

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUA



CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO ESPACIAL DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DE UN SUELO ALUVIAL EN UNA PLANTACIÓN DE COCO (*Cocos nucifera*)

Autor : Bach. ROJAS CACERES, JACK MELVIN
Asesor : Dr. Lucio MANRIQUE DE LARA SUAREZ
Programa de Investigación : Manejo y conservación de suelos
Línea (s) de Investigación : Aplicar la investigación básica y aplicada
De los recursos suelo y agua y biológicos
Eje Temático de Investigación : Agroforestería comunitario
Lugar de Ejecución : Supte San Jorge – Tingo María
Duración **Fecha de Inicio** : 30/05/2017
 Término : 30/11/2017
Financiamiento : s/. 2,145.00
FEDU : NO
Propio : SI
Otros : NO



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María – Perú



FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 13 de Setiembre del 2018, a horas 4:00 p.m. en la Sala de Sesiones del Departamento Académico de Ciencias en Conservación de Suelos y Agua de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, para calificar la Tesis titulada:

“CARACTERIZACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DE UN SUELO ALUVIAL EN UNA PLANTACIÓN DE COCO (*Cocos nucifera*), Y SU COMPORTAMIENTO ESPACIAL EN TINGO MARÍA”

Presentado por el Bachiller: **JACK MELVIN ROJAS CÁCERES**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara aprobado con el calificativo de **“BUENO”**

En consecuencia, el sustentante queda apto para optar el Título de **INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES**, mención **CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUA**, que será aprobado por el Consejo de Facultad, tramitándolo al Consejo Universitario para la otorgación del Título correspondiente.

Tingo María, 18 de Setiembre de 2018

Ing. MSc. **JOSÉ LÉVANO CRISÓSTOMO**
PRESIDENTE

Ing. **JAIME TORRES GARCÍA**
VOCAL

Ing. MSc. **SANDRO J. RUIZ CASTRE**
VOCAL

Dr. LUCIO MANRIQUE DE LARA SUÁREZ
ASESOR



Sin metas y planes para llegar a ellos, eres como un barco que ha zarpado sin destino.

Fitzhugh Dodson.

DEDICATORIA

A Dios, por cada día bendecir mi vida con nuevas oportunidades y darme la oportunidad de poder concluir mi tesis.

A mis padres Ever y Clorinda, hermano (as) Henry, Laly, Mercedes y familiares, quienes me apoyaron todo el tiempo.

A mi esposa Jessenia y a mi hijo Jack Abdiel, quien me apoyo y alentó para continuar, cuando parecía que me iba a rendir.

A todos los que me apoyaron en la redacción de mi tesis.

Para ellos es esta dedicatoria, pues es a ellos a quienes se las debo por su apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTOS

- A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, alma mater por brindarme sus instalaciones y facilitar el aprendizaje.

- A los miembros integrantes del jurado de tesis: Dr. Lucio Manrique de Lara Suarez; Ing. MSc. Ruiz Castre Sandro; Ing. MSc. Jose Lévano Crisóstomo Ing. Jaime Torres García, por el tiempo tomado para la evaluación de mi tesis.

- Al Dr. Lucio Manrique de Lara Suarez, patrocinador del presente trabajo de investigación.

- A mis compañeros y amigos, a todos aquellos que colaboraron en la instalación y evaluación del trabajo, así como en la culminación de este documento.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1. El suelo	3
2.1.1. Factores formadores de suelos	3
2.1.2. Procesos formadores de suelos	5
2.1.3. Caracterización de suelos	6
2.1.4. Variabilidad de las propiedades del suelo o variabilidad espacial del suelo	9
2.1.5. Componentes del sistema nutricional del suelo.....	11
2.1.6. Indicadores físicos y químicos del suelo.....	17
2.1.7. Suelos aluviales.....	17
2.2. Clima y suelo en el cultivo de coco: requerimiento edafoclimatico	26
2.2.1. Temperatura.....	26
2.2.2. Humedad relativa	26
2.2.3. Precipitación	27

2.2.4.	Intensidad lumínica.....	27
2.2.5.	Vientos.....	27
2.2.6.	Suelos.....	28
2.2.7.	Altitud.....	28
2.3.	La variabilidad en las propiedades del suelo.....	28
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	30
3.1.	Lugar de ejecución	30
3.1.1.	Ubicación geográfica	31
3.1.2.	Área en estudio	32
3.2.	Materiales y métodos	33
3.2.1.	Materiales de campo, de colección y muestreo.....	33
3.2.2.	Materiales y equipos de laboratorio.....	33
3.3.	Metodología	33
3.3.1.	Fase de gabinete - campo.....	33
3.3.2.	Etapas de campo - gabinete.....	34
3.3.3.	Metodología experimental de análisis fisicoquímicos del suelo	35

3.4. Datos registrados	36
3.4.1. Propiedades físicas y químicas del suelo	36
3.4.2. Variables.....	37
3.5. Análisis de datos	38
IV. RESULTADOS	40
4.1. Determinación de las propiedades física y química de suelo aluvial.....	40
4.1.1. Variabilidad de la textura.	42
4.1.2. Variabilidad de la materia orgánica, nitrógeno y pH	42
4.1.3. Variabilidad del N con la textura del suelo.....	43
4.1.4. Variabilidad del P con la textura del suelo.....	44
4.1.5. Variabilidad del K con la textura del suelo.....	45
4.2. Comportamiento espacial del suelo aluvial con textura pesada	45
4.2.1. Comportamiento espacial de la MO de suelo aluvial.....	45
4.2.2. Comportamiento espacial del N del suelo	46
4.2.3. Comportamiento espacial del P del suelo.....	47
4.2.4. Comportamiento espacial del K del suelo.....	47

V. DISCUSIÓN.....	49
VI. CONCLUSIONES.....	53
VII. RECOMENDACIONES.....	54
VIII. ABSTRACT.....	55
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	57
ANEXO	60

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Propiedades físicos y químicos del suelo aluvial en Vista Alegre.	41
2. Regresión múltiple no lineal de la materia orgánica.....	46
3. Regresión múltiple no lineal del N.....	46
4. Regresión múltiple no lineal del P.....	47
5. Regresión múltiple no lineal del K.....	48

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Etapas y procesos en la formación del suelo.....	6
2. Dos Niveles de terraza de origen aluvial.....	24
3. Mapa de ubicación distrital.....	31
4. Toma de muestra de suelo en Zigzag.....	34
5. Limpieza del área de trabajo.....	37
6. Variabilidad de la textura en las muestras de suelo.....	42
7. Variabilidad del N, MO y pH en las muestras de suelo.	43
8. Variabilidad del N con la textura de las muestras de suelo.....	44
9. Variabilidad del P con la textura de las muestras de suelo.	44
10. Variabilidad K ₂ O con respecto a las muestras de suelo.....	45
11. Instalación del panel de tesis.	61
12. Limpieza del área en estudio.	61
13. Poda de la plantación de coco.....	62
14. Determinación de la materia orgánica.....	62
15. Pesado de muestra de suelo.	63

RESUMEN

El presente trabajo se ha ejecutado en el sector Vista Alegre, SupteSan Jorge, distrito RupaRupa, provincia Leoncio Prado, departamento Huánuco, con la finalidad de evaluar la variabilidad y el comportamiento espacial de las propiedades fisicoquímicas de un suelo aluvial de textura pesada y su comportamiento espacial.

A profundidad de 30 cm en las calicatas respectivamente, donde la textura arenosa es variable (arcilloso, franco arcilloso y franco), pH extremadamente ácido a fuertemente ácido (4.35 a 4.53), niveles bajos de materia orgánica (1.04 a 1.75%), niveles bajos y medios de nitrógeno (0.07 a 0.11%), contenidos bajos de fósforo (10.21 a 11.2 ppm), y niveles bajos para los tenores de potasio (315.6 a 436.52 kg/ha), calcio (Ca) es 5.27 a 6.95 Cmol(+)/kg nivel bajo. El magnesio (Mg) es 2.33 a 2.74 Cmol (+)/kg el nivel es bajo. El aluminio (Al) es 6.25 a 7.77 Cmol (+)/kg el nivel es bajo.

De las variables que explica el comportamiento de la variabilidad física del suelo, los contenidos de arena, limo y arcilla, presentan dependencia espacial. Asimismo, el comportamiento de la materia orgánica indica un coeficiente de determinación de significancia de buena correlación, causada por los puntos muestreados, por otro lado, la diferencia porcentual 65.41% a otros factores. El nitrógeno presenta coeficiente de determinación de significancia moderada, con correlación de Pearson es causado por los puntos aleatorios muestreados, así mismo la diferencia de 72.54% a otros factores. El fósforo presenta coeficiente de determinación de significancia muy buena

correlación, así mismo la diferencia de 0.27% a otros factores. El potasio presenta coeficiente de determinación de significancia buena correlación, las variaciones del K son causados por los puntos aleatorios muestreados, así mismo la diferencia de 53.05% a otros factores.

I. INTRODUCCIÓN

El estudio del efecto del suelo sobre el desgaste de los implementos agrícolas, se encuentran muchas propiedades de éste que pueden intervenir y, además, que la mayoría de ellas tienen una alta variabilidad, tanto aleatoria como espacial. La posibilidad de encontrar alta variabilidad en las propiedades físicas y químicas del suelo implica que se debe tener especial cuidado en la selección y en la ubicación de las parcelas experimentales, pues la localización de éstas puede tener efectos sobre los resultados de los análisis de suelos que permitió definir la mejor distancia de muestreo para maximizar la eficiencia y rentabilidad de esta práctica.

CHEN *et al.* (2004) Utilizó el análisis de componentes principales para derivar información específica de fotografías aéreas a color que permita eliminar la interferencia que producía la materia orgánica en el color de la superficie del suelo desnudo y pudieron hacer un mapa de la distribución superficial, mediante el análisis de componentes principales, como arena, limo y materia orgánica como las variables que condicionan el manejo del suelo en un programa de agricultura de precisión en campos agrícolas.

La finalidad de este estudio fue realizar un análisis de componentes principales para seleccionar las propiedades físicas que se relacionaron con la variabilidad de un suelo de textura pesada, con el fin de definir técnicamente la

ubicación de las parcelas experimentales. Por lo tanto se planteó la siguiente hipótesis, “La variabilidad de un suelo aluvial es diferente en selva alta, en el comportamiento espacial en cultivo de coco en Tingo María”.

Objetivo general

Caracterizar y evaluar el comportamiento espacial de las propiedades físicas y químicas de un suelo aluvial en una plantación de coco (*Cocos nucifera*)

Objetivos específicos

- Caracterizar las propiedades físicas y químicas de un suelo aluvial en Tingo María.
- Evaluar el comportamiento espacial de un suelo aluvial en Tingo María.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. El suelo

Es una colección de cuerpos naturales; compuesto por material orgánico y mineral que cubre la mayoría de la superficie terrestre; contiene materia viva y sirve de soporte para la vegetación en campo abierto y en lugares transformados por la actividad humana. Es un sistema abierto, trifásico y tridimensional (RAMIREZ, 1997)

DUQUE-ESCOBAR (2017) define al suelo como el resultado de todos los procesos que han transformado el material original, es decir, la roca que antes había donde hoy se halla el suelo. El entendimiento de estos procesos permite conocer mejor y prever el comportamiento del suelo. El agricultor o el ingeniero modificarán estos procesos mediante aporte de elementos químicos, drenajes, etc. El estudio de la génesis de los suelos, que se puede inferir de los cortes, presenta un doble interés práctico, puesto que permite definir los tipos y, en consecuencia, las unidades conceptuales y geográficas y así mismo plantear mejor las leyes del comportamiento del suelo.

