

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA EN CONSERVACION DE SUELOS Y
AGUA



DISPERSIÓN QUÍMICA Y MECÁNICA EN EL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE
SUELOS

TESIS

Para optar el título de:

INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES MENCIÓN EN
CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUA

Presentado por:

BACH. YURANA HERRERA ROSAS

TINGO MARIA – PERÚ

2024



ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS N° 018-2025-FRNR-UNAS

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 04 diciembre de 2024, a horas 06:00 p.m. de la Escuela Profesional de Ingeniería en Conservación de Suelos y Agua de la Facultad de Recursos Naturales Renovables para calificar la tesis titulada:

**“DISPERSIÓN QUÍMICA Y MECÁNICA EN EL ANÁLISIS
GRANULOMÉTRICO DE SUELOS”**

Presentado por la Bachiller: **HERRERA ROSAS, YURANA** después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara **APROBADO** con el calificativo de **“MUY BUENA”**.

En consecuencia, el sustentante queda apto para optar el Título Profesional 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 el otorgamiento del Título Correspondiente.

Tingo María, 27 de enero de 2025

Dr. JOSE D. LEVANO CRISOSTOMO
PRESIDENTE

Ing. MSc. JOSE V. QUIROZ RAMÍREZ
MIEMBRO

Ing. MSc. ERLE O. BUSTAMANTE SCAGLIONI
MIEMBRO

Dr. LUCIO MANRIQUE DE LARA SUAREZ
ASESOR

DSc. PAUL LAMA ISMINIO
ASESOR

DSc. DEMETRIO A. LAMA ISMINIO
ASESOR





“Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana”

CERTIFICADO DE SIMILITUD T.I. N° 052 - 2025 - CS-RIDUNAS

El Director de la Dirección de Gestión de Investigación de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, quien suscribe,

CERTIFICA QUE:

El Trabajo de Investigación; aprobó el proceso de revisión a través del software TURNITIN, evidenciándose en el informe de originalidad un índice de similitud no mayor del 25% (Art. 3° - Resolución N° 466-2019-CU-R-UNAS).

Programa de Estudio:

Ingeniero en Recursos Naturales Renovables Mención: Conservación de Suelos y Agua

Tipo de documento:

Tesis	X	Trabajo de Suficiencia Profesional	
-------	---	------------------------------------	--

TÍTULO	AUTOR	PORCENTAJE DE SIMILITUD
DISPERSIÓN QUÍMICA Y MECÁNICA EN EL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS	YURANA HERRERA ROSAS	11 % Once

Tingo María, 14 de febrero de 2025


UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
UNIDAD DE GESTIÓN DE LA INVESTIGACIÓN
Dr. Tomas Menacho Malqui
C.C. Archivo

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA EN CONSERVACION DE SUELOS Y
AGUA



PROYECTO DE TESIS

DISPERSIÓN QUÍMICA Y MECÁNICA EN EL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS

Autor : Bach. Yurana Herrera Rosas

Asesor de tesis : Dr. Lucio Manrique de Lara Suarez
D.Sc. Paúl Lama Isminio
D.Sc. Demetrio Angelo Lama Isminio

Programa de investigación : Ciencias Básicas

Línea de investigación : Física y química de suelos

Eje temático de investigación : Indicadores físicos y químicos de suelos

Lugar de Ejecución : Laboratorio de suelos, agua y ecotoxicología de la Facultad de Agronomía, Universidad Nacional Agraria de la Selva

Duración : 6 meses

Financiamiento : S/. 3961.00

Propio : SI

FIF : NO

Externo : SI

VICERRECTORADO DE INVESTIGACION
OFICINA DE INVESTIGACION



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA


REGISTRO DE TESIS PARA LA OBTENCION DEL
TITULO UNIVERSITARIO, INVESTIGACIÓN DOCENTE
Y TESISISTA

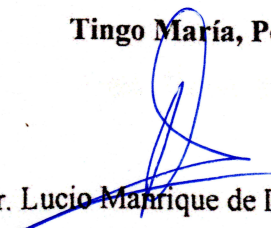
(Resol. N° 113-2019-CU-R-UNAS)

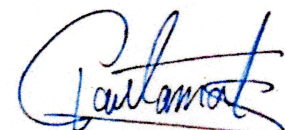
I. Datos Generales de Pregrado

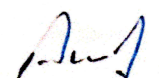
Universidad : Universidad Nacional Agraria de la Selva.
Facultad : Facultad de Recursos Naturales Renovables.
Título de tesis : Dispersión química y mecánica en el análisis granulométrico de suelos
Autora : Yurana Herrera Rosas
Asesor de tesis : Dr. Lucio Manrique de Lara Suarez
D.Sc. Paúl Lama Isminio
D.Sc. Demetrio Ángelo Lama Isminio
Escuela Profesional : Ingeniería en Conservación de suelos y agua
Área de investigación : Ciencias básicas
Grupo de investigación : Ciencias básicas
Línea de investigación : Física y química de suelos
Lugar de ejecución : Laboratorio de suelos, agua y ecotoxicología de la Facultad de Agronomía, Universidad Nacional Agraria de la Selva
Duración : 06 meses
Financiamiento : Propio

Tingo María, Perú, 2025.


Yurana Herrera Rosas
Tesisista


Dr. Lucio Manrique de Lara Suarez
Asesor


D.Sc. Paul Lama Isminio
Asesor


D.Sc. Demetrio Ángelo Lama Isminio
Asesor

DEDICATORIA

A Dios por tu amor y tu bondad, hoy me permites sonreír ante este logro que es el resultado de tu ayuda, después de haberlo intentado varias veces, aprendo que solo en tus manos podemos lograr nuestras metas.

A mi papá Clever tu influencia y apoyo fue parte crucial de la persona que soy a mi valiente mamá magna este es el resultado de su amor y apoyo incondicional esta tesis es mi modesta forma de agradecerles por todo lo que han hecho por mí.

A mi hija Leyla Jimena, ella mi gran amor y motivo para nunca rendirme y siempre seguir adelante, a mis hermanas Lorena y Xiomara a mi Arián que siempre estuvieron pendientes de mi desarrollo personal

A mis abuelos, tres de ellos ya se encuentran en el cielo Cecilia, Silverio y Luisa y a mi abuelo Oscar que aún tengo la dicha de Tenerlo a mi lado.

AGRADECIMIENTO

- Al Dr. Paul Lama Isminio, por su paciencia, agradeciendo su orientación y apoyo, han sido invaluable en el proceso, esta tesis es un testimonio de tú guía experta y amable, gracias por ser un mentor excepcional.
- A mis asesores al Dr. Lucio Manrique y al Dr. Demetrio Ángelo Lama, por el apoyo que me dieron con todos sus conocimientos.
- A la Universidad Nacional agraria de la Selva y a mis docentes por formarme como buena profesional, al Dr. Roberto Obregón Peña que en mis épocas académicas me formo como buena profesional.
- A mi gran amiga Mariell Alegría De la Cruz, siempre creyendo en mi dándome la mano en todo momento en todos mis procesos y confiando en ti siempre, a mi prima Giancaro Matías Herrera dándome el apoyo que necesite, siempre me dieron la mano en este proceso, para todo siempre creyeron en mí, gracias infinitas.
- A José Alvarado Gómez, me enseñas siempre sobre la perseverancia de lograr nuestras metas, tu apoyo en todo sentido de conseguir lo más importante que era mi meta profesional.
- A mi gran amigo Anthony Sandoval Bernales, que me ayudo con sus conocimientos en el proceso de redacción de mi tesis, A mis amigos Gilda, Juan Daniel, José, Yuri, Ashly a mi cuñado Jeffer y todos mis amigos que siempre estuvieron pendientes de todo este proceso
- Al Sr. Jorge Panduro Rodríguez, gracias a sus enseñanzas y fortaleza, inicie mi vida profesional y a todas las personas que en su debido momento me apoyaron de miles de formas para poder tener este logro.

INDICE

	Página
I INTRODUCCION	1
1.1 Objetivos	3
1.1.1 Objetivo general	3
1.1.2 Objetivos específicos.....	3
II REVISION DE LITERATURA	4
2.1 Granulometría del suelo e importancia	4
2.2 Dispersión química	4
2.3 Dispersión física o mecánica	7
2.4 Método de Hidrómetro de Bouyoucos.....	8
III MATERIALES Y METODOS.....	10
3.1 Ubicación de puntos de muestreo	10
3.2 Características climáticas de las áreas de muestreo.....	11
3.3 Muestreo de suelos.....	11
3.4 Preparación de dispersantes químicos	14
3.4.1 Hexametafosfato de sodio al 10%	14
3.4.2 Hidróxido de Sodio 0.1 mol L ⁻¹	14
3.5 Análisis textural de las muestras de suelos	14
3.6 Nivel de investigación	15
3.6.1 Tipo de investigación	15

3.7	VARIABLES DE ESTUDIO.....	15
3.7.1	VARIABLES INDEPENDIENTES.....	15
3.7.2	VARIABLES DEPENDIENTES.....	15
3.7.3	COMPONENTES DE ESTUDIOS	15
3.8	DISEÑO EXPERIMENTAL	16
IV	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	17
V	CONCLUSIONES	23
VI	PROPUESTAS A FUTURO	24
VII	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	25

INDICE DE TABLA

Tabla	Página
1. Ubicación geográfica, coordenadas y altitud de los puntos de muestreo.....	11
2. Caracterización morfológica de los suelos estudiados.....	12
3. Caracterización químico y físico de los suelos estudiados	13

INDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Ubicación de los puntos de muestreo de suelos	10
2. Análisis de comparación de medias (n=48) de las fracciones de arena, limo y arcilla, influenciadas por los dispersantes químicos ((NaPO ₃) ₆) y NaOH) en los horizontes A (a) y B (b) de todos los suelos estudiados.....	18
3. Análisis de comparación de medias de las fracciones de arena (a), limo (b) y arcilla (c), influenciadas por tiempo de agitación mecánica (1, 4, 8 y 16 h) en los horizontes A y B para todos los suelos estudiados.	20
4. Análisis de comparación de medias de las fracciones de arena, limo y arcilla, influenciadas por tiempo de agitación mecánica (1, 4, 8 y 16 h) en los horizontes A (a, c y e) y B (b, d y f) para todos los suelos estudiados. Letras minúsculas indican diferencias significativas de la interacción de cada dispersante vs tiempo y letra mayúscula indican diferencias significativas entre los dos dispersantes vs tiempo.	22
5. Análisis de variancia de los datos, mostrando los niveles de significancia de los tratamientos	31
6. Comparación de medias Tukey 5%, para determinar el efecto del dispersante sobre la dispersión de arena, limo y arcilla en los suelos y horizontes estudiados.....	32
7. Comparación de medias Tukey 5%, para determinar el efecto del tiempo sobre la dispersión de arena, limo y arcilla en los suelos y horizontes estudiados.....	33
8. Comparación de medias Tukey 5%, para determinar el efecto de la interacción del dispersante químico vs el tiempo de agitación mecánica para la cuantificación de las fracciones arena, limo y arcilla en los suelos y horizontes estudiados.	38
9. Muestras de los análisis de suelos.....	39
10. Perfil de los suelos que fueron objeto de la investigación	41
11. Extracción de las muestras de suelos identificación de color utilizando la tabla de Munsell	41
12. Disposición de las muestras de suelos para su secado en forma natural.....	42
13. Inicio de la fase de laboratorio – Método de Bouyoucos.....	42
14. Procesos de las diferentes etapas para determinar la textura de los suelos en estudios	43

