



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESCUELA ACÁDEMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA
AMBIENTAL**

**Efecto de las diferentes concentraciones de lodos secos del PTAR –
COVICORTI para el mejoramiento de suelos áridos.**

**TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO(a) AMBIENTAL**

AUTORES:

López Colonia, Alexis Guillermo

Mendoza Ríos, Cecilia Noemí

ASESOR:

Mg. Misael Villacorta González

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

CALIDAD Y GESTIÓN DE RECURSOS NATURALES

TRUJILLO – PERÚ

2018

JURADO EVALUADOR

.....
Dr. ALBERTO QUEZADA ALVAREZ
PRESIDENTE

.....
Dr. FERNANDO UGAZ ODAR

SECRETARIO

.....
Mg. MISAEL VILLACORTA GONZALEZ

VOCAL

DEDICATORIA

A DIOS:

Por darnos la vida, fuerzas, muchas bendiciones y perseverancia para lograr culminar una de nuestras metas trazadas.

A NUESTROS MAESTROS:

Que nos brindaron incondicionalmente sus conocimientos en forma permanente durante el trascurso de la formación de nuestra carrera para formarme profesionalmente.

A NUESTRA FAMILIA:

Por su apoyado incondicional hacia nosotros, por darnos fuerzas en los momentos más difíciles y darnos ánimos para seguir luchando por nuestros objetivos.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios, y a nuestra familia por su apoyo incondicional lo que contribuyó para poder culminar con éxito nuestra carrera profesional. Y a base de esfuerzo, dedicación y esmero pudimos lograr nuestras metas y culminar nuestras expectativas.

Al personal directivo y plana docente de la especialidad de la escuela profesional ingeniería ambiental de la universidad Cesar Vallejo, por la enseñanza que nos dieron durante la formación de nuestra carrera profesional, por su dedicación y estímulo que nos brindaron para mejorar nuestros conocimientos, cultivando los valores y el desarrollo de la ética profesional.

PRESENTACIÓN

Presento ante los miembros del jurado la tesis titulada:

“Efecto de las diferentes concentraciones de lodos secos desinfectados del PTAR – COVICORTI para el mejoramiento de suelos áridos.”, con la finalidad de obtener el grado de Ingeniero Ambiental y cumplir con el reglamento de la Universidad César Vallejo.

Esperando cumplir con los requisitos de aprobación.

INDICE

DEDICATORIA.....	3
RESUMEN	10
ABSTRACT	11
I. INTRODUCCION.....	12
1.1. Realidad Problemática.....	12
1.2. Trabajos Previos	13
1.3. Teorías relacionadas al tema.....	15
1.4. Formulación del problema.....	25
1.5. Justificación del estudio.....	25
1.6. Hipótesis	26
2.4. Objetivos de trabajo.....	28
II. METODO.....	25
2.1. 2.1. Diseño de investigación	25
2.2. Variables, operacionalización.....	26
2.3. Población y muestra	27
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos. Validez y confiabilidad.....	27
2.5. Métodos de análisis cualitativos de los datos.....	31
2.6. Aspectos Éticos.	31
III. RESULTADOS	33
3.1. Análisis estadístico.....	33
IV. DISCUSION.....	37
V. CONCLUSIONES.....	39
VI. RECOMENDACIONES.....	40

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS:.....	42
VIII. ANEXOS	46

INDICE DE ANEXOS

- ANEXO 1.** Instrumento de recoleccion de datos
- ANEXO 2.** Resultados a detalle obtenidos de las variables
- ANEXO 3.** Promedio de datos
- ANEXO 4.** Analisis estadistico
- ANEXO 5.** Graficos de medias
- ANEXO 6.** Graficos de residuos observados pronosticados
- ANEXO 7.** Promedio de datos
- ANEXO 8.** Panel fotografico

INDICE DE TABLAS

TABLA 1. Componentes de los suelos.....	17
TABLA 2. Concentraciones máximas de metales pesados (USEPA).....	22
TABLA 3. Concentración máxima de microorganismos patógenos (USEPA.....	22
TABLA 4. Análisis químico de lodos residuales del PTAR COVICORTI.....	25
TABLA 5. Caracterización de lodos PTAR - COVICORTI.....	26
TABLA 6. Técnicas para Indicadores de contaminación Fecal en lodos	26
TABLA 7. Características Microbiológicas de lodos de PTAR	35
TABLA 8. Variación de Propiedades físicas y químicas del suelo árido a los 30 días	35
TABLA 9. Mejoramiento % de porosidad de suelos áridos	36
TABLA 10. Mejoramiento de densidad aparente de suelos áridos HSD Tukeya	37
TABLA 11. Mejoramiento % de humedad de suelos áridos HSD Tukey.....	37
TABLA 12. Mejoramiento % de materia orgánica de suelos áridos HSD Tukey.....	37