2.1.1. Factores formadores de suelos

RAMIREZ (1997) los factores formadores de suelos se refieren a los "agentes, fuerzas o condiciones que influyen, han influido o pueden influir

sobre el material del suelo con la potencialidad de cambiarlo". Son las condiciones ambientales externas al suelo como tal, hacen referencia a:

- a) Organismos: Dentro de estos se encuentran microorganismos, mesoorganismos y macroorganismos, y pueden ser de origen vegetal o animal. Afectan suelo química y físicamente aportando material orgánico como fuente de nutrientes, transformando los diferentes compuestos y realizando la transformación mecánica de sus agregados.
- b) Clima: Es el factor ambiental más activo y de mayor Influencia sobre la evolución de los suelos; actúa sobre éstos de acuerdo con el grado de Intensidad y frecuencia. Dentro de los factores climáticos se encuentran la precipitación, la temperatura, los vientos y los fenómenos de evapotranspiración. Su influencia se da sobre el pH, el contenido de materia orgánica, la formación de diferentes horizontes, la actividad microbiológica.
- c) Relieve: Hace referencia a las formas del terreno y la pendiente. Afecta directamente la acumulación o acarreo de materiales, los cuales determinan la profundidad del suelo, la concentración de sales, la erosión, etc.
- d) Tiempo: Se refiere a la edad absoluta durante la cual han actuado los demás factores y que han llegado a formar el suelo. De acuerdo al tiempo, se encuentran suelos jóvenes, maduros o evolucionados.

- e) Material parental: Es el material del cual se deriva el suelo. Sobre este factor influyen el clima y los organismos (factores activos), los cuales lo transforman dando como resultado un tipo de suelo determinado. De él se derivan las propiedades físicas (color, textura, profundidad, mineralogía, etc.) y las propiedades químicas (fertilidad, pH, % de materia orgánica, etc.).

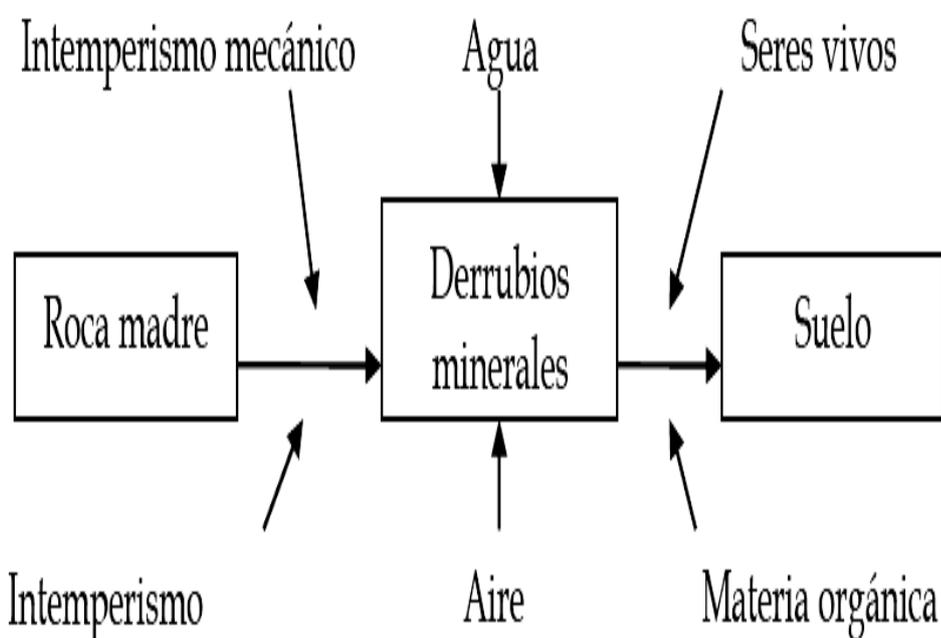
2.1.2. Procesos formadores de suelos

Los factores formadores de suelos según RAMÍREZ (1997), son el clima y los organismos actúan sobre el material parental en un relieve determinado y a través del tiempo dando origen a un tipo de suelo. Durante toda la evolución de éste ocurren una serie de procesos, los cuales determinan la dinámica.

Los procesos formadores pueden agruparse en dos categorías siendo los procesos generales los que sirven para entender los procesos dominantes en la formación y evolución de los suelos; los específicos son procesos que indican en una forma más detallada la evolución de éstos. Los procesos generales son:

- a) Adiciones o ganancias. Es el enriquecimiento de materiales orgánicos y minerales, ya sea por acumulación o incorporación de sedimentos aluviales, eólicos sobre el suelo.
- b) Pérdidas o sustracción de materia orgánica o mineral por erosión, lavado, extracción de cosechas o volatilización de elementos.

- c) Translocaciones. Son los movimientos de los elementos o compuestos en dirección ascendente, descendente u oblicua dentro del suelo.
- d) Transformaciones. Son las alteraciones o cambios químicos de material orgánico o mineral dentro del perfil del suelo.



Fuente: Amorós G. et al. 1991

Figura 1. Etapas y procesos en la formación del suelo

2.1.3. Caracterización de suelos

La Enciclopedia de Características del Suelo (2017), los suelos poseen las principales características:

- a) Componentes inorgánicos y orgánicos. -El material inorgánico está constituido fundamentalmente por minerales, como silicatos,

óxidos, micas, calizas o sales. La materia orgánica proviene de la descomposición de los restos vegetales y animales.

- b) Partículas de diferente tamaño y características.- El suelo contiene por lo general partículas de distinto tamaño, desde tan pequeñas como las de arcilla, que miden menos de 0,002 mm, hasta las de arena gruesa, cuyo diámetro puede alcanzar los 2 mm. Esto le da propiedades muy especiales.
- c) Albergan nutrientes.- Gracias a la presencia de nutrientes como nitrógeno, fósforo, azufre, hierro y magnesio, entre otros, es posible que en los suelos fértiles crezcan gran diversidad de especies, muchas de las cuales representan una fuente de alimento para el hombre.
- d) Acumulan agua.- Por su carácter heterogéneo y la presencia de espacio poroso, el suelo puede retener una considerable cantidad de agua a modo de “esponja natural”. Algunos suelos tienen estratos donde el agua permanece a saturación, se habla de acuíferos o capas freáticas en esos casos.
- e) Propiedades físico-químicas relevantes.- Además del agua y los nutrientes, los suelos se caracterizan por ciertos atributos que son muy importantes en términos de su capacidad productiva; entre ellos cabe citar la estructura (en terrones, en bloques, en columnas), el pH, la presencia de sales, la abundancia de materia orgánica.

- f) Se deterioran por el mal manejo.- Además de los fenómenos climáticos, las prácticas agronómicas afectan la calidad de los suelos; las labranzas continuas, las fertilizaciones excesivas o el pastoreo con muy alta carga animal, por ejemplo, pueden llevar a procesos de erosión o desertificación.
- g) Pueden actuar de reservorio de patógenos.- Son muchísimos los seres vivos que pueden vivir en el suelo, entre ellos se incluyen seres macroscópicos y microscópicos que pueden causar enfermedades en humanos, animales y plantas. Muchas bacterias y hongos pueden sobrevivir en el suelo (porque disponen de formas de resistencia) durante años.
- h) Cambian.- Como los factores formadores de suelo operan de manera lenta pero constante, desde una perspectiva de largo plazo el suelo cambia, con lo que puede hacerse más fértil (si hay descomposición moderada de residuos orgánicos o solubilización de fosfatos, por ejemplo), o puede hacerse menos fértil (por ejemplo, si hay lluvias excesivas y mucha lixiviación de nitratos).
- i) Diversas clasificaciones.- Los suelos se clasifican atendiendo a muy diversos criterios, y los distintos países a veces adoptan clasificaciones propias. La clasificación más extendida es hoy la Soil Taxonomy de la USDA (United States Department of Agriculture), esta es una clasificación objetiva que se basa en el concepto de “horizonte diagnóstico” (los horizontes son las capas

horizontales que componen los suelos) y reconoce 12 órdenes, cada uno de ellos con menores niveles de jerarquía (desde subórdenes hasta series). También están muy difundidas las clasificaciones basadas en la capacidad de uso del suelo, asociadas a las limitantes que cada suelo puede presentar.

2.1.4. Variabilidad de las propiedades del suelo o variabilidad espacial del suelo

JARAMILLO (2002) refiere que la variabilidad de las propiedades del suelo es principalmente espacial y debe conocerse para hacer un buen uso de este recurso, asimismo, una característica dominante de los suelos es su heterogeneidad, aún en pequeñas áreas que podrían considerarse como homogéneas. Esta heterogeneidad induce una variabilidad en las propiedades del suelo que puede llegar a ser de considerable magnitud, la cual puede afectar grandemente las generalizaciones y predicciones que se hagan con ellas. La variabilidad de las propiedades del suelo es una condición inherente al mismo debido a que en su formación intervienen varios procesos diferentes, controlados, a su vez, por los factores de formación; estas interacciones pueden ser muy variadas dando como consecuencia una alta cantidad de suelos.

La variabilidad depende de la propiedad que se analice, siendo más variables las propiedades químicas que las físicas. Además, hay menor variabilidad en las propiedades del suelo, en su condición natural, que cuando

es sometido a uso. Aquellas propiedades que más se afectan por el manejo del suelo serán las que presenten la mayor variabilidad. Asimismo, la variabilidad presenta dos componentes fundamentales: uno aleatorio y otro sistemático. La variabilidad sistemática está representada por los cambios que presentan las propiedades del suelo que pueden ser entendidos y explicados en términos de sus factores y procesos de formación, a la escala de observación usada, por otro lado, la variabilidad aleatoria puede relacionarse con causas no conocidas. Siendo la variabilidad sistemática mayor que la variabilidad aleatoria, existiendo una alta dependencia entre ellas.

JARAMILLO (2012), la variabilidad de las propiedades del suelo es una condición inherente al mismo, debido a que en su formación intervienen varios procesos diferentes que, a su vez, están controlados por los factores de formación (clima, material parental, organismos, relieve y tiempo).

JARAMILLO et al. (2011), menciona que la posibilidad de encontrar alta variabilidad en las propiedades físicas y mecánicas del suelo aluvial implica que se debe tener especial cuidado en la selección de los sitios y en la ubicación de las parcelas experimentales, pues la localización de éstas puede tener efectos sobre los resultados de los análisis de varianza que se hagan, ya que el error experimental puede tener algún componente espacial que afecte la significancia de los tratamientos que se estudian. Investigaciones evidenciaron que si no se neutraliza la correlación espacial entre unidades experimentales vecinas, se pueden invalidar los resultados obtenidos con el análisis de varianza entre ellas.

2.1.5. Componentes del sistema nutricional del suelo

2.1.5.1. Físicos

Para MELENDEZ et al. (2001) de esos componentes del suelo que afectan la potencialidad nutricional de un suelo, los físicos son los que primero saltan a la vista, pero en realidad se cuantifican tan poco que, rápida y lamentablemente, se dejan de lado. La que más se mide es la textura, sin embargo, para una identificación de problemas quizá esta característica resulte muy general. Interesa más tener claridad sobre el tipo de coloide predominante en el sistema y su comportamiento. Tres de las propiedades físicas más relevantes, por su interacción con el aspecto nutricional, son:

- Profundidad de la capa arable.
- Compactación desde el punto de vista de capa dura que dificulta la penetración física de las raíces, e inhibe su desarrollo por falta de oxígeno.
- Contenido de humedad, en el tanto en que propicia la falta de oxigenación y modifica la disponibilidad de los elementos sensibles a las reacciones REDOX.

Mayor profundidad indudablemente ofrece al cultivo un mayor ámbito de exploración, mejor agarre, y mayor volumen para amortiguar los efectos que el sistema de producción establecido sobre ese suelo está ocasionando sobre el ecosistema.