RESUMEN

La textura del suelo o la granulometría, es una característica física de gran importancia debido a que nos permite cuantificar la cantidad de arena, limo y arcilla presente en un determinado tipo de suelo. Es un análisis básico para la caracterización, es importante, ya sea para fines taxonómicos o para la evaluación de su capacidad de uso; teniendo en cuenta que las metodologías más asiduamente utilizadas para este análisis, siempre fueron el hidrómetro de Bouyoucos en el Perú, Actualmente existen diferentes procedimientos para su determinación. Es por ese motivo el objetivo del presente estudio fue evaluar la influencia de dos dispersantes químicos (NaOH 0,1 mol L^{-1} y $(\text{NaPO}_3)_6$ 10%), cuatro tiempos de agitación mecánica (1, 4, 8 y 16 h), utilizando el método de Bouyoucos con la interacción de dispersantes *vs* tiempo en el análisis granulométrico. Para ello se tuvo, cuatro puntos de muestreo dentro de la Provincia de Leoncio Prado, Fue empleado un Diseño Completamente al Azar con arreglo factorial 2x4 con tres repeticiones y comparación de medias al 5 % con la prueba de Tukey. De los resultados obtenidos, se determinó que $(\text{NaPO}_3)_6$ al 10 % es el más efectivo para cuantificación de la fracción arcilla con un tiempo adecuado de agitación mecánica de 4 h para suelos con $\text{MO} < 2\%$ y 8 h para suelos con $\text{MO} > 2\%$, donde la interacción del $(\text{NaPO}_3)_6$ *vs* 4 h de agitación mecánica favorece una mejor cuantificación de la fracción arcilla del suelo.

Palabras clave: hidrómetro de Bouyoucos , granulometría , análisis.

ABSTRACT

Soil texture or granulometry is a very important physical characteristic because it allows us to quantify the amount of sand, silt and clay present in a certain type of soil. It is a basic analysis for characterization, it is important, either for taxonomic purposes or for the evaluation of its capacity for use; Taking into account that the most frequently used methodologies for this analysis were always the Bouyoucos hydrometer in Peru. Currently, there are different procedures for its determination. For this reason, the objective of the present study was to evaluate the influence of two chemical dispersants (NaOH 0.1 mol L^{-1} and $(\text{NaPO}_3)_6$ 10%), four mechanical stirring times (1, 4, 8 and 16 h). , using the Bouyoucos method with the interaction of dispersants vs time in the granulometric analysis. For this, four sampling points were used within the Province of Leoncio Prado. A Completely Random Design was used with a 2×4 factorial arrangement with three repetitions and comparison of means at 5% with the Tukey test. From the results obtained, it was determined that 10% $(\text{NaPO}_3)_6$ is the most effective for quantification of the clay fraction with an adequate mechanical agitation time of 4 h for soils with $\text{MO} < 2\%$ and 8 h for soils with $\text{MO} > 2\%$, where the interaction of $(\text{NaPO}_3)_6$ vs 4 h of mechanical agitation favors a better quantification of the clay fraction of the soil.

Keywords: Bouyoucos hydrometer, granulometry, analysis.

I INTRODUCCION

El análisis granulométrico del suelo, ya sea para fines taxonómicos o para la evaluación de su capacidad de uso, se torna importante (Moreira *et al.*, 2010) al permitir determinar la distribución de las partículas minerales unitarias constituyentes del suelo (fracciones de arena, limo y arcilla) (De Carvalho *et al.*, 1988; Mauri, *et al.*, 2011). Para ello, la adecuada dispersión de las partículas es fundamental; por lo que el uso oportuno de procesos físicos (agitación mecánica) y químicos (dispersión química) permiten obtener resultados exactos debido a una mejor dispersión de sus fracciones minerales (Almeida *et al.*, 2012).

La determinación granulométrica del suelo es importante para un adecuado uso y manejo de este recurso natural (De Carvalho *et al.*, 1988), permitiendo también determinar su clasificación textural (La Manna *et al.*, 2016), que presenta cierta relación con las propiedades físico-químicas (Kraemer *et al.*, 2016) y biológicas del suelo (Neyshabouri *et al.*, 2011), por estar directamente relacionado con el movimiento de agua (Obayomi *et al.*, 2018), erosión del suelo y, con la capacidad de adsorción de nutrientes, agroquímicos y contaminantes (Kraemer *et al.*, 2016) además de cumplir un rol importante en el abastecimiento de nutrientes, agua y aire que son determinantes para el crecimiento y desarrollo de las plantas (Suarez, 1976).

El método del Hidrómetro de Bouyoucos es el método de referencia utilizado en el Perú para el análisis textural del suelo, sin embargo, existen variaciones que son realizadas en los diversos laboratorios, principalmente en cuanto al tiempo de dispersión mecánica, para generar una mejor dispersión de las partículas del suelo, sobre todo de la fracción arcilla. No obstante, esas variaciones conllevan a la obtención de resultados diferentes y en algunos casos erráticos de la clasificación textural del suelo.

Según Moreira *et al.* (2010), el uso de $((\text{NaPO}_3)_6)$ es recomendado para suelos con $\text{pH} > 6,0$, debido a que estos pueden presentar cationes floclulantes como calcio y magnesio. En cuanto que, para suelos con $\text{pH} < 6$, el uso del Hidróxido de Sodio (NaOH), es el más recomendable. Se observa entonces, que el dispersante químico a ser utilizado depende de las características químicas y/o mineralógicas del suelo y que, para las condiciones de suelos ácidos de la Provincia de Leoncio Prado, principalmente Inceptisoles ($\text{pH} < 6,0$) el uso del Hexametáfosfato de Sodio como dispersante químico podría estar influyendo en la subestimación de la fracción arcilla con la consecuente súper estimación de las fracciones de arena y limo.

Por otro lado, el tiempo de agitación o dispersión mecánica, juega un rol importante para lograr una adecuada dispersión en donde incrementos significativos de la fracción arcilla es registrado con el incremento del tiempo de agitación. Esto debido principalmente, a que estas fracciones estuvieron inicialmente flocluladas (Caballero *et al.*, 2017). Con ello, el tiempo de agitación mecánica de 1 hora o incluso de 30 min, también podrían estar influyendo en una subestimación de las fracciones del suelo al no realizar una adecuada dispersión de estas.

Para el caso de los suelos tropicales, nuevos retos son presentados a medida en que se describen suelos con características peculiares, que necesitan nuevas pruebas y validación de los métodos (Moreira *et al.*, 2010), por lo que es necesario probar la influencia de los diversos dispersantes químicos que, en combinación con el tiempo de agitación mecánica permitan generar una mejor dispersión y cuantificación granulométricas del suelo.

Es por ello que el objetivo de este trabajo fue valorar la influencia de dos dispersantes químicos $((\text{NaPO}_3)_6$ y NaOH) con cuatro tiempos de agitación mecánica (1, 4, 8 y 16 h), con el planteamiento de la siguiente interrogante: ¿Influye el tiempo de agitación mecánica, el dispersante químico y la interacción de estos en la cuantificación granulométrica del suelo?

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo general

- Evaluar la influencia de dos dispersantes químicos y el tiempo de agitación mecánica en el análisis granulométrico de los suelos en estudio.

1.1.2 Objetivos específicos

- Determinar el dispersante químico adecuado para la cuantificación de la fracción granulométrica del suelo.
- Determinar el tiempo adecuado de dispersión mecánica para la cuantificación de la fracción granulométrica del suelo.
- Evaluar la relación de los dispersantes químicos vs el tiempo de dispersión mecánica sobre la cuantificación de la fracción granulométrica del suelo.

II REVISION DE LITERATURA

2.1 Granulometría del suelo e importancia

La proporción granulométrica del suelo, es una característica física de gran importancia debido a que influyen directa o indirectamente sobre otros atributos del suelo como la dinámica y capacidad de almacenamiento del agua, drenaje del suelo, pérdida de nutrientes por lixiviación, aireación o porosidad, así como del uso eficiente de fertilizantes (Cauás, *et al*, 2013); por lo que su determinación es de gran interés agrícola por permitir evaluar y definir los problemas relativos al uso, manejo y conservación del suelo (Caten *et al.*, 2015).

Así también tiene gran relevancia desde el punto de vista de la clasificación del suelo, siendo comúnmente utilizados en los sistemas taxonómicos como uno de los criterios para la distinción de sus clases (Kitamura, 2004) y deposición de sedimentos en el perfil del suelo.

2.2 Dispersión química

Para la determinación granulométrica, una eficiente dispersión de la muestra de suelo es fundamental. Para ello es importante el cumplimiento de tres etapas: 1) el pre tratamiento para la remoción de agentes cementantes y/o floculantes; 2) lograr una adecuada dispersión de las fracciones granulométricas y 3) cuantificación correcta de las fracciones de arena, limo y arcilla (Martínez *et al.*, 2015).

El pretratamiento para la remoción de agentes cementantes y/o floculantes es poco utilizada en los análisis de rutina. No obstante, el objetivo es la eliminación de materia orgánica, óxidos de Fe, carbonatos y sales solubles (Ruiz, 2005). Según Karkanis *et al.* (1991) y Cunha *et al.* (2014), para la obtención de mejores resultados en el análisis granulométrico, es necesario la utilización de este pretratamiento. Muy al contrario, Corá *et al.* (2009) mencionan que los pretratamientos pueden

ser omitidos al ejecutar de manera correcta la dispersión mecánica durante el análisis granulométrico. Así también, Ruiz (2005) y Beretta *et al.* (2014), sugieren que en las regiones tropicales y húmedas el uso de pre tratamientos no es recomendable ya que esto puede disolver partículas de óxido de Fe del tamaño de las arcillas influyendo directamente en los resultados.

Para Donagemma *et al.* (2003), la aplicación o no, de pre tratamientos son más marcantes para suelos oxídicos que para suelos caoliníticos, donde la remoción de óxidos de hierro, favorece la dispersión de las partículas del suelo debido que estos compuestos son agentes cimentantes de elevada superficie específica del suelo. Es por ello que, cuando el análisis de suelos es para génesis y clasificación, en la cual se requiere una estimación más exacta del contenido de las arcillas, es recomendable eliminar los agentes cementantes. Por otro lado, cuando se hace para estudios físicos de suelos existe una inclinación a no eliminar la materia orgánica (MO), ya que la eliminación de estos agentes supone un comportamiento diferente al que ocurre en la naturaleza (La Manna *et al.*, 2016). En ese sentido, el uso de pre tratamientos, debe llevar en consideración el tipo de estudio a realizar; el tipo de suelos a analizar y las regiones en la que se pretende realizar el mismo.

No hay duda de que la dispersión es la etapa más crítica del análisis granulométrico. Esta fase tiene que ser eficiente para desagregar y mantener separadas las fracciones de arena, limo y arcilla del suelo a lo largo de todo el análisis (De Carvalho *et al.*, 1988; Almeida *et al.*, 2012 y Ruiz, 2005), donde el resultado más preciso va a depender de la dispersión de la muestra de suelo y el mantenimiento de la estabilidad de la fase dispersa (Donagemma *et al.*, 2003).

