ 8,72a	41,00 $\pm$ 4,00a	37,67 $\pm$ 3,74a
pH		7,04 $\pm$ 0,19a	7,06 $\pm$ 0,08a	6,91 $\pm$ 0,03a	7,20 $\pm$ 0,17a
C.E	( $\mu$ mohs/cm)	474,50 $\pm$ 59,16a	350,50 $\pm$ 24,50a	469,50 $\pm$ 17,39a	500,00 $\pm$ 27,74a
CIC		22,63 $\pm$ 2,13a	21,43 $\pm$ 1,94a	28,33 $\pm$ 1,56a	26,97 $\pm$ 1,94a
MO	%	4,07 $\pm$ 0,433a	2,33 $\pm$ 0,20b	3,33 $\pm$ 0,17ab	2,87 $\pm$ 0,52ab
N	%	0,20 $\pm$ 0,02a	0,11 $\pm$ 0,09b	0,16 $\pm$ 0,07ab	0,14 $\pm$ 0,01ab
P	(ppm)	12,49 $\pm$ 0,79a	11,99 $\pm$ 0,19a	12,03 $\pm$ 0,04a	12,99 $\pm$ 0,51a
K	(ppm)	221,16 $\pm$ 23,54a	211,42 $\pm$ 29,06a	254,21 $\pm$ 10,33a	257,97 $\pm$ 14,77a
Ca cambiable	(mEq/100 g)	15,85 $\pm$ 2,26a	14,99 $\pm$ 2,80a	19,07 $\pm$ 1,00a	19,46 $\pm$ 1,42a
Mg cambiable	(mEq/100 g)	1,59 $\pm$ 0,22a	1,50 $\pm$ 0,28a	1,9 $\pm$ 0,10a	1,95 $\pm$ 0,14a
K cambiable	(mEq/100 g)	0,78 $\pm$ 0,11a	0,74 $\pm$ 0,14a	0,95 $\pm$ 0,05a	0,97 $\pm$ 0,07a
Na cambiable	(mEq/100 g)	0,01 $\pm$ 0,00a	0,01 $\pm$ 0,00a	0,02 $\pm$ 0,00a	0,02 $\pm$ 0,00a

Diversidad de leguminosas	1,67 ± 0,33a	0,67 ± 0,33ab	1,00 ± 0,00ab	0,33 ± 0,33a
Abundancia de leguminosas	246,33 ± 209,13a	666,67 ± 577,35a	11,00 ± 1,00a	2666,67 ± 4618,80a

**Nota 1:** letras iguales indican que no hay diferencia estadística significativa entre condiciones de estudio (Tukey  $p > 0,05$ ), letras diferentes indican que hay diferencia estadística significativa entre condiciones de estudio (Tukey  $p < 0,05$ ).

**Nota 2:** SA-sistema agroforestal, PM-parcelas de control

En la Tabla 10 se evidencia que existe similitud en las propiedades fisicoquímicas del suelo entre las áreas de estudio, siendo ello sustento para su análisis integral.

Considerando la proporción de partículas granulométricas, gran parte del terreno presenta buena aireación, permeabilidad, textura y estructura, confiriendo características idóneas para su cultivo. En aquellas parcelas en las que la textura es arcillosa, la facilidad de cultivo se ve limitada. Ello se infiere luego de contrastar las características de las parcelas de evaluación con los fundamentos edafológicos presentados por la (Departamento de Edafología y Química Agrícola, 2021).

El pH predominantemente neutro y la ausencia de cationes acidificantes, confiere al suelo la potencialidad de sostener diversos cultivos agrícolas. El pH del suelo permite que la disponibilidad de nutrientes para las plantas sea máxima, ello unido a la elevada cantidad de materia orgánica, y cationes cambiabiles, la fertilidad química del suelo es buena.

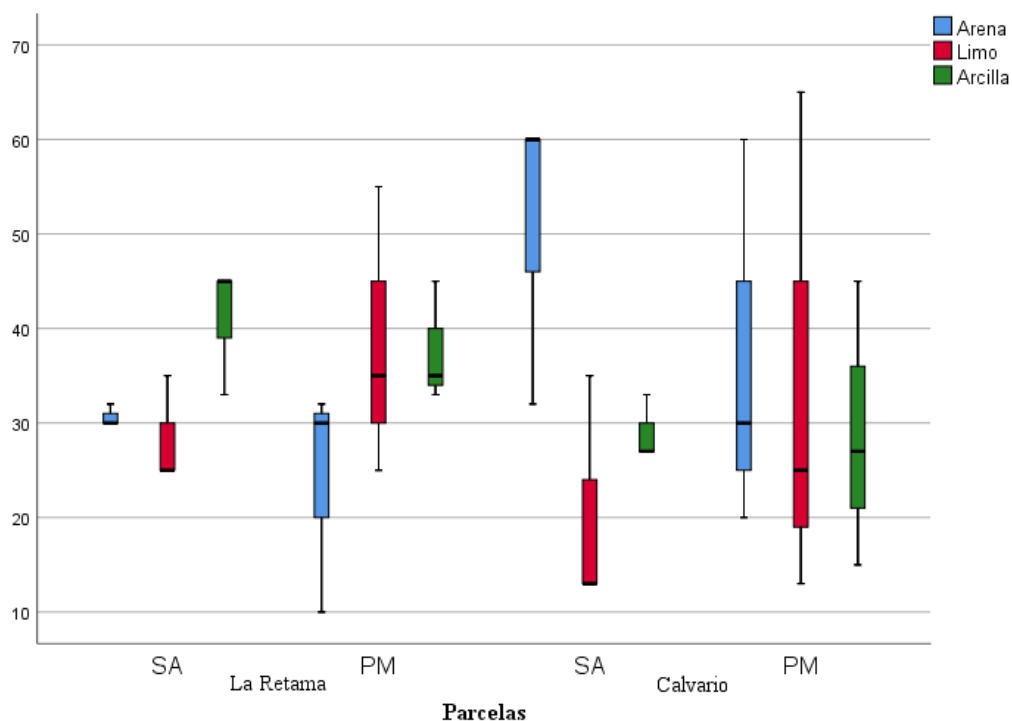
#### **4.2.1. Textura**

La textura del suelo influye en las propiedades fisicoquímicas del suelo, por lo que su caracterización es indispensable.

En la Tabla 10 se observa que no existe diferencia estadística significativa entre condiciones de estudio, registrándose una proporción de arena, limo y arcilla similar en todas las parcelas de evaluación ( $p>0,05$ ) (Figura 12). Estos resultados indican que las propiedades fisicoquímicas del suelo no se encuentran influenciadas por la textura del suelo. Silva Parra *et al.* (2020), al realizar el análisis textural de un sistema agroforestal y un área con pasturas no encontraron diferencia significativa entre áreas de estudio, razón por la cual se infiere que las áreas son comparables.

**Figura 12**

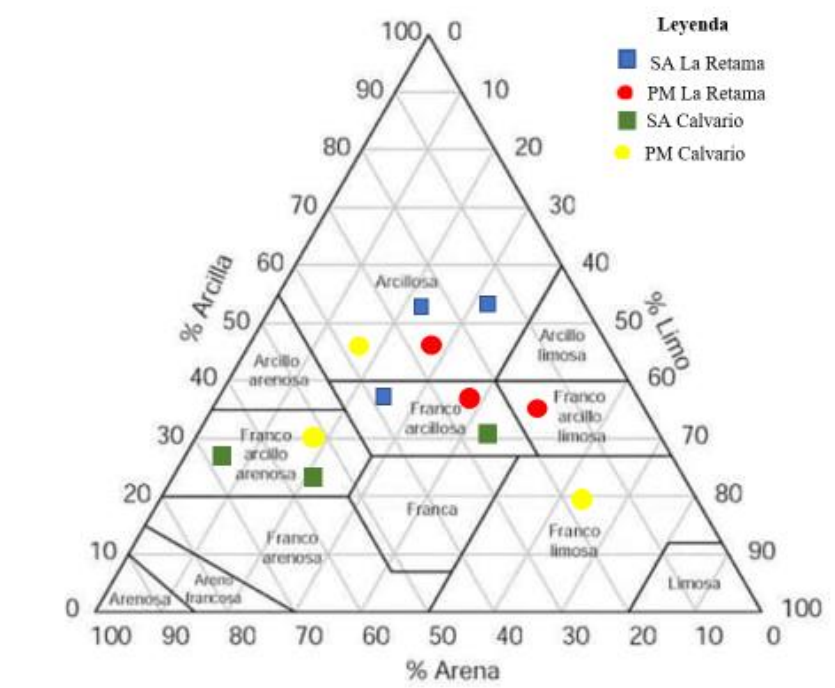
*Proporción de arena, limo y arcilla del suelo del sistema agroforestal y parcelas de control.*



La proporción granulométrica de partículas no se ve influenciada por la especie vegetal cultivada, pero si por el tipo de manejo del suelo, lo cual puede causar la iluviación de arcillas (Novillo Espinoza *et al.*, 2018). Silva Parra *et al.* (2020), indican que los usos de suelo no influyen en la proporción de la fracción granulométrica del suelo de un sistema agroforestal asociado con una especie de leguminosa *Acacia mangium* y un monocultivo.

La proporción de arena, limo y arcilla es determinada por los factores formadores del suelo; es decir, depende del tipo de material parental, tiempo, biota, clima y pendiente del terreno en que evolucionó (Figuroa Jáuregui *et al.*, 2018).

**Figura 13**  
Textura del suelo de las áreas de estudio.



La textura del suelo en el Calvario es predominante franca, habiéndose reportado solo en una de las parcelas de control textura arcillosa (Figura 13). En los suelos francos se favorece la formación de estructura, los procesos físicos (como infiltración y porosidad), químicos (como disponibilidad de nutrientes) y biológicos del suelo (como disponibilidad de oxígeno y distribución de la biota) (Flores Márgez *et al.*, 2013).

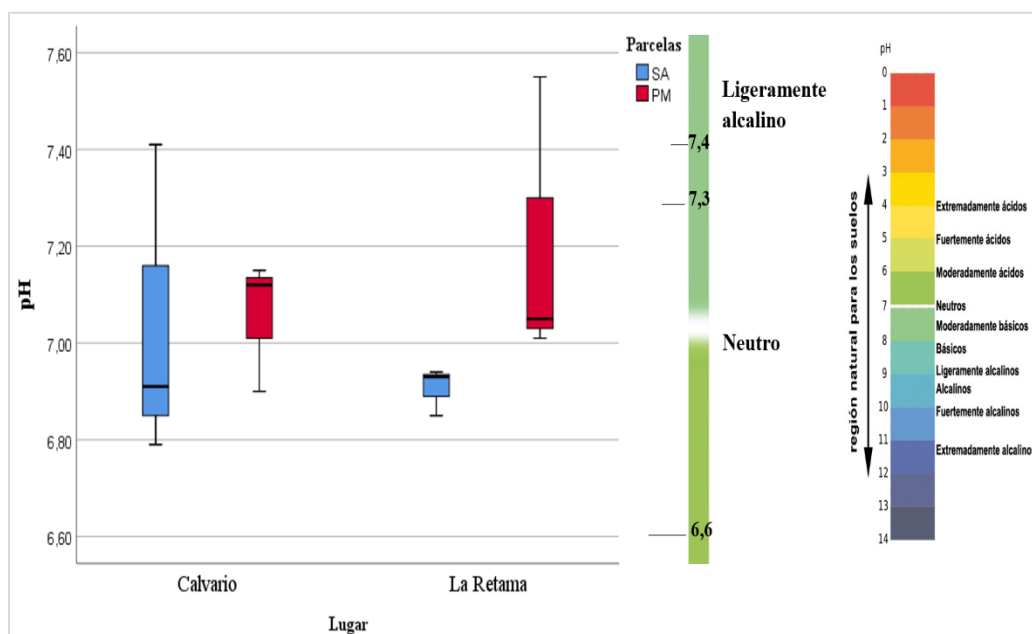
Los suelos de La Retama tienen un porcentaje de arcilla superior a 33 %, encontrándose áreas de textura franca y arcillosa. Los suelos arcillosos son muy activos

desde el punto de vista químico, debido al carácter coloidal y elevada superficie específica de las arcillas que predominan en estos suelos; no obstante, desde un punto de vista físico puede generar limitaciones de drenaje y trabajabilidad para el cultivo (Departamento de Edafología y Química Agrícola, 2021).

#### 4.2.2. pH

En la Tabla 10 se observa que no existe diferencia significativa entre condiciones de estudio, registrándose un pH similar en todas las parcelas ( $p > 0,05$ ).

**Figura 14**  
pH del sistema agroforestal y parcelas de control del Calvario y La Retama.



En la Figura 14 se observa que el pH varía entre 7,55 en el las parcelas de control de La Retama y 6,79 en el sistema agroforestal del Calvario, diferencias no significativas entre condiciones de estudio. Resultados similares registraron Calderón-Medina *et al.* (2018) en un SAF en comparación con un pastizal en la Libertad. Los resultados del presente estudio no concuerdan con lo reportado por Arce Alvarez y Azero Alcocer (2018),

quienes al comparar un sistema agroforestal y uno convencional, encontraron diferencias significativas en el pH entre condiciones de estudio.

El pH es predominante neutro en las parcelas de evaluación, siendo suelos con las mejores propiedades físicas y químicas, sobre todo por la estabilidad estructural, y la disponibilidad de nutrientes suficiente para las plantas, respectivamente (Rosas-Patiño *et al.*, 2017). Cabe indicar que el análisis de laboratorio indica ausencia de cationes acidificantes ( $H^+$  o  $Al^{3+}$ ).

El pH del suelo es predominante determinado por la naturaleza del material parental, el clima, el porcentaje de residuos de la actividad orgánica y el complejo adsorbente (cationes de reacción básica o de reacción ácida) (Departamento de Edafología y Química Agrícola, 2021).

#### **4.2.3. Conductividad eléctrica (C.E)**

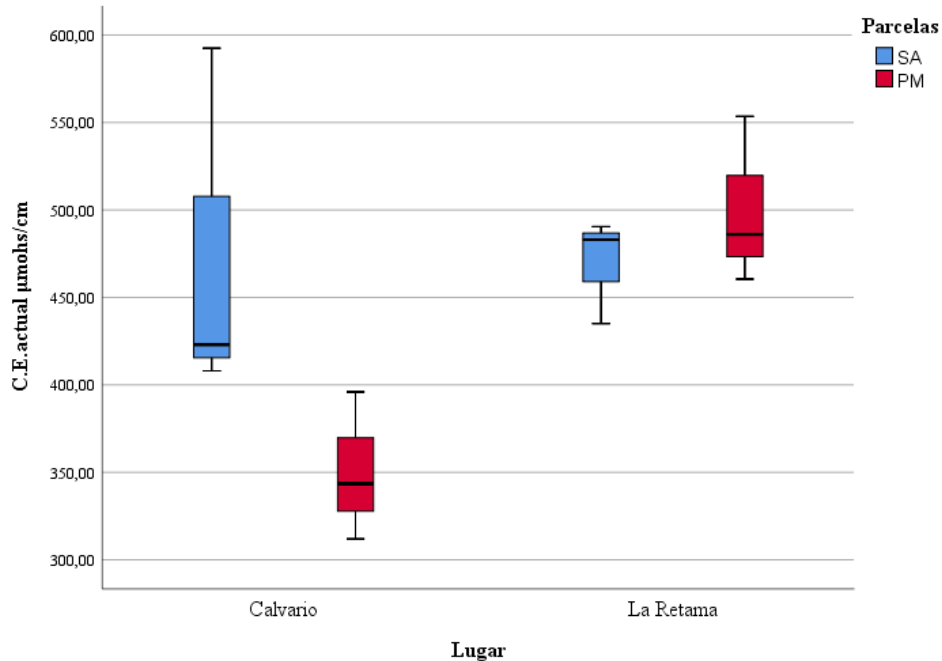
En la Tabla 10 se observa que no existe diferencia significativa entre condiciones de estudio, registrándose una C.E similar en todos los resultados ( $p>0,05$ ).