INDICE DE FIGURAS

FIGURA N°1. Triangulo de clases texturales (USDA, 1991).....	19
FIGURA N° 2. Composición de los suelos áridos mejorados.....	20
FIGURA N° 3. Croquis de las tomas de muestra III Etapa CHAVIMOCHIC.....	24
FIGURA N°4 Mapa de ubicación de las PTAR COVICORTI.....	25
FIGURA N° 5. Comparación de las propiedades físicas y químicas del suelo árido.....	36
FIGURA 6 Gráficos de medias.....	38
FIGURA 7. Variación de la densidad con el aumento de la proporción de lodos.....	38
FIGURA 8. Variación del porcentaje de Humedad con el aumento de la proporción de lodos.....	39
FIGURA 9. Variación del porcentaje de Materia Orgánica con el aumento de la proporción de lodos.....	39

RESUMEN

En el presente estudio se determinó el mejoramiento de suelos áridos utilizando lodos secos del PTAR-COVICORTI, para ello se utilizaron diferentes concentraciones de lodos secos y se evaluaron las características fisicoquímicas como: humedad, textura, materia orgánica, densidad aparente y porosidad, así como pH, y conductividad eléctrica. Se realizaron las mezclas de lodos secos y suelos áridos, en las proporciones 20/80, 40/60 y 60/40 respectivamente, homogenizándola y añadiendo agua y removiendo la mezcla cada 10 días, dejando estabilizar por un tiempo de 30 días, después de la estabilización se evaluaron propiedades físicas y químicas. Los resultados fueron los siguientes: densidad real de la muestra de suelo árido de 1.45 g/cc ha disminuido hasta 0.95 g/cc; en la mezcla de proporción suelo lodos del PTAR/suelo árido 60/40; indicando una mejora en la calidad del suelo, la textura ha mejorado pasando de ser un suelo árido a suelo arenoso franco, el porcentaje de humedad retenida mejora pasando del 0.00% en los suelos áridos a un porcentaje de retención de humedad de 2.53%, la densidad aparente mejora desde 1.45 g/cc hasta 0.93 g/cc y la porosidad desde 0.51, 0.57 y 0.65 en la mezcla de proporción suelo lodos del PTAR/suelo árido 60/40. Concluimos que los lodos del PTAR COVICORTI mejoran las características fisicoquímicas de los suelos áridos haciéndolos aptos para la agricultura.

PALABRAS CLAVE: Lodo residual; Suelos áridos.

ABSTRACT

In the present study the improvement of arid soils was determined using dry sludge from the WWTP-COVICORTI, for this they used different concentrations of dry sludge and the physicochemical characteristics were evaluated as: humidity, texture, matter Organic, apparent density and porosity, as well as PH, and electrical conductivity. Mixtures of dry sludge and arid soils were made, in the proportions 20/80, 40/60 and 60/40 respectively, Homogenizándola and adding wáter And stirring the mixture every 10 days, leaving it to stabilize for a period of 30 days, after stabilization, physical and chemical properties were evaluated. The results were as follows: actual density of the arid soil sample of 1.45 g/CC has decreased to 0.95 g/cc; In the mixture of soil proportion WWTP sludge/arid soil 60/40; indicating an improvement in soil quality, the texture has improved from being an arid soil to loamy sandy soil, the percentage of humidity Retained improvement going from 0.00% in arid soils to a moisture retention percentage of 2.53%, the apparent density improves from 1.45 g/CC to 0.93 G/cc and porosity from 0.51, 0.57 and 0.65 in the mixture of soil proportion WWTP sludge/arid soil 60/40. We conclude that the sludges of WWTP COVICORTI improve the physicochemical properties of arid soils making them suitable for agriculture

KEY WORDS: Residual mud; Arid soils

I. INTRODUCCION

1.1. Realidad Problemática

Los suelos poseen características físicas que se relacionan en el sistema edáfico con los procesos biológicos y químicos. La aireación, disponibilidad de agua, la existencia de poros, influyen en la nutrición, el desarrollo de las raíces encuentra menos resistencia de las partículas del suelo, así mismo los microorganismos que se desarrollan en el medio edáfico se ven influenciados por estas propiedades. (Reyes, Wilson).