Algunos suelos, especialmente los más arcillosos y oxídicos, pueden presentar dificultad en la dispersión debido a la presencia de micro agregados de alta estabilidad, formados en presencia de agentes cementantes como de la MO y de los óxidos de Fe y Al. Estos agregados se resisten a los procedimientos realizados en la fase de dispersión de las partículas (Corá *et al.*, 2009). Es por

ello, que la dispersión de las fracciones granulométricas es realizada mediante el uso de una combinación de procesos químicos y físicos (agitación rápida o lenta) (Ruiz, 2005), utilizando métodos que combine de la disgregación mecánica con el proceso químico.

La dispersión química se fundamenta con el incremento de la repulsión de las partículas del suelo debido a la elevación de su potencial zeta, cuando se realiza la saturación de la zona de intercambio catiónico con Na^{2+} , en respuesta al incremento de las cargas negativas por el aumento del pH en la solución provocando la precipitación de iones flocculantes como Al^{3+} o Ca^{2+} , según corresponda (Ruiz, 2005).

La separación eficiente de los agregados depende mucho del dispersante químico y de la relación entre los iones presentes en las soluciones dispersantes, cargas permanentes y dependientes del pH en la fracción arcilla (Martínez *et al.*, 2015). Según De Carvalho *et al.* (1988), existe una escala de elementos de eficiencia que son $\text{Li} > \text{Na} > \text{K} > \text{Rb} > \text{Cs}$ en cuanto a obtención de mejores resultados en la dispersión granulométrica del suelo. No obstante, los compuestos químicos que contienen Na son ampliamente utilizados como NaOH y $(\text{NaPO}_3)_6$ (Mauri *et al.*, 2011) a pesar de ser el segundo dispersante más efectivo para la dispersión química del suelo. Esto es debido a que, además de cuestiones de facilidad de mercado y costos, el Na presenta un radio iónico hidratado que permite aumentar el espesor de la doble capa difusa de las partículas de arcilla, proporcionándole condiciones favorables a la estabilidad de la suspensión (Ferreira, 2010). Por otro lado, los reactivos que contienen Li son más costosos en relación con los reactivos que contienen Na.

Según Mauri *et al.* (2011), el $(\text{NaPO}_3)_6$ es el dispersante más adecuado para suelos con altos contenidos de Ca^{2+} y Mg^{2+} y con predominio de cargas permanentes, las cuales dificulta la estabilización de la suspensión. Este dispersante proporciona el Na^+ necesario para la dispersión,

favoreciendo también la disminución de la presión osmótica de la solución, por precipitación de fosfatos unidos al Ca^{2+} presentes en suelos alcalinos.

Para el caso del NaOH, este es el dispersante adecuado para regiones tropicales y húmedas. Esto debido a que, el incremento de las cargas negativas y el mantenimiento de valores de pH elevados es importante para estabilizar la suspensión. Así también, puede generar la precipitación del Al^{3+} en forma de $\text{Al}(\text{OH})_3$ disminuyendo la presión osmótica de la solución que finalmente favorece a una mejor dispersión (Mauri *et al.*, 2011).

2.3 Dispersión física o mecánica

Según Phogat *et al.* (2016), este procedimiento es importante porque permite determinar la cantidad de arena, limo y arcilla en una muestra de suelo, al generar la dispersión de la arcilla entre sí favoreciendo la eliminación del contenido de aire en la muestra en suspensión. Por esta razón es considerada la etapa más importante en este tipo de análisis.

El aumento del tiempo de la agitación mecánica, en forma lenta, permite que las partículas presentes en la suspensión se mantengan en constante fricción entre ellas, generando el quiebre de agregados y por lo tanto separación de partículas floculadas (Borja *et al.*, 2015) y/o cementadas (De Carvalho *et al.*, 1988).

Independiente de los pre tratamientos y dispersantes químicos, Corá *et al.* (2009), mencionan que la dispersión mecánica es parte fundamental para la correcta cuantificación de la fracción mineral. Es por ello que estos autores, con el objetivo de cuantificar mejor la fracción arcilla de suelos Latosolos, Argisolos y Nitosolos, adicionando cantidades creciente de arena (0, 5, 10, 15, 20 e 25 g) de dos diámetros de tamaño (2 – 1 y 1-0,5 mm), lograron obtener resultados satisfactorios con 25 g de arena con diámetro de 1-0,5 mm. Mencionan además, que las partículas

de arena con mayor diámetro, pudieron haber causado un efecto abrasivo excesivo provocando el quiebre de partículas de arena del suelo en fracciones menores del tamaño del limo sin influir en el aumento de la fracción arcilla.

Así también, existen diferentes resultados en cuanto al tiempo de agitación mecánica recomendada para la obtención de mejores resultados en el análisis granulométrico, tal como lo reporta Alves et al (2018), evaluando el tiempo adecuado de agitación mecánica (4, 8, 12, 16, 24 y 30 h) con NaOH 1 mol L⁻¹, para la determinación de la fracción de arcilla en suelos Cambisol, Histosol, Ferrasol y Nitosol, reportaron que el tiempo adecuado de agitación para el suelo Cambisol y Ferrasol son de 22 y 31h, respectivamente, al aplicar un modelo cuadrático lineal. En cuanto que el suelo Histosol no presentó un tiempo de agitación adecuado y el Nitosol no fue influenciado por el tiempo de agitación. Además de ello, mencionan que existe diferente tiempo de agitación para la correcta dispersión de la fracción arcilla en los diversos tipos de suelos, el cual se debe principalmente al contenido de materia orgánica, arcilla y tipo de mineral predominante en el suelo.

Por otro lado, Combatt-Caballero et al (2017), señalan que el tiempo adecuado de agitación mecánica para una correcta cuantificación de la fracción arcilla de suelos ligeramente alcalinos de Colombia, es de 10 h con agitación lenta de 60 rpm cuando utilizó la mezcla de dispersante Calgón + Na₄P₂O₇.

2.4 Método de Hidrómetro de Bouyoucos

Es el método padrón utilizado en todos los laboratorios de análisis de suelos en el Perú, con ciertas modificaciones. Según (Beretta *et al.* 2014), este método es de bajo costo y simple de ser realizado; lo que permite obtener resultados rápidos, pero menos preciso, razón por la cual Phogat *et al.* (2016), menciona que este método no debe usarse en suelos con alto contenido de CaCO₃, MO y elevada salinidad debido a que las partículas del suelo pueden estar flocluladas y no son

fácilmente eliminados. Todo lo contrario, a lo mencionado por Martínez *et al.* (2015), quienes aseguran que este método además de su fácil implementación, resaltan que los datos obtenidos son confiables para muchos propósitos.

Cabe resaltar que este método fue inicialmente calibrado para un suelo franco y tienen que adaptarse los tiempos de lectura para los diferentes tipos de suelo analizados. La precisión de los resultados depende del conocimiento de la densidad de las partículas de suelo y de control de la temperatura durante el experimento (entre 10 y 40 °C). Se resalta también que la adherencia de partículas de suelo a los salientes del hidrómetro es otra fuente de inexactitud que, según Herv (2016), puede llegar a presentar errores de hasta 14 % para la fracción arcilla.

El principio de este método se basa en la sedimentación de las partículas descritas por la ley de Stokes que analiza la sedimentación gravitacional de las partículas dentro de un fluido que proporciona la relación entre la velocidad de sedimentación de la partícula en función de su diámetro (Badillo y Rodríguez, 2005). Sin embargo, Delgado *et al.* (2013) mencionan que esta ley es sólo aplicable en sistemas donde las partículas son esféricas, sin fricción con otras partículas y de caída libre (Filgueira *et al.*, 2006).

III MATERIALES Y METODOS

3.1 Ubicación de puntos de muestreo

Cuatro puntos de muestreos fueron ubicados dentro de la provincia de Leoncio Prado, los cuales corresponden al Banco de Germoplasma de Cacao de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, caserío Ricardo Palma Km. 51, caserío Ricardo Palma Km. 53. (Figura 1) (Tabla 1).

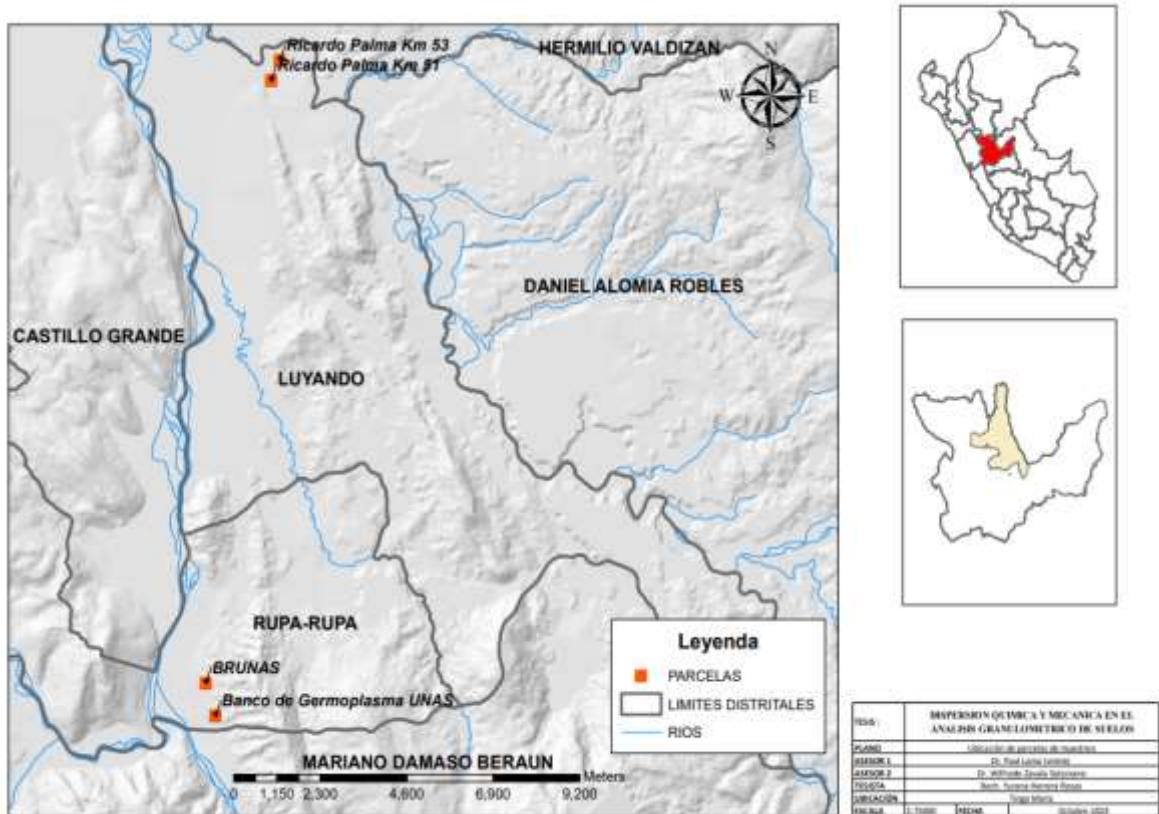


Figura 1. Ubicación de los puntos de muestreo de suelos

Tabla 1. Ubicación geográfica, coordenadas y altitud de los puntos de muestreo

Lugar	Coordenadas UTM		Altitud (m s. n. m.)
	Norte	Este	
Banco de Germoplasma de Cacao UNAS – BGC	8969836	390902	703
Bosque reservado UNAS – BRUNAS	8970671	390645	711
Caserío Ricardo Palma Km-51 – Km-51	8985911	392384	649
Caserío Ricardo Palma Km-53 – Km-53	8986421	392617	637

3.2 Características climáticas de las áreas de muestreo

La provincia de Leoncio Prado se encuentra ubicada dentro de la zona de vida de Bosque Montano Húmedo Premontano Tropical (bmh-PT), presentando un clima cálido-húmedo (tropical), con temperatura mínima, máxima y promedio de 18,7; 30,5 y 24 °C, respectivamente; con humedad relativa de 84% y precipitación promedio anual de 3 400 mm (SENAMHI, 2021).