No se evidencia un comportamiento definido en la C.E. de las parcelas de control y sistema agroforestal (Figura 15). Los valores reportados indican que no existen problemas de salinidad en el área de estudio.

Cabe indicar que algunas leguminosas pueden soportar la salinidad y pH alcalinos (Gómez-Padilla *et al.*, 2017), no habiéndose registrado datos para *E. edulis*.

#### **Figura 15**

*C.E. del sistema agroforestal y parcelas de control del Calvario y La Retama.*



La C.E. está determinada por diversas propiedades fisicoquímicas, siendo la textura del suelo, el contenido de materia orgánica, humedad del suelo, capacidad de intercambio catiónico, salinidad, pH,  $\text{Ca}^{+2}$  y  $\text{Mg}^{+2}$ , tipos de suelo, las más conocidas (Peralta *et al.*, 2013). En muchos suelos, el catión cambiante que ejerce mayor influencia en la C.E. es el  $\text{Na}^+$  (Cortés-D, 2013), siendo baja o nula su concentración en todas las parcelas de evaluación, pues es menor a 0,02 mEq / 100 g de suelo.

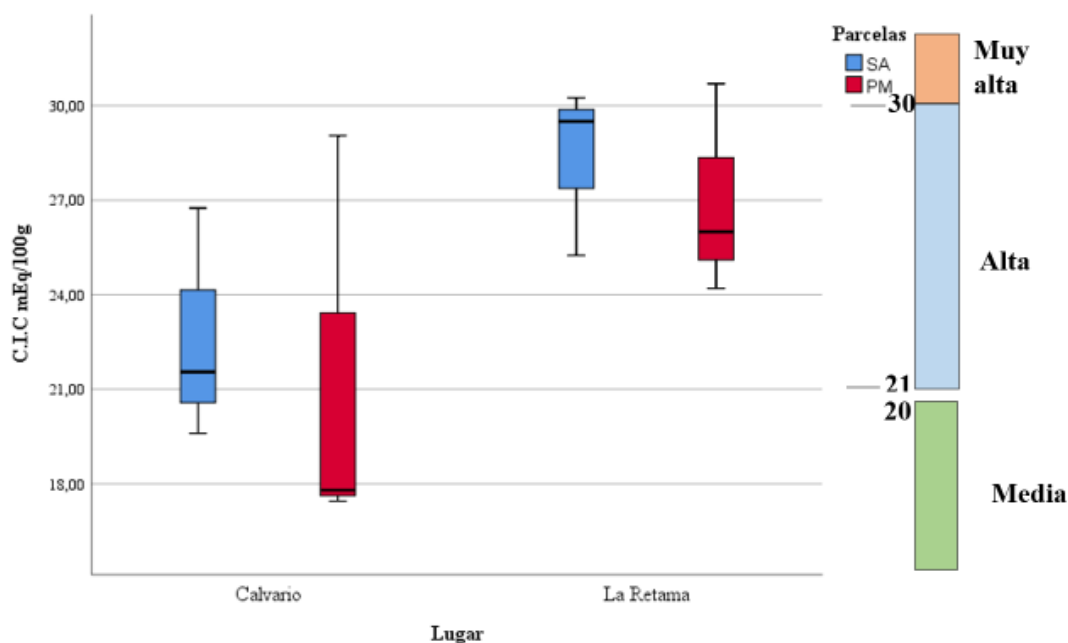
#### 4.2.4. Capacidad de intercambio catiónico (CIC)

En la Tabla 10 se observa que no existe diferencia significativa entre condiciones de estudio, registrándose una concentración de CIC similar en todos los resultados ( $p > 0,05$ ).



**Figura 16**

*CIC del sistema agroforestal y parcelas de control del Calvario y La Retama.*



En la Figura 17 y Tabla 10 se observa que en el sistema agroforestal de La Retama, presenta mayores valores de CIC, con un promedio alto de 28,33 mEq/100 g y en las parcelas de control presenta un valor de 26,97 mEq/100 g, mismo comportamiento se observa en el Calvario, donde CIC en el sistema agroforestal es de 22,63 mEq/100 g, y en las parcelas de control es de 21,43 mEq/100 g. Se puede inferir que en los sistemas agroforestales estudiados existe mayor cantidad y capacidad de retención de nutrientes que en las parcelas de control, inferencia que se realiza en base a lo indicado por diversos autores (Otero *et al.*, 2006; Sadeghian, 2016).

La CIC mide la cantidad de cargas negativas presentes en las superficies de las arcillas y componentes orgánicos del suelo; representa la cantidad de cationes que las superficies pueden retener (FAO, 2022).

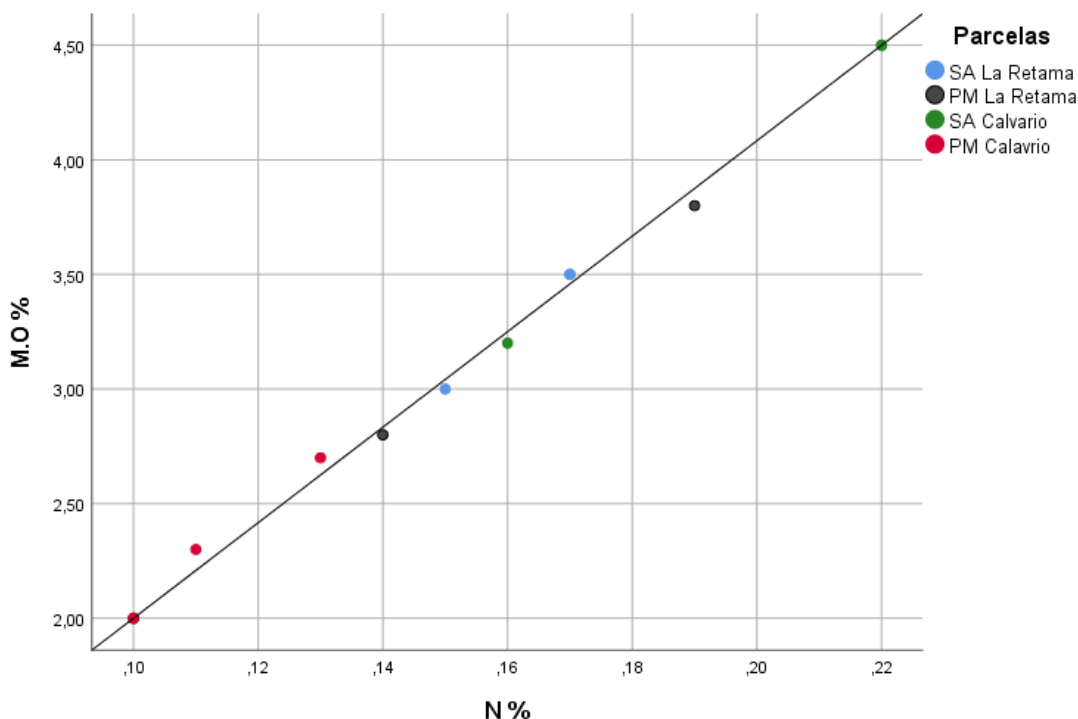
La CIC de las parcelas de evaluación es predominantemente alta, pudiendo inferir que los suelos tienen el potencial de retener abundantes cantidades de cationes cambiabiles, sobre todo en los sistemas agroforestales, donde el promedio es mayor que en las parcelas de control de La Retama y el Calvario.

#### 4.2.5. Nitrógeno y materia orgánica (MO)

En la Tabla 10 y Figura 17 se observa que existe diferencia significativa entre condiciones de estudio, registrándose una concentración significativamente superior ( $4,07\% \pm 0,43a$ ) en la MO del sistema agroforestal con *E. edulis* en el Calvario. Las demás condiciones de estudio presentan similares concentraciones de MO.

**Figura 17**

*Relación MO y N del sistema agroforestal y parcelas de control del Calvario y La Retama.*



El sistema agroforestal del Calvario presenta una mayor concentración de materia orgánica y un valor máximo de 4,50 %, mismo comportamiento se observa en el sistema agroforestal de La Retama, donde se tiene una concentración máxima de 3,5 %.

Negreiros *et al.* (2008), al caracterizar los nutrientes del suelo en áreas en la que se ha establecido cuatro especies leguminosas de un campo rupestre, encontraron diferencias significativas en el contenido de materia orgánica (2,82 %  $\pm$ 0,42b) en comparación a un suelo testigo sin presencia de especies, este valor es inferior a los resultados obtenidos en el sistema agroforestal con *E. edulis* en el Calvario y La Retama.

Lok *et al.* (2019), reportan que el uso de prácticas agroforestales establecidas con leguminosas puede constituir eficazmente en la mejorar de la fertilidad edáfica y favorecen la producción de los pastos y forrajes, puesto que, al utilizar estas prácticas, la materia orgánica se incrementó de 1,18 a 4,96 %; resultados que concuerdan con lo determinado en el estudio.

Arce Alvarez y Azero Alcocer (2018), al comparar un sistema agroforestal y uno convencional, encontraron que los sistemas agroforestales generan cambios significativos en propiedades físicas (densidad aparente), químicas (CIC, pH, CE, N, Pd) y biológicas (MO) de los suelos. Similar situación se encontró en el estudio realizado en el Calvario y La Retama, donde se registró en el sistema agroforestales con *E. edulis* un incremento significativo en el N y MO, mientras que en los demás nutrientes no se registró una diferencia significativa en comparación a las parcelas de control.

Existe diferencia significativa entre condiciones de estudio, registrándose una concentración significativamente superior (0,2 %  $\pm$  0,01a) en el sistema agroforestal con *E.*

*edulis* en el Calvario. Las demás condiciones de estudio presentan similares concentraciones de nitrógeno.

En la Figura 17 se observa la concentración de nitrógeno por lugar de estudio, siendo el sistema agroforestal del Calvario y la Retama los que obtuvieron la mayor concentración media de nitrógeno y un valor máximo de 0,22 % en el Calvario y 0,17 % en la Retama.

Estos resultados se sustentan con lo investigado por Fernández-Hilario (2010), quien afirma que *E. edulis* genera beneficios a los sistemas agroforestal, ya que puede aportar gran cantidad de materia seca; del cual, entre 4,2 y 4,6 % representa el contenido de nitrógeno. Las podas permiten que el nitrógeno presente en las hojas regrese al suelo mejorando su fertilidad. Esto se corrobora con los estudios realizado por Garza-Lau *et al.* (2020), quienes reportaron que las leguminosas del género *Erythrina* incrementan la fertilidad del suelo mediante fijación biológica de nitrógeno.

Resultados similares obtuvieron Cardona y Sadeghian (2005), quienes al caracterizar la fertilidad del suelo de un monocultivo y un sistema agroforestal de *Inga edulis*, encontraron que esta especie mejora las propiedades físicas y químicas del suelo, incrementando en el contenido de materia orgánica y nitrógeno.

Lok *et al.* (2019), en su estudio realizado reportaron que las prácticas agroforestales con leguminosas mejoran la fertilidad edáfica de los suelos, puesto que el contenido de nitrógeno incrementó en sus dos áreas de estudio de 0,12 a 0,25 % y 0,12 a 0,22 %, resultados que guardan similitud con lo determinado en el Calvario y La Retama.

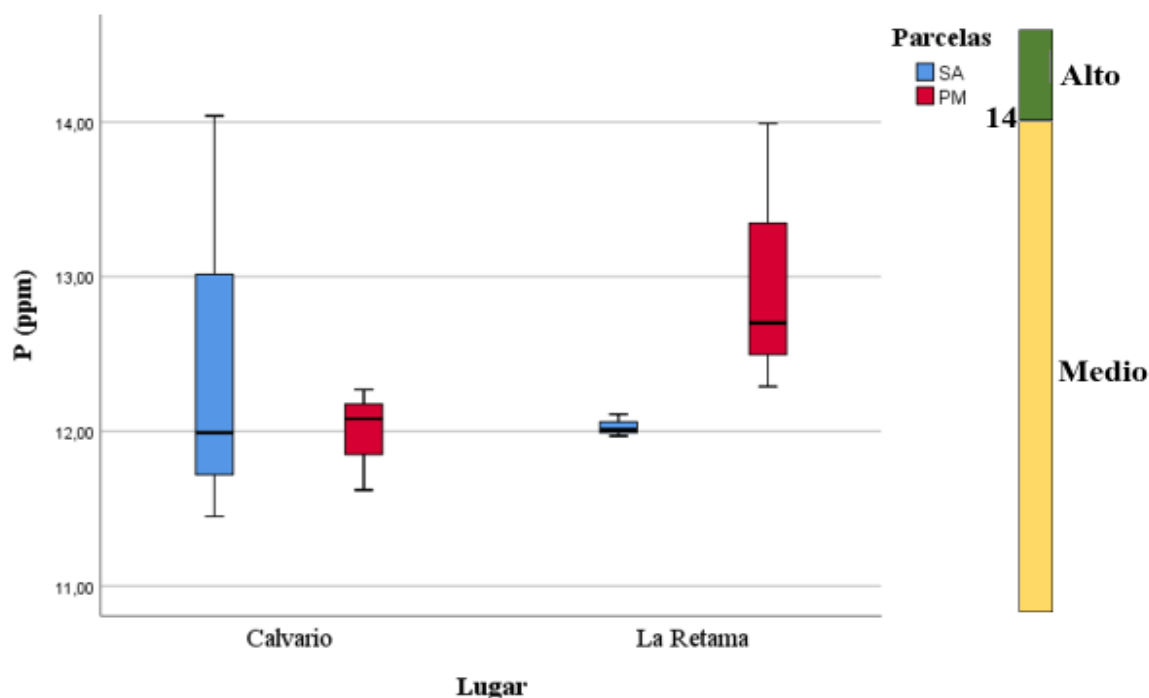
Bueno López y Camargo García (2015), comprobaron que la leguminosa *Leucaena leucocephala* genera grandes beneficios al suelo de un sistema silvopastoril ya que puede aportar gran cantidad de nitrógeno de (0,39 %) equivalente a 250 kg/ha ( $P < 0,05$ ), valor superior a lo reportado en el sistema agroforestal con *E. edulis*.

Apaza y Regis (2021), en su investigación realizada para conocer la eficiencia de las leguminosas en el aporte de nutrientes al suelo, en uno de sus tratamientos registraron un aporte de nitrógeno de 0,030 %, valor inferior a lo obtenido en el sistema agroforestal con *E. edulis* en el Calvario y La Retama.

#### 4.2.6. Fósforo (P) y potasio (K)

**Figura 18**

*P* del sistema agroforestal y parcelas de control del Calvario y La Retama.