Los suelos de textura arenosa son generalmente permeables al aire, agua y raíces, pero normalmente tienen limitaciones como baja capacidad de retener agua aprovechable para las plantas y baja capacidad de nutrientes. Estos suelos, característicos son generalmente permeables al aire, agua y raíces, pero normalmente tienen limitaciones como baja capacidad de retener agua aprovechable para las plantas y baja capacidad de nutrientes (BRAVO, 2004). Sin embargo, SCALONE (2008) indica que a mayor proporción de arcilla, las propiedades de la arena serán anuladas, es decir mayor micro poros, poca permeabilidad.

La compactación es un producto directo del manejo con maquinaria o el tránsito excesivo, y aunque puede ser “manejable”, en general con el tiempo conduce a deterioro. Así que, lo primero que habría que hacer es revisar las prácticas de manejo que incluyan maquinaria, valorar su indispensabilidad y reducirlas al mínimo. En el tanto que el sistema de cultivo incluya estos programas regulares de uso de maquinaria o de excesivo tránsito, debe pensarse en su atención regular también (des compactación), para proteger no solo las características físicas del suelo, sino también las nutricionales. Las barreras físicas dificultan la prolongación de las raíces, o sea, la extensión del órgano absorbedor de nutrientes, pero además, aunque la raíz pueda penetrar, si la disponibilidad de oxígeno está reducida, no se produce la absorción, esto es que, desde el punto de vista nutricional, la raíz que se encuentra en un suelo compactado, difícilmente estará cumpliendo su rol absorbente (MEZA, 2006).

MEZA (2006) al respecto refiere que el exceso de agua en la zona radical, producida por el mismo efecto de compactación o por rompimiento local de la estructura, incluso en casos extremos, al cavar inadecuadamente un hoyo de siembra, produce el mismo efecto de falta de oxigenación mencionado anteriormente, y por lo tanto, de impedimento a la raíz para respirar y de inhibición de la absorción. A esto se une además, el hecho de que la presencia de condiciones locales reducidas puede conducir a la ocurrencia de reacciones REDOX en los 4 elementos que se ven afectados por ellas: el N, el Fe, Mn y S, con sus respectivos cambios de disponibilidad.

El N, si está como nitrato y se reduce, se desnitrifica y por lo tanto sale en forma gaseosa del sistema. El S forma compuestos sulfhídricos, y se torna no absorbible, y los otros dos, el Fe y el Mn, pueden, bajo condiciones reducidas, aumentar considerablemente sus formas divalentes, que son absorbibles por la planta, y por lo tanto, causar hasta intoxicaciones.

Lo importante de considerar con estos efectos de compactación o inundación localizados producidos por manejos inapropiados, es que pueden producir síntomas nutricionales igualmente localizados y aislados, que bajo condiciones normales no constituirían una distribución esperable de problemas relacionados con nutrición. Por este motivo, para hacer un diagnóstico de este tipo, hay que analizar en detalle las prácticas efectuadas.

2.1.5.2. Químicos

Desde un enfoque propiamente químico, las limitantes nutricionales que se presentan con más frecuencia, por lo general, pueden asociarse con alguno de estos cuatro aspectos:

- El tipo de sistema coloidal dominante y el conocimiento y comprensión que se tenga del mismo.
- El tipo de elemento del que se trate.
- El tipo de sistema de cultivo que se tenga, y

Que el coloide dominante sea 2:1, alófana, un material 1:1 o una mezcla de coloides orgánicos, es el factor que introduce las principales diferencias en las potencialidades nutricionales de un suelo. No es lo mismo contar con una superficie específica muy extensa, con carga negativa generada principalmente en sus capas externas por sustitución isomórfica permanente, como es el caso de las vermiculitas, que tener un material con una gran superficie también, pero altamente amorfo, inestable y cuya carga es mayoritariamente variable, generada por la ionización de OH terminales y que se modifica con los cambios de pH.

Por otro lado, suelos ricos en arcillas 1:1, estructuradas como pseudoarenas a través de puentes de H, constituyen complejos coloidales con mucha restricción nutricional pues poseen una CICE excesivamente baja. También, que la superficie de retención sea principalmente orgánica

y que las reacciones se vean afectadas por toda la acción biológica ligada a esos coloides, indudablemente genera grandes diferencias en la potencialidad nutricional de los suelos.

Cada nutriente tiene propiedades particulares que lo hacen desenvolverse particularmente según sea el sistema coloidal al que se enfrente. Las limitantes que ofrecerá el N en un suelo dominado por materiales caoliníticos serán tremendamente diferentes a las que ofrezca un suelo volcánico, y aún más, si este es manejado con un fuerte componente orgánico, por ejemplo. Igualmente, la magnitud de la limitante que representa para el P de un suelo la presencia de alófana, como ocurre en volcánicos, en comparación con la fijación que puede ocurrir por presencia de Ca, como ocurre en Vertisoles, es diametralmente diferente.

También, las limitantes químicas cambiarán según las exigencias que tengan cada cultivo y el grado de intensidad de manejo que tenga el sistema. Químicamente, dada la dinámica que caracteriza al sistema suelo, quizá el factor que más repercute en generar nuevas limitantes nutricionales en un suelo dado, lo constituyen las prácticas de manejo nutricional que se ejecuten sobre ese sistema, como pueden ser el encalado, la fertilización, la aplicación de abonos orgánicos.

Las bases cambiables se encuentran entre 42.92 a 68.65% la misma que se encuentra en nivel alto (LEGAZ, 1995). Sin embargo, el riesgo de toxicidad por metales pesados en suelos alcalinos es muy bajo,

la mayoría de ellos pasan a formas insolubles, sin embargo, algunos nutrimentos esenciales como calcio y fósforo también se precipitan volviéndose no disponibles para el cultivo SALAZAR (2011

Las plántulas se nutren del fósforo acumulado en la semilla, pero cuando se agota esta reserva ha de tomarlo del suelo (GUERREO, 2000) calificando en su mayoría estos suelos como bajos en fósforo. Por otra parte, el contenido del fosforo disponible en el suelo es una variable dinámica, fuertemente influenciada por las propiedades del suelo, la planta y las condiciones ambientales(LEGAZ, 1995).

La variabilidad depende de la propiedad que se analice, siendo más variables las propiedades químicas que las físicas. Aquellas propiedades que más se afectan por el manejo del suelo serán las que presenten la mayor variabilidad (OVALLES, 1991).

La mineralización se da en valores cercanos a pH 7, que es donde mayor desarrollo presenta, las bacterias encargadas de la nitrificación y la fijación de nitrógeno. Asimismo, en pH alcalino, es decir, superior a 7.5 el calcio aumenta su solubilidad y reacciona con los fosfatos precipitándolos y formando compuestos Insolubles como la apatita; por lo tanto, el fósforo presenta su mayor disponibilidad con pH entre 6.5 y 7.5, siendo en ese rango donde se presenta la mayor mineralización de compuestos de fósforo orgánico y mineral. Por otra parte, el fosforo como elemento en el suelo aumentan su solubilidad con pH de 7 a 8.5. En suelos ácidos (RAMIREZ, 1997).

Los sistemas orgánicos tienen el potencial para abastecer con cantidades adecuadas de N las demandas a partir de residuos de cosecha (BERRY et al., 2002).

2.1.6. Indicadores físicos y químicos del suelo

Las características físicas del suelo son una parte necesaria en la evaluación de la calidad de este recurso (GARCIA, 2012). La calidad física del suelo se asocia con el uso eficiente del agua, los nutrientes y los pesticidas, lo cual reduce el efecto invernadero y conlleva un incremento de la producción agrícola. Esta calidad no se puede medir directamente, pero se infiere a través de los indicadores de la calidad. La estructura, la densidad aparente, la profundidad del suelo superficial, son las características físicas del suelo que se han propuesto como indicadores de su calidad (GARCIA, 2012).

Los indicadores químicos se refieren a las condiciones de este tipo que afectan las relaciones suelo-planta, la calidad del agua, la capacidad amortiguadora del suelo, y la disponibilidad de agua y nutrimentos para las plantas y los microorganismos. Entre ellos se encuentran la disponibilidad de nutrimentos, el pH, la conductividad eléctrica, la capacidad de absorción de fosfatos, la capacidad de intercambio de cationes, los cambios en la materia orgánica, el nitrógeno total y el nitrógeno mineralizable (BAUTISTA, 2004).

2.1.7. Suelos aluviales

Son suelos de materiales transportados o depositados en las planicies costeras y valles interiores. Son aluviones estratificados de textura

variable. Son suelos recientes o de reciente deposición y carecen de modificaciones de los agentes externos (agua, clima, etc.). Se ubican en áreas ligeramente inclinadas o casi a nivel en las planicies costeras y valles interiores en donde el manto freático está cerca de la superficie y el drenaje por lo general es pobre. Son suelos de alta productividad permitiendo agricultura intensiva y mecanizada, aptos para toda clase de cultivos (MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES, 2018).

Se les llama así a los depósitos formados por desalojo, transporte y acumulación de detritos en los lechos de corriente, desde las laderas adyacentes de torrentes y ríos, junto con detritos dispuestos por gravedad. Todos estos detritos son sometidos a un tratamiento especial por las corrientes antes de disponerse en capas. Existen varios tipos de suelos aluviales y muchas geoformas asociadas a estos distintos tipos de depósito. Los ríos acumulan los depósitos que ellos mismos producen y aún pueden excavar en el fondo de los lechos a través de estos depósitos (MONTERO, 1997).

2.1.7.1. Aspectos geomorfológicos de los suelos aluviales

MONTERO (1997) los ríos integran sistemas de corrientes y estos sistemas están conformados por los ríos principales y los torrentes que les tributa. En las partes altas del curso de un río el gradiente es muy fuerte y los torrentes socavan el fondo de sus cauces produciendo fuerte erosión, por lo cual en su sección transversal el torrentes tiene forma de “V “ muy cerrada y en un plano horizontal los cauces son relativamente estables, es decir que sus orillas no se desplazan lateralmente.

En esta parte de la sección de un río los torrentes arrastran en forma muy agresiva la carga de sedimentos que producen y los depositan en las orillas de los ríos conformando los conos aluviales. Asimilando la evolución de los valles de los ríos a las vidas humanas, en los cuales predomina la erosión de fondo sobre otras formas de erosión y sobre el depósito y las corrientes arrastran grandes cargas hacia los ríos.

En la sección del valle amplio de un río se forman entonces: Depósitos de canal (fondo del canal y curvas externas de los meandros), dentro del lecho y depósitos de terraza aluvial, adyacentes al canal por encima del lecho del río. En el Valle Amplio el fondo del valle alcanza su máxima profundidad y debido a la dinámica de los meandros, la socavación lateral es muy intensa. Se presenta un cierto equilibrio o alternancia entre erosión y depósito. Teniendo en cuenta esta dinámica de la corriente y el estado de evolución del cauce en esta sección del río, a un valle con estas características se le conoce como Valle Maduro.

En la parte media del curso de un río el gradiente disminuye notablemente y los ríos socavan preferiblemente sus orillas. Consume su energía en desgastar progresivamente las orillas de los cauces de tal manera que en la medida que el valle se amplía se va rellorando con sedimentos (Valle Amplio). En esta sección los ríos acumulan Depósitos de Canal en todo el fondo de los valles amplios y en las curvas externas de los meandros. Los depósitos están cubiertos por el agua o pueden sobresalir formando pequeñas islas en forma de barras alargadas en la

dirección que fluye la corriente. Por encima del nivel de las orillas de los ríos en esta sección media, el río puede excavar sobre sus propios sedimentos en épocas donde se incrementa notablemente el caudal y formar uno o varios niveles de terrazas que exponen estos sedimentos en sus taludes. Cada nivel de terraza corresponde a un incremento del caudal del río. La presencia de varios niveles de terraza en ríos Andinos, se pueden relacionar también con pulsos orogénicos que han contribuido a la evolución del relieve en el pasado geológico de estos ríos (SANCHEZ, 1981).