3.3 Muestreo de suelos

Una calicata en cada punto de muestreo (Tabla 1), fue aperturada para su caracterización morfológica (Tabla 2) y posterior análisis químico (Tabla 3), principalmente de los primeros dos horizontes, de los cuales fueron extraídos aproximadamente 1 kg de suelo, siendo estos inmediatamente rotulados y llevados a las instalaciones del laboratorio de Análisis de Suelo, Agua y Ecotoxicología de la Facultad de Agronomía, Universidad Nacional Agraria de la Selva. Donde todas las muestras fueron previamente secadas bajo sombra y posteriormente pasadas por tamiz de 2 mm para ser almacenadas en depósitos de plástico de ½ kg.

Tabla 2. Caracterización morfológica de los suelos estudiados

Horizontes	Color	Profundidad (cm)	Estructura	Características
Banco de Germoplasma de cacao de la Universidad Nacional Agraria de la Selva – BGC				
Ap	7.5 YR 3/4	0 - 5	Granular	Presencia de raíces gruesas
BW ₁	7.5 YR 4/6	5 - 27	Granular	Escasa presencia de raíces medianas y finas
Bosque Reservado Universidad Nacional Agraria de la Selva – BRUNAS				
A	7.5 YR 3/4	0 - 10	Granular	Presencia de hojarascas a la vez presencia de raíces
B	7.5 YR 4/6	10 - 22	Bloques	Presencia de raíces
Caserío Ricardo Palma Km-51 – Km-51				
Ap	10 YR 3/2	0 - 20	Granular	Presencia de raíces finas y gruesas es friable
BA	10 YR 4/6	20- 30	Bloques	Poca presencia de raíces finas consistencia friable bloque
Caserío Ricardo Palma Km-53 – Km53				
Ap	10 YR 4/3	0 - 20	Granular	medianamente friable, presencia de raíces finas, manchas rojas y amarillas, estructura granular predominancia medio.
Bw	10 YR 4/3	20 - 30	Bloques subangular	poca presencia de raíces finas, bloques subangulares entre muy finas y medias presencia de pequeñas cortadas de piedras

Tabla 3. Caracterización químico y físico de los suelos estudiados

Horizontes	pH		Δ pH	M.O	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	P	Arena	Limo	Arcilla
	Agua	KCl									
	1:2,5			%	-----cmolc kg ⁻¹ -----			ppm	-----%-----		
Banco de Germoplasma de Cacao Universidad Nacional Agraria de la Selva – BGC											
Ap	4,83	3,71	-1,12	1,62	2,00	0,31	1,73	4,96	47	15	38
Bw1	5,16	3,76	-1,40	1,86	1,36	0,29	2,42	1,14	29	17	54
Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva – BRUNAS											
A	4,88	3,67	-1,21	2,46	0,91	0,25	2,30	3,63	57	19	24
B	5,08	3,70	-1,38	1,56	0,90	0,25	2,67	3,98	55	15	30
Caserío Ricardo Palma Km-51 – Km-51											
Ap	4,91	3,40	-1,51	4,08	2,24	0,31	2,57	18,66	35	41	24
BA	5,02	3,59	-1,43	1,56	1,63	0,30	4,63	18,04	31	27	42
Caserío Ricardo Palma Km-53 – Km-53											
Ap	5,93	4,74	-1,19	2,76	6,42	0,68	0,24	61,45	55	25	20
Bw	6,00	4,27	-1,73	1,14	4,76	0,67	0,24	59,76	29	21	50
Máximo	6,00	4,74	-1,73	4,08	6,42	0,68	4,63	61,45	57	41	54
Mínimo	4,83	3,40	-1,12	1,14	0,90	0,25	0,24	1,14	29	15	20
Promedio	5,18	3,86	-1,37	2,17	2,53	0,38	2,72	21,45	42,25	22,5	35,25

3.4 Preparación de dispersantes químicos

3.4.1 Hexametáfosfato de sodio al 10%

100 g de $(\text{NaPO}_3)_6$ fue pesado y colocado en agua destilada caliente para su rápida disolución, posteriormente fue pasado para un balón volumétrico de 1 L de capacidad donde se completó con agua destilada según el nivel indicado. Esta solución presentó un valor de $\text{pH} = 6,02$.

3.4.2 Hidróxido de Sodio 0.1 mol L^{-1}

4 g de NaOH fue pesado y colocado en agua destilada para su rápida disolución, posteriormente fue pasado para un balón volumétrico de 1 L de capacidad donde se completó con agua destilada según el nivel indicado. Esta solución presentó un valor de $\text{pH} = 13,05$.

3.5 Análisis textural de las muestras de suelos

En un recipiente de vidrio de 400 mL se adicionó 50 g de suelos y 15 mL del dispersante (NaOH y $(\text{Na}(\text{PO}_3)_6$), según el tratamiento; más 250 mL de agua destilada. Posteriormente, las muestras fueron colocadas al agitador mecánico según los tiempos determinados para el estudio (1, 4, 8 y 16 h). Considerando que la agitación mecánica de 1 h es el tiempo de referencia utilizado en el laboratorio para análisis de rutina.

Transcurrido el tiempo agitación mecánica correspondiente, se procedió a trasvasar la suspensión del suelo en probetas de 1000 mL de capacidad, teniendo cuidado de que toda la muestra de suelo, con la ayuda de chorros de agua de una pizeta, pase para la probeta. Finalmente, se completó el volumen de 1000 mL con agua destilada y se procedió a agitar la suspensión con un bastón de madera para que tanto las fracciones de arena, limo y arcilla se mantengan en suspensión al momento de colocar el hidrómetro de Bouyoucus. 40 s después de la agitación con el bastón, se procedió a realizar la primera lectura de la densidad y temperatura con el uso del hidrómetro y un termómetro digital, respectivamente. En seguida la suspensión se dejó en reposo durante 2 h donde, transcurrido el tiempo, se realizó una segunda lectura sin necesidad de agitar la suspensión.

3.6 Nivel de investigación

La investigación consta de un nivel descriptivo, comparativo y correlacional ya que se utilizó la recolección de datos de las variables en estudio, para probar una hipótesis con base en la medición numérica (Hernández et al., 2014).

3.6.1 Tipo de investigación

El tipo de investigación es aplicativo, Hernández et al (2014) afirma que en este tipo de estudio busca la aplicación de los conocimientos adquiridos a la vez que se adquieren otros.

3.7 Variables de estudio

3.7.1 Variables independientes

Dispersantes químicos: Hidróxido de Sodio (NaOH) y Hexametáfosfato de Sodio ($\text{Na}(\text{PO}_3)_6$) con cuatro tiempos de dispersión mecánica (1, 4, 8 y 16 h).

3.7.2 Variables dependientes

Proporciones de arena, limo y arcilla.

3.7.3 Componentes de estudios

Factor A: dispersante químico

a1 = Hexametáfosfato de sodio 10 %

a2 = Hidróxido de sodio 0.1 mol L^{-1}

Factor B: tiempo de agitación mecánica (horas)

b1 = 1

b2 = 4

b3 = 8

b4 = 16

Factor C: Suelos

c1 = Zona de Ricardo Palma

c2 = Zona de Ricardo Palma

c3 = Banco de Germoplasma de Cacao

c4 = Bosque Reservado de la UNAS

3.8 Diseño experimental

Para el análisis de los dispersantes químicos y el tiempo de agitación, se aplicará el Diseño Completamente al azar con arreglo factorial 2x4, siendo dos dispersantes químicos en cuatro tiempos de dispersión mecánica para la separación de la fracción granulométrica del suelo, con los resultados obtenidos, se procedió a realizar el análisis de variancia y la comparación de medias, de la influencia de los dispersantes, tiempo de agitación mecánica e interacción dispersantes vs tiempo con la prueba Tukey al 5%, para verificar las diferencias entre los dispersantes, tiempo de agitación mecánica y la interacción que pudiera haber entre ellos.

IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Respuesta de la determinación de los dispersantes químicos sobre las fracciones granulométricas del suelo.

Se determino que en los suelos estudiados se muestra que en la de la Figura 2a, horizonte A, se observa que la acción del $(\text{NaPO}_3)_6$ influyó para la obtención de una mayor proporción de la fracción arcilla ($p < 0,05$) al ser comparado con el NaOH. La mayor eficiencia del $(\text{NaPO}_3)_6$ con una determinación más del 50%, se vio también reflejado con una menor proporción de la fracción arena, donde el NaOH mostró superioridad significativa ($p < 0,05$) en relación con el $(\text{NaPO}_3)_6$.

Borja *et al.* (2015), mencionan que la mayor dificultad en la dispersión de las muestras de suelos es principalmente con la fracción arcilla. Esto se da cuando la dispersión química no es realizada de manera eficiente, generando una subestimación de arcilla e influyendo directamente en la sobreestimación de otras fracciones, principalmente limo que al no ser dispersada adecuadamente puede ser estimada como una proporción de arena. Tal es el caso del NaOH que, para los suelos estudiados generó una mayor estimación de la fracción arena (sobreestimación) con una menor estimación de la fracción arcilla (subestimación).

En los suelos estudiados, la mayor proporción de arcilla registrado en el horizonte A, al utilizar el $(\text{NaPO}_3)_6$, puede estar relacionado con los valores medios y altos de Ca^{2+} (Ribeiro *et al.*, 1999), entre $0,91 - 6,42 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ para Ca^{2+} (Tabla 3), el cual, según Mauri *et al.* (2011), el $(\text{NaPO}_3)_6$ es el dispersante más adecuado para suelos con altos contenidos de Ca^{2+} y Mg^{2+} . La eficiencia del $(\text{NaPO}_3)_6$ es debido a la acción conjunta del ion Na, al reemplazar los iones divalentes de las capas intermedias con la acción de iones de H^+ , desplazando también iones monovalentes como el K^+ ; facilitando una mayor hidratación de las capas arcillosas y posterior dispersión (Rodríguez *et al.*, 2011). Por otro lado, es ampliamente conocido la eficiencia del NaOH en diversos estudios realizados (Ribeiro *et al.*, 1999, Mauri *et al.*, 2011, Ruiz, 2005, Cunha *et al.*, 2014) para

una mejor cuantificación de la fracción arcilla, esto debido principalmente al incremento de las cargas eléctricas negativas por el aumento del pH de la solución, cuya función se torna importante por incrementar la repulsión de partículas con el aumento de la doble capa difusa que es saturada, en la zona de intercambio catiónico, por el ion monovalente Na, provocando la precipitación de iones de Ca y Al (Ruiz, 2005).