En la Tabla 10 y Figura 18 se observa que no existe diferencia significativa entre condiciones de estudio, registrándose una concentración de P similar en todos los resultados

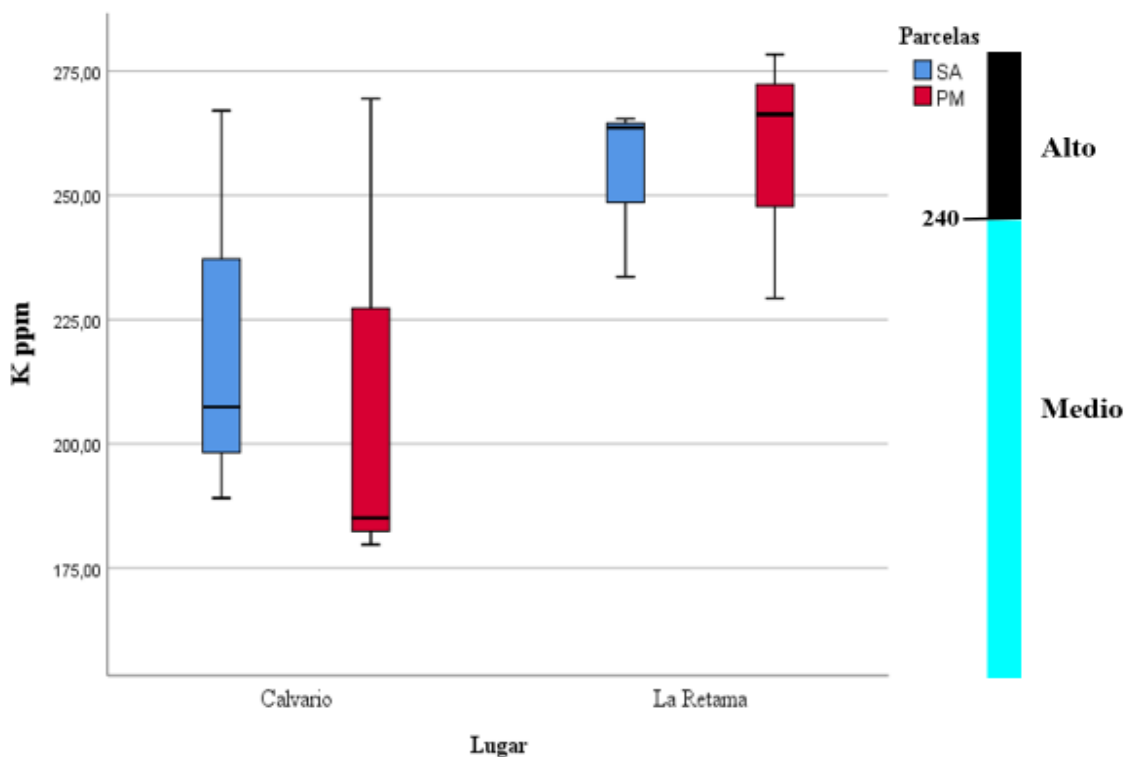
( $p > 0,05$ ). La disponibilidad de P en los suelos evaluados es predominantemente media, siendo la fertilidad adecuada para algunos cultivos agrícolas.

Apaza y Regis (2021), en su investigación acerca de las leguminosas registraron, en uno de los tratamientos, un contenido de P de 3,01 ppm, valor inferior a lo encontrado en los sistemas agroforestales de La Retama y Calvario.

En el suelo, el fósforo se presenta casi exclusivamente como orto fosfatos, encontrándose formando sales en solución, sales cristalinas o sales absorbidas por los coloides del suelo (Munera Vélez y Munera Vélez, 2012). El P puede estar en la solución del suelo, adsorbido en la superficie de las arcillas, fijado entre la capa de arcilla y en los minerales primarios del suelo (Ramos *et al.*, 2006).

**Figura 19**

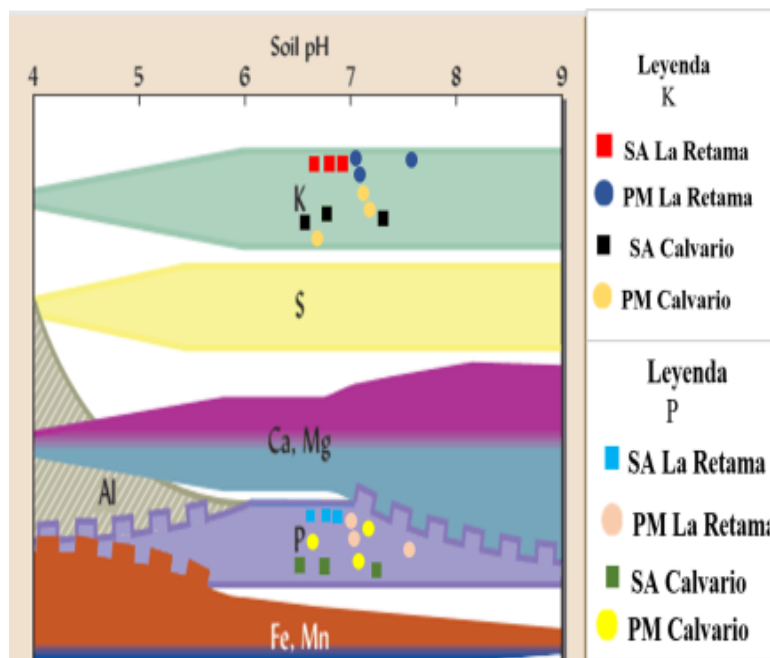
*K del sistema agroforestal y parcelas de control del Calvario y La Retama.*



En la Figura 19 y Tabla 10 se observa que no existe diferencia significativa entre condiciones de estudio, registrándose una concentración de K similar en todos los resultados ( $p > 0,05$ ). Según el Reglamento de Clasificación de Tierras Perú (2011), en la Retama, la concentración de K en el suelo es alta, teniendo como promedio en el las parcelas de control 257,97 ppm y sistema agroforestal 254,21 ppm, además presentan mayor concentración media de K que el Calvario. En el Calvario, la concentración de K en el suelo es media, siendo el sistema agroforestal con *E. edulis* el que obtuvo valores mayores con un promedio de 221,16 ppm.

**Figura 20**

*Disponibilidad de P y K según pH del suelo de las parcelas de evaluación.*



Apaza y Regis (2021), en su estudio acerca de las leguminosas, registraron un contenido de potasio de 83,67 ppm en (Vicia y Tarwi) valor menor a lo encontrado en La Retama y Calvario.

La disponibilidad de P y K depende del pH del suelo, llegando a su mayor disponibilidad para las plantas, cuando el pH es neutro (Figura 20). Considerando que el pH del suelo es predominantemente neutro en las parcelas de evaluación, la disponibilidad de estos macroelementos es máxima.

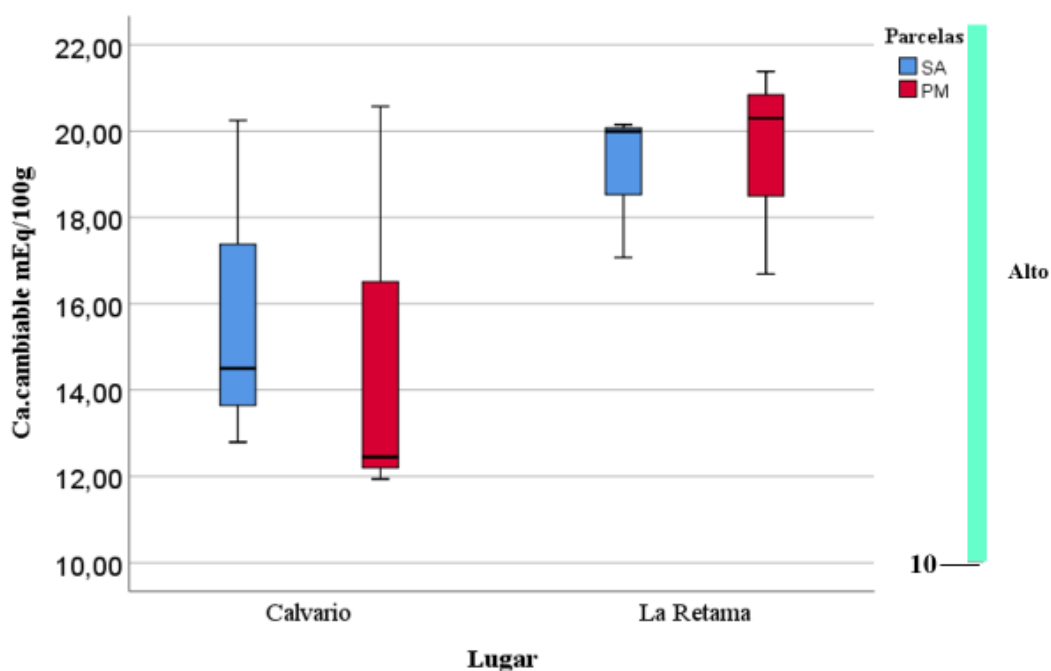
#### 4.2.7. Cationes cambiables

##### *Ca cambiabile*

En la Tabla 10 se observa que no existe diferencia significativa entre condiciones de estudio, registrándose una concentración de limo similar en todos los resultados ( $p > 0,05$ ).

**Figura 21**

*Ca Cambiable del sistema y parcelas de control del Calvario y La Retama.*



En la Figura 21 se observa que en las parcelas de control y el sistema agroforestal de La Retama presentan mayor concentración de calcio con un valor máximo de 21,38



mEq/100 g. En el sistema agroforestal y parcelas de control del Calvario presentan una menor concentración de Ca con un valor Máximo de 20,50 mEq/100 g. Se recalca que en ambos lugares la concentración de Ca es alta.

Las altas concentraciones de calcio se atribuyen a que los suelos presentan porcentajes altos de arcilla (Espinoza *et al.*, 2021). El suelo en la Retama presenta mayor concentración de Ca, lo que se puede atribuir a la alta proporción de arcilla, en cambio en el área de estudio del Calvario las concentraciones de Ca son menores y el porcentaje de arcilla también (Figura 12).

Andrade y Martínez (2014) reportan que la falta de calcio en el suelo se presenta mayormente en suelos con pH ácidos y los suelos con pH aproximados a 8,5 suelen contener grandes cantidades de calcio. En área de estudio del Calvario y La Retama se encontraron pH de neutros a ligeramente alcalinos (Figura 14).

### ***Mg cambiabile***

En la Tabla 10 se observa que no existe diferencia significativa entre condiciones de estudio, registrándose una concentración de Mg similar en todos los resultados ( $p > 0.0$ ).

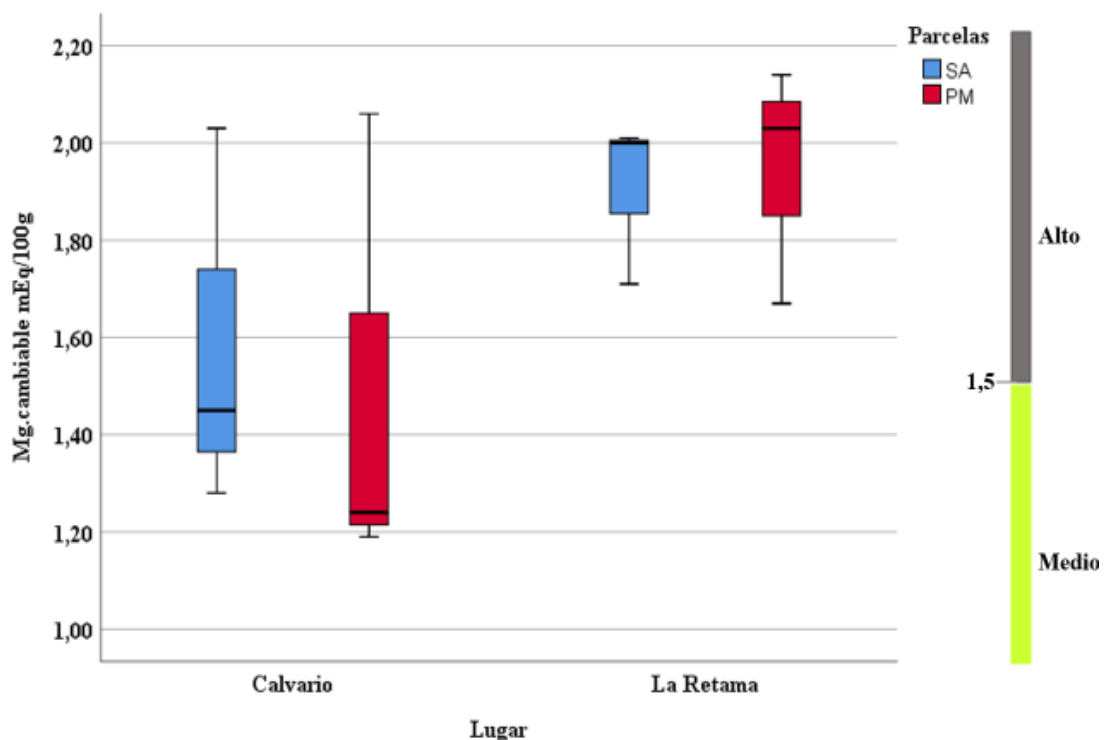
En la Figura 22 se evidencia que, en los sistemas agroforestales y parcelas de control de La Retama y Calvario, la concentración de Mg es alta, a diferencia de las parcelas de control ubicado en el Calvario, que presentó una concentración media. No existe diferencias significativas en la concentración de Mg entre las condiciones de estudio.

Los resultados presentan similitud con la investigación realizada por Vargas *et al.* (2021) quienes reportaron que las leguminosas *Erythrina poeppigiana* y *Flemingia*

*macrophylla*, como cultivos acompañantes, aportaron una alta cantidad de Ca y Mg en un sistema agroforestal de la amazonia ecuatoriana, además mejoró el rendimiento de un cultivo de *Selenicereus undatus*.