2.1.7.2. Propiedades de los suelos aluviales

THOMPSON (2018) refiere que el suelo aluvial es rico en nutrientes y puede contener metales pesados. Estos suelos se forman cuando los arroyos y ríos disminuyen su velocidad. Las partículas de suelo suspendidas son demasiado pesadas para que las lleve la corriente decreciente y son depositadas en el lecho del río. Las partículas más finas son depositadas en la boca del río, formando un delta. Los suelos aluviales varían en contenido mineral y en las características específicas del suelo en función de la región y del maquillaje geológico de la zona. En general tienen las siguientes propiedades:

- a) Alta tasa de renovación de raíces.- El aumento de los ciclos de humedecimiento y secado causan una alta renovación de raíces en el suelo aluvial. Los sistemas de raíces de alfalfa aumentan el flujo de agua y las macro porosidades en los

suelos aluviales, de acuerdo con un informe de 2005 elaborado por el Departamento de Agronomía de la Universidad de Purdue. Esta propiedad del suelo aluvial es importante en los distintos tipos de cultivos de pasto, arroz, papas, trigo y otros cultivos alimentarios (JORNALISIMO, 2013).

- b) Propiedades magnéticas.- Dependiendo de la zona donde se encuentre el suelo aluvial, tendrá diferentes propiedades magnéticas. Los contaminantes en los ríos y arroyos que crean un suelo aluvial, tales como metales pesados y minerales magnéticos, crear campos magnéticos en el suelo. Los contaminantes como plomo, zinc y cadmio entran en las vías fluviales de las empresas de fundiciones de plomo, fábricas y otras fuentes de contaminantes químicos. Los científicos utilizan estas propiedades magnéticas para determinar los niveles de contaminación y las zonas contaminadas y no contaminadas.
- c) Suelo fértil.- El suelo aluvial es rico en minerales y nutrientes, muy fértil y un suelo para una buena cosecha. A menudo contiene grava, arena y limo. La composición química del suelo dependerá del lugar donde se encuentre. La topografía de la tierra influirá en lo que se escurre en el río que con el tiempo formará el suelo aluvial.

2.1.7.3. Características edáficas de los suelos aluviales

RODRIGUEZ (1990) desde el punto de vista edáfico, este paisaje aluvial, típico de llanura de inundación, está conformado por sedimentos fluviónicos recientes de los ríos y abarca todas las tierras planas (0-5%) que sufren inundaciones periódicas por las crecientes normales de los ríos, estando sujetas a una intensa erosión. Estas tierras reúnen suelos que muestran poco o ningún desarrollo del perfil, en muchos casos con morfología estratificada y sin horizontes genéticos, generalmente de textura que varía entre media y moderadamente fina.

Presenta, en algunos casos, síntomas de moteamiento, como resultado de las deficiencias en el sistema de drenaje. Evidencias de gleyzación o condiciones anaeróbicas fuertes son también frecuentes en estos grupos de tierra. Estos suelos han sido clasificados como Entisoles e Inceptisoles o como Gley Húmico Eutrófico, 3ley poco Húmico y Aluviales Eutróficos, según diversos sistemas de clasificación.

Algunos estudios realizados en áreas inundables del río Amazonas, en términos generales, sugieren que estos suelos son de mayor fertilidad que los de altura, pues presentan una reacción ligeramente ácida o neutra, alta saturación de bases, buena capacidad de intercambio catiónico, contenido de materia orgánica, nitrógeno y fósforo, entre bajo y medio, y el de potasio variable.

La fertilidad natural de los suelos ubicados en las áreas inundables del llano amazónico no es uniforme. Pues, esta propiedad del

suelo, a un nivel macro espacial, varía según el origen de los ríos; a un nivel local, cuando la deposición es reciente, varía según las características granulométricas y, cuando poseen cierto grado de evolución pedogenética, se debe a procesos de ferrólisis, acumulación y descomposición de materia orgánica y lixiviación(RODRIGUEZ, 1990).

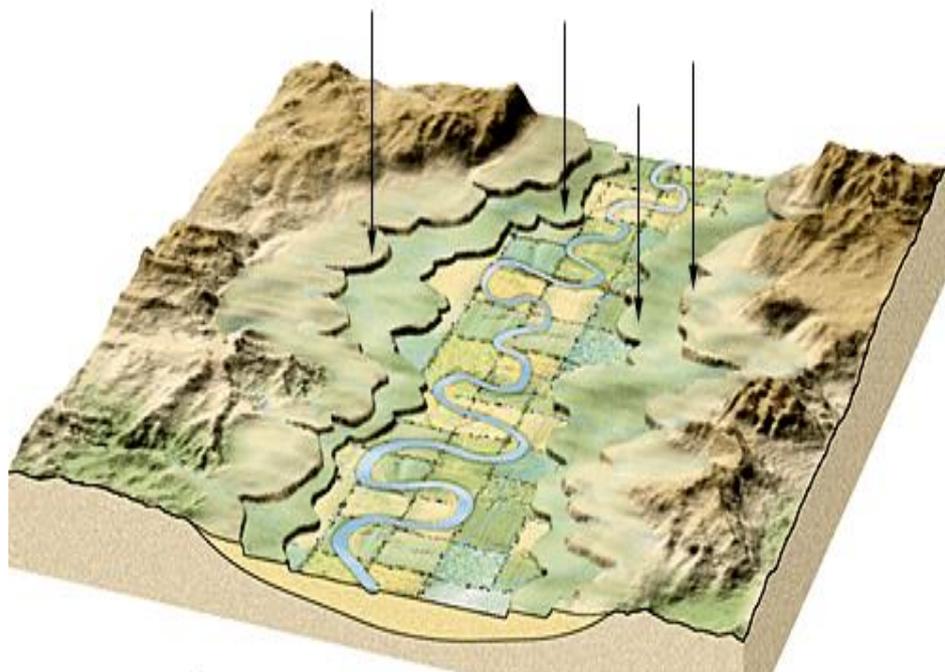
2.1.7.4. Depósitos aluviales o aluviones

Los aluviones son materiales detríticos, transportado por un río y depositado, casi siempre temporalmente, en puntos a lo largo de su llanura de inundación. Están normalmente compuestos por arenas y gravas (terraza fluvial, rejuvenecimiento, depósitos coluviales, depósitos eluviales). Entre los principales depósitos aluviales propios de las diferentes secciones de un río se encuentran (MONTERO, 1997).

- a) Abanicos.- Cuando un torrente fluye de una parte alta y pendiente sobre el piso ancho y casi plano del río en el cual tributa, el cambio abrupto de su gradiente provoca de manera brusca el depósito de la mayor parte de su carga. Este tipo de depósitos se dispone en forma progresivamente más amplia con un remate semicircular lobulado hacia aguas abajo y con una pendiente relativamente suave. Se forma así un abanico a causa de la distribución casi uniforme del material transportado sobre la superficie del depósito. En su desembocadura, se obstruye transitoriamente el canal del torrente y se forman varios canales que drenan en forma

digitada el depósito. Cuando una parte del abanico ha sido construido, la corriente deposita sedimentos en un sector más bajo y de esta manera se va acumulando un amplio depósito simétrico.

- b) Depósitos de canal.- En una cierta parte de los cursos de los ríos se forman curvas sucesivas. La corriente es desviada hacia el lado externo de esas curvas, lo cual ocasiona socavación, y crea al mismo tiempo una zona de depósito en la parte interna de esas curvas. Éstas se van ampliando y migrando hacia aguas abajo, dejando una extensa y amplia capa de sedimentos (aluviones)



FUENTE: Montero (s.f.). Meteorización y suelos

Figura 2. Dos Niveles de terraza de origen aluvial

- c) Depósitos en terrazas.- Se forman cuando un río corta en una o más ocasiones sobre su propio lecho de depósitos, debido a factores climáticos o de cambios en el nivel de base. El río deposita en épocas de bajo caudal y en épocas de aumento de caudal socavó estos sedimentos dejando expuestos los dos niveles de terraza (Figura 2).
- d) Depósitos de llanura de inundación.- Una corriente cuyo nivel de creciente sobrepasa los márgenes de su canal habitual, causa inundación en el piso adyacente al valle. Cuando el flujo excedente es obligado a sobrepasar el borde del cauce, su velocidad es contrarrestada rápidamente, causando depósito de detritos de grava y arena lo largo de los bordes próximos del canal anegado, con espesor decreciente hacia afuera del mismo. El depósito conforma pequeños lomos en el borde del canal, los cuales permanecen allí después que ha cesado la inundación. En estos eventos además, el piso del valle se recubre por un manto delgado de sedimento fino. La parte del piso del valle afectada por las inundaciones se llama Llanura de Inundación o Lecho mayor.
- e) Depósitos trenzados.- En muchas llanuras de inundación, las corrientes pierden velocidad, debido a una disminución brusca del gradiente (en un pie de monte, por ejemplo), o a la disminución del caudal. En estas circunstancias las corrientes

pierden energía y son obligadas a depositar una buena parte de su carga, obstruyendo temporalmente sus canales. La corriente es forzada a desplazarse por una red de nuevos canales que con el tiempo forman un patrón trenzado.

- f) Barras.- Se le da este nombre a acumulaciones elongadas de arena y grava en el cauce de algunas corrientes, en las cuales la carga de sedimentos no alcanzó a producir un patrón trenzado. En algunas corrientes las barras se forman en el nivel de aguas bajas y son retro bajadas (socavadas) en las próximas inundaciones, si bien en algunos casos cambian su forma y posición, según las variaciones del clima.

2.2. Clima y suelo en el cultivo de coco: requerimiento edafoclimatico

LIZANO (s.f) el cultivo de coco prospera en las siguientes condiciones de clima y suelo:

2.2.1. Temperatura

El cocotero requiere clima cálido, sin grandes variaciones de temperatura. Una temperatura media diaria en torno a los 27 °C con variaciones de 5 a 7 °C.

2.2.2. Humedad relativa

Por la distribución geográfica del cocotero, se puede concluir que los climas cálidos y húmedos son los más favorables para su cultivo. Una

humedad atmosférica baja o excesiva es perjudicial al cocotero. OCHS, 1977, reporta que menos del 60% de humedad relativa es nociva para la planta. Cuando el nivel freático es poco profundo (1 a 3 m) o cuando se garantiza el riego, aumenta la transpiración foliar, provocada por baja humedad atmosférica,

2.2.3. Precipitación

El régimen de precipitación pluvial ideal se caracteriza por una lluvia anual promedio de 1500 mm, con precipitación mensual mayor a 130 mm. Reportes sobre el déficit hídrico, señalan que períodos de tres meses con menos de 50 mm son perjudiciales al cultivo.

2.2.4. Intensidad lumínica

El cocotero es una planta heliofílica, por tanto no admite sombreadamiento. Una insolación de 2000 horas anuales con un mínimo de 120 horas mensuales, es considerada ideal para el cultivo.

2.2.5. Vientos

Los vientos suaves o moderados favorecen el cultivo, sin embargo, los vientos fuertes en períodos de sequía aumentan las condiciones de sequedad del suelo y la transpiración de la planta, generando un déficit hídrico perjudicial para la planta. Las condiciones de vientos huracanados son limitantes, principalmente para los cocoteros del tipo enano, pues poseen menor resistencia en su tronco y raíces.