Sin embargo, se resalta que en los diversos trabajos realizados utilizando NaOH, fueron utilizadas concentraciones de entre $0,5 - 1 \text{ mol L}^{-1}$ con $10 - 20 \text{ g}$ de suelo (Junior et al., 2014, Rodríguez et al., 2011, Ruiz, 2005). Concentraciones de dispersante y suelo totalmente diferente a lo utilizado en este trabajo ($0,1 \text{ mol L}^{-1}$ de NaOH con 50 g de suelo), el cual puede estar influyendo negativamente sobre la dispersión de la fracción arcilla. Esa baja eficiencia del NaOH en relación con el $(\text{NaPO}_3)_6$ es mejor apreciada en el horizonte B (Figura 2b) de los suelos estudiados, donde no hubo diferencia estadística de la fracción arcilla, pero si de la fracción arena, indicando que el NaOH, con la concentración de $0,1 \text{ mol L}^{-1}$ no es la adecuada para los suelos estudiados.

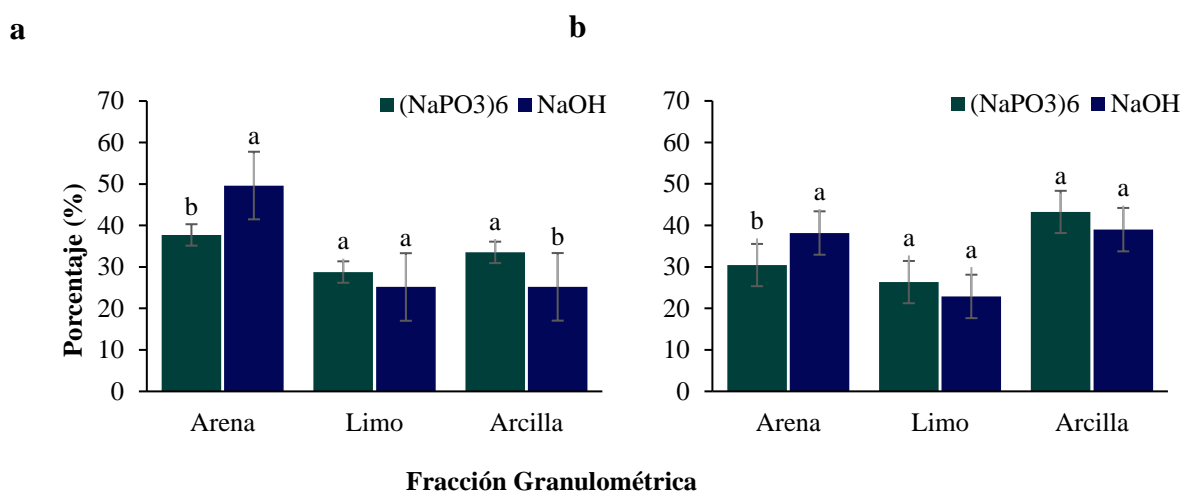
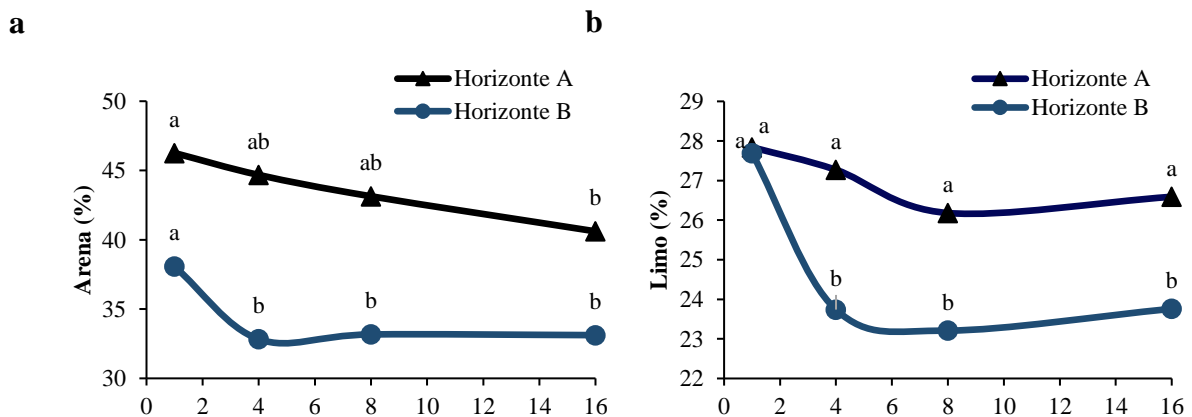


Figura 2. Análisis de comparación de medias ($n=48$) de las fracciones de arena, limo y arcilla, influenciadas por los dispersantes químicos $(\text{NaPO}_3)_6$ y NaOH en los horizontes A (a) y B (b) de todos los suelos estudiados.

4.2 Respuesta a la determinación del tiempo de agitación mecánica sobre la cuantificación de las fracciones granulométricas de los suelos estudiados

Se determino por la importancia que representa la correcta cuantificación de la fracción arcilla en suelos arcillosos, con $MO < 2\%$ (Tabla 3) la agitación mecánica de 4 h en un 45 % sería lo recomendable para una correcta dispersión física, en cuanto que, para suelos con $MO > 2\%$, 8 h con un 26 % de dispersión mecánica es lo más recomendable.

Se registró una disminución de la fracción arena y limo (Figura 3a y 3b) con el aumento de la fracción arcilla (Figura 3c) conforme se incrementa el tiempo de dispersión mecánica muestra, para los horizontes A y B. Estos resultados coinciden con lo reportado por Borja *et al.* (2015) y De Carvalho (1988), quienes obtuvieron un mayor porcentaje de fracción de arcilla mediante una agitación lenta durante 6 y 10 horas respectivamente, en comparación con la agitación rápida. La agitación lenta propicia una estabilidad en la suspensión de partículas por medio de una fricción constante, provocando la ruptura de agregados que desembocan en errores de estimación en las fracciones mayores del suelo.



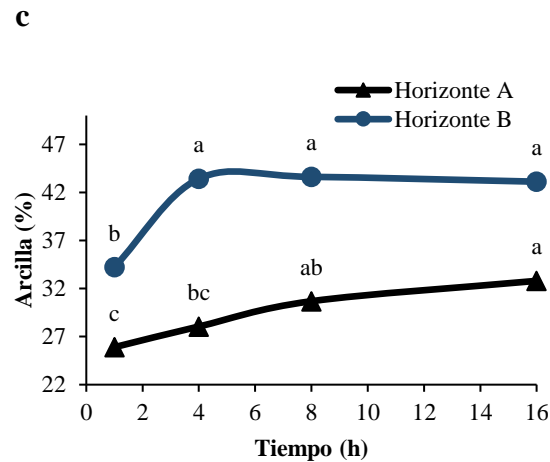


Figura 3. Análisis de comparación de medias de las fracciones de arena (a), limo (b) y arcilla (c), influenciadas por tiempo de agitación mecánica (1, 4, 8 y 16 h) en los horizontes A y B para todos los suelos estudiados.

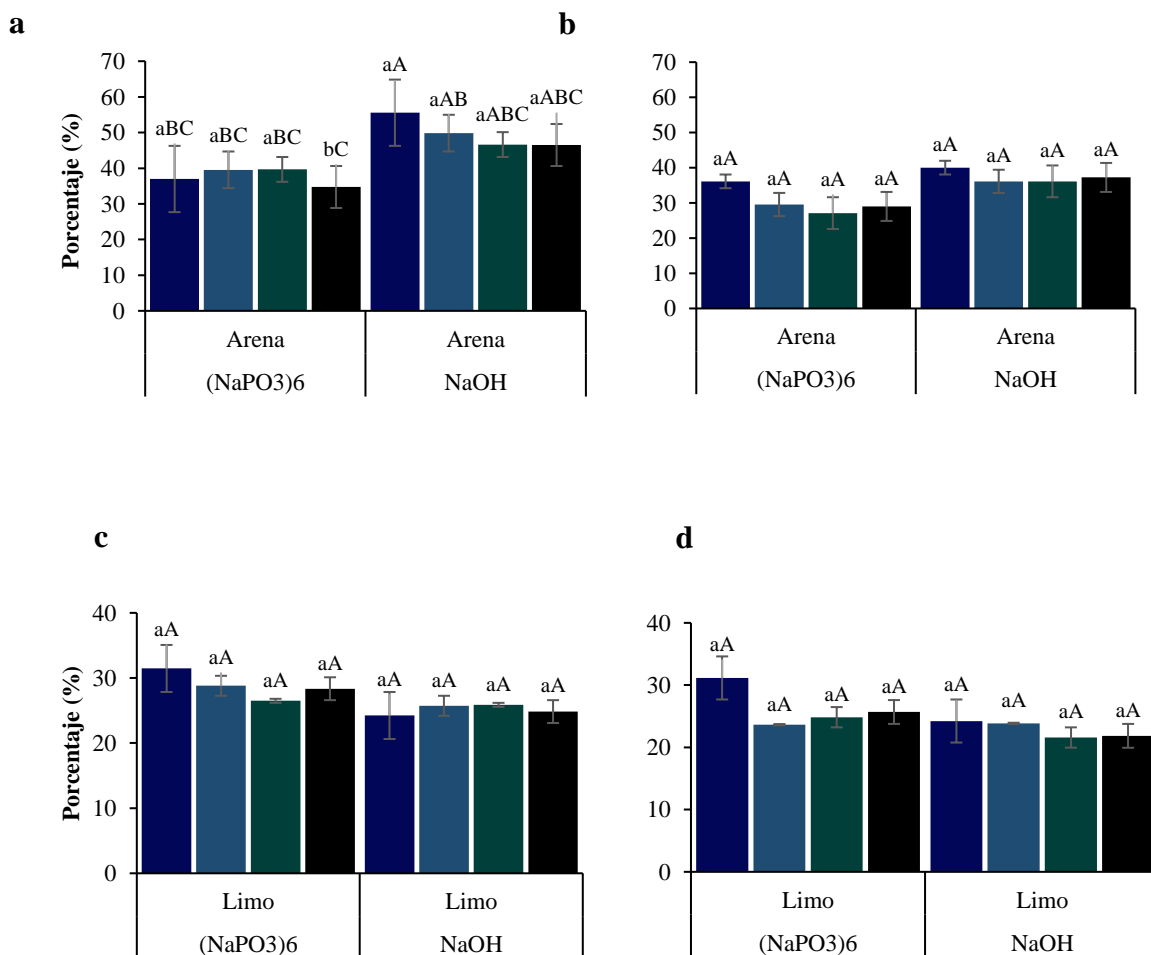
4.3 Respuesta de la evaluación de relación de los dispersantes químicos y tiempo de dispersión mecánica sobre la cuantificación de las fracciones granulométricas de los suelos estudiados

La interacción de dispersante vs tiempo, para la fracción arcilla, no se vio influenciada estadísticamente en los suelos del horizonte A (Figura 4e), aunque si hubo un incremento numérico de 31,60 para 36,94 % con la interacción de $(\text{NaPO}_3)_6$ vs 1 h y $(\text{NaPO}_3)_6$ vs 16 h, respectivamente. Similar resultado fue obtenido con la interacción de NaOH vs 1 h y NaOH vs 16 h con 20,21 y 28,67 %, respectivamente. Al parecer el contenido de MO para estos suelos, en promedio mayor de 2%, puede estar influyendo significativamente en una inadecuada dispersión de las fracciones granulométricas del suelo, al actuar como agente floculante.