Estudios realizados en lodos de PTAR han encontrado valores de Nitrógeno Total desde 200 a 1500 mg/L, de Fosforo total de 40 a 300 mg/L, así como Coliformes fecales (NMP/100mL) entre 10^6 a 10^8 . Esta es la razón por la cual no se utiliza para la agricultura especialmente para plantas de tallo cortó.

La construcción e infraestructura de las pozas de oxidación presentan deficiencias, ocasionando la colmatación de hasta el 50% de su capacidad con lodos o sedimentos, estos se acumulan a través del tiempo siendo difícil su remoción y/o utilización a pesar del gran valor que representa para mejorar suelos para la agricultura o como nutriente agrícola (SUNASS, 2016).

La utilización de materiales orgánicos ricos en nutrientes, como los lodos residuales en suelos agrícolas y forestales son una buena alternativa (Rafael, 2014). La concentración de nutrientes que poseen estos residuos (Nitrógeno, Fósforo, Materia orgánica) debería ser aprovechada en las actividades agrícolas y forestales (Díaz, *et al*, 2015).

La empresa de Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de La Libertad Sociedad Anónima, SEDALIB, administra las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) de COVICORTI, el Cortijo, Valdivia, Huanchaco entre otras. Estas PTAR tienen como subproducto lodos residuales que por su alto contenido en materia orgánica y nutriente pueden ser utilizados como mejoradores de suelos o nutrientes agrícolas (Rojas, 2012).

El uso de estos lodos residuales como mejoradores de suelos con fines agrícolas está condicionada al riesgo que ocasionan los microorganismos patógenos presentes en él;

así como a la presencia de sustancias tóxicas, como los metales pesados (Peñaherrera, 2015).

Los lodos de PTAR presentan alto contenido de materia orgánica, N, P y K que influyen favorablemente en las características físico químicas y biológicas de los suelos determinando su importancia en beneficio de la agricultura como fertilizantes o abonos (Pascual, et al, 2010).

La aplicación de lodo como abono, favorece la producción agrícola y mejora la calidad del suelo, significando una fuente de alto valor nutritivo para las plantas, permitiendo reducir su disposición final en un relleno sanitario (Atencio, et. al, 2011).

1.2. Trabajos Previos

Gálvez Castagnino, Sandra (2014) “Efectos de la aplicación de los lodos provenientes de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales sobre el Suelo” Luego de haber analizado la aplicación de lodos residuales como sustrato, se determinó que su uso aporta beneficios en el desarrollo de los cultivos de maíz y frijol, sin embargo, no resultó para los otros cultivos.

Farrús Miró, Edelweiss (2016) En su tesis, Influencia de la Fertilización sobre la actividad Biológica del Suelo. Estudio Comparativo de diferentes fuentes de Materia Orgánica, concluye: El contenido de carbono orgánico de las enmiendas orgánicas utilizadas constituye el principal factor sobre los incrementos de la biomasa microbiana y las actividades enzimáticas deshidrogenasa, β -glucosidasa, fosfatasa alcalina y arilsulfatasa.

Anisley, *et al.* (2015), en su trabajo, plantearon el problema de la contaminación de los lodos sin tratar, que afectan al medio ambiente, por su contenido de materia orgánica, microorganismos y metales pesados; debido a los considerables volúmenes que se producen en los PTAR, realizaron una valoración sobre las normativas existentes para el manejo de los lodos y su aplicación en los suelos.

Atencio *et al.* (2011), En su trabajo de investigación “Aprovechamiento Agrícola del lodo generado en la PTAR de Puente Piedra-Lima”, en sus ensayos preliminares de

fertilización en diferentes dosis de lodo demostraron que el lodo compostado y el lodo seco pueden ser aprovechados de manera beneficiosa a bajos costos para la producción de bioabono, brindando una solución sostenible a largo plazo a la disposición final de los residuos sólidos.

Cordero, Nicolás (2010) en su tesis “Mejoramiento de Suelo con Biosólidos provenientes de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la UNAM” para optar el grado de maestro, concluye que los metales presentes después del mejoramiento se encuentran en una proporción pequeña con respecto a lo establecido por la NOM-004-SEMARNAT-2002, por lo tanto el biosólido puede ser utilizado como abono en los suelos pues se comprobó su potencial como fertilizante y su integración al suelo fue rápida, aumentando la humedad. Observo mejoras en sus propiedades físicas de color, estructura, porosidad, densidad aparente y real, la permeabilidad, conductividad eléctrica, salinidad, humedad. En las propiedades químicas pH, porcentaje de materia orgánica, Fosforo Total y Nitrógeno Total.