2.2.6. Suelos

Los suelos aptos para el cultivo del cocotero son aquellos con texturas livianas (de francos a arenosos), aluviales, profundos (más de 1 metro), con una capa freática superficial de 1 a 2 metros de profundidad. Los suelos de la planicie costera presentan estas características. Cuando se maneja la humedad del suelo con riego, el cultivo puede realizarse en suelos arcillosos y limosos. El cocotero se adapta bien a los suelos donde la capa freática es salina. Debido a la gran demanda de cloro de la planta, la existencia de agua salobre es hasta beneficiosa, por ello es uno de los pocos cultivos que puede verse en las playas o en su cercanía.

2.2.7. Altitud

El rango óptimo de elevación en que se desarrolla el cocotero está entre los 0 a 400 msnm.

2.3. La variabilidad en las propiedades del suelo

La variabilidad de las propiedades del suelo es una condición inherente al mismo, debido a que en su formación intervienen varios procesos diferentes que, a su vez, están controlados por los factores de formación (clima, material parental, organismos, relieve y tiempo). Estas interacciones pueden ser muy variadas dando como consecuencia una alta cantidad de suelos posibles (JARAMILLO, 2011).

La variabilidad depende de la propiedad que se analice, siendo más variables las propiedades químicas que las físicas. Además, hay menor

variabilidad en las propiedades del suelo, en su condición natural, que cuando es sometido a uso agropecuario, y aquellas propiedades que más se pueden ver afectadas por el manejo del suelo son las que presentan la mayor variabilidad. Para poder implementar el análisis, las muestras que se tomen deben georreferenciarse, es decir, se deben posicionar geográficamente mediante un sistema de coordenadas. Al aplicar esta metodología a los valores de contenido de materia orgánica (JARAMILLO, 2012).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

La investigación se realizó en los suelos del predio Carlos Maby, colectados de 0 - 30 cm de profundidad, situado políticamente en el sector Vista Alegre (18L: 392330, UTM: 8986083), Supte San Jorge, distrito de Rupa Rupa, provincia Leoncio Prado, región Huánuco, aproximadamente a tres kilómetros y medio de la ciudad de Tingo María, al lado derecho de la carretera Tingo María – Pucallpa.

Las características edafológicas de los suelos indican que son aluviales, aptas para cultivos temporales como; arroz (bajo riego), plátano (variedad isla), frutales, pastos y perennes como el cacao así como especies forestales y nativas, dado que tienen un alto contenido de materia orgánica llegando hasta un 25%, un intercambio catiónico de 11,5% con una distribución promedio N-P-K de 8-10-12, en la zona oeste se encuentran suelos con un pH de 6.0 e intercambio catiónico aceptables, propicios para el buen desarrollo de cultivos perennes (PEAH, 2012).

HOLDRIGE (1993) citado por Mapa Ecológico del Perú – INRENA (1995) menciona que el área estudiada corresponde a la formación vegetal Bosque Húmedo tropical, temperatura media anual de 27°C, precipitación anual mayor a 1,500 mm, con una altitud de 645 msnm.

3.1.1. Ubicación geográfica

Geográficamente el ámbito de influencia de la evaluación se encuentra localizado en el sector Vista Alegre, Supte San Jorge, distrito de Rupa-Rupa, provincia Leoncio Prado, Región Huánuco.

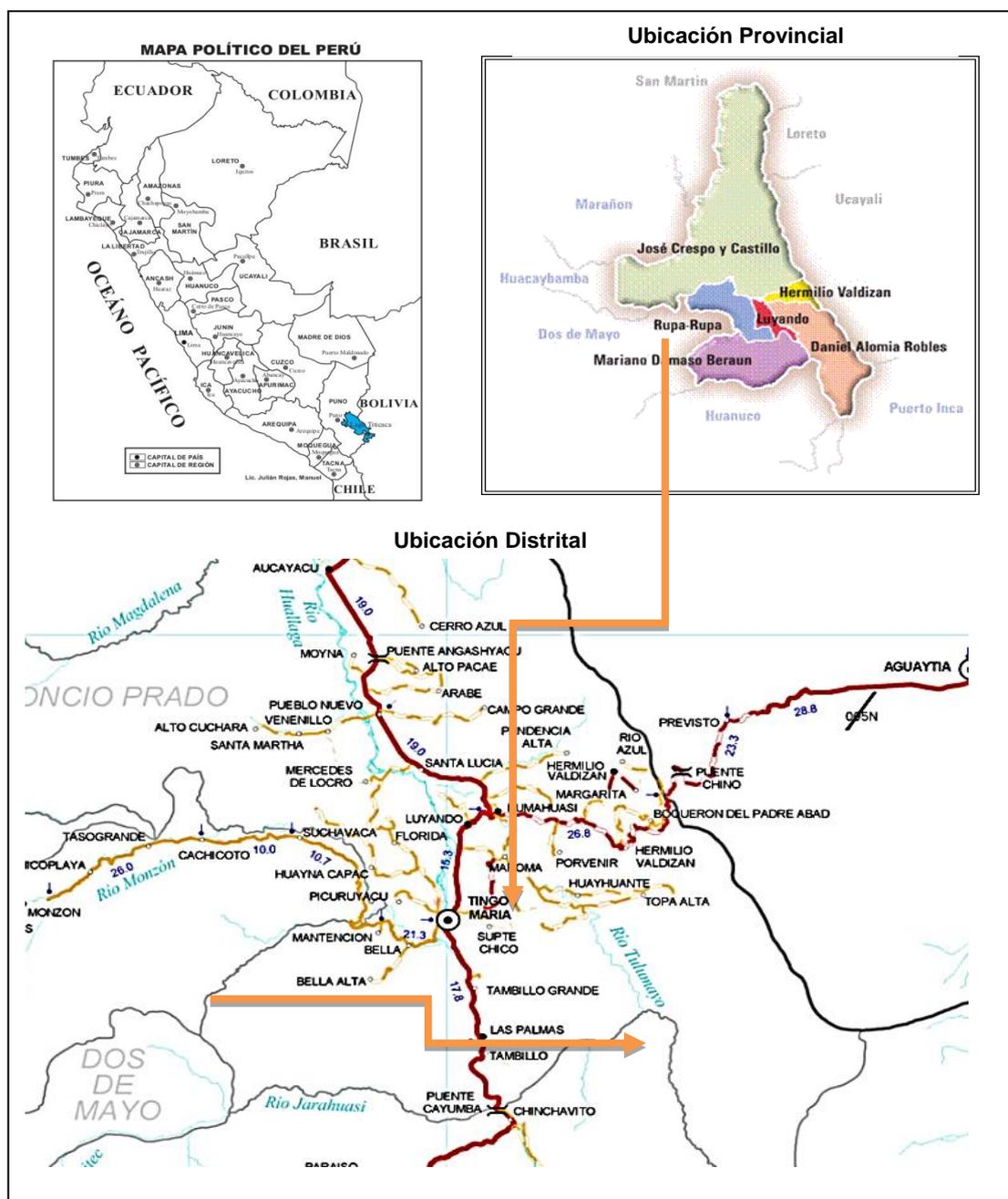


Figura 3. Mapa de ubicación distrital

El área de estudio comprende dos extensos territorios: un territorio montañoso colinoso, con características fisiográficas extremas con pendientes muy disectadas, presentando una composición florística particular con muchas epifitas, aunque también con algunas especies del llano, siendo estructuralmente de dosel bajo con pocas especies arbóreas de gran porte; y el llano amazónico, donde se presentaron una gran diversidad de hábitats y tipos de vegetación, fisiográficamente con relieves suaves y ondulados con predominio de la planicie aluvial (PEAH, 2012).

3.1.2. Área en estudio

Comprendió un suelo aluvial donde se estableció coco (*Cocos nucifera*) en el predio Carlos Maby en Vista Alegre en Supte San Jorge, a 15 minutos en moto lineal de la ciudad de Tingo María.

En el área seleccionada, se localizó una parcela agropastoril de aproximadamente de 1250 m². En la cual se obtuvo tres muestras de suelo de la parcela seleccionada.

La parcela agropastoril consta de la asociación de *Brachiaria decumbes* con plantación de coco (*Cocos nucifera*).

Por otra parte, la plantación de coco fue instalada hace 6 años, por el método de tres bolillos (3 m x 5m) con la finalidad de servir como sombra para los animales y generar un ingreso económico adicional al propietario de la parcela.

3.2. Materiales y métodos

3.2.1. Materiales de campo, de colección y muestreo

Para los trabajos de campo se utilizó palas, picos, cinta métrica y botas. Asimismo, en la colección y muestreo del suelo se utilizó bolsas de polietileno de 2 Kg de capacidad, 1 balde de plástico limpio, etiquetas adhesivas y un lápiz de grafito.

3.2.2. Materiales y equipos de laboratorio

Los materiales utilizados fueron: cintas masking tape, etiquetas, mandil, placas petri, probetas de 250 ml, tubos de ensayo de 18 a 180 mm, cápsulas petri de 90 a 100 mm, fiolas de 100 ml, matraz de 250 ml, tubos durkam de 10 a 75 mm, pipetas de 1 a 10 ml, gradillas, tijeras, guantes, cintas y pitas. Además, se utilizaron estufas, autoclave, balanza analítica, incubadora y cámara fotográfica.

3.3. Metodología

La investigación se enmarco en dos fases: gabinete – campo y campo – gabinete

3.3.1. Fase de gabinete - campo

Consistió en la recopilación de toda la información necesaria del área en estudio; así como información de suelos, sistemas de uso que vienen dando en el área, mapa base del área, material cartográfico y un

reconocimiento general de toda el área donde se iban a fijar los puntos de muestreo para su respectiva evaluación; así mismo, se separó indicadores que fueron evaluados directamente en campo y los indicadores que fueron evaluados en laboratorio.

3.3.2. Etapa de campo - gabinete

Para la toma de muestras se tuvo en cuenta precauciones y normas generales como, no muestrear inmediatamente después de una lluvia o si el perfil del suelo está saturado, conviene siempre esperar 2 o 3 días a que drene bien, se obtuvo muestra a profundidad de 30 cm y las calicatas fueron por el método de zigzag, en parcela de un área de 50m x 25 m, respectivamente (Figura 4).

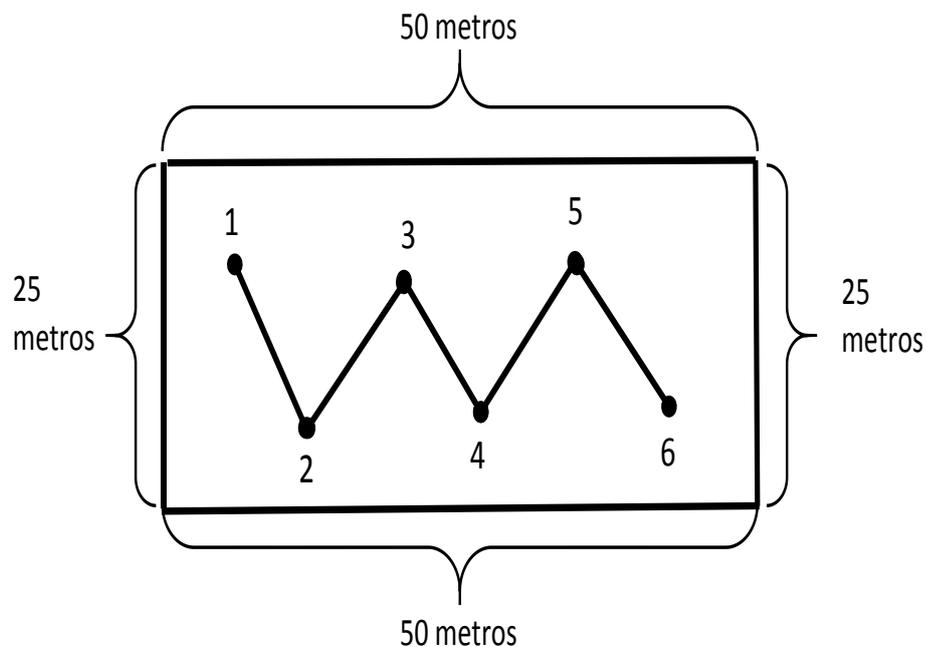


Figura 4. Toma de muestra de suelo en Zigzag

Al muestrear se realizó una observación minuciosa del terreno seleccionado, identificando su homogeneidad. Se recolectó seis muestras de suelo de un kilogramo cada una, en cada punto identificado (Figura 4), procediéndose de la siguiente manera:

Se limpió la superficie para eliminar restos de material vegetativo y otros elementos que pudieran contaminar la muestra.