Por otro lado, diferencia significativa ($p < 0,05$) fue registrada con el $(\text{NaPO}_3)_6$ vs tiempo (Figura 4f), donde a partir de 4 h de agitación mecánica favorece una mejor cuantificación de la fracción arcilla, considerando también que estos suelos presentan en promedio MO menor de 2% (Tabla 3).

Los resultados concuerdan con lo registrado por De Carvalho *et al.* (1988), quienes obtuvieron mejores resultados en la cuantificación de la fracción arcilla empleando una agitación mecánica de 10 horas, debido a la disminución de pseudocomponentes de arena y limo.

De esta manera se demuestra que, para los suelos estudiados y el método de análisis textural empleado, se reportan valores precisos empleando 10 % de $(\text{NaPO}_3)_6$ como dispersante en interacción con 4 h de agitación mecánica; favoreciendo la estabilidad de la suspensión y evitando la floculación de las partículas que derivan en errores de estimación de las fracciones texturales. Para ello se debería tener en consideración el contenido de MO del suelo analizado.



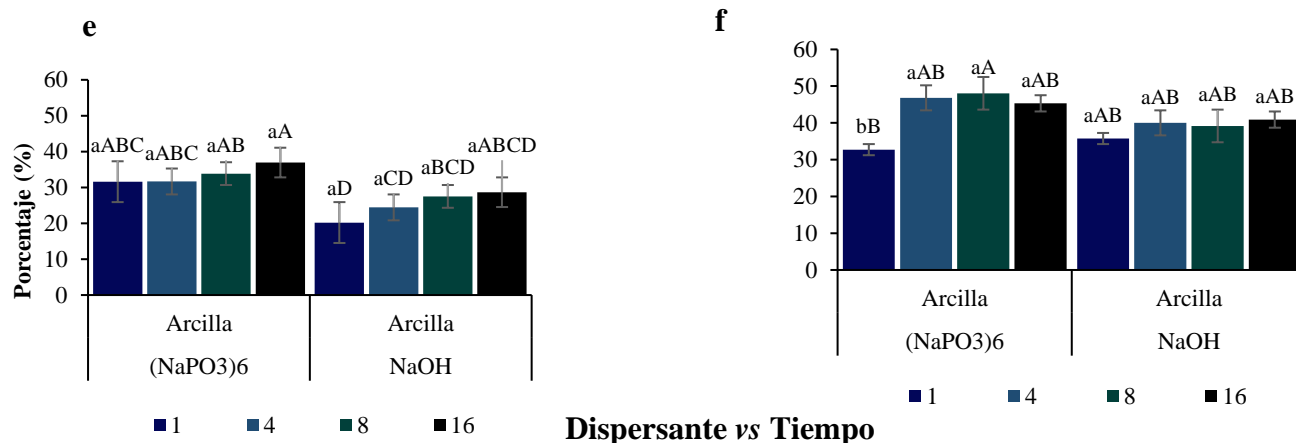


Figura 4. Análisis de comparación de medias de las fracciones de arena, limo y arcilla, influenciadas por tiempo de agitación mecánica (1, 4, 8 y 16 h) en los horizontes A (a, c y e) y B (b, d y f) para todos los suelos estudiados. Letras minúsculas indican diferencias significativas de la interacción de cada dispersante vs tiempo y letra mayúscula indican diferencias significativas entre los dos dispersantes vs tiempo.

V CONCLUSIONES

- El hexametafosfato de sodio al 10 % resultó ser más efectivo para cuantificación de la fracción arcilla.
- El tiempo adecuado de agitación mecánica para suelos con $MO < 2\%$ es de 4 h y, para suelos con $MO > 2\%$ es de 8 h.
- La interacción de $(NaPO_3)_6$ vs 4 h de agitación mecánica favorece una mejor cuantificación de la fracción arcilla del suelo

VI PROPUESTAS A FUTURO

Pese a que en la bibliografía científica existe una gran cantidad de información relacionada a los métodos de análisis granulométrico del suelo, uso de dispersantes químicos, tipo de agitación lenta o rápida y tiempo de agitación mecánica, aun es escaso la información relevante para las condiciones de suelos que tenemos en nuestra región y/o país. Ya que cada uno de estos suelos presentan particularidades propias, producto de las interacciones de los factores y procesos de formación, así como influencia de la intensa actividad antrópica de los suelos agrícolas. Es por ello que se hace necesario continuar estos estudios con el objetivo hacer ciertas mejoras en el método padrón investigando el tipo y concentración adecuada de dispersantes químicos, tiempo y tipo de agitación mecánica e incluso investigar sobre el mejor método de análisis textural.

VII REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Almeida, B. G. de, Donagemma, G. K., Ruiz, H. A., Braidá, J. A., Viana, J. H. M., Reichert, J. M. M., Teixeira, W. G. (2012). Padronização de métodos para análise granulométrica no Brasil. *Embrapa*, 1–11. <https://doi.org/ISSN 1517-5685>
2. Alves, M. V., Delazeri, P, Nesi, C. N., Ramos, M. R. (2018). Times of agitation and concentration of naoh to characterize the soil texture. *Revista Agri-Environmental Sciences, Palmas-TO*. 4(2).
3. Borja, M. K., Mercado, L. J., Combatt, C., E.. (2015). Chemical dispersants and quantification textural fractions by Bouyoucos and pipette methods. *Acta agronómica*, 64(4), 293–300. [http:// dx.doi.org/10.15446/acag.v64n4.45722](http://dx.doi.org/10.15446/acag.v64n4.45722)
4. Borja, M. K., Mercado, L. J., Combatt, C., E.. (2015). Methods of mechanical dispersion for determining granulometric fractions in soils using four dispersant solutions. *Agronomía Colombiana*, 33(2), 253–260. doi: 10.15446/agron.colomb.v33n2.47236
5. Barraza, P. (2023) eficiencia de los métodos alternativos en la cuantificación de las fracciones granulométricas del suelo. Tesis de pregrado. Universidad Naacional Agraria de la Selva, [Repositorio Universidad Naacional Agraria de la Selva]
6. Badillo, J. & Roriguez R. (2005). Mecánica de suelos. Fundamentos de la mecánica de suelos. 627 p. <https://veteranos1927.files.wordpress.com/2014/05/mecanica-de-suelos-tomo-juarez-badillo.pdf>
7. Behrends Kraemer, F., Fernández, P. L., Bacis Ceddia, M., Chagas, C. I., & Morrás, H. M. J. (2016). De Tres Suelos Contrastantes De La Región Pampeana. *Ciencia Del Suelo*,

34(1), 163–172. Retrieved from

http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1850-20672016000100016

8. Beretta, A. N., Silbermann, A. V., Paladino, L., Torres, D., Bassahun, D., Musselli, R., & García-Lamohte, A. (2014). Análisis de textura del suelo con hidrómetro: Modificaciones al método de Bouyoucus. *Ciencia e Investigacion Agraria*, 41(2), 263–271. <https://doi.org/10.4067/S0718-16202014000200013>
9. Caten, A., Safanelli, J. L., & Silva, W. C. (2015). *Adequação do pacote soiltexture para classificação textural do solo pela linguagem R (I)*. (1), 1–4.
10. Cauás, H. R., Duarte, M. J., & De Melo, M. (2013). *Caracterização textural de solo cultivado com*. 9–11.
11. Combatt-Caballero, E. M., Palencia, L. M., Borja, M. K. (2017). Particle size distribution by Bouyoucos in slightly alkaline soils from department of Cordoba, Colombia *Acta Agronómica*. 67 (1) 2018, p 126-132
12. Corá, J. E., Fernandes, C. Beraldo, J. M. G., Marcelo, A. V. (2009). Adição de areia para dispersão de solos na análise granulométrica. *R. Bras. Ci. Solo*, 33:255-262.
13. Cunha, J. C., Freire, M. B. G. S., Ruiz, H. A., Fernandes, R. B. A., & V, V. H. A. (2014). *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* Comparação de dispersantes químicos na análise granulométrica de solos do Estado de Pernambuco. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 18(8), 783–789. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v18n08p783-789>

14. De Carvalho, M., Freire, C. J., Curi, N., & Bahia, V. G. (1988). Eficiência de dispersantes na análise granulométrica de materiais de solos com horizonte B textural. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, 23(4), 415–421.
15. Delgado, J.; Gutierrez, C.; Salazar F.; Guevara M.; Mercado R. & Pereira J. (2013). Aplicación de conceptos clásicos de la Física en la práctica ingenieril. La ley de Stokes como herramienta conceptual en el análisis de procesos de deshidratación de petróleo. p 62. <https://www.elsevier.es/es-revista-educacion-quimica-78-articulo-aplicacionconceptos-clasicos-fisica-practica-S0187893X13731963>
16. Donagemma, G. K., Ruiz, H. A., Fontes, M. P. F., Ker, J. C., & Schaefer, C. E. G. R. (2003). Dispersão de Latossolos em resposta à utilização de pré-tratamentos na análise textural. *R. Bras. Ci. Solo*, 27:765-772. DOI: 10.1590/S0100-06832003000400021
17. Ferreira, M. M. (2010). Caracterização física do solo. In: Van Lier, Q. de J. Física do solo. 1.ed.
18. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2010. cap.1, p.1-27 Granulométrica, A., Corá, J. E., Fernandes, C., & Garrido, J. M. (2009). *Adição De Areia Para Dispersão De Solos Na*. (1), 255–262.
19. Herv, D. (2016). *Algunos metodos de investigacion en suelos*. (January 1996).
20. Hernández, R., & Fernández, C. (2006). Metodología de la investigación (4.aed.). Mc GrawHill Education.
21. Filgueira, R. R., Pachepsky, Y. A., Fournier, L. L., García, M. G., & Sarli, G. O. (2006). Sedimentación de partículas con distribución de tamaño fractal. *Revista Brasileira de*

- Engenharia Agrícola e Ambiental, 10(2), 277–282.
<https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/MGLdNd7rPmR6SyPwDNjbgdG/?format=pdf&lang=es>
22. Karkanis, P. G., Au, K., & Schaalje, G. B. (1991). Comparison of 4 Measurement Schedules for Determination of Soil Particle-Size Distribution by the Hydrometer Method. *Canadian Agricultural Engineering*, 33(2), 211–215.
23. Kitamura, A. (2004). Inter-relações da variabilidade espacial da granulometria do solo e a produtividade do feijoeiro sob plantio direto. *Aleph*.
24. Lama I(2012) Efecto del encalado y niveles de fósforo en el cultivo de maiz (*Zea mays* L) en dos suelos ácidos de Tingo Maria. Tesis de Maestria. La Molina, Perú. Universidad Nacional Agraria la Molina. 69 p.
25. Manna, L. La, Rostagno, C. M., Buduba, C. G., Irisarri, J., & Navas, A. (2016). Determinaciones de granulometría en suelos volcánicos: Comparación entre distintos métodos analíticos. *Ciencia Del Suelo*, 34(2), 355–364.
26. Martínez, K. B., Lázaro, J. M., & Caballero, E. M. C. (2015). Dispersantes químicos y cuantificación de fracciones texturales por los métodos Bouyoucos y pipeta. *Acta Agronomica*, 64(4), 308–314. <https://doi.org/10.15446/acag.v64n4.45722>
27. Mauri, J., Ruiz, H. A., Fernandes, B. A., & Ker, J. C. (2011). *Dispersantes Químicos Na Análise*. (1), 1277–1284.
28. Moreira, J., Donagemma, G., Bacis, M., Ceddia, Unterline, B., & Andrade, H. M. (2010). *Granulometria Dos Solos Da Ix Rcc Do Acre*. (1), 56–63.