Los suelos tratados con biosólidos muestran diferencias significativas en sus propiedades físicas de color, estructura, porosidad, densidad aparente y real, la permeabilidad, conductividad eléctrica, salinidad, humedad. En las propiedades químicas pH, porcentaje de MO, Fosforo Total y Nitrógeno Total, lo que contribuyó al crecimiento del cedro blanco. (Op. Cit)

Díaz Monge, María (2016). En su tesis, “Proceso de secado de lodos y fangos contaminantes utilizando efecto invernadero” concluye que: la evaluación continua y permanente de las variables temperatura y tiempos de secado de los lodos residuales, permitió un control técnico sobre los procesos físicos dentro de la cámara. La metodología de muestreo, técnicas de laboratorio y de estadística aplicada, fueron determinantes para efectuar ensayos de porcentaje de humedad y de materia orgánica en cada uno de los materiales estudiados, permitiendo llegar a conclusiones de trascendencia en el sector constructivo y ambiental del Ecuador.

Delgado, Ivan y Chima, Cesar (2007) en su trabajo de investigación "Producción de Compost empleando Pilas Aireadas por Volteo, como un Método de Tratamiento de Lodo

Residual de La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de La Universidad Nacional de Ingeniería "Unitrar"; y su Evaluación en el Mejoramiento de Suelos", concluye que los *Actinomycetes* presentes en los lodos son especialmente importantes en la formación de humus, liberando carbón, nitrógeno de nitrato y amonio, haciendo así alimentos disponibles para las plantas.

Según Rojas & Mendoza (2012), indica que en los países en vías de desarrollo no existen controles rigurosos sobre el manejo y disposición de los lodos residuales generados, se han realizado investigaciones que indican la calidad de lodos y elaboración de propuestas para lograr su estabilización y aprovechamiento beneficioso, principalmente como fertilizante de cultivos agrícolas y mejorador de suelos.

Narváez-Ortíz, *et al* (2013) Efecto de la aplicación de lodos crudos de la industria textil en la productividad y en la composición química de lechuga (*Lactuca sativa*), tesis doctoral, encontraron un aumento en la Conductividad Eléctrica conforme se incrementó el volumen de los lodos textiles en el sustrato.

Enríquez Olivia, (2011). Análisis y criterios mínimos para la aplicación de lodos tratados provenientes de plantas de tratamiento de aguas servidas en agrosistemas de la provincia de Melipilla, región metropolitana, Chile, tesis para optar el grado de magister concluye que, la aplicación de lodos tiene efectos positivos en los suelos: disminuye la densidad aparente, aumenta la estabilidad de agregados, incrementa la retención de agua, aporta nutrientes y materia orgánica, y mejora el rendimiento de diferentes cultivos.

1.3. Teorías relacionadas al tema

1.3.1. El Suelo

La superficie de los continentes de la Tierra está cubierta por una capa llamada suelo, el cual está constituido por una mezcla de partículas minerales y orgánicas, generadas por el desgaste de esta ocasionada por los vientos, las lluvias y la descomposición de la materia orgánica. Presentan grandes variaciones de un lugar a otro, su composición y

estructura depende de la calidad del material geológico que la origino del agua y del viento, por lo que estos cambios pueden ser más rápidos.

1.3.2. Suelos áridos

Pertencen a la región yermosolica, son característicos a los suelos desérticos con clima seco o árido, son improductivos, poseen baja capacidad para retener el agua.

1.3.3. Tipos de suelos áridos

Naturales: Granulares y Machaqueo

Artificiales: subproductos de procesos industriales: Escorias y Estériles.

1.3.4. Constituyentes de los suelos

Los suelos están constituidos por las siguientes partículas minerales.

Tabla N° 1. Componentes de los suelos

Mezcla 20%	Tamaño de partícula (mm)
Arena	0.5 – 2.0
Limo	0.002 – 0.05
Arcilla	< 0.002
Gravilla y rocas	>2.0

1.3.5. Textura de los suelos

Constituye una de las propiedades físicas del suelo y se determina por la relativa proporción de partículas dimensionales, se determina de manera rápida y aproximada, es el indicador de las características del suelo y la influencia en sus propiedades, como: capacidad de retención de agua, permeabilidad, aireación, etcétera, (NOM-021-RECNAT, 2000) (I. D. J. Muñoz, 2000).

La textura de los suelos está determinada por los porcentajes de arcilla, limo y arena.

1.3.6. Arcilla

Constituye la parte coloidal y representa la parte más activa que participa en el intercambio iónico, tanto física como químicamente, evidencia la presencia de agua, de acuerdo a su naturaleza (Linares, *et al*, 2006, Miramintes, *et al*, 2010, citado por

Cordero, Nicolás, 2010), el diámetro de sus partículas está comprendida entre *menos* de 0.002mm de diámetro.