**Figura 22**

*Mg Cambiable del sistemas agroforestales y parcelas de control del Calvario y La Retama.*



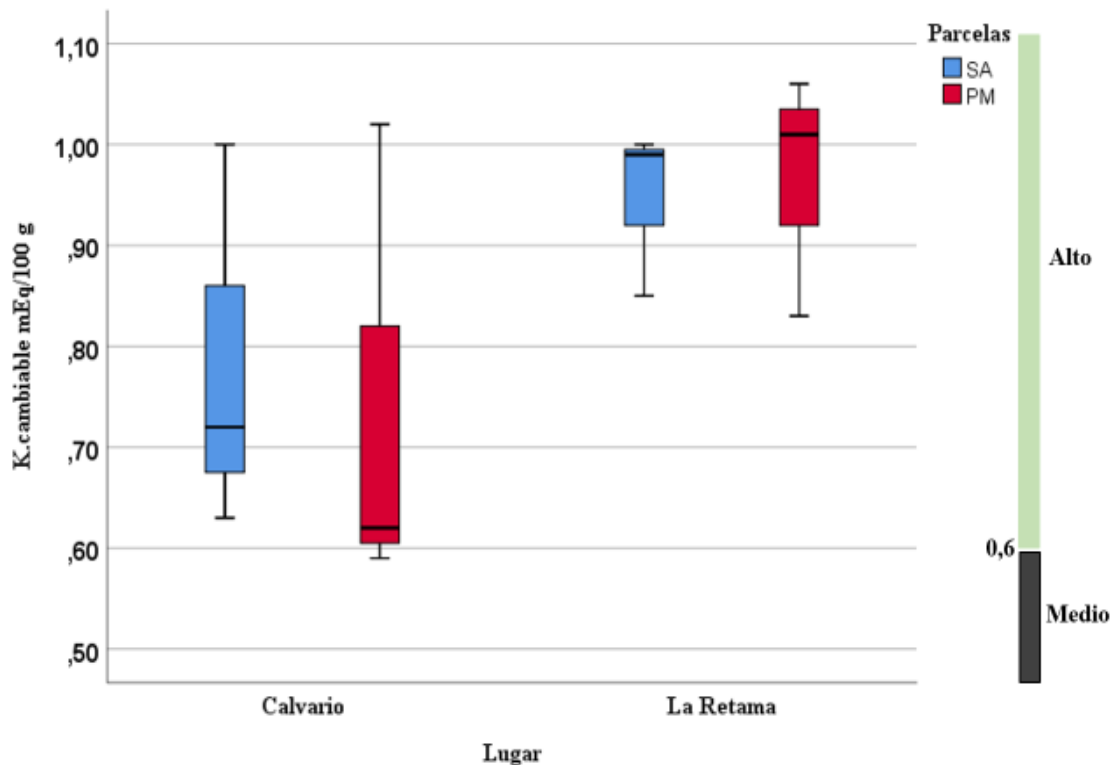
Rivero-Herrada *et al.* (2020), reportaron que el valor de magnesio y calcio tuvieron un nivel bajo no significativo en un monocultivo asociado con *Phaseolus vulgaris* L. resultado que concuerda con determinado en el estudio realizado.

### **Potasio cambiante (K)**

En la Tabla 10 se observa que no existe diferencia significativa entre condiciones de estudio, registrándose una concentración de K cambiante similar en todos los resultados ( $p > 0.0$ ).

**Figura 23**

*K cambiabile del sistema agroforestal y parcelas de control del Calvario y La Retama.*



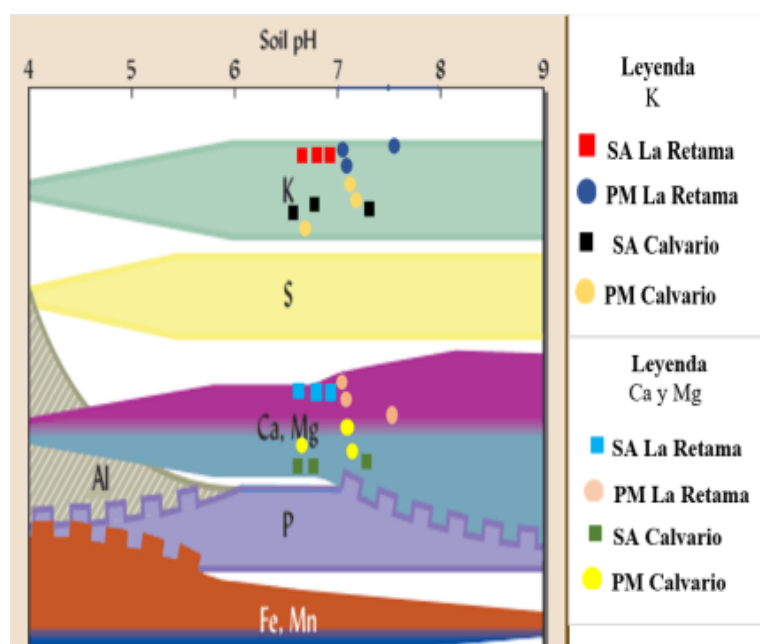
En la Figura 23 se evidencia que las parcelas de control y el sistema agroforestal en La Retama presenta mayor concentración media de K cambiabile, registrándose un valor máximo de 1,06 mEq/100 g en las parcelas de control. Mismo comportamiento se observa en el sector Calvario donde el sistema agroforestal presenta mayor concentración media (0,72 mEq/100 g) y un valor máximo de 1,02 mEq/100 g en las parcelas de control. Se recalca que en ambos lugares la concentración de K es alta a excepción de las parcelas de control del Calvario que va desde medio a alto.

Sadeghian (2016) indica que cuando se presentan concentraciones bajas de bases cambiables (Ca, Mg, K), puede ser evidencia de pérdida de nutrientes y la toxicidad de

aluminio puede incrementar. En resultados obtenidos en los estudios, la concentración de calcio, magnesio y K es alta, lo que indica buena concentración de nutrientes. Cabe recalcar que no se presentó aluminio cambiante (Al) en el suelo.

Ademas, Pérez López (2013), reporta que los cationes cambiables, o llamadas también bases (Ca, Mg y K), corresponde a la cantidad total de nutrientes del suelo que puede ser aprovechable por las plantas y adheridas al complejo coloidal. La disponibilidad de micronutrientes también es dependiente del pH del suelo, siendo en todas las parcelas de evaluación, la disponibilidad alta (Figura 24).

**Figura 24**  
Disponibilidad de Ca, Mg y K según pH del suelo.



Las leguminosas se consideran cultivos mejoradores de la calidad del suelo gracias a la propiedad de fijar el nitrógeno del aire. El trébol es una de las herbáceas que presenta características importantes al actuar en simbiosis con bacterias que asimilan el nitrógeno

atmosférico (Izquierdo *et al.*, 2006). El empleo del follaje de árboles leguminosos como mulch o abono verde contribuye al incremento de la fauna edáfica y a su diversidad, además mejoran la fertilidad del suelo, repercute en la calidad biológica de los suelos y en la sostenibilidad económica y ecológica del sistema (Simón *et al.*, 2005).

Bianco y Cenzano (2018) manifiestan que las leguminosas y su simbiosis pueden adoptarse para la restauración de ecosistemas degradados y mantenimiento de las biodiversidades; además, el sistema radical y la taxonomía Rizobiana, proporcionan a las especies tolerancia a distintos factores de estrés como salinidad, sequia, pH alcalino y baja fertilidad.

Se registró diferencia estadística significativa en la concentración de materia orgánica y nitrógeno, en las demás propiedades fisicoquímicas del suelo no se encontró diferencia significativa entre condiciones de estudio; no obstante, la fertilidad del suelo es de media a alta en el sistema agroforestal. Estos resultados guardan concordancia con el estudio realizado por Quilcate Pérez (2019), quien evaluó la fertilidad de tres sistemas agroforestales instalados en suelos degradados; no encontró diferencia significativa entre las condiciones de estudio; no obstante, en el sistema agroforestal conformado por especies de la familia Fabaceae, presentó mejores resultados.

La investigación evidenció que, *E. edulis* instalada en sistemas agroforestal incrementa la concentración de materia orgánica y nitrógeno del suelo; ello implica que, puede ser utilizada ampliamente en cultivos agrícolas, pues permitirá reducir la fertilización química, y con ello los costos de producción e impactos ambientales negativos, como acidificación de suelo y eutrofización del agua. Asimismo, el aporte constante de materia

orgánica que realiza esta especie vegetal permite mantener el agua y nutrientes del suelo, debido al incremento CIC.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES

Los sistemas agroforestales con *E. edulis* contribuyen al mejoramiento de la fertilidad del suelo, dado que se reporta un incremento significativo de nitrógeno y materia orgánica en los primeros 25 cm de profundidad del suelo con respecto a las parcelas de control.

La diversidad florística de los sistemas agroforestales de la Retama y el Calvario está compuesta por seis especies arbóreas, siete arbustivas y cinco herbáceas, siendo la especie más abundantes en el componente arbóreo *E. edulis*. En las parcelas de control se registraron siete especies herbáceas, reportándose entre ellas, una leguminosa (*T. pratense*). No se registró diferencia estadística significativa en la diversidad y abundancia de especies.

Se registró diferencias estadísticas significativas ( $p < 0,05$ ) en el contenido de nitrógeno ( $0,2 \% \pm 0,02a$ ) y materia orgánica ( $4,07 \% \pm 0,43a$ ) entre el sistema agroforestal con *E. edulis* del sector Calvario y las parcelas de control, siendo superior en el sistema agroforestal. La concentración de fósforo, potasio y cationes cambiabiles es de media a alta en las parcelas de control y sistema agroforestal, no existiendo diferencias significativas entre estudios.

La textura, pH, CIC y C.E, no presentan diferencias estadísticas significativas entre el sistema agroforestal y parcelas de control ( $p > 0,05$ ).

## RECOMENDACIONES

A la comunidad científica se sugiere profundizar las investigaciones en leguminosas nativas del departamento de Cajamarca ya que son especies que contribuyen a mejorar la fertilidad del suelo.

A los gobiernos regionales y universidades se recomienda brindar información y asesoramiento acerca de los sistemas agroforestales, para que los agricultores puedan realizar una asociación correcta de sus cultivos, aprovechando especies que mejoran la fertilidad de los suelos.

A la comunidad estudiantil de la Universidad Nacional Autónoma Chota y las diversas instituciones, se les sugiere difundir información acerca de la importancia que tiene la especie *Erythrina edulis*.



## CAPÍTULO VI

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Apaza, P., Regis, D. (2021). *Efecto de coberturas con leguminosas para reducir la erosión hídrica y mejorar la calidad del suelo en el cultivo de quinua (Chenopodium quinoa Willd) - Puno* (tesis Doctoral), Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.
- Argote, G., Aguirre, L., Flores, E. (2013). Frecuencia de *Trifolium amabile* kunth (Fabaceae) en dos sitios del altiplano de Puno, Perú. *Ecol. apl*, 12(2), 84-89. doi: [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1726-22162013000200003&lang=es](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-22162013000200003&lang=es).
- Benimeli, M. F., Plasencia, A., Corbella, R. D., Guevara, D. A., Sanzano, A., Sosa, F. A., y Fernández, J. (2019). El nitrógeno del suelo. *Facultad de Agronomía y Zootecnia, I(1)* 1-11. recuperado de : [file:///C:/Users/ANALI/Downloads/El%20nitrogeno%20del%20suelo%202019%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/ANALI/Downloads/El%20nitrogeno%20del%20suelo%202019%20(1).pdf).
- Bolaños, A., Azero, M., y Morales, E. (2014). Evaluación de la influencia de tres especies: tunal (*Opuntia ficus-indica* L.), chacatea (*Dodonea viscosa* Jacq.) y molle (*Schinus molle* L.) sobre las propiedades edáficas de un sistema agroforestal sucesional en Combuyo – Vinto. *RevActaNova* 6(4), 395-414.
- Calderón-Medina, C. L., Bautista-Mantilla, G. P., y Rojas-González, S. (2018). Propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo, indicadores del estado de diferentes ecosistemas en una terraza alta del departamento del Meta. *ORINOQUIA*, 22(2), 141-157. doi: <https://doi.org/10.22579/20112629.524>.
- Cerón Rincón, L., y Aristizábal Gutiérrez, F. (2012). Dinámica del ciclo del nitrógeno y fósforo en suelos. *Colomb. Biotecnol*, 14 (1), 285-295. doi: 77624081026.
- Drew Roca, N. A., y De la Barra Ricaldes, N. (2018). Efectos de un incendio forestal en el comportamiento de especies vegetales de consorcios agroforestales y descripción de la sucesión ecológica inicial en Combuyo Cochabamba. *researchgate*, 1(1), 87-104.
- Espinoza, L., Slaton, N., y Mozaffari, M. (21 de Abril de 2021). *Interpretración de analisis de suelo*. Obtenido de University of Arkansas System: <https://www.uaex.uada.edu/publications/PDF/FSA-2118SP.pdf>.

- Garza-Lau, R., Maldonado-Torres, R., Álvarez-Sánchez, M. E., y Torres-Rivera, J. A. (2020). Caracterización de especies arbóreas asociadas al cultivo de café. *Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 11(1), 25-32. doi: <https://doi.org/10.29312/remexca.v11i1.2210>.
- Gómez-Padilla, E., Ruiz-Díez, B., Fajardo, S., Eichler-Loebermann, B., Samson, R., Van-Damme, P., Fernández-Pascual, M. (2017). Caracterización de rizobios aislados de nódulos de frijol caupí, en suelos salinos de Cuba. *Cultivos Tropicales*, 38(4), 39- 49. Recuperado de: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0258-59362017000400009&lang=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362017000400009&lang=es).
- González, L., Rodríguez, C., y Ferro, J. (2017). Métodos de inventario de plantas. *ResearchGate*, 1 (2), 62-84. Recuperado de: <https://www.researchgate.net/publication/340917329>.
- Inciarte, I., Pérez, A., Hernández, E., Sandoval, C., y Otálora, F. (2015). Presencia del chachafruto (*Erythrina edulis* Triana ex Micheli) en estado Merida Venezuela. *CLIC*, 10(6), 140-153. Recuperado de: <https://convite.cenditel.gob.ve/revistacllic/index.php/revistacllic/article/view/570/529>.
- INIA. (2015). *Semana de la ciencia y tecnología ornada de puertas abiertas*. recuperado de: <http://inia.uy/Documentos/P%C3%BAblicos/INIA%20Tacuaremb%C3%B3/2015/EI%20Suelo%2020%20de%20mayo.pdf>.
- La Torre, M. I., Alegría, J., Refulio, N., y Sánchez, I. (2006). Poaceae endémicas del Perú. *Rev. peru. biol*, 13(2), 879- 891. Recuperado de: <http://sisbib.unmsm.edu.pe/BVRevistas/biologia/biologiaNEW.htm>.
- Moreno-Guerrero, V., Ortega-Baranda, V., Sánchez-Bernal, E. I., y Nieto-Castañeda, I. G. (2020). Descripción del Descripción del estrato arbóreo en combinación con café rústico en una selva mediana subperennifolia, Jocotepec, Oaxaca. *Terra Latinoam*, 38 (2), 413-423. doi: <https://doi.org/10.28940/terra.v38i2.626>.
- Negreiros, D., Borges Moraes, M. L., y Fernández, G. W. (2008 ). Caracterización de la fertilidad del suelo cuatro legumbres de rupestres fields, sierra. *R.C.Suelo Nutr. Veg*, 8 (4) , 30-39. doi: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-27912008000300003> .
- Pereira, Maycotte, Restrepo, y Montes. (2012). *Sistemas Agroforestales*. Colombia : Espacio Gráfico Comunicaciones.
- Poma, W., y Alcántara, G. (2011). *Estudios de Suelos y Capacidad de Uso Mayor del Departamento de Cajamarca*. Obtenido de [zeeot.regioncajamarca.gob](http://zeeot.regioncajamarca.gob): <https://zeeot.regioncajamarca.gob.pe/sites/default/files/INFSUELOSZEE091.pdf>