Se tomó cada una de las tres muestras a una profundidad de 30 cm, con haciendo uso del pico y pala, y se introdujo al balde, se mezcló muy bien y elimino rastros de piedras y raíces.

Del total de la mezcla se tomó aproximadamente 1 kg de suelo y se introdujo en una bolsa plástica, mediante el cuarteo.

A cada bolsa plástica se etiqueto para su identificación.

Se secaron las muestras por separado al aire libre bajo techo

Luego del secado pasaron por un tamiz de 2 mm y se guardó en bolsas de polipropileno etiquetado, lo cual permitió que no pierda sus características químicas y físicas. Posteriormente se llevaron las muestras al laboratorio.

3.3.3. Metodología experimental de análisis fisicoquímicos del suelo

Para los análisis fisicoquímicos de suelos fueron los métodos análisis mecánico para textura, método del hidrómetro, extracto de saturación

en celda eléctrica, potenciómetro, vaso volumétrico, walkley y black, nitrógeno total, olsen modificado, acetato de amonio 1N.

Una vez muestreado, la sub muestra de suelo se pesa 10 g luego se aplicó el método de Walkey&Black, para las evaluaciones correspondientes a los indicadores de fertilidad de suelos como el N, P, K, calcio, magnesio, entre otros elementos como aluminio y magnesio.

El método Walkey& Black consiste en la oxidación húmeda de la muestra de suelo con dicromato de potasio en medio ácido. El calor desprendido, durante la incorporación del ácido sulfúrico, es el que permite la oxidación parcial del carbono (C). En este proceso se produce una reducción del dicromato, equivalente al contenido de C que es oxidado. (EYHERABIDE et al. 2014).

Como la variabilidad del suelo en el campo es vertical y horizontal, y puede ser natural o inducida, para coleccionar muestras de suelo representativas, se extrajo utilizando el sistema zigzag, a una profundidad de hasta 30 cm, evitando todo tipo de contaminación de la muestra.

3.4. Datos registrados

3.4.1. Propiedades físicas y químicas del suelo

En el análisis físico se clasificó granulométricamente el suelo aluvial, determinándose el porcentaje de arcilla, limo y arena. En el análisis químico se tuvo en cuenta la profundidad de la fertilidad del suelo aluvial (30

cm), determinándose los rangos y niveles de nutrientes del suelo disponible al coco, como nitrógeno (N), potasio (K) por el método Olsen, fósforo (P) y materia orgánica (MO).

3.4.2. Variables

3.4.2.1. Variable dependiente (Y)

Suelos aluviales

- Indicador: Y1: Suelo de coco

3.4.2.2. Variable independiente (X)

Variabilidad de las propiedades del suelo aluvial

- Indicador: X1: Parámetros físicos, químicos



Figura 5. Limpieza del área de trabajo.

3.5. Análisis de datos

Consistió en el análisis de los datos recolectados en campo y laboratorio, se procedió a ordenar y procesar los datos para la obtención de los cuadros mediante el programa Microsoft Excel 2013. Para determinar la relación entre las propiedades físicas y químicas, se usó la prueba del coeficiente de Pearson (HERNÁNDEZ *et al.*, 2006).

Para determinar grado de relación entre las características del suelo y el tiempo, se realizó el análisis de regresión y correlación simple, basado en los siguientes modelos matemáticos (CALZADA, 1996).

Ecuación de regresión

$$Y_i = a + bX_i + \epsilon_i$$

Coefficiente de correlación

$$r = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{n(\sum x^2) - (\sum x)^2} \sqrt{n(\sum y^2) - (\sum y)^2}}$$

Asimismo; se utilizó la prueba estadística r para analizar la relación entre dos variables medidas en un nivel por intervalos o de razón (HERNÁNDEZ *et al.*, 2006).

El coeficiente r de Pearson puede variar de -1.00 a + 1.00; siendo -1.00 = correlación negativa perfecta. (“A mayor X, menor Y”, de manera proporcional. Es decir, cada vez que X aumenta una unidad, Y disminuye siempre una cantidad constante.) Esto también se aplica “a menor X, mayor Y”.

Dónde:

-0.90 = Correlación negativa muy fuerte.

-0.75 = Correlación negativa considerable.

-0.50 = Correlación negativa media.

-0.25 = Correlación negativa débil.

0.00 = No existe correlación alguna entre las variables.

+0.10 = Correlación positiva muy débil.

+0.25 = Correlación positiva débil.

+0.50 = Correlación positiva media.

+0.75 = Correlación positiva considerable.

+0.90 = Correlación positiva muy fuerte.

+1.00 = Correlación positiva perfecta.

IV. RESULTADOS

En cumplimiento con el primer objetivo específico, se realizó la determinación de las propiedades fisicoquímicas del suelo aluvial en uso agropastoril en estudio.

4.1. Determinación de las propiedades física y química de suelo aluvial

La parcela en estudio, de acuerdo al análisis fisicoquímico del suelo presentan suelos de textura arcilloso, franco arcilloso y franco, con predominancia de la fracción arcilla ($Ar \leq 48\%$), con pH extremadamente ácido a fuertemente ácido 4.35 a 4.53), niveles bajos de materia orgánica (1.04% a 1.75%), niveles bajos y medios de nitrógeno en el suelo (0.07% a 0.11%), contenidos bajos de fósforo en el suelo (10.21 ppm a 11.2 ppm), mientras que se observaron niveles bajos (315.6 kg/ha a 436.52 kg/ha) para los tenores de potasio en el suelo (Cuadro 1).

Cuadro 1. Propiedades físicas y químicas del suelo aluvial en Vista Alegre.

Análisis mecánico				pH	M.O.	N	P	K ₂ O	CAMBIABLES (Cmol(+)/kg)			% Bases
Arena (%)	Arcilla (%)	Limo (%)	Textura	%	%	%	ppm	kg/ha	Ca	Mg	Al	cambiables
22.7	48	29.3	Arcilloso	4.36	1.34	0.11	11.2	403.08	6.01	3.17	6.25	51.72
29.7	42	28.3	Arcilloso	4.46	1.75	0.08	10.6	432.2	5.95	2.33	7.45	46.52
33.7	39	27.28	Franco Arcilloso	4.5	1.04	0.09	10.44	372.64	6.84	2.44	6.53	48.15
27.5	43	29.7	Arcilloso	4.53	1.17	0.07	10.91	315.6	5.27	2.47	7.53	42.92
35.7	25	39.28	Franco Arcilloso	4.51	1.04	0.09	10.85	436.52	6.95	2.74	6.43	68.65
21.0	44	35	Arcilloso	4.52	1.75	0.08	10.21	363.61	5.98	2.46	7.77	47.86

4.1.1. Variabilidad de la textura.

En la Figura 6, se muestra que la textura es variable a 30 cm de profundidad donde se observa que se tiene dos tipos de textura: arcillo M1 con 48 % de arcilla y franco arcilloso con 39 % de arcilla. Por otra parte, los suelos de textura arenosa son generalmente permeables al aire, agua y raíces.

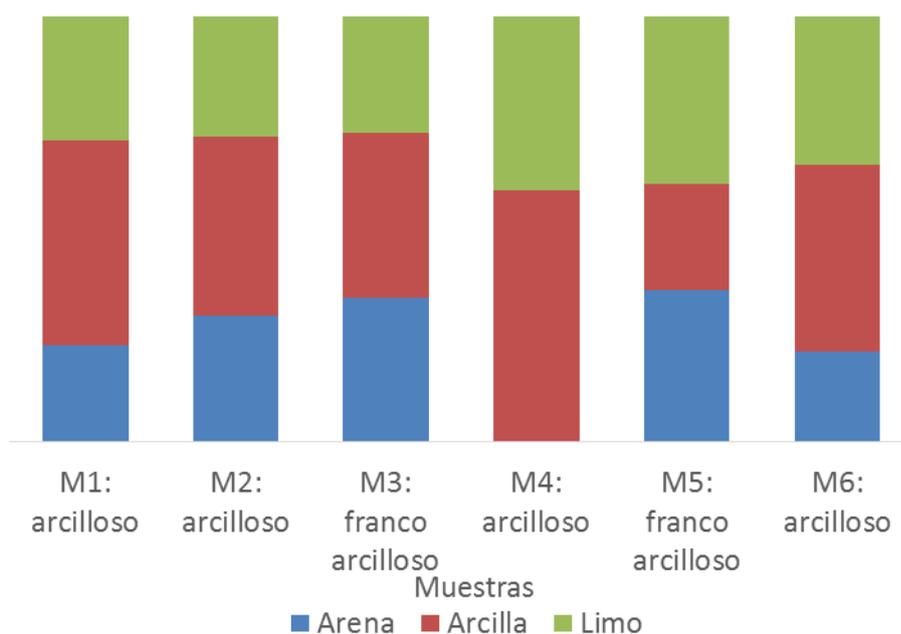


Figura 6. Variabilidad de la textura en las muestras de suelo.

4.1.2. Variabilidad de la materia orgánica, nitrógeno y pH

En la Figura 7, se aprecia que la materia orgánica varía de 1.04% a 1.75% lo que indica que está considerado un nivel bajo. El nitrógeno (N) es 0.07% a 0.11% nivel bajo. Respecto al pH varía en 4.36 a 4.53 suelos con pH más ácido puede haber problemas con solubilidad y toxicidad por metales pesados.

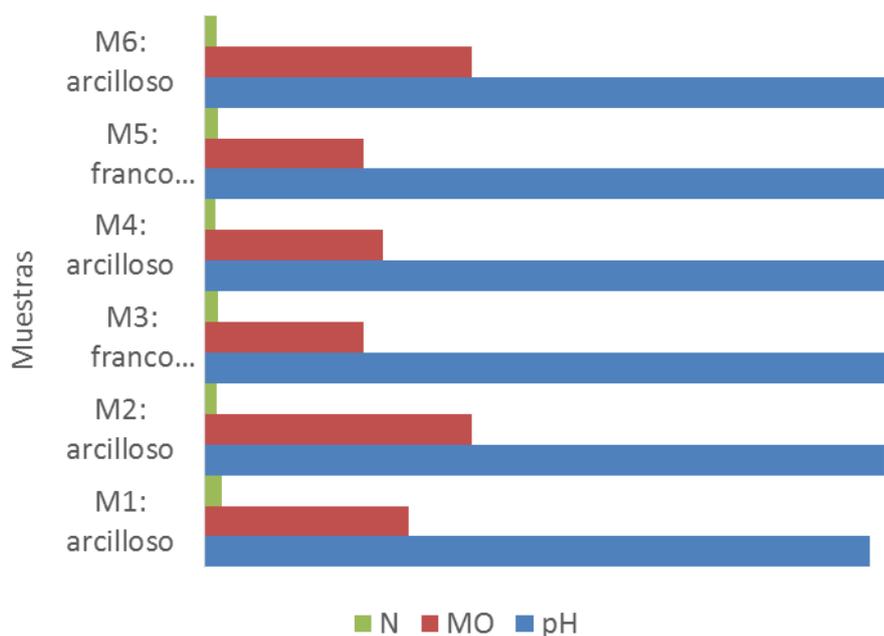


Figura 7. Variabilidad del N, MO y pH en las muestras de suelo.