1.3.7. Limo

Su presencia no es significativa con respecto a la presencia de agua en el suelo, tiene poca participación química, los diámetros de las partículas están entre 0.05 a 0.002mm.

1.3.8. Arena

Es la parte inerte del suelo constituyendo el almacén donde se sustentan las partes finas del suelo, facilita la permeabilidad del aire y agua, cumple solo funciones mecánicas su diámetro varía desde 0.05 a 2.00 mm de diámetro.

1.3.9. Determinación de la Textura

La textura es la caracterización granulométrica de forma directa, de la fracción fina del suelo, así como su estructura y densidad. Las diferentes clases texturales están definidas por la USDA (USDA, 1991). Se siente cuando tocamos el suelo, partículas de arena y arcilla. La textura indica como es retenida o pasa el agua por el suelo, retiene los nutrientes, permite la entrada del aire.

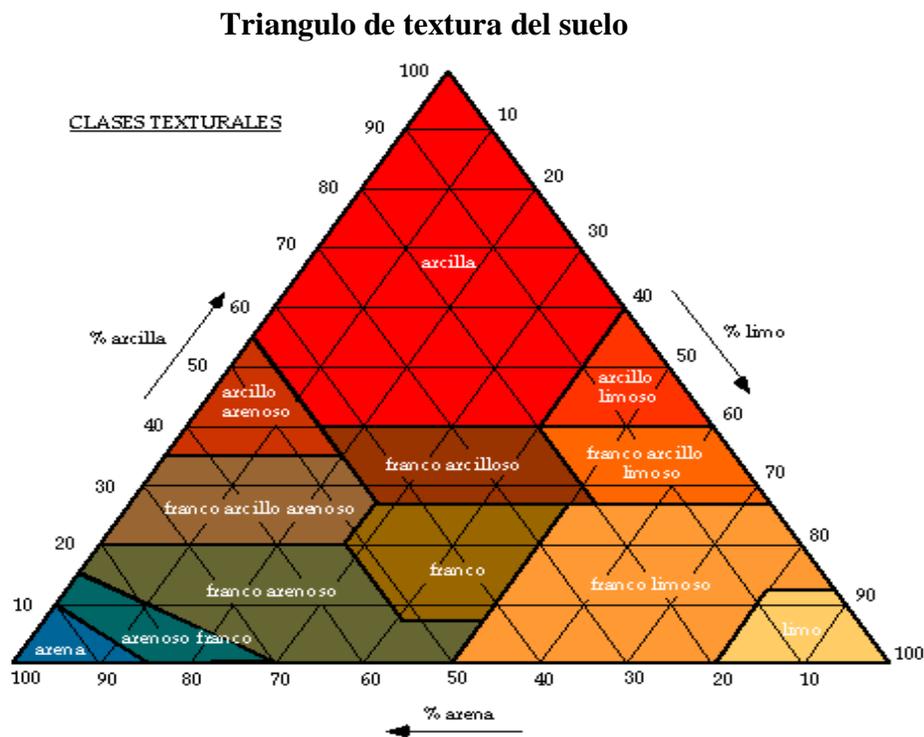


Figura N°1. Triangulo de clases texturales (USDA, 1991)

1.3.10. Densidad aparente

Como una medida de la estructura del suelo se utiliza la densidad aparente, cuando el suelo presenta mayor porosidad la densidad aparente es más baja, permitiendo la retención de agua en el suelo, dando mayor estabilidad y menor compactación, siendo buenos para la agricultura (Linares, *et al*, 2006, Miramintes, *et al*, 2006, citado por Cordero, Nicolás, 2010).

Viene a ser la relación existente entre la masa de suelo seco y el volumen que ocupa en condiciones ambientales normales, es inversamente proporcional a la porosidad.