- Sadeghian, S. (2016). La acidez del suelo una limitante comun para producción de café . *Cinecafe*, 1(466) , 1-12. Recuperado de: <http://www.cenicafe.org/>.
- Saldaño, D., y Claire, T. (2016). Alternativas de agricultura de conservación de suelos a través de la incorporación de leguminosas. *INFO-INIAF*, 1(7), 12-18. doi: <http://200.87.123.100/ojs/index.php/Info-Iniaf/article/view/71>.
- Sánchez, B., Ruiz, M., y Ríos, M. M. (2005). Materia orgánica y actividad biológica del suelo en relación con la altitud, en la cuenca del río Maracay, estado Aragua1. *Agronomía Trop*, 56 (4), 507-534. doi: [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0002-192X2005000400004](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2005000400004).
- Silva Parra, A., Rodríguez Rojas, B. A., y Vargas Arrieta, N. (2020). Análisis textural en la regulación de funciones ecosistémicas en sistemas agroforestales de un oxisol de Piedemonte Llanero en época seca, Colombia. *Idesia*, 38(3) , . doi: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292020000300043> .
- Velásquez Holguín, L. F., Montoya Yepes, D. F., Jiménez Rodríguez, Á. A., Murillo Arango, W., y Méndez Arteaga, J. J. (2019). *Género Erythrina : actualidad en la investigación y perspectivas de desarrollo científico* (1ª. ed. ed.). Colombia: Universidad del Tolima. recuperado de: <https://www.researchgate.net/publication/335704326>.
- AGROLAB, G. D. (2005). *Laboratorio Análisis Técnicos, S.A. de C.V. Laboratorio Acreditado ISO 17025*. México: AGROLAB.
- Aguilar, M. A. (2016). *Evaluación De Tres Abonos Verdes, Mezclas De Leguminosa Más Gramínea, Crucífera Y Amaranthaceae, En Los Suelos Agrícolas Degradados Del Cantón Bolívar*. (tesis de pregrado) Universidad Tecnica de Ambato, Ecuador.
- Agulilar, R. (2016). Agroforestería una propuesta para el desarrollo sostenible de la agricultura en la cordillera Chongon Colonche - Ecuador. *Desarrollo Local Sostenible*, 9(25), Recuperado de: <http://www.eumed.net/rev/delos/25/agroforesteria.htm>.
- Andrades, M., y Martínez, E. (2014). *Fertilidad del suelo y sus parametros que lo definen* (Tercera ed.). Rioja: Universidad de Rioja servicio de publicaciones . Obtenido de [file:///C:/Users/ANALI/Downloads/Dialnet-FertilidadDelSueloYParametrosQueLaDefinen-267902%20\(3\).pdf](file:///C:/Users/ANALI/Downloads/Dialnet-FertilidadDelSueloYParametrosQueLaDefinen-267902%20(3).pdf)
- Arce Alvarez, A., y Azero Alcocer, M. (2018, ). Evaluación comparativa de la calidad de suelos en sistemas agroforestales dinámicos versus sistemas convencionales en el semiárido de Cochabamba, Bolivia. *researchgate*, 1(1) , 105-132.

- Arnold, M., y Osorio, F. (1998). Introducción a los conceptos básicos de la teoría general de sistemas. *Redalyc*, 3 (1)(3), 1-12. doi: 10100306.
- Ariza1, C. A., y Almanza-Merchán, P. J. (2012). Identificación y clasificación en biotipos de malezas asociadas con el cultivo de palama de aceite. *Ciencia y Agricultura* 9 (2), 87-96.
- Alvarado-Huamanl, L., Castro-Cepero, V., Tejada-Soraluz, J. T., Borjas-Ventura, R., y Julca-Otiniano, A. (2019). Hongos y nematodos asociados a malezas presente en el cultivo de café (*Coffea arabica l.*) en la Selva central del Perú. *Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales* 6 (2), 37-45
- Bianco, L., y Cenzano, A. (2018). Leguminosas nativas: estrategias adaptativas y capacidad para la fijación biológica de nitrógeno. *SciELO*, 36(4), 1-10. doi: doi.org/10.4067/S0718-34292018005002601.
- Borja, M., y Byron, D. (2015). *Adaptabilidad de la Leguminosa Canavalia ensiformis en comparación con Pueraria phaseoloides en la zon de Limoncito, para mejorar las características físico-químicas del suelo.* (Tesis de grado) Universidad Nacional Guayaquil-Ecuador. Recuperado de: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/12110>.
- Bueno López, L., y Camargo García, J. C. (2015). Nitrógeno edáfico y nodulación de *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit en sistemas silvopastoriles. *SciELO*, 64(4), 349-354. doi: <http://dx.doi.org/10.15446/acag.v64n4.45362>.
- Burbano, H. (2016). El suelo y su relación con los servicios ecosistémicos y la seguridad alimentaria. *Cienc. Agr.* 33(2), 117-124. doi: <http://dx.doi.org/10.22267/rcia.163302.58>.
- Cabrera, M. L. (2007). Mineralización y Nitrificación : procesos claves en el ciclo del nitrógeno. *IPNI*, 1(34), 1-10. Recuperado de : [http://www.ipni.net/publication/ia-lacs.nsf/0/77FA8167A21708978525799500785679/\\$FILE/Cabrera-IA34.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-lacs.nsf/0/77FA8167A21708978525799500785679/$FILE/Cabrera-IA34.pdf).
- Castillo, R., Vecino, U., Cedié, Y., y Dixon, Y. (2011). Leguminosas nativas en áreas ganaderas de la Isla de la juventud, Cuba. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 15(2), 13-27. doi: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=83719236002>.
- Castro, E., Mojica, J., Corrulla, J., y Lascano, C. (2018). Abonos verdes de leguminosas: integración en sistemas agrícolas y ganaderas del trópico. *Agronomía mesoamericana*, 29(3), 711-729. doi: 10.15517/ma.v29i3.31612.E
- Conti, M. E. (07 de 05 de 2007). *Dinámica de la Liberación y Fijación de Potasio en el Suelo.* Obtenido de engormix: <https://www.engormix.com/agricultura/articulos/ciclo-potasio-en-suelo-t27101.htm>

- Córdova, G. E. (2018). *Análisis químico proximal de granos y harina de “Pajuro” (Erythrina edulis) y elaboración de una bebida proteica con sabor a chocolate*. (tesis doctoral) Universidad Cayetano Heredia Lima .
- Cardona C., Diego A., Sadeghian, Kh. S.(2005). Caracterización de la fertilidad del suelo en monocultivos de cafe (*Coffea Arabica*) y bajo sombrío de guamo (*Inga ssp*). *Colombia Forestal*, 9(18), 87-97. doi: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=423939557007>.
- Cruz, B. d. (18 de 04 de 2009). *Sistemas Agroforestales: Ventajas y Desventajas*. Obtenido de G:\eritrina edulis\marco teorico\Sistemas Agroforestales\_ Ventajas y Desventajas - eDiálogo.html.
- Campillo R., Ricardo, Urquiaga C., Segundo, Pino N., Inés y Montenegro B., Adolfo (2003) Estimación de la fijación biológica de nitrógeno en leguminosas forrajeras mediante la metodología del 15N [en línea]. *Agricultura Técnica*. Disponible en: <https://biblioteca.inia.cl/handle/20.500.14001/39938> (Consultado: 25 enero 2022)
- Diego L. Cortés-D, D. L., Pérez-B, J. H., Camacho-Tamayo, J. H. (2013). Relación espacial entre la conductividad eléctrica y algunas propiedades químicas del suelo. *Revista U.D.C.A Actualidad y Divulgación Científica* 16 (2): 401 – 408. URL. <http://www.scielo.org.co/pdf/rudca/v16n2/v16n2a14.pdf>.
- Departamento de Edafología y Química Agrícola (2021). Introducción a la edafología. [edafologia.ugr.es](http://edafologia.ugr.es). Universidad de Granada. Recuperado de: <http://edafologia.ugr.es/introeda/tema05/ccc.htm>.
- Escamilo Cárdenas, S. (2012). El Pajuro (*Erythrina edulis*) Alimento Andino en extinción. *Investigaciones sociales*, 16(28), 97-104. doi: <https://doi.org/10.15381/is.v16i28.7389>.
- Espinoza Córdova, G. (2018). *Análisis químico proximal de granos y harina de “Pajuro” (Erythrina edulis) y elaboración de una bebida proteica con sabor a chocolate*. (Tesis de pregrado). Universidad Cayetano Heredia, Lima.
- Espinoza, W., Krishnamurthy, L., Vázquez, A., y Torres, A. (2011). Almacenamiento de carbono en sistemas agroforestales con café. *Chapingo serie ciencias forestales y del ambiente*, 18(1), 57-70. doi: 0.5154/r.rchscfa.2011.04.030 <http://www.chapingo.mx/revistas>.
- FAO. (2002). *Los fertilizantes y su uso (3)*. recuperado de: <http://www.fao.org/3/a-x4781s.pdf>.
- FAO. (2022). *Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)*. Portal de Suelos de la FAO. URL. <https://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/clasificacion-de-suelos/sistemas-numericos/propiedades->

- quimicas/es/#:~:text=La%20Capacidad%20de%20Intercambio%20Cati%C3%B3nico,K%2C%20NH4%20etc.)
- FAO. (2018). *Agricultura sostenible y biodiversidad un vínculo indisociable*. obtenido de fao.org. <https://www.fao.org/3/i6602s/i6602s.pdf>
- FAO. (2022). *Utilización de árboles y arbustos fijadores de nitrógeno en sistemas sostenibles de producción animal en suelos ácidos tropicales*. obtenido de fao.org. <https://www.fao.org/ag/aGa/agap/FRG/AGROFOR1/Botero8.htm>
- Farrell, J., y Altieri, M. (1999). Sistemas agroforestales. En M. (. Altieri, *Agroecología bases científicas a una agricultura sustentable* (págs. 230-243). Montevideo- Uruguay: Nordan–Comunidad.
- Fernández Hilario, R. ( 2010). Importancia y ventajas de *Erythrina sp. Xilema*, 23, 51-55. Recuperado de:[https://www.researchgate.net/publication/283425246\\_Aplicacion\\_de\\_la\\_tecnica\\_de\\_analisis\\_de\\_imagen\\_digital\\_para\\_caracterizacion\\_y\\_medicion\\_de\\_elementos\\_xilematicos\\_de\\_especies\\_forestales](https://www.researchgate.net/publication/283425246_Aplicacion_de_la_tecnica_de_analisis_de_imagen_digital_para_caracterizacion_y_medicion_de_elementos_xilematicos_de_especies_forestales).
- Fernández, M. T. (2007). Fósforo : amigo o enemigo. *Redalyc*, 41(2), 51-57. doi: 223114970009.
- Fontana, L. M. (2014). *Efecto de la utilización de leguminosas anuales como abono verde sobre las condiciones del suelo y la productividad de cultivos subsiguientes*. (Tesis de maestría). Universidad Nacional De Córdoba, Córdoba.
- Fernández Navarro, J. M., y Flores Altamirano, E. M. (2015), *Composición florística y atributos agronómicos de las pasturas del valle conday en época de lluvia*. Cutervo (Tesis para Título profesional). Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.
- Figueroa Jáuregui, M. L., Martínez Menezl, M.R., Ortiz Solorio, C.R., Fernández Reynoso, D. (2018). Influencia de los factores formadores en las propiedades de los suelos en la Mixteca, Oaxaca, México. *Terra Latinoamericana* 36(3), 287-299. doi: <https://doi.org/10.28940/terra.v36i3.259>.
- Flores Márgez, J. P., Valero Córdoba, C., Osuna Ávila, P., Corral Díaz, B., Shukla, Manoj K., y Salazar Sosa, E. (2013). Textura del suelo y tipo de agua de riego en la disponibilidad de fósforo de estiércol bovino. *Terra Latinoamericana*, 31(3), 211-220. doi: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57328903005>.
- Galindo, M., y Ríos, V. ( 2015). Productividad. *MÉXICO ¿Cómo vamos?, I*, 1-9 Recuperado de: [https://scholar.harvard.edu/files/vrios/files/201508\\_mexicoproductivity.pdf](https://scholar.harvard.edu/files/vrios/files/201508_mexicoproductivity.pdf).

- Gasque, L. (2019). Nitrógeno uno de los secretos de la vida. *¿Comoves?*, 64(1), 22-25.  
Recuperado de:  
[https://www.researchgate.net/publication/332180854\\_Nitrogeno\\_uno\\_de\\_los\\_secretos\\_de\\_la\\_vida](https://www.researchgate.net/publication/332180854_Nitrogeno_uno_de_los_secretos_de_la_vida).
- Gracia, E. M. (2005). *Efecto del aporte de nutrientes de la biomasa de tres tipos de árboles de sombra en un sistema de manejo con café orgánico y convencional*. Costa Rica : Centro Agronómico Tropical de investigación y enseñanza Catie.
- Granda, C. A. (2012). *Técnicas y prácticas agroforestales validados para el Ecuador*. (Monografía previa a la presentación del título ). Universidad de Cuenca, Ecuador.
- Hernández Cruz, E. (2013). *Evaluación de los sistemas agroforestales con leguminosas nativas en la restauración en el suelo en la montaña de Guerrero Mexico*. (Tesis de pregrado) Universidad Nacional Autónoma México.
- Hurtado-Huarcaya, J., Castañeda R., y Albán-Castillo, J. (2020). Asteráceas medicinales en dos comunidades andinas del sur del Perú: Quinua (Ayacucho) y Lircay (Huancavelica). *blacpma* 20 (4), 351 - 366. doi:<https://doi.org/10.37360/blacpma.21.20.4.26>
- ICRAF. (2009). *Guía para la Determinación de carbono en pequeñas zonas rurales*. Lima: Consorcio Iniciativa Amazónica.
- IFA. (2002). *Los fertilizantes y su uso*. Obtenido de fao.org: <http://www.fao.org/3/a-x4781s.pdf>
- INIA. (2015). *Semana de la Ciencia y Tecnología Jornada de Puertas Abiertas*. Recuperado de <http://inia.uy/Documentos/P%C3%BABlicos/INIA%20Tacuaremb%C3%B3/2015/EI%20Suelo%2020%20de%20mayo.pdf>.
- INIA. (2016). *Muestreo de suelos*. Pichanaki: Laboratorio de análisis de Agua y Suelos.
- INIA. (2017). *Manual de Procedimientos de los Análisis de Suelos y Aguas con Fines de Riego*. En R. B. Tapia. Lima, Perú.
- Izquierdo, F., Carlos, y Ch, T. (2006). Efectos de la fertilización Nitrogenada sobre una composición botánica con trebol (*Trifolium repens*) en Cayambe. *Sistema de Información Científica Redalyc*, 1(4), 71-75. doi:  
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=476047388013>.
- Indira Dayanara Novillo Espinoza, I. D., Carrillo Zenteno, M. D., Cargua Chavez, J. E., Nabel Moreira, V., Albán Solarte, K.E., y Morales Intriago, F. L. (2018). Propiedades físicas del suelo en diferentes sistemas agrícolas en la provincia de Los Ríos, Ecuador. *Temas Agrarios* 23(2), 177-187. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6587923.pdf>

- Lok, S., Torres, V., y Sarmiento, M. (2019). Efecto de las leguminosas en la dinámica en la dinámica edáfica en áreas ganaderas del occidente de Cuba. *Redalyc*, 23(1), 1-20. doi: 83759628006.
- López, A. J. (2006). *Manual de Edafología*. (M. y. Departamento de Cristalografía, Ed.) Recuperado el 03 de Mayo de 2019, de infoagroconstanza: <http://files.infoagroconstanza.webnode.es/200000017-c2dccc3d62/edafologia%20del%20suelo.pdf>
- Martínez, J., Licona, A., González, M., Becerra, A., Pérez, E., y Patlán, E. (2015). Diagnóstico de la degradación de la tierra en la microcuenca del Yute Ndaa, Ñuu Ndeku,. *Redalyc*, 1(55), 7-25. doi: 75749286002.
- Mazo, N., Eliecer, J., y Castro, A. (2014). Sistemas agroforestales como estrategia para el manejo de ecosistemas en el suroccidente. *Redalyc.org*, 25 (1), 65-77. doi: 281843790005.
- MINAM. (2014). *Guía para muestreo de suelos*. Lima: Dirección General de Calidad Ambiental.
- Morales, y Gustavo. (12 de 09 de 2001). *Erythrina edulis Triana ex Micheli*. Obtenido de colecciones.jbb.gov.co: <http://colecciones.jbb.gov.co/herbario/especimen/2826>
- Moreno- Ramón, H., Ibañez, S., y Gisbert Blanquer, J. M. (2010). La textura del suelo. *ResearchGate*, 1(1), 1-8. Recuperado de: [https://www.researchgate.net/publication/50839531\\_La\\_textura\\_del\\_suelo](https://www.researchgate.net/publication/50839531_La_textura_del_suelo).
- Moron, A. (1992). El fósforo en el sistema suelo planta. *INIA La Estanzuela*, 1(1), 45-60. Recuperado de: <http://www.inia.org.uy/sitios/lesis/fertilizacion/IA%20Tomo%20I%20Art.%204.pdf>.
- Murillo, J., Rodríguez, G., Roncallo, B., Amparo Rojas, L., y Bonilla, R. R. (2014). Efecto de la aplicación de prácticas sostenibles en las características físicas, químicas y microbiológicas de suelos degradados. *SciELO*, 37 (3), 270-278. Recuperado de: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0864-03942014000300003&lang=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942014000300003&lang=es).
- Murray, O. H. (2013). *El Sistema Agroforestal modifica el contenido de materia orgánica y las propiedades físicas del suelo*. Avances en Investigación Agropecuaria, 31.
- Mauricio Simón, M., Peralta, M., Costa J. L. (2013). Relación entre la conductividad eléctrica aparente con propiedades del suelo y nutrientes. *CIENC SUELO (ARGENTINA)* 31(1): 45-55.