29. Neyshabouri, M. R., Ahmadi, A., Rouhipour, H., Asadi, H., & Irannajad, M. (2011). Soil texture fractions and fractal dimension of particle size distribution as predictors of interrill erodibility. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 35(1), 95–102. <https://doi.org/10.3906/tar-0911-30>
30. Paucar, A. D. M. (2016). Evaluación De Diferentes Dosis De Hexametáfosfato De Sodio (Napo₃)₆, En La Determinación De Tres Tipos Texturales De Suelo, Mediante El Metodo De Bouyoucos. (Vol. 59). <https://doi.org/10.22038/Mjms.2016.8483>
31. Pellegrini, A. (2019). Apunte de edafología. Curso Edafología Departamento de Ambiente y Recursos Naturales Facultad de Ciencias Agraria y Forestales U.N.L.P., 21.
32. Ribeiro, A. C., Guimaraes, P. T. J., Alvarez, V. V. H. (1999). Comissão de fertilidade do solo do Estado de Minas Gerais. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5º Aproximação. Viçosa-MG. 359p
33. Rodrigues, C., Oliveira, V. A. de, Silveira, P. M. da, Santos, G. G. (2011). Chemical dispersant and pre-treatments to determine clay in soils with different mineralogy. *R. Bras. Ci. Solo*, 35:1589-1596, 2011
34. Ruiz, H. A. (2005). Granulométrica Do Solo Por Meio Da Coleta Da Suspensão (Silte+Argila). *Revista Brasileira de Ciencia Do Solo*, 29(1), 297–300. <https://doi.org/10.1590>
35. Senen Suarez ; A, G. (1976). *Eficiencia de dispersantes quimicos en el analisis de textura de suelos derivados de cenizas volcánicas.*