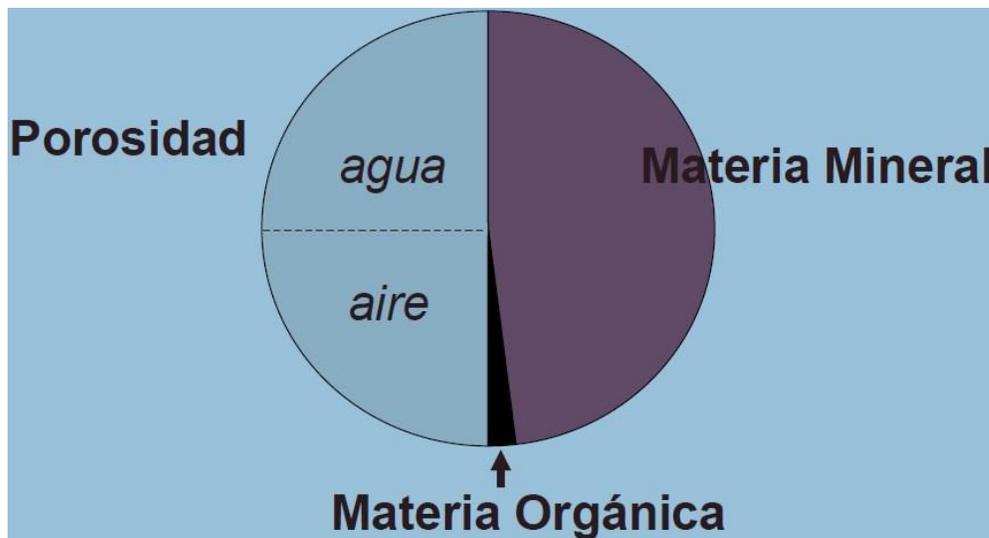


Figura N° 2. Composición de los suelos áridos mejorados

1.3.11. Humedad de los suelos

Es la cantidad de agua retenida en el suelo y se determina por la cantidad de humedad contenida por cada unidad de masa de tierra.

1.3.12. Porosidad

Lo constituyen los espacios vacíos o poros como consecuencia de su textura y estructura., permiten la retención del agua.

1.3.13. Materia orgánica

La materia orgánica (MO) en el suelo está compuesta por una fracción de plantas marchitas, humus, hojas secas, tallos rotos, microorganismos, lombrices, fertilizantes naturales, tejidos muertos, etc. La descomposición de MO se inicia con la deposición y la formación del horizonte O del perfil de suelo. Luego, se acumula y descompone por acción microbiana y se libera CO₂ a la atmósfera. Se estima que el carbono orgánico liberado es 4 veces el de la propia vegetación terrestre. La MO es importante porque ayuda a proteger el suelo de la erosión natural y mejora su productividad ya que brinda fertilidad física, química y biológica. (Almorox et al., 2010).

1.3.14. Contenido de Materia Orgánica

Uno de los principales componentes de los seres vivos, es el carbono orgánico, el cual se encuentra: aproximadamente en un 50% de su peso seco del total de la materia orgánica. Se encuentra ligado al flujo de energía, debido a la fijación del CO₂ atmosférico, ya sea por medio de la fotosíntesis o, con menor frecuencia mediante quimiosíntesis de las reservas de energía de compuestos de carbono reducidos de los organismos vivos (Tiessen & J., 1993).

Los microorganismos, en particular bacterias y hongos, desintegran las plantas y los animales que mueren mediante el cual el carbono regresa al medio en forma de dióxido de carbono. La fracción de materia orgánica está constituida por residuos en estado de descomposición de vegetales y animales; tejidos y células de organismos que viven en el suelo; y sustancias producidas y vertidas por esos organismos. En esta definición están incluidos los materiales que han experimentado cambios por descomposición, otros poco alterados, así como a aquellos que se transformaron en el suelo. (Linares, *et al*, 2006).

1.3.15. Lodo Residual

Se denominan lodos residuales a los residuos sólidos, semisólido o líquidos generados en el tratamiento de las aguas residuales. Las características del agua residual afluyente y del proceso de tratamiento utilizado (reducción de microorganismos patógenos) determinan su composición. Uno de los problemas para el uso y manejo de los lodos es su alto contenido de patógenos, por lo que se requiere su estabilización (Donado 2013).

1.3.16. Bio sólido

Se llama así a los sólidos orgánicos o lodos generados en el tratamiento del agua residual domestica que han recibido un proceso de tratamiento o estabilización (EPA, 1999), son el principal subproducto de los PTAR, el tratamiento permite su utilización para la agricultura o forestación. Se consideran peligrosos cuando sobrepasan las concentraciones máximas permitidas de metales pesados y microorganismos patógenos.

Tabla N° 2. Concentraciones máximas de metales pesados (USEPA)

Parámetro	EPA 40 CFR 503 mg/Kg Base Seca
Arsénico	41
Cadmio	39
Cobre	1500
Cromo	1200
Plomo	300
Mercurio	17(70)
Níquel	420
Selenio	100
Zinc	2800

Tabla N° 3. Concentración máxima de microorganismos patógenos (USEPA)

Parámetro	EPA 40 CRF 503
Coliformes fecales	< 1000 ufc/g BS
Salmonella	< 3.0 NMP/ 4 g BS
Enterovirus	< 1 PFP/ 4 g BS
Huevos de helmintos	< 1 huevo viable/ 4 g BS

UFC: Unidades formadoras de colonias, BS: Base seca, NMP: Numero más probable, PFP: Partículas formadoras de placas.