El fósforo (P) es 8.61 ppm a 11.33 ppm el nivel bajo. El potasio (K₂O) es 314.66 kg/ha a 365.63 kg/ha el nivel bajo. El calcio (Ca) es 5.27 a 6.95 Cmol(+)/kg nivel bajo. El magnesio (Mg) es 2.33 a 2.74 Cmol(+)/kg, el nivel es bajo. Para el aluminio (Al) es 6.25 a 7.77 Cmol(+)/kg el nivel es bajo. Las bases cambiables se encuentran entre 42.92 a 68.65% la misma que se encuentra en nivel alto.

4.1.3. Variabilidad del N con la textura del suelo

En la Figura 8, se aprecia la variabilidad del N respecto a la textura del suelo es diferenciada porcentualmente en los muestreos de suelo en el sector de Vista Alegre, sin embargo, la variabilidad del N del suelo es de 0.08 % nivel bajo a 0.11 % nivel medio respectivamente.

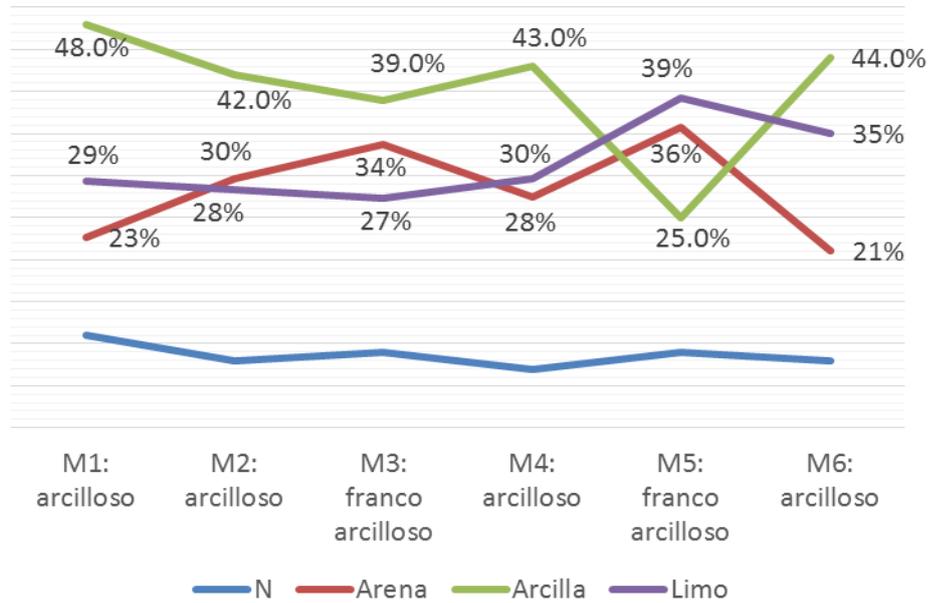


Figura 8. Variabilidad del N con la textura de las muestras de suelo.

4.1.4. Variabilidad del P con la textura del suelo

En la Figura 9, se aprecia la variabilidad del N respecto a la textura.

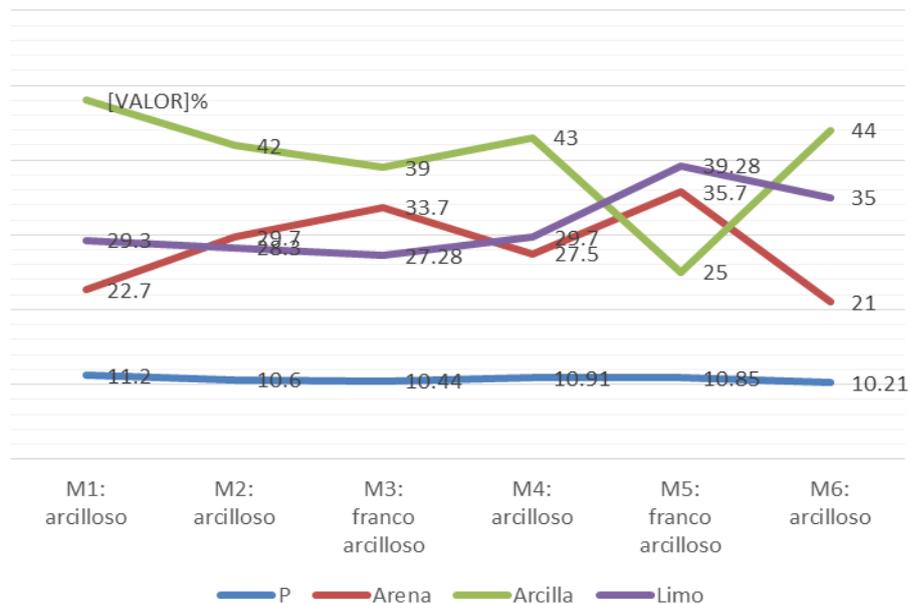


Figura 9. Variabilidad del P con la textura de las muestras de suelo.

En la Figura 9, se muestra que el comportamiento del P es de 10.21 ppm a 11.2 ppm nivel bajo. Sin embargo, el fósforo P tiene una gran influencia en la primera fase de crecimiento de las plantas.

4.1.5. Variabilidad del K con la textura del suelo

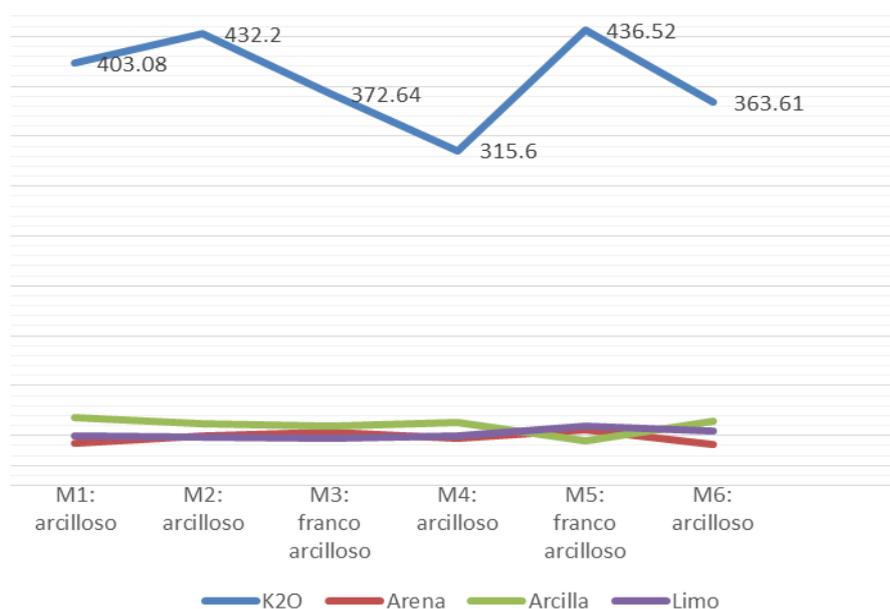


Figura 10. Variabilidad K₂O con respecto a las muestras de suelo.

En la Figura 10, se puede apreciar que los valores del potasio (K), son de 315.6 a 436.61 con nivel de significancia bajo, en los muestreos determinados.

4.2. Comportamiento espacial del suelo aluvial con textura pesada

4.2.1. Comportamiento espacial de la MO de suelo aluvial

En cuanto al comportamiento espacial de la materia orgánica se aplicó el modelo de regresión múltiple no lineal donde se observa (Cuadro 2):

Cuadro 2. Regresión múltiple no lineal de la materia orgánica

Coeficientes	Porcentaje (%)
Coeficiente de determinación (r_p)	0.59
Correlación de Pearson (R_2)	34.59

$$MO = 161.98 + 0.000000942XY - 0.0000107X^2 - 0.0000000Y^2$$

En el Cuadro 2, se observa que el coeficiente de determinación es (0.59 %) de moderada significancia entre la materia orgánica y los puntos muestreados. Así mismo una correlación de (34.59 %) las variaciones de la materia orgánica son causados por los puntos muestreados así mismo la diferencia (65.41 %) se debe a otros factores.

4.2.2. Comportamiento espacial del N del suelo

El Cuadro 3, detalla el comportamiento espacial del nitrógeno a través del modelo de regresión múltiple no lineal.

Cuadro 3. Regresión múltiple no lineal del N

Coeficientes	Porcentaje (%)
Coeficiente de determinación (r_p)	0.52
Correlación de Pearson (R_2)	27.46

$$N = -28.24 + 0.0000000957XY - 0.000001X^2 - 0.0000000021Y^2$$

En el Cuadro 3, se observa que el coeficiente de determinación es (0.52 %) significancia de moderada correlación entre el N y los puntos muestreados. La correlación es (27.46 %) de las variaciones del N es causado

por los puntos aleatorios muestreados así mismo la diferencia de (72.54 %) a otros factores. Sin embargo, la disponibilidad de este elemento depende de la mineralización de la materia orgánica por parte de los microorganismos.

4.2.3. Comportamiento espacial del P del suelo

En el Cuadro 4, se puede observar que el coeficiente de determinación es (0.99 %) que tiene una significancia de muy buena correlación entre el P y los puntos muestreados. La correlación es (99.73 %) de las variaciones del P es causado por los puntos aleatorios muestreados así mismo la diferencia de (0.27 %) a otros factores. Además, si el pH es ácido, la solubilidad del aluminio y del hierro es alta.

Cuadro 4. Regresión múltiple no lineal del P.

Coeficientes	Porcentaje (%)
Coeficiente de determinación (r_p)	0.99
Correlación de Pearson (R_2)	99.73

$$MO = 130426.25 - 0.000000942XY + 0.00084629X^2 + 0.00000164Y^2$$

4.2.4. Comportamiento espacial del K del suelo

En el Cuadro 5, se puede observar que el coeficiente de determinación es (0.69 %) que tiene una significancia de buena correlación entre el K y los puntos muestreados. La correlación es Pearson es (46.95 %) de las variaciones del K es causado por los puntos aleatorios muestreados así mismo la diferencia de (53.05 %) a otros factores.

Cuadro 5. Regresión múltiple no lineal del K

Coeficientes	Porcentaje (%)
Coeficiente de determinación (r_p)	0.69
Correlación de Pearson (R_2)	46.95

$K = 130426.25 - 0.0000744XY + 0.00084629X^2 + 0.00000164Y^2$

V. DISCUSIÓN

En la figura 7, se observó que el fósforo (P) es 8.61 ppm a 11.33 ppm el nivel bajo. Bajo en potasio (K_2O) de 314.66 kg/ha a 365.63 kg/ha. El calcio (Ca) es nivel bajo de 5.27 a 6.95 Cmol (+)/kg. El magnesio (Mg) es 2.33 a 2.74 Cmol (+)/kg, siendo un nivel bajo. Para el aluminio (Al) es 6.25 a 7.77 Cmol (+)/kg el nivel es bajo. Las bases cambiables se encuentran entre 42.92 a 68.65% la misma que se encuentra en nivel alto. Por su parte LEGAZ (1995) refiere que a 30 cm de profundidad la textura hay diferencias en cuanto a clases texturales, en los muestreos, ya que son considerados arcillosos y franco arcilloso, el pH, materia orgánica, nitrógeno, fósforo, potasio, así como las bases cambiables a excepción del sodio (Na) y potasio (K) que reportan valores muy bajos (cero) a 30 cm de profundidad.

BERRY *et al.* (2002) refiere que los sistemas orgánicos tienen el potencial para abastecer con cantidades adecuadas de N las demandas a partir de residuos de cosecha, pero hay que tomar en cuenta la desventaja de que los residuos de cosecha producidos tienden a tener baja concentración de N y tasas de mineralización muy bajas. Este comportamiento se ve reflejado en nuestros resultados, al observarse que la textura es variable en el suelo del sector de Vista Alegre, sin embargo, la variabilidad del N del suelo es de 0.08 % nivel bajo a 0.11 % nivel medio respectivamente.