ANEXO

Resultados de análisis estadístico con R Studio

```
## Analysis of Variance Table
##
## Response: per
##
##          Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
## sector      3      0      0.0  0.0000    1.0000000
## horizonte   1      0      0.0  0.0000    1.0000000
## fraccion    2  17147  8573.6  67.7428 < 0.0000000000000022
## dispersante 1      0      0.0  0.0000    1.0000000
## tiempo      3      0      0.0  0.0000    1.0000000
## fraccion:dispersante 2  7198  3599.2  28.4386  0.000000000001774
## fraccion:tiempo    6  3100   516.7   4.0828  0.0005108
## dispersante:tiempo  3      0      0.0  0.0000    1.0000000
## fraccion:dispersante:tiempo 6   539    89.8   0.7098  0.6417975
## Residuals      548  69356  126.6
##
## sector
## horizonte
## fraccion      ***
## dispersante
## tiempo
## fraccion:dispersante  ***
## fraccion:tiempo      ***
## dispersante:tiempo
## fraccion:dispersante:tiempo
## Residuals
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

Figura 5. Análisis de variancia de los datos, mostrando los niveles de significancia de los tratamientos

dispersante	fraccion	horizonte	per groups
NaOH	arena	A	49.62700 a
(NaPO3)6	arcilla	B	42.83433 b
NaOH	arcilla	B	38.96808 bc
NaOH	arena	B	38.15521 bc
(NaPO3)6	arena	A	37.72017 bc
(NaPO3)6	arcilla	A	33.51050 cd
(NaPO3)6	arena	B	30.23517 de
(NaPO3)6	limo	A	28.76933 def
(NaPO3)6	limo	B	26.93050 ef
NaOH	arcilla	A	25.20333 ef
NaOH	limo	A	25.16967 ef
NaOH	limo	B	22.87671 f

Figura 6. Comparación de medias Tukey 5%, para determinar el efecto del dispersante sobre la dispersión de arena, limo y arcilla en los suelos y horizontes estudiados.

tiempo	fraccion	horizonte	per groups
01	arena	A	46.26033 a
04	arena	A	44.68333 a
08	arcilla	B	43.62300 a
04	arcilla	B	43.42233 a
08	arena	A	43.14233 a
16	arcilla	B	43.12133 a
16	arena	A	40.60833 ab
01	arena	B	37.66175 abc
01	arcilla	B	33.43817 bcd
08	arena	B	33.16867 bcd
16	arena	B	33.11800 bcd
04	arena	B	32.83233 bcd
16	arcilla	A	32.80033 bcd
08	arcilla	A	30.67600 cd
01	limo	B	28.90008 cd
04	arcilla	A	28.05067 cd
01	limo	A	27.83900 cd
04	limo	A	27.26600 cd
16	limo	A	26.59133 d
08	limo	A	26.18167 d
01	arcilla	A	25.90067 d
16	limo	B	23.76067 d
04	limo	B	23.74533 d
08	limo	B	23.20833 d

Figura 7. Comparación de medias Tukey 5%, para determinar el efecto del tiempo sobre la dispersión de arena, limo y arcilla en los suelos y horizontes estudiados.

tiempo	fraccion	dispersante	horizonte	sector	per groups
04	arena	NaOH	A	BRUNAS	65.01600 a
16	arcilla	(NaPO3)6	B	BGC	64.75200 a
01	arena	NaOH	A	BRUNAS	64.59200 ab
08	arcilla	(NaPO3)6	B	BGC	64.29333 ab
16	arena	NaOH	A	BRUNAS	63.58400 abc
08	arena	NaOH	A	BRUNAS	61.99200 abcd
04	arcilla	(NaPO3)6	B	BGC	61.49333 abcde
01	arena	(NaPO3)6	B	BRUNAS	57.17600 abcdef
01	arcilla	(NaPO3)6	B	BGC	56.77333 abcdefg
04	arcilla	NaOH	B	BGC	56.51200 abcdefgh
16	arcilla	NaOH	B	BGC	55.98667 abcdefghi
16	arena	NaOH	B	BRUNAS	55.58400 abcdefghij
01	arena	NaOH	A	BGC	55.37867 abcdefghij
04	arena	NaOH	A	BGC	55.20533 abcdefghijk
04	arena	NaOH	B	BRUNAS	55.01600 abcdefghijkl
08	arena	(NaPO3)6	A	BRUNAS	54.50667 abcdefghijklm
04	arena	(NaPO3)6	A	BRUNAS	53.00000 abcdefghijklmn
01	arena	NaOH	B	BRUNAS	52.71200 abcdefghijklmn
01	arcilla	NaOH	B	BGC	52.52000 abcdefghijklmn
01	arena	NaOH	A	KM-51	51.53333 abcdefghijklmn
08	arena	NaOH	B	BRUNAS	51.30133 abcdefghijklmn
08	arcilla	(NaPO3)6	B	KM-51	50.86400 abcdefghijklmn
01	arena	NaOH	A	Km-53	50.68800 abcdefghijklmn
01	arena	(NaPO3)6	A	BGC	50.53333 abcdefghijklmn
08	arena	NaOH	A	BGC	50.30133 abcdefghijklmn
16	arena	(NaPO3)6	A	BRUNAS	49.69867 abcdefghijklmn
16	arena	NaOH	A	BGC	49.46400 abcdefghijklmn
04	arena	(NaPO3)6	B	BRUNAS	48.95200 abcdefghijklmn
16	arena	(NaPO3)6	B	BRUNAS	48.38933 abcdefghijklmn
04	arcilla	(NaPO3)6	B	KM-51	47.49333 abcdefghijklmn
01	arena	(NaPO3)6	A	Km-53	46.69867 abcdefghijklmn
16	arcilla	(NaPO3)6	A	BGC	46.48800 abcdefghijklmn
08	arena	(NaPO3)6	B	BRUNAS	46.43467 abcdefghijklmn
01	limo	(NaPO3)6	A	KM-51	46.25333 abcdefghijklmn
08	arcilla	NaOH	B	BGC	46.16533 abcdefghijklmn
01	limo	(NaPO3)6	B	KM-51	46.01333 abcdefghijklmn
04	limo	(NaPO3)6	A	KM-51	45.55467 abcdefghijklmn
01	arcilla	(NaPO3)6	A	BRUNAS	45.26133 abcdefghijklmn

Continuación.....

08	arena	(NaPO3)6	A	BGC	45.05333	abcdefghijklmn
16	arcilla	(NaPO3)6	B	Km-53	44.75200	abcdefghijklmn
01	limo	(NaPO3)6	B	Km-53	44.58933	abcdefghijklmn
04	arcilla	(NaPO3)6	B	Km-53	44.16000	abcdefghijklmn
08	limo	(NaPO3)6	A	KM-51	43.32000	abcdefghijklmn
04	arena	(NaPO3)6	A	BGC	43.07200	abcdefghijklmn
04	arena	NaOH	A	Km-53	42.58667	abcdefghijklmn
16	limo	(NaPO3)6	A	KM-51	42.48000	abcdefghijklmn
16	limo	(NaPO3)6	B	KM-51	42.45600	abcdefghijklmn
08	arena	NaOH	B	BGC	42.44533	abcdefghijklmn
08	arcilla	(NaPO3)6	A	BGC	42.24533	abcdefghijklmn
08	arcilla	(NaPO3)6	B	Km-53	42.12533	abcdefghijklmn
08	arcilla	NaOH	B	KM-51	42.12533	abcdefghijklmn
04	arcilla	(NaPO3)6	A	BGC	41.49333	abcdefghijklmn
08	arena	NaOH	A	Km-53	41.06667	abcdefghijklmn
08	limo	NaOH	A	KM-51	40.98400	abcdefghijklmn
16	limo	NaOH	A	KM-51	40.85867	abcdefghijklmn
16	arcilla	NaOH	B	KM-51	40.39200	abcdefghijklmn
16	arena	NaOH	A	Km-53	40.13067	abcdefghijklmn
04	limo	NaOH	A	KM-51	39.42400	abcdefghijklmn
16	arcilla	NaOH	B	Km-53	38.95733	abcdefghijklmn
08	arcilla	NaOH	B	Km-53	38.66400	abcdefghijklmn
04	arcilla	NaOH	B	KM-51	38.60800	abcdefghijklmn
04	arena	(NaPO3)6	A	Km-53	37.78667	abcdefghijklmn
16	arcilla	NaOH	A	BGC	37.65333	abcdefghijklmn
16	arcilla	(NaPO3)6	A	Km-53	37.41867	abcdefghijklmn
16	arena	(NaPO3)6	A	BGC	37.24800	abcdefghijklmn
16	arcilla	(NaPO3)6	A	KM-51	36.56000	abcdefghijklmn
01	arena	NaOH	B	KM-51	36.55000	abcdefghijklmn
16	arcilla	(NaPO3)6	B	KM-51	36.53600	abcdefghijklmn
04	arena	NaOH	A	KM-51	36.51467	abcdefghijklmn
04	arcilla	NaOH	B	Km-53	36.39200	abcdefghijklmn
08	arcilla	NaOH	A	BGC	36.28533	abcdefghijklmn
01	arena	NaOH	B	Km-53	36.02133	abcdefghijklmn
04	limo	(NaPO3)6	B	KM-51	35.53067	abcdefghijklmn
01	limo	NaOH	A	KM-51	35.33333	abcdefghijklmn
16	arcilla	(NaPO3)6	B	BRUNAS	35.27467	abcdefghijklmn
08	arena	(NaPO3)6	A	Km-53	35.22133	abcdefghijklmn
08	arcilla	(NaPO3)6	B	BRUNAS	34.96000	abcdefghijklmn

Continuación.....

08	arcilla	(NaPO3)6	A	Km-53	34.84000	abcdefghijklmn
01	arena	NaOH	B	BGC	34.78400	abcdefghijklmn
04	limo	NaOH	B	KM-51	34.75733	abcdefghijklmn
01	limo	(NaPO3)6	A	BRUNAS	34.39733	abcdefghijklmn
04	arcilla	(NaPO3)6	B	BRUNAS	34.16000	abcdefghijklmn
01	arcilla	NaOH	B	Km-53	33.93333	abcdefghijklmn
04	arena	NaOH	B	Km-53	33.92000	abcdefghijklmn
08	arena	NaOH	B	Km-53	33.82933	abcdefghijklmn
01	limo	NaOH	B	KM-51	33.48333	abcdefghijklmn
01	arcilla	(NaPO3)6	A	BGC	33.21333	abcdefghijklmn
08	arena	NaOH	A	KM-51	33.15733	abcdefghijklmn
08	limo	(NaPO3)6	B	KM-51	32.96267	abcdefghijklmn
08	arcilla	(NaPO3)6	A	KM-51	32.84000	abcdefghijklmn
16	arena	NaOH	A	KM-51	32.82133	abcdefghijklmn
01	arcilla	NaOH	A	BGC	32.52000	abcdefghijklmn
16	arcilla	NaOH	A	Km-53	32.32000	abcdefghijklmn
16	limo	NaOH	B	KM-51	32.04800	abcdefghijklmn
16	limo	(NaPO3)6	A	Km-53	31.62133	abcdefghijklmn
04	limo	(NaPO3)6	A	Km-53	31.38667	abcdefghijklmn
01	arena	(NaPO3)6	B	Km-53	30.96000	abcdefghijklmn
16	arena	(NaPO3)6	A	Km-53	30.96000	abcdefghijklmn
16	arena	NaOH	B	BGC	30.89333	abcdefghijklmn
04	arcilla	(NaPO3)6	A	Km-53	30.82667	abcdefghijklmn
08	arcilla	NaOH	A	Km-53	30.68800	abcdefghijklmn
04	arcilla	NaOH	A	BGC	30.63200	abcdefghijklmn
01	arena	(NaPO3)6	B	KM-51	30.55733	abcdefghijklmn
01	arena	(NaPO3)6	A	KM-51	30.31733	abcdefghijklmn
04	arcilla	(NaPO3)6	A	KM-51	30.16000	abcdefghijklmn
01	limo	NaOH	B	Km-53	30.04533	abcdefghijklmn
01	arcilla	NaOH	B	KM-51	29.96667	abcdefghijklmn
08	limo	(NaPO3)6	A	Km-53	29.93867	abcdefghijklmn
08	limo	(NaPO3)6	B	Km-53	29.84267	abcdefghijklmn
04	arena	(NaPO3)6	B	Km-53	29.78667	abcdefghijklmn
08	arcilla	NaOH	B	BRUNAS	29.78667	abcdefghijklmn
04	limo	NaOH	B	Km-53	29.68800	abcdefghijklmn
08	arena	NaOH	B	KM-51	29.36533	abcdefghijklmn
04	limo	NaOH	A	Km-53	28.99733	abcdefghijklmn
16	limo	(NaPO3)6	B	Km-53	28.95467	abcdefghijklmn
04	arena	NaOH	B	BGC	28.94400	abcdefghijklmn
01	limo	(NaPO3)6	A	Km-53	28.82667	abcdefghijklmn

Continuación....

04	arcilla	NaOH	B	BRUNAS	28.56000	abcdefghijklmn
08	limo	NaOH	B	KM-51	28.50933	abcdefghijklmn
04	arcilla	NaOH	A	Km-53	28.41600	abcdefghijklmn
16	arcilla	NaOH	B	BRUNAS	28.32000	abcdefghijklmn
08	limo	NaOH	A	Km-53	28.24533	abcdefghijklmn
01	limo	NaOH	A	Km-53	28.07200	abcdefghijklmn
08	arena	(NaPO3)6	B	Km-53	28.03200	abcdefghijklmn
16	arena	NaOH	B	KM-51	27.56000	abcdefghijklmn
16	limo	NaOH	A	Km-53	27.54933	abcdefghijklmn
08	limo	NaOH	B	Km-53	27.50667	abcdefghijklmn
16	arcilla	(NaPO3)6	A	BRUNAS	27.27467	abcdefghijklmn
04	arena	NaOH	B	KM-51	26.63467	abcdefghijklmn
01	arcilla	NaOH	B	BRUNAS	26.60000	abcdefghijklmn
16	arcilla	NaOH	A	KM-51	26.32000	abcdefghijklmn
16	arena	(NaPO3)6	B	Km-53	26.29333	abcdefghijklmn
16	limo	NaOH	B	Km-53	26.12000	abcdefghijklmn
04	limo	(NaPO3)6	B	Km-53	26.05333	abcdefghijklmn
08	arcilla	NaOH	A	KM-51	25.85867	abcdefghijklmn
08	arcilla	(NaPO3)6	A	BRUNAS	25.48267	abcdefghijklmn
01	arcilla	(NaPO3)6	A	Km-53	24.47467	abcdefghijklmn
01	arcilla	(NaPO3)6	B	Km-53	24.45067	abcdefghijklmn
04	arena	(NaPO3)6	A	KM-51	24.28533	abcdefghijklmn
04	arcilla	(NaPO3)6	A	BRUNAS	24.16000	abcdefghijklmn
04	arcilla	NaOH	A	KM-51	24.06133	abcdefghijklmn
08	arena	(NaPO3)6	A	KM-51	23.84000	abcdefghijklmn
01	arcilla	(NaPO3)6	A	KM-51	23.42933	bcdefghijklmn
01	arcilla	(NaPO3)6	B	KM-51	23.42933	bcdefghijklmn
16	limo	(NaPO3)6	A	BRUNAS	23.02667	cdefghijklmn
01	limo	(NaPO3)6	B	BRUNAS	22.99200	cdefghijklmn
04	limo	(NaPO3)6	A	BRUNAS	22.84000	cdefghijklmn
01	arena	(NaPO3)6	B	BGC	22.53333	cdefghijklmn
04	arena	(NaPO3)6	B	BGC	22.42933	cdefghijklmn
01	limo	NaOH	A	BRUNAS	21.47467	defghijklmn
01	arcilla	NaOH	A	Km-53	21.24000	defghijklmn
16	arena	(NaPO3)6	B	KM-51	21.00800	defghijklmn
16	arena	(NaPO3)6	A	KM-51	20.96000	defghijklmn
08	limo	NaOH	A	BRUNAS	20.84000	defghijklmn
01	limo	(NaPO3)6	B	BGC	20.69333	defghijklmn
01	limo	NaOH	B	BRUNAS	20.68800	defghijklmn

Continuación.....

01	arena	(NaPO3)6	A	BRUNAS	20.34133	efghijklmn
04	limo	NaOH	A	BRUNAS	20.32800	efghijklmn
16	arena	(NaPO3)6	B	BGC	20.29333	efghijklmn
08	limo	(NaPO3)6	A	BRUNAS	20.01067	efghijklmn
01	arcilla	(NaPO3)6	B	BRUNAS	19.83200	fghijklmn
08	limo	NaOH	B	BRUNAS	18.91200	fghijklmn
08	limo	(NaPO3)6	B	BRUNAS	18.60533	fghijklmn
16	arcilla	NaOH	A	BRUNAS	18.36800	fghijklmn
16	limo	NaOH	A	BRUNAS	18.04800	fghijklmn
08	limo	(NaPO3)6	B	BGC	17.93867	fghijklmn
08	arena	(NaPO3)6	B	BGC	17.76800	fghijklmn
08	arcilla	NaOH	A	BRUNAS	17.16800	fghijklmn
04	arena	(NaPO3)6	B	KM-51	16.97600	fghijklmn
04	limo	(NaPO3)6	B	BRUNAS	16.88800	fghijklmn
04	limo	NaOH	B	BRUNAS	16.42400	fghijklmn
16	limo	(NaPO3)6	B	BRUNAS	16.33600	fghijklmn
16	limo	(NaPO3)6	A	BGC	16.26400	fghijklmn
01	limo	(NaPO3)6	A	BGC	16.25333	fghijklmn
08	arena	(NaPO3)6	B	KM-51	16.17333	fghijklmn
16	limo	NaOH	B	BRUNAS	16.09600	fghijklmn
04	limo	(NaPO3)6	B	BGC	16.07733	fghijklmn
04	limo	(NaPO3)6	A	BGC	15.43467	fghijklmn
16	limo	(NaPO3)6	B	BGC	14.95467	ghijklmn
04	arcilla	NaOH	A	BRUNAS	14.65600	hijklmn
04	limo	NaOH	B	BGC	14.54400	ijklmn
04	limo	NaOH	A	BGC	14.16267	ijklmn
01	arcilla	NaOH	A	BRUNAS	13.93333	jklmn
08	limo	NaOH	A	BGC	13.41333	klmn
01	arcilla	NaOH	A	KM-51	13.13333	lmn
16	limo	NaOH	B	BGC	13.12000	lmn
16	limo	NaOH	A	BGC	12.88267	mn
08	limo	(NaPO3)6	A	BGC	12.70133	mn
01	limo	NaOH	B	BGC	12.69600	mn
01	limo	NaOH	A	BGC	12.10133	n
08	limo	NaOH	B	BGC	11.38933	n

Figura 3. Comparación de medias Tukey 5%, para determinar el efecto de la interacción del dispersante químico vs el tiempo de agitación mecánica para la cuantificación de las fracciones arena, limo y arcilla en los suelos y horizontes estudiados.

Figura 9. Muestras de los análisis de suelos



PANEL FOTOGRAFICO



Figura 10. Perfil de los suelos que fueron objeto de la investigación



Figura 11. Extracción de las muestras de suelos identificación de color utilizando la tabla de Munsell



Figura 12. Disposición de las muestras de suelos para su secado en forma natural



Figura 13. Inicio de la fase de laboratorio – Método de Bouyoucos



Figura 14. Procesos de las diferentes etapas para determinar la textura de los suelos en estudi