1.3.17. Propiedades que se mejoran con los Lodos de PTAR

Permeabilidad y Conductividad Hidráulica

Está relacionado a la porosidad y al tamaño de las partículas a la permeabilidad, indica la facilidad con que el agua se desplaza a través del suelo, la facilidad con que circula por los poros. La conductividad hidráulica, se refiere a la velocidad con la que un suelo conduce o transmite fluidos a través de él. Los suelos arcillosos, si bien son más porosos que los arenosos, son menos permeables, por la presencia de poros tan pequeños que al agua le costará mucho más circular y por lo tanto renovarse (Cordero, Nicolás, 2010).

Los lodos tienen valor como fertilizantes por su contenido de Nitrógeno, Fósforo y Potasio, así como micronutrientes y materia orgánica, los cuales se utilizan como mejorador de suelos, proporcionando estos nutrientes para el crecimiento de las plantas.

Nitrógeno

Es el elemento más importante y requerido en la nutrición vegetal, es un componente de las proteínas, ácidos nucleicos es el único elemento que no se dispone de la roca madre, a la planta da coloración verde favorece en el crecimiento de la hoja estimula el crecimiento prematuro. La carencia de este elemento da coloración verde pálido amarillento y retrasa el crecimiento.

Fósforo Total

El fósforo se oxida fácilmente, se encuentra en la naturaleza formando parte de compuestos y no como elemental (P); son muy frecuentes los compuestos orgánicos y principalmente minerales que contienen fósforo, en el suelo se encuentra como fósforo orgánico e inorgánico dependiendo de la naturaleza de los compuestos que forme. Se encuentra en la materia orgánica, humus de forma orgánica y los niveles en el suelo varían desde 0 hasta mayores que 0.2%. Es para las plantas y los microorganismos como macronutriente, así como el nitrógeno y el potasio. El control y dosificación de

productos químicos en el tratamiento de agua o suelo dependen de los análisis de P, la contaminación de un sistema se determina por el exceso de fosforo (Muñoz I. D. J., 2010).

Potasio

Es uno de los elementos esenciales mayores, es decir, que en mayor cantidad se encuentra en las plantas. Su presencia regula fenómenos o procesos vitales como: economía del agua, metabolismo de glúcidos y proteínas en este sentido, incide en la absorción vía radicular y foliar, en la apertura y cierre de estomas y resistencia de las plantas a la salinidad, sequía y frío, regula la turgencia celular, por otro lado, también aumenta el mayor vigor de las plantas estimula la formación de tallos fuertes, la carencia se manifiesta como perdida de vigor y fruto descolorido.

1.3.18. Descripción del área de estudio

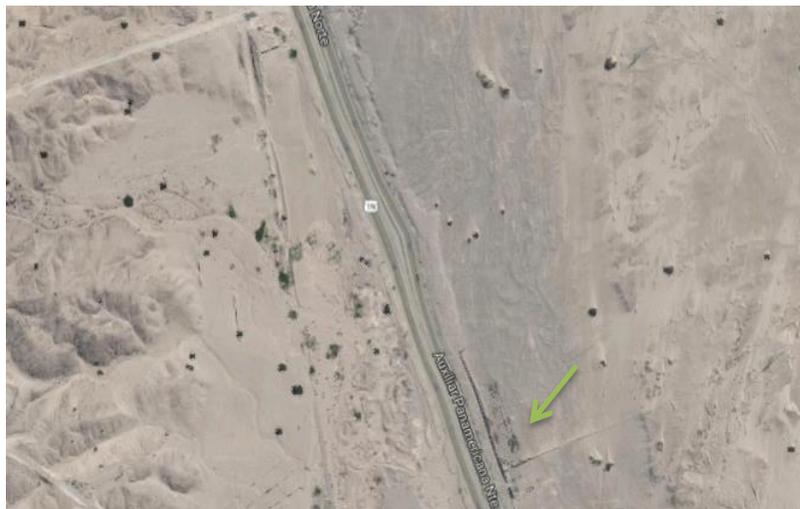


Figura N° 3. Croquis de las tomas de muestra III Etapa CHAVIMOCHIC
Lugar de toma de muestra UTM: Sur: 7°58"20.9 Oeste: 79°04"52.9

La presente investigación se realizó a nivel de laboratorio, con tierras áridas obtenidas de la III etapa del Proyecto CHAVIMOCHIC y utilizando lodos residuales de las pozas de oxidación de COVICORTI, ubicados en El Cortijo, provincia de Trujillo, La Libertad.