- Navia, J., Restrepo, J., Villada, D., y Ojeda, P. (2003). *Agroforerstería opción tecnológica para manejo de suelos en sonas de laderas*. Santiago-Colombia: Programa Nacional de Transferencia de Tecnología Agropecuaria- PRONATTA.
- Munera Vélez, G. A., y Munera Vélez, D. C. (2012). El fósforo elemento indispensable para la vida vegetal. Universidad Tecnológica de Pereira. Recuperado de <https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/7377066a-bac4-4402-a306-eb45caa49d1c/content>.
- Oliva, M., Valqui, L., Melendez, J., Milla, M., Leiva, S., Collazos, R., y Maicelo, J. (2018). Influencia de especies arbóreas nativas en sistemas silvopastoriles sobre el rendimiento y valor nutricional de *Lolium multiflorum* y *Trifolium repens*. *Scientia Agropecuaria*, 9(4), 570-583. doi : <http://revistas.unitru.edu.pe/index.php/scientiaagrop/article/view/2189>.
- Otero, L., Gálvez, V., Navarro, N., Díaz, G., Rivero, L., y Vantour, A. (2006). Contribución de las fracciones adsorbentes al intercambio adsorbentes al intercambio catiónico de suelos arroceros de la llanura sur habana –pinar del río. *Terra Latinoamericana*, 24(1), 9-15. doi: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57311494002>.
- Panzitta, M., Malpassi, R., Basconsuelo, S., Pérez, V., Gorjon, J., Fitzimons, D., y Bianco, L. (2019). Ensayos preliminares para determinar la fijación biológica de nitrógeno de *Adesmia bicolor* a través del método de la abundancia natural. *SciELO*, 37(1), 61-65. doi: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292018005002301>.
- Pellegrini, A. E. (2017). *Nitrógeno del suelo [versión pdf]*. Obtenido de Aula virtual: [http://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/35406/mod\\_resource/content/1/TEMA%2012%20-%20NITROGENO.pdf](http://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/35406/mod_resource/content/1/TEMA%2012%20-%20NITROGENO.pdf)
- Pellegrini, A. E. (2017). *Potasio calcio y magnesio del suelo [versión pdf]*. Obtenido de Aula virtual: [http://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/35408/mod\\_resource/content/1/14%20-%20CALCIO%20%20MAGNESIO%20Y%20POTASIO.pdf](http://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/35408/mod_resource/content/1/14%20-%20CALCIO%20%20MAGNESIO%20Y%20POTASIO.pdf)
- Pereira, C., Maycotte, C., Elena, B., Mauro, F., Calle, A., y Esther, M. (2011). *Edafología 1(1)*. Colombia: Departamento de Estudios Educativos.
- Pérez López, E. (2013). Análisis de fertilidad de suelos en el laboratorio de Química del Recinto de Grecia, Sede de Occidente, Universidad de Costa Rica. *InterSedesRedalyc*, 4(29), 6-18. doi: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=66629448001>.
- Pérez Rosales, A., Galvis Spínola, A., Bugarín Montoya, R., Hernández Mendoza, T. M., Vásquez Peña, M. A., y Rodríguez González, A. (2017). Capacidad de intercambio catiónico: descripción del método de la tiourea de plata. *SciELO*, 8(1), 171-177.

- Proyecto Manejo Sostenible de Recursos Naturales (2017). *Manual de Agroforestería*.  
<https://www.biopasos.com/documentos/028.pdf>
- Quilcate Pérez, P. A. (2019) *Influencia de tres modelos de sistemas agroforestales con cobertura en la recuperación de suelos degradados en Yurimaguas, loreto*. Lima-Perú (Tesis para título). Universidad científica del Perú.
- Ramírez Carvajal, R. (1997). *Propiedades Físicas Químicas y Biológicas del suelo*. (C. N. O, Ed.) Santafé de Bogotá: Fotomecánica, impresión y encuadernación PRODUMEDIOS.
- Ramírez-Bahena, M.-H., Peix, Á., Velázquez, E., y Bedmar, E. J. (2016). Historia de la investigación en la simbiosis leguminosa bacteria: una perspectiva didáctica. *ARBOR*, 192 (779), 1-9. doi: <http://dx.doi.org/10.3989/arbor.2016.779n3009>.
- Reglamento de Clasificación de Tierras Perú. (2011). *Reglamento de Clasificación de Tierras por su Capacidad de Uso Mayor*. Lima. Recuperado de:  
<http://spij.minjus.gob.pe/Graficos/Peru/2009/setiembre/02/DS-017-2009-AG.pdf>: Senace.
- Rincón Castillo, Á. (2011). Efectos del potasio sobre la producción y calidad de forraje de *Brachiaria documbens* Stapf en el piedemonte de los Llanos Orientales de Colombia. *Redalyc*, 60(3), 1-7. doi: 169922438010.
- Rivero-Herrada, M., Gutiérrez-Rivero, E., Granados Rivas, Y. E., y Varas-Maenza, C. C. (2020). Influencia de diferentes sistemas agroecológicos en los indicadores químicos de un suelo cultivado de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Terra Latinoamericana*, 38(4), 735-743. doi: <https://doi.org/10.28940/terra.v38i4.558>.
- Roman, M., Mora, A., y González, G. (2016). Sistemas agroforestales con especies de importancia maderable y no maderable, en trópico seco de México. *AIA*, 20(2), 53-72. Recuperado de: <http://ww.uco.mx/reviaia/portal/pdf/2016/mayo/5.pdf>.
- Rucks, García, Kaplán, Ponce de León, y Hill. (2004). *Propiedades Físicas del Suelo*. Obtenido de bibliofagro.pbworks.com:  
<http://bibliofagro.pbworks.com/f/propiedades+fisicas+del+suelo.pdf>
- Rosas-Patiño, G., Puentes-Páramo, J. Y., y Menjívar-Flores, J. C. (2017). Relación entre el pH y la disponibilidad de nutrientes para cacao en un entisol de la Amazonia Colombiana. *Corpoica Cienc Tecnol Agropecuaria, Mosquera (Colombia)*, 18(3):529-541. doi: [https://doi.org/10.21930/rcta.vol18\\_num3\\_art:74](https://doi.org/10.21930/rcta.vol18_num3_art:74)
- Ramos, A., Durango, J., Grandett, G., Diaz, b., y Barrera, J. L. (2006). Evaluación de las diferentes formas de potasio en el suelo de la zona de Córdoba (Colombia). *Agronomía colombiana* 24(2): 334-339

- Radic, S., y Mcadam, J. (2012). Estimación de la fijación de nitrógeno en una vega de Tierra del Fuego por el método de la diferencia de nitrógeno. *Anales Instituto Patagonia* 40(2):95-102. doi: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-686X2012000200008>.
- Sánchez, S., Hernández, M., y Ruiz, F. (2011). Alternativas de manejo de la fertilidad del suelo en ecosistemas agropecuarios. *Redalyc*, 34(4), 375-392. doi: 269121519001.
- Santillana Villanueva, N. L., y Tineo Bermúdez, A. L. (2019). Características simbióticas de rizobios aislados de *Trifolium amabile*, en leguminosas no hospederas. Ayacucho, 2016. *Investigación unsch*, 25(1), 39-46. Recuperado de: <http://revistas.unsch.edu.pe/index.php/investigacion/article/view/28>.
- Silvia-Pando, F. G., y Rozados lorenzo, M. J. (2002). Agroselvicultura, agroforesteria, practicas agroforestales, uso multiple: una definición y un concepto. , 1(14), 1-27. Recuperado de: [file:///C:/Users/ANALI/Downloads/Dialnet-AgroforesteriaPracticasAgroforestalesUsoMultiple-2975988%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/ANALI/Downloads/Dialnet-AgroforesteriaPracticasAgroforestalesUsoMultiple-2975988%20(1).pdf).
- Simón, L., Hernández, M., Reyes, F., y Sánchez, S. (2005). Efecto de las leguminosas arbóreas en el suelo y en la productividad de los cultivos acompañantes. *Pastos y Forrajes*, 8(1), 29-45. doi: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=269121628003>.
- Torres Calderon, S., Huaraca Fernández, J., Laura Pezo, D., y Crisóstomo Calderon, R. (2018). Asociación de cultivos, maíz y leguminosas para la conservación de la fertilidad del suelo. *Ciencia, Tecnología y Desarrollo*, 4 Número (1): 15 – 22, 8. doi: <https://doi.org/10.17162/rictd.v4i1.1068>.
- Teran, Ch., Izquierdo, C. (2005). Efecto de la fertilización nitrogenada sobre una composición botánica con trébol blanco (*Trifolium repens*) en Cayambe - Pichincha. *La Granja* 4(1). doi:<https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/8660>
- Vargas, Y., Díaz, A., Caicedo, C., Macas, J., Suarez, A., y Viera, W. (2021). Beneficios de las especies leguminosas en un sistema de producción agroforestal de pitahaya amarilla en la Amazonia ecuatoriana. *INIAP,EECA*, 13 (9261), 1-15. doi: <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5753>.
- Vásquez, E., y Rojas, T. (2016). *pH: Teoría y 232 problemas*. México: Universidad Autónoma Metropolitana.
- Vela, G. I. (2015). *Evaluación del Modelo Negromayo en la Recuperación de la Diversidad Vegetal en las Laderas Erosionadas del Valle de Cajamarca*. (Tesis de maestría )Univercidad de Cajamarca. Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca.

- Vila Bohórquez, B. (2014). *Prácticas productivas de cuyes suplementados con harina de "pajuro" (Erythrina edulis)- San Miguel-Ayacucho*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de San Cristobal de Huamanga, Ayacucho.
- Vilcapoma, G., y Beltrán, H. (2018). Las Asteráceae de la cuenca del río Chillón (Canta, Lima, Perú). *Ecol. apl*, 2, 17(2) , 172-184. doi: <http://dx.doi.org/10.21704/rea.v17i2.1237> .
- Villacís, L., y Aguilar, M. (2016). *Evaluación De Tres Abonos Verdes, Mezclas De Leguminosa Más Gramínea, Crucífera y Amaranthaceae, En Los Suelos Agrícolas Degradados Del Cantón Bolívar*. (Tesis de maestría). Universidad Técnica de Ambato, Ecuador.
- Vela Ahumada, A., y Quispe Urteaga, A. (2017). Determinación de las principales plagas del pajuro (*Erythrina edulis* Triana Ex Micheli.) en el valle de Cajamarca. *Caxamarca 16 (1)*, 109-116. doi: <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/3110>.
- Vásquez, H. V., Valqui, L., Alegre, J. C., Gómez, C., y Maicelo, J. L. (2020). Análisis de cuatro sistemas silvopastoriles en Perú: Caracterización física y nutricional de pasturas, composición florística, reserva de carbono y CO<sub>2</sub>. *Scientia Agropecuaria 11(2): 167 – 176*. doi: 10.17268/sci.agropecu.2020.02.03.
- Yauri Salazar, C. J. (2019). *Uso de tres especies leguminosas Canavalia ensiformes, Centrosema macrocarpum, Pueraria phaseoloides en la recuperación de suelos degradados en el distrito de Luyando*. Tingo María- Perú: (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria de la Selva.

## CAPÍTULO VI

### ANEXOS

#### Figura 25

*Medición de las parcelas 100 m<sup>2</sup> en sistema agroforestal y parcelas de control.*



*Procedimiento para extracción de muestras con pala recta según (INIA, 2016).*

**Figura 26**  
*Limpieza de vegetación.*



**Figura 27**  
*Obtención de la muestra de suelo de los 25 cm de profundidad.*



**Figura 28**  
*Grosor de la muestra de suelo (5 cm).*



**Figura 29**  
*Cuarteo de las submuestras de suelo.*



**Figura 30**  
*Embolsados de la muestra de suelo.*



**Figura 31**  
*Etiquetado de las muestras de suelo.*





***Toma de muestras para la Caracterización de la vegetación.***

**Figura 32**

*Medición del CAP de las especies *Erythrina edulis*.*



**Figura 33**  
*Muestras botánicas especies arbórea Erythrina edulis y especie herbácea Trifolium pratense.*



**Figura 34**  
*Secado de las muestras botánicas en la estufa.*



**Tabla de datos del análisis estadístico para la caracterización de la vegetación de las áreas de estudio.**

**Tabla 11**

Datos del componente arbóreas de todas las parcelas muestreadas.