En la Figura 9, se muestra que el comportamiento del P es de 10.21 ppm a 11.2 ppm nivel bajo. Sin embargo, el fósforo P tiene una gran influencia en la primera fase de crecimiento de las plantas. Las plántulas se nutren del fósforo acumulado en la semilla, pero cuando se agota esta reserva ha de tomarlo del suelo (GUERRERO, 2000) calificando en su mayoría estos suelos como bajos en fósforo. Por otra parte, el contenido del fosforo disponible en el suelo es una variable dinámica, fuertemente influenciada por las propiedades del suelo, la planta y las condiciones ambientales. Cualquier cambio en las propiedades del suelo se encuentra relacionada con la concentración de fosforo en la solución (LEGAZ, 1995).

Los valores del potasio (K), son de 315.6 a 436.61 con nivel de significancia bajo, en los muestreos determinados (Figura 10). Sin embargo, en vista de la intensa meteorización que ocurre en los trópicos, la cantidad y la forma mineralógica de la reserva de K lentamente disponible es de mayor importancia que en las zonas templadas frías.

En el Cuadro 2, se observa que el coeficiente de determinación es (0.59 %) de moderada significancia entre la materia orgánica y los puntos muestreados. Así mismo una correlación de (34.59 %) las variaciones de la materia orgánica son causados por los puntos muestreados así mismo la diferencia (65.41 %) se debe a otros factores. La variabilidad depende de la propiedad que se analice, siendo más variables las propiedades químicas que las físicas. Además, hay menor variabilidad en las propiedades del suelo, en su condición natural, que cuando es sometido a uso. Aquellas propiedades que

más se afectan por el manejo del suelo serán las que presenten la mayor variabilidad (OVALLES, 1991).

El coeficiente de determinación es (0.52 %) significancia de moderada correlación entre el N y los puntos muestreados (Cuadro 3). La correlación es (27.46 %) de las variaciones del N es causado por los puntos aleatorios muestreados así mismo la diferencia de (72.54 %) a otros factores. Sin embargo, la disponibilidad de este elemento depende de la mineralización de la materia orgánica por parte de los microorganismos. Esta mineralización se da en valores cercanos a pH 7, que es donde mayor desarrollo presenta, las bacterias encargadas de la nitrificación y la fijación de nitrógeno (RAMIREZ, 1997).

El coeficiente de determinación es (0.99 %) que tiene una significancia de muy buena correlación entre el P y los puntos muestreados (Cuadro 4). La correlación es (99.73 %) de las variaciones del P es causado por los puntos aleatorios muestreados así mismo la diferencia de (0.27 %) a otros factores. Además, si el pH es ácido, la solubilidad del aluminio y del hierro es alta. Estos compuestos precipitan con el fósforo como compuestos insolubles. En pH alcalino, es decir, superior a 7.5 el calcio aumenta su solubilidad y reacciona con los fosfatos precipitándolos y formando compuestos Insolubles como la apatita; por lo tanto, el fósforo presenta su mayor disponibilidad con pH entre 6.5 y 7.5, siendo en ese rango donde se presenta la mayor mineralización de compuestos de fósforo orgánico y mineral (RAMIREZ, 1997).

Las bases cambiables podemos indicar un probable contenido de elementos que contribuyen esta saturación de bases. Por otra parte SCALONE (2008) menciona que a mayor proporción de arcilla, las propiedades de la arena serán anuladas, es decir mayor micro poros, poca permeabilidad. Por lo tanto, podemos decir que altos porcentajes de arcillas anula los beneficios del limo y la arena.

El fosforo como elemento en el suelo aumentan su solubilidad con pH de 7 a 8.5. En suelos ácidos. La CIC disminuye y, por lo tanto, aumenta la posibilidad de que estos elementos sean lavados del perfil (RAMIREZ, 1997).

VI. CONCLUSIONES

1. De acuerdo al análisis fisicoquímico, la parcela con sistema agropastoril presentan suelos de textura arcilloso, franco arcilloso y franco, pH extremadamente ácido a fuertemente ácido (4.35 a 4.53), niveles bajos de materia orgánica (1.04 a 1.75%), niveles bajos y medios de nitrógeno (0.07 a 0.11%), contenidos bajos de fósforo (10.21 a 11.2 ppm), y niveles bajos para los tenores de potasio en el suelo (315.6 a 436.52 kg/ha)
2. Los contenidos de arena, limo y arcilla, presentan dependencia espacial. Asimismo, el comportamiento de la materia orgánica indica un coeficiente de determinación de significancia de buena correlación, causada por los puntos muestreados, por otro lado, la diferencia porcentual 65.41% a otros factores. El nitrógeno presenta coeficiente de determinación de significancia moderada, con correlación de Pearson es causado por los puntos aleatorios muestreados, así mismo la diferencia de 72.54% a otros factores. El fósforo presenta coeficiente de determinación de significancia muy buena correlación, así mismo la diferencia de 0.27% a otros factores. El potasio presenta coeficiente de determinación de significancia buena correlación, las variaciones del K es causado por los puntos aleatorios muestreados, así mismo la diferencia de 53.05% a otros factores.

VII. RECOMENDACIONES

1. Realizar trabajos de investigación con mayor tiempo de evaluación, donde se pueda incluir otras variables a determinar en función del tiempo.
2. Profundizar más en el estudio de la variabilidad de los suelos por lo que se sugiere la necesidad de su caracterización, así como la utilización de otros métodos para estimar el comportamiento espacial de un suelo.

**CHARACTERIZATION OF THE PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES
OF AN ALLUVIAL SOIL IN A COCOTERO PLANTATION (*Cocusnucifera*),
AND ITS SPACIAL BEHAVIOR IN TINGO MARIA.**

VIII. ABSTRACT

The present work has been executed in the sector Vista Alegre, Supte San Jorge, district RupaRupa, province Leoncio Prado, department Huánuco, with the purpose of evaluating the variability of alluvial soil and its spatial behavior, determining the physical and chemical properties of an alluvial soil, determine the spatial behavior of a heavy textured alluvial soil.

At a depth of 30 cm in the pits respectively, where the sandy texture is variable (clayey, clay loam and loam), pH extremely acid to strong acid (4.35 to 4.53), low levels of organic matter (1.04 to 1.75%), levels low and medium nitrogen (0.07 to 0.11%), low phosphorus content (10.21 to 11.2 ppm), and low levels for potassium levels in the soil (315.6 to 436.52 kg / ha), calcium (Ca) is 5.27 at 6.95 Cmol (+) / kg low level. Magnesium (Mg) is 2.33 to 2.74 Cmol (+) / kg the level is low. Aluminum (Al) is 6.25 to 7.77 Cmol (+) / kg the level is low.

Of the variables that explain the behavior of the physical variability of the soil, the contents of sand, silt and clay, show spatial dependence. Likewise, the behavior of the organic matter indicates a coefficient of determination of significance of good correlation, caused by the sampled points, on the other hand, the percentage difference 65.41% to other factors. Nitrogen presents coefficient of determination of moderate significance, with Pearson correlation is caused by the randomized points sampled, likewise the difference

of 72.54% to other factors. The phosphorus has a coefficient of determination of significance, very good correlation, as well as a difference of 0.27% to other factors. Potassium presents coefficient of determination of good correlation significance, variations of K is caused by the randomized points sampled, likewise the difference of 53.05% to other factors.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMORÓS, G; ALCEDO, L; OVIEDO, J. 1991. Nitrogen cycling in grazed pastures at elevated CO₂: N returns by ruminants. *Global Change Biology* 342 p.
- BAUTISTA C., A. 2004. La calidad del suelo y sus indicadores.
- BERRY, P; SYLVESTER-BRADLEY, L; PHILIPPS, D; HATCH, S. (2002) Is the productivity of organic.
- BRAVO, C. 2004. Variabilidad espacial de propiedades físicas y químicas del suelo y su relación con el rendimiento de frijol.
- CHEN, K; AYARZA, M.; RAO, I; THOMAS, R. 2004. Recycling of nutrients in tropical pastures and acid soils. In E.J. Homan (ed.). San José, CR.). Proceedings of a Symposium/Workshop held in San José, C.R. pp. 161 p.
- DUQUE-ESCOBAR, G. (2017). Manual de geología para ingenieros. Universidad Nacional de Colombia, Manizales, Colombia
- ENCICLOPEDIA DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL SUELO (2017). Suelo.
- EYHERABIDE, M, SAINZ ROZAS, H., BARBIERI, P., & ECHEVARRIA, H.E. (2014). Comparación de métodos para determinar carbono orgánico en suelo. *Ciencia del suelo*. 32 p.

- GARCIA, Y. 2012. Indicadores de la calidad de los suelos: una nueva manera de evaluar este recurso.
- GUERRERO G., A. (2000). El suelo, los abonos y la fertilización de los cultivos.
- JARAMILLO, D. 2002. Introducción a la ciencia del suelo. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia. Medellín.
- JARAMILLO, D. 2012. Variabilidad espacial del suelo: bases para su estudio. Rev. Fac. Cienc., Volumen 1, Número 1, p. 73-87, 2012.
- JARAMILLO, D; ANAYA, M; RESTREPO, C; GONZÁLEZ, A. 2011. Variables físicas que explican la variabilidad de suelo aluvial y su comportamiento espacial. 54 p.
- JARAMILLO, L. 2011. Nutrient Cyclíng in Tropical Forest Ecosystems: Principles and their application. Chichester, U-K.. Wiley. 190 p.
- JORNALISIMO. 2013. Propiedades de los suelos aluviales. 64 p.
- LEGAZ, F. (1995) Análisis de hojas, suelos y aguas para el diagnóstico nutricional de plantaciones de cítricos. Procedimiento de toma de muestras. 74 p.
- LIZANO, M. (2018). Guía técnica del cultivo del coco. 45 p.
- MELÉNDES, G.; CABRERA, L; MOLINA, E. (2001). Memoria: Fertilidad de suelos y manejo de la nutrición de cultivos en Costa Rica. Universidad de Costa Rica. Centro de investigaciones agronómicas.

- MEZA, A. 2006. Rehabilitación de áreas degradadas en la amazonia peruana; revisión de experiencias y lecciones aprendidas.
- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES. (2018) Glosario aluviales. Sistema Nacional de Estudios Territoriales – SNET.
- MONTERO, J. 1997. Meteorización y Suelos.
- OVALLES, F. 1991. Evaluación de la Variabilidad de suelos a Nivel de Parcela para el Establecimiento de Lotes Experimentales en el Estado Cojedes. *Agronomía Tropical*. Vol. 41. pp. 5-21.
- PROYECTO ESPECIAL ALTO HUALLAGA, 2012. Expediente técnico proyecto de reforestación de 1600 has. Dirección de estudios. 56 p.
- RAMIREZ C. 1997. Propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos.
- RODRIGUEZ A. (1990). Los suelos de áreas inundables de la amazonia peruana: potencial, limitaciones y estrategia para su investigación. *Folia Amazónica IIAP* Vol. N° 2 – 1990.
- SALAZAR, E. 2011. Abonos orgánicos y práticamente.
- SANCHEZ, P. 1981. Suelos del Trópico. Características y Manejo. Traducido del Inglés por Edilberto Camacho. IICA. San José, Costa Rica. 634 p.
- THOMPSON C. 2018. Propiedades de los suelos aluviales. 487 p.

ANEXO

Anexo 1. Panel fotográfico



Figura 11. Instalación del panel de tesis.



Figura 12. Limpieza del área en estudio.



Figura 13. Poda de la plantación de coco.



Figura 14. Determinación de la materia orgánica.



Figura 15. Pesado de muestra de suelo.