Nombre común	Familia	Género	Especie	Abundancia La Retama				
				SA 01	SA 02	SA 03	Aa 300 m <sup>2</sup>	Ar %
Pajuro	Fabaceae	<i>Erythrina</i>	<i>Erythrina edulis</i> Micheli	10	11	12	33	78.57
Mote mote	Sapindaceae	<i>Allophylus</i>	<i>Allophylus mollis</i> (Kunth) Radlk.	0	2	0	2	4.76
Chirimoya	Annonaceae	<i>Annona</i>	<i>Annona cherimola</i> Mill.	0	3	1	4	9.52
Palta	Lauraceae	<i>Persea</i>	<i>Persea americana</i> Mill.	0	0	1	1	2.38
Guayaba	Myrtaceae	<i>Psidium</i>	<i>Psidium guajava</i> Mill.	0	0	1	2	4.76
<b>Total</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>16</b>	<b>15</b>	<b>42</b>	<b>100</b>
				Abundancia sector Calvario				
				SA 04	SA 05	SA 06	Aa	Ar
Pajuro	Fabaceae	<i>Erythrina</i>	<i>Erythrina edulis</i> Micheli	13	12	14	39	98
Nogal	Juglandaceae	<i>Juglans</i>	<i>Juglans neotropica</i> Diels	1	0	0	1	3
<b>Total</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>14</b>	<b>12</b>	<b>14</b>	<b>40</b>	<b>100</b>

**Tabla 12**

*Datos del componente arbustivas de todas las parcelas muestreadas.*

Nombre común	Familia	Género	Especie	Abundancia La Retama			Aa	Ar
				SA 01	SA 02	SA 03	75 m <sup>2</sup>	%
Escoba	Compositae	<i>Erechtites</i>	<i>Erechtites goyazensis</i> (Gardner) Cabrera	0	3	0	3	3.09
Marco		<i>Franseria</i>	<i>Ambrosia arborescens</i> Mill	0	28	8	36	37.11
Yerba santa blanca	Solanaceae	<i>Cestrum</i>	<i>Cestrum tomentosum</i> L. f	0	6	7	13	13.40
Zarzamora	Rosaceae	<i>Robus</i>	<i>Rubus robustus</i> C. Presl	0	4	6	10	10.31
Mogoquero	Piperaceae	<i>Piper</i>	<i>Piper barbatum</i> Kunth	0	5	0	5	5.15
Yatun	Malvaceae	<i>Sida.</i>	<i>Sida rhombifolia</i> L.	0	10	20	30	30.93
TOTAL	5	5	6	0	56	41	97	100
				Abundancia Calvario				
				SA 04	SA 05	SA 06		
Chilca	Compositae	<i>Baccharis</i>	<i>Baccharis latifolia</i> (Ruiz y Pav.) Pers	2	0	0	2	29
Yerba santa blanca	Solanaceae	<i>Cestrum</i>	<i>Cestrum tomentosum</i> L. f	2	0	0	2	29
Yatun	Malvaceae	<i>Sida</i>	<i>Sida rhombifolia</i> L.	3	0	0	3	43
TOTAL	3	3	3	7	0	0	7	100

**Tabla 13**

Datos del componente herbáceo de todas las parcelas muestreadas sistema agroforestal.

Nombre común	Familia	Género	Especie	Abundancia La Retama			Aa	Ar
				SA 01	SA 02	SA 03	3 m <sup>2</sup>	%
Rye gras	Poaceae	<i>Lolium</i>	<i>Lolium perenne</i> L.	7	3	0	10	4.24
Gramma o pasto kikuyo		<i>Pennisetum</i>	<i>Pennisetum clandestinum</i> Hochst. ex Chiov.	200	12	10	222	94.07
Moradilla	Amaranthaceae	<i>Alternanthera</i>	<i>Alternanthera porrigens</i> (Jacq.) Kuntze	0	0	4	4	1.69
<b>Total</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	207	15	14	236	100
				Abundancia Calvario				
				SA 04	SA 05	SA 06		
Rye gras	Poaceae	<i>Lolium</i>	<i>Lolium perenne</i> L.	20	50	60	130	55.08
Gramma o pasto kikuyo		<i>Pennisetum</i>	<i>Pennisetum clandestinum</i> Hochst. ex Chiov.	30	10	25	65	27.54
Diente de león	Asteraceae	<i>Taraxcum</i>	<i>Taraxacum officinale</i> (L.) Weber ex F.H.Wigg	0	5	0	5	2.12
Trébol Rojo	Fabaceae	<i>Trifolium</i>	<i>Trifolium pratense</i> L	3	0	4	7	2.97
<b>Total</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	53	65	89	207	88

**Tabla 14**

Datos del componente herbáceo de todas las parcelas muestreadas parcelas de control.

Nombre común	Familia	Género	Especie	Abundancia La Retama			Aa	Ar
				PM 01	PM 02	PM 03	3 m <sup>2</sup>	%
Lengua de Vaca	Plantaginaceae	<i>Plantago</i>	<i>Plantago lanceolata</i> L.	50	10	1	61	25.42
Gramas o pasto kykuy	Poaceae	<i>Pennisetum</i>	<i>Pennisetum clandestinum</i> Hochst. ex Chiov.	5	4	20	29	12.08
Zacató alcalino		<i>Sporobolus</i>	<i>Sporobolus airoides</i> (Torr.) Torr.	20	50	0	70	29.17
Trebol rojo	Fabaceae	<i>Trifolium</i>	<i>Trifolium pratense</i> L.	80	0	0	80	33.33
Total	3	4	4	155	64	21	240	100
				Abundancia Calvario				
				PM 04	PM 05	PM 06		
Gramas sp7 con pubescencia	Poaceae	<i>Sporobolus</i>	<i>Sporobolus pungens</i> (Schreb.) Kunth	30	0	0	30	15.08
Gramas o pasto kikuyo			<i>Pennisetum clandestinum</i> Hochst. ex Chiov.	10	4	10	24	12.06
Rye gras		<i>Pennisetum</i>	<i>Lolium perenne</i> L.	0	30	0	30	15.08
Cola de ratón		<i>Lolium</i>	<i>Sporobolus indicus</i> (L.) R.Br.	20	20	50	90	45.23
Lengua de vaca	Plantaginaceae	<i>Plantago</i>	<i>Plantago lanceolata</i> L.	0	0	5	5	2.51
Trebol rojo	Fabaceae	<i>Trifolium</i>	<i>Trifolium pratense</i> L.	0	10	10	20	10.05
Total	3	5	6	60	64	75	199	100

Figura 35

Resultados del análisis de suelo La Retama.

**FERTIASANO** Tecnología y Desarrollo Agrícola J.D. S.R.L.  
 Urb. J. Hurtado Miller J - 8 (Baños del Inca)  
 RUC 20529318511

**FERTIASANO** Tecnología y Desarrollo Agrícola J.D. S.R.L.  
 Urb. J. Hurtado Miller J - 8 (Baños del Inca)  
 RUC 20529318511

**FERTIASANO** Tecnología y Desarrollo Agrícola J.D. S.R.L.  
 Urb. J. Hurtado Miller J - 8 (Baños del Inca)  
 RUC 20529318511

EVALUACION DE SUELOS			
Fecha	04/11/2020	N° Registro	JD20-0036
Usuario	ANALI ALTAMIRANO CHAVEZ		
Procedencia de la muestra	Provincia	CHOTA	
	Distrito	LAJAS	
	Comunidad	LA RETAMA	
	Predio	0	
Parcela	SA 01		
Nombre del cultivo	0		

EVALUACION DE SUELOS			
Fecha	04/11/2020	N° Registro	JD20-0035
Usuario	ANALI ALTAMIRANO CHAVEZ		
Procedencia de la muestra	Provincia	CHOTA	
	Distrito	LAJAS	
	Comunidad	LA RETAMA	
	Predio	0	
Parcela	SA 02		
Nombre del cultivo	0		

EVALUACION DE SUELOS			
Fecha	04/11/2020	N° Registro	JD20-0031
Usuario	ANALI ALTAMIRANO CHAVEZ		
Procedencia de la muestra	Provincia	CHOTA	
	Distrito	LAJAS	
	Comunidad	LA RETAMA	
	Predio	0	
Parcela	SA 03		
Nombre del cultivo	0		

Resultados de la Evaluación		
Determinaciones	Resultados	Clasificación
Arena (%)	30.00	Ar.
Limo (%)	25.00	
Arcilla (%)	45.00	
Reacción actual (pH)	6.87	Neutro
Reacción potencial (pH)	5.62	-
Al cambiable (me/100g)	0.00	Bajo
Calcáreo total (%)	0.00	Bajo
C. E. (µmohs/cm)	592.50	Libre de sales
C. E. actual (µmohs/cm)	490.50	-
M.O. (%)	3.50	Medio
N total (%)	0.17	Medio
P disponible (ppm)	11.97	Medio
K disponible (ppm)	265.42	Muy alto
C.C.C.(r) (me/100g)	30.25	Alto
Ca cambiable (me/100g)	20.15	-
Mg cambiable (me/100g)	2.01	-
K cambiable (me/100g)	1.00	-
Na cambiable (me/100g)	0.02	-
Saturación de bases (%)	76.65	Alto
Acidez de cambio (me/100g)	7.07	Bajo

Resultados de la Evaluación		
Determinaciones	Resultados	Clasificación
Arena (%)	32.00	Fr.Ar.
Limo (%)	35.00	
Arcilla (%)	33.00	
Reacción actual (pH)	6.93	Neutro
Reacción potencial (pH)	5.67	-
Al cambiable (me/100g)	0.00	Bajo
Calcáreo total (%)	0.00	Bajo
C. E. (µmohs/cm)	531.00	Libre de sales
C. E. actual (µmohs/cm)	435.00	-
M.O. (%)	3.50	Medio
N total (%)	0.17	Medio
P disponible (ppm)	12.01	Medio
K disponible (ppm)	233.58	Alto
C.C.C.(r) (me/100g)	25.25	Alto
Ca cambiable (me/100g)	17.07	-
Mg cambiable (me/100g)	1.71	-
K cambiable (me/100g)	0.85	-
Na cambiable (me/100g)	0.02	-
Saturación de bases (%)	77.82	Alto
Acidez de cambio (me/100g)	5.61	Bajo

Resultados de la Evaluación		
Determinaciones	Resultados	Clasificación
Arena (%)	30.00	Ar.
Limo (%)	25.00	
Arcilla (%)	45.00	
Reacción actual (pH)	6.94	Neutro
Reacción potencial (pH)	5.67	-
Al cambiable (me/100g)	0.00	Bajo
Calcáreo total (%)	0.00	Bajo
C. E. (µmohs/cm)	582.00	Libre de sales
C. E. actual (µmohs/cm)	483.00	-
M.O. (%)	3.00	Medio
N total (%)	0.15	Medio
P disponible (ppm)	12.11	Medio
K disponible (ppm)	263.62	Muy alto
C.C.C.(r) (me/100g)	29.50	Alto
Ca cambiable (me/100g)	19.99	-
Mg cambiable (me/100g)	2.00	-
K cambiable (me/100g)	0.99	-
Na cambiable (me/100g)	0.02	-
Saturación de bases (%)	78.01	Alto
Acidez de cambio (me/100g)	6.49	Bajo

NOTA: El presente análisis ha sido realizado con fines de abonamiento  
 La utilización para otros fines es responsabilidad del usuario.

NOTA: El presente análisis ha sido realizado con fines de abonamiento  
 La utilización para otros fines es responsabilidad del usuario.

NOTA: El presente análisis ha sido realizado con fines de abonamiento  
 La utilización para otros fines es responsabilidad del usuario.

  
**Ing. Oscar Narváez Tejada**  
 CIP. 20175  
 Jefe de Laboratorio

  
**Ing. Oscar Narváez Tejada**  
 CIP. 20175  
 Jefe de Laboratorio

  
**Ing. Oscar Narváez Tejada**  
 CIP. 20175  
 Jefe de Laboratorio

**Figura 36**  
Resultados del análisis de suelo de las parcelas de control La Retama.

**FERTIARONVO** Tecnología y Desarrollo Agrícola J.D. S.R.L.  
Urb. J. Hurtado Miller J - 8 (Baños del Inca)  
RUC 20529318511

EVALUACION DE SUELOS			
Fecha	04/11/2020	N° Registro	JD20-0034
Usuario	ANALI ALTAMIRANO CHAVEZ		
Procedencia de la muestra	Provincia	CHOTA	
	Distrito	LAJAS	
	Comunidad	LA RETAMA	
	Predio	0	
Nombre del cultivo	0		

Resultados de la Evaluación		
Determinaciones	Resultados	Clasificación
Arena (%)	30.00	Ar.
Limo (%)	25.00	
Arcilla (%)	45.00	
Reacción actual (pH)	7.05	Neutro
Reacción potencial (pH)	5.75	-
Al cambiante (me/100g)	0.00	Bajo
Calcáreo total (%)	0.16	Bajo
C. E. (µmohs/cm)	667.50	Libre de sales
C. E. actual (µmohs/cm)	553.50	-
M.O. (%)	3.80	Medio
N total (%)	0.19	Medio
P disponible (ppm)	12.70	Medio
K disponible (ppm)	278.34	Muy alto
C.C.C.tr (me/100g)	30.70	Alto
Ca cambiante (me/100g)	21.38	-
Mg cambiante (me/100g)	2.14	-
K cambiante (me/100g)	1.06	-
Na cambiante (me/100g)	0.02	-
Saturación de bases (%)	80.15	Alto
Acidez de cambio (me/100g)	6.10	Bajo

NOTA: El presente análisis ha sido realizado con fines de abonamiento  
La utilización para otros fines es responsabilidad del usuario.

  
Ing. Oscar Narváez Tejada  
CIP. 20175  
Jefe de Laboratorio

**FERTIARONVO** Tecnología y Desarrollo Agrícola J.D. S.R.L.  
Urb. J. Hurtado Miller J - 8 (Baños del Inca)  
RUC 20529318511

EVALUACION DE SUELOS			
Fecha	07/09/2021	N° Registro	JD21-0037
Usuario	ANALI ALTAMIRANO CHAVEZ		
Procedencia de la muestra	Provincia	CHOTA	
	Distrito	LAJAS	
	Comunidad	LA RETAMA	
	Predio	0	
Nombre del cultivo	0		

Resultados de la Evaluación		
Determinaciones	Resultados	Clasificación
Arena (%)	10.00	Fr.Ar.L.
Limo (%)	55.00	
Arcilla (%)	35.00	
Reacción actual (pH)	7.55	Ligeramente alcalino
Reacción potencial (pH)	6.12	-
Al cambiante (me/100g)	0.00	Bajo
Calcáreo total (%)	3.67	Medio
C. E. (µmohs/cm)	567.00	Libre de sales
C. E. actual (µmohs/cm)	460.50	-
M.O. (%)	2.00	Bajo
N total (%)	0.10	Bajo
P disponible (ppm)	13.99	Medio
K disponible (ppm)	266.30	Muy alto
C.C.C.tr (me/100g)	26.00	Alto
Ca cambiante (me/100g)	20.30	-
Mg cambiante (me/100g)	2.03	-
K cambiante (me/100g)	1.01	-
Na cambiante (me/100g)	0.02	-
Saturación de bases (%)	89.87	Alto
Acidez de cambio (me/100g)	2.64	Bajo

NOTA: El presente análisis ha sido realizado con fines de abonamiento  
La utilización para otros fines es responsabilidad del usuario.

  
Ing. Oscar Narváez Tejada  
CIP. 20175  
Jefe de Laboratorio

**FERTIARONVO** Tecnología y Desarrollo Agrícola J.D. S.R.L.  
Urb. J. Hurtado Miller J - 8 (Baños del Inca)  
RUC 20529318511

EVALUACION DE SUELOS			
Fecha	04/11/2020	N° Registro	JD20-0032
Usuario	ANALI ALTAMIRANO CHAVEZ		
Procedencia de la muestra	Provincia	CHOTA	
	Distrito	LAJAS	
	Comunidad	LA RETAMA	
	Predio	0	
Nombre del cultivo	0		

Resultados de la Evaluación		
Determinaciones	Resultados	Clasificación
Arena (%)	32.00	Fr.Ar.
Limo (%)	35.00	
Arcilla (%)	33.00	
Reacción actual (pH)	7.01	Neutro
Reacción potencial (pH)	5.73	-
Al cambiante (me/100g)	0.00	Bajo
Calcáreo total (%)	0.00	Bajo
C. E. (µmohs/cm)	574.50	Libre de sales
C. E. actual (µmohs/cm)	486.00	-
M.O. (%)	2.80	Medio
N total (%)	0.14	Medio
P disponible (ppm)	12.29	Medio
K disponible (ppm)	229.27	Alto
C.C.C.tr (me/100g)	24.20	Alto
Ca cambiante (me/100g)	16.69	-
Mg cambiante (me/100g)	1.67	-
K cambiante (me/100g)	0.83	-
Na cambiante (me/100g)	0.02	-
Saturación de bases (%)	79.37	Alto
Acidez de cambio (me/100g)	5.00	Bajo

NOTA: El presente análisis ha sido realizado con fines de abonamiento  
La utilización para otros fines es responsabilidad del usuario.

  
Ing. Oscar Narváez Tejada  
CIP. 20175  
Jefe de Laboratorio



**Figura 37**

Resultados de suelo de las parcelas de control Calvario.

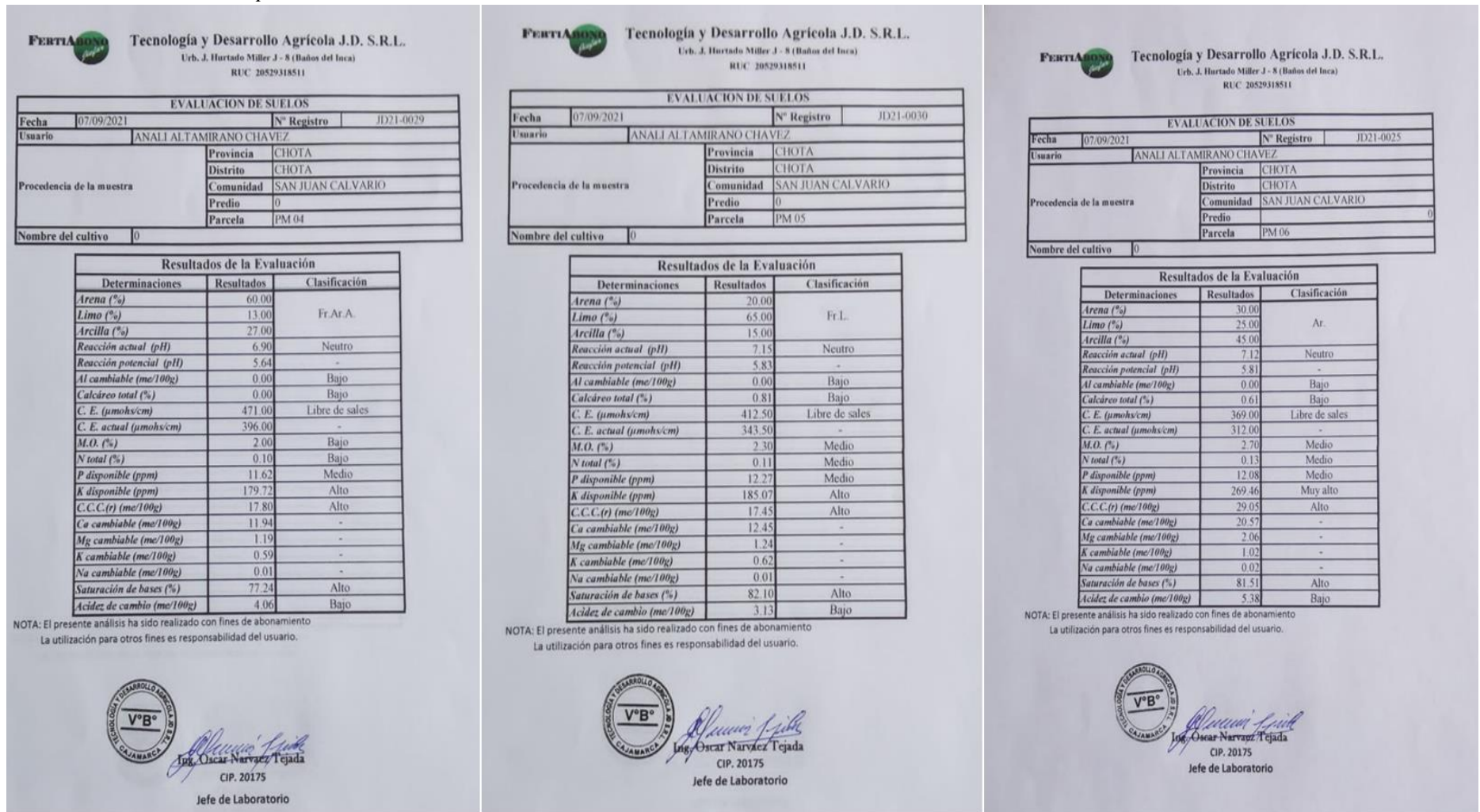


Figura 38

Resultados de análisis de suelo Calvario.

**FERTIASONO** Tecnología y Desarrollo Agrícola J.D. S.R.L.  
Urb. J. Hurtado Miller J - 8 (Baños del Inca)  
RUC 20529318511

EVALUACION DE SUELOS			
Fecha	07/09/2021	N° Registro	JD21-0028
Usuario	ANALI ALTAMIRANO CHAVEZ		
Procedencia de la muestra	Provincia	CHOTA	
	Distrito	CHOTA	
	Comunidad	SAN JUAN CALVARIO	
	Predio	0	
Parcela	SA 04		
Nombre del cultivo	0		

Resultados de la Evaluación		
Determinaciones	Resultados	Clasificación
Arena (%)	60.00	Fr.Ar.A.
Limo (%)	13.00	
Arcilla (%)	27.00	
Reacción actual (pH)	6.91	Neutro
Reacción potencial (pH)	5.65	-
Al cambiante (me/100g)	0.00	Bajo
Calcáreo total (%)	0.00	Bajo
C. E. (µmohs/cm)	504.00	Libre de sales
C. E. actual (µmohs/cm)	423.00	-
M.O. (%)	4.50	Alto
N total (%)	0.22	Medio
P disponible (ppm)	11.99	Medio
K disponible (ppm)	207.40	Alto
C.C.C.(r) (me/100g)	21.55	Alto
Ca cambiante (me/100g)	14.50	-
Mg cambiante (me/100g)	1.45	-
K cambiante (me/100g)	0.72	-
Na cambiante (me/100g)	0.01	-
Saturación de bases (%)	77.43	Alto
Acidez de cambio (me/100g)	4.87	Bajo

NOTA: El presente análisis ha sido realizado con fines de abonamiento  
La utilización para otros fines es responsabilidad del usuario.

  
Ing. Oscar Narváez Tejada  
CIP. 20175  
Jefe de Laboratorio

**FERTIASONO** Tecnología y Desarrollo Agrícola J.D. S.R.L.  
Urb. J. Hurtado Miller J - 8 (Baños del Inca)  
RUC 20529318511

EVALUACION DE SUELOS			
Fecha	07/09/2021	N° Registro	JD21-0027
Usuario	ANALI ALTAMIRANO CHAVEZ		
Procedencia de la muestra	Provincia	CHOTA	
	Distrito	CHOTA	
	Comunidad	SAN JUAN CALVARIO	
	Predio	0	
Parcela	SA 05		
Nombre del cultivo	0		

Resultados de la Evaluación		
Determinaciones	Resultados	Clasificación
Arena (%)	60.00	Fr.Ar.A.
Limo (%)	13.00	
Arcilla (%)	27.00	
Reacción actual (pH)	6.79	Neutro
Reacción potencial (pH)	5.56	-
Al cambiante (me/100g)	0.00	Bajo
Calcáreo total (%)	0.00	Bajo
C. E. (µmohs/cm)	483.00	Libre de sales
C. E. actual (µmohs/cm)	408.00	-
M.O. (%)	3.20	Medio
N total (%)	0.16	Medio
P disponible (ppm)	11.45	Medio
K disponible (ppm)	189.05	Alto
C.C.C.(r) (me/100g)	19.60	Alto
Ca cambiante (me/100g)	12.79	-
Mg cambiante (me/100g)	1.28	-
K cambiante (me/100g)	0.63	-
Na cambiante (me/100g)	0.01	-
Saturación de bases (%)	75.10	Alto
Acidez de cambio (me/100g)	4.89	Bajo

NOTA: El presente análisis ha sido realizado con fines de abonamiento  
La utilización para otros fines es responsabilidad del usuario.

  
Ing. Oscar Narváez Tejada  
CIP. 20175  
Jefe de Laboratorio

**FERTIASONO** Tecnología y Desarrollo Agrícola J.D. S.R.L.  
Urb. J. Hurtado Miller J - 8 (Baños del Inca)  
RUC 20529318511

EVALUACION DE SUELOS			
Fecha	07/09/2021	N° Registro	JD21-0038
Usuario	ANALI ALTAMIRANO CHAVEZ		
Procedencia de la muestra	Provincia	CHOTA	
	Distrito	CHOTA	
	Comunidad	SAN JUAN CALVARIO	
	Predio	0	
Parcela	SA 06		
Nombre del cultivo	0		

Resultados de la Evaluación		
Determinaciones	Resultados	Clasificación
Arena (%)	32.00	Fr.Ar.
Limo (%)	35.00	
Arcilla (%)	33.00	
Reacción actual (pH)	7.41	Ligeramente alcalino
Reacción potencial (pH)	6.02	-
Al cambiante (me/100g)	0.00	Bajo
Calcáreo total (%)	2.77	Medio
C. E. (µmohs/cm)	717.00	Libre de sales
C. E. actual (µmohs/cm)	592.50	-
M.O. (%)	4.50	Alto
N total (%)	0.22	Medio
P disponible (ppm)	14.04	Alto
K disponible (ppm)	267.04	Muy alto
C.C.C.(r) (me/100g)	26.75	Alto
Ca cambiante (me/100g)	20.25	-
Mg cambiante (me/100g)	2.03	-
K cambiante (me/100g)	1.00	-
Na cambiante (me/100g)	0.02	-
Saturación de bases (%)	87.15	Alto
Acidez de cambio (me/100g)	3.45	Bajo

NOTA: El presente análisis ha sido realizado con fines de abonamiento  
La utilización para otros fines es responsabilidad del usuario.

  
Ing. Oscar Narváez Tejada  
CIP. 20175  
Jefe de Laboratorio

**Tabla 15***Análisis de varianza ANOVA  $p < 0,05$ .*

		ANOVA				
		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	P
<b>Arena</b>	Entre grupos	1161,000	3	387,000	1,834	,219
	Dentro de grupos	1688,000	8	211,000		
	Total	2849,000	11			
<b>Limo</b>	Entre grupos	552,000	3	184,000	,629	,616
	Dentro de grupos	2338,667	8	292,333		
	Total	2890,667	11			
<b>Arcilla</b>	Entre grupos	337,000	3	112,333	1,364	,321
	Dentro de grupos	658,667	8	82,333		
	Total	995,667	11			
<b>pH.</b>	Entre grupos	,133	3	,044	,806	,525
	Dentro de grupos	,439	8	,055		
	Total	,572	11			
<b>C.E.</b>	Entre grupos	40119,563	3	13373,188	3,448	,072
	Dentro de grupos	31032,000	8	3879,000		
	Total	71151,563	11			
<b>C.I.C</b>	Entre grupos	99,602	3	33,201	1,754	,233
	Dentro de grupos	151,472	8	18,934		
	Total	251,074	11			
<b>M.O</b>	Entre grupos	4,863	3	1,621	4,095	<b>,049</b>
	Dentro de grupos	3,167	8	,396		
	Total	8,030	11			
<b>N</b>	Entre grupos	,012	3	,004	4,407	<b>,041</b>

	Dentro de grupos	,007	8	,001		
	Total	,019	11			
<b>P</b>	Entre grupos	1,991	3	,664	,958	,458
	Dentro de grupos	5,542	8	,693		
	Total	7,533	11			
<b>K</b>	Entre grupos	4915,462	3	1638,487	1,268	,349
	Dentro de grupos	10341,043	8	1292,630		
	Total	15256,505	11			
<b>Ca cambiabile</b>	Entre grupos	45,724	3	15,241	1,277	,346
	Dentro de grupos	95,514	8	11,939		
	Total	141,238	11			
<b>Mg cambiabile</b>	Entre grupos	,459	3	,153	1,268	,349
	Dentro de grupos	,965	8	,121		
	Total	1,425	11			
<b>K cambiabile</b>	Entre grupos	,115	3	,038	1,317	,335
	Dentro de grupos	,233	8	,029		
	Total	,348	11			
<b>Abunda leguminosas</b>	Entre grupos	13179404,667	3	4393134,889	,809	,523
	Dentro de grupos	43420804,000	8	5427600,500		
	Total	56600208,667	11			

**Figura 39**

Rangos para definir la fertilidad del suelo según reglamento de clasificación de tierras (Perú, 2011)

PARÁMETROS QUE DEFINEN LA FERTILIDAD DEL SUELO			
Nivel	Materia orgánica (%)	Fósforo disponible (ppm)	Potasio disponible (ppm)
Alto	Mayor de 4	Mayor de 14	Mayor de 240
Medio	2-4	7-14	100-240
Bajo	Menor de 2	Menor de 7	Menor de 100

(K) MATERIA ORGÁNICA:

CALIFICACIÓN	PORCENTAJE
Bajo	Menor de 2
Medio	2-4
Alto	Mayor de 4

(L) NITRÓGENO TOTAL:

CALIFICACIÓN	PORCENTAJE
Bajo	Menor de 0.1
Medio	0.1 - 0.2
Alto	Mayor de 0.2

(M) FÓSFORO DISPONIBLE:

CALIFICACIÓN	Ppm de P
Bajo	Menor de 7
Medio	7 - 14
Alto	Mayor de 14

**Figura 40**

Rangos de cationes cambiabes según (AGROLAB, 2005).

POTASIO EXTRACTABLE	
RANGOS	<b>K</b>
BAJO	< 150 ppm <0.4 meq/100 g suelo
MEDIO	150-250 ppm 0.4-0.6 meq/100 g suelo
ALTO	250-800 ppm 0.6-2.0 meq/100 g suelo
MUY ALTO	>800 ppm >2.0 meq/100 g suelo

MAGNESIO EXTRACTABLE	
RANGOS	<b>Mg</b>
BAJO	< 60 ppm <0.5 meq/100 g suelo
MEDIO	60-180 ppm 0.5 - 1.5 meq/100 g suelo
ALTO	> 180 ppm > 1.5 meq/100 g suelo

CALCIO EXTRACTABLE	
RANGOS	<b>Ca</b>
BAJO	< 1000 ppm <5 meq/100 g suelo
MEDIO	1000-2000 ppm 5 - 10 meq/100 g suelo
ALTO	> 2000 ppm > 10 meq/100 g suelo