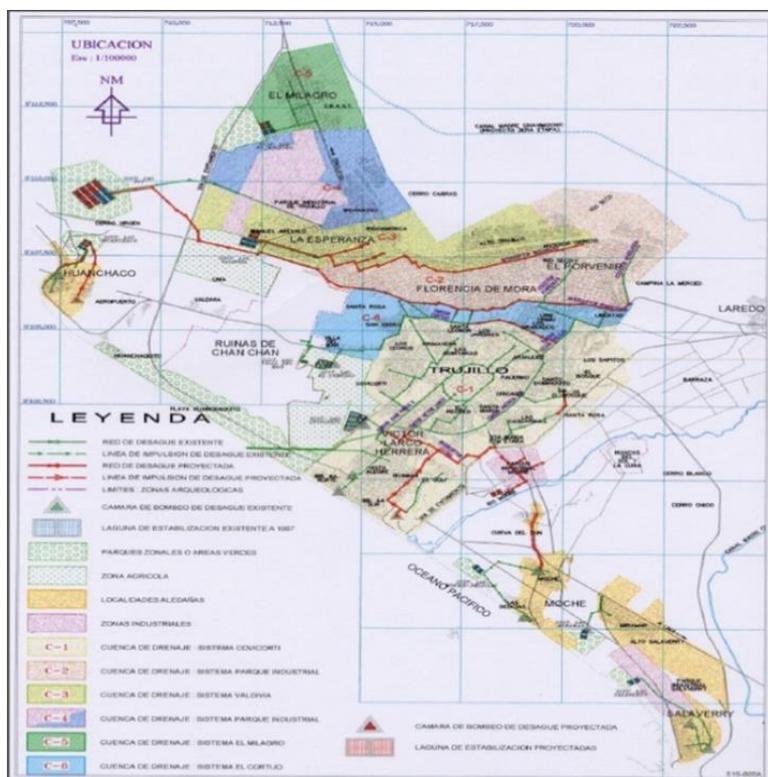


Figura N°4. Mapa de ubicación de las PTAR COVICORTI

Fuente: SEDALIB S.A.

Tabla N° 4. Propiedades químicas de lodos residuales del PTAR COVICORTI

PROPIEDADES QUIMICAS	VALOR /BASE SECA
pH (25°C)	6.94
Materia Orgánica %	50.20
Nitrógeno %	2.30
Fósforo mg/kg	2 400.00
Potasio mg/kg	3 500.00
Calcio %	5.17
Magnesio %	0.31
Sodio %	0.24
Zinc mg/kg	580.30
Hierro mg/kg	7 318.00
Cobre mg/kg	65.50

Cromo mg/kg	2 452.00
Plomo mg/kg	85.20
Cadmio mg/kg	1.72
Manganeso mg/kg	174.60

Fuente: Reyes, Wilson (2008).

Al inicio del desarrollo de la presente investigación, se realizó el análisis microbiológico de lodos en el laboratorio “Cántela”, los resultados fueron los siguientes:

Tabla N° 5. Caracterización de lodos PTAR - COVICORTI

Items	Masas	Carbono orgánico Total %	Nitrógeno orgánico Total %	Relación: C/N
1	0.259	2.35	3.38	69.53
2	0.227	2.67	3.33	80.18
3	0,270	2.71	3.20	75.31
̄	0.252	2.58	3.30	70.01

Fuente: GÁLVEZ, SANDRA, 2014

Tabla N°6. Técnicas para Indicadores de contaminación Fecal en lodos residuales

Parámetro	Técnica Microbiológica
Coliformes fecales	Técnica de filtración por membrana EPA-625-R92/013 (1999)
Fangos somáticos	Técnica de detección y cuantificación de fagos Lasobras et al (1999)
Huevos de helminto	Técnica para identificar y cuantificar huevos de helminto NOM-004-ECOL (2002)
Huevos de áscaris	

Fuente: Araque, María (2006).

1.4. Formulación del problema

¿Cuál es el efecto de las diferentes concentraciones de lodos secos del PTAR-COVICORTI en el mejoramiento de suelos áridos?

1.5. Justificación del estudio

La costa peruana presenta una amplia extensión de terrenos áridos, carentes de materia orgánica, entre ellos las áreas nuevas incluidas en el área de influencia de la III etapa del proyecto especial CHAVIMOCHIC, las cuales necesitan de materia orgánica enriquecida con nutrientes para la mejora de estos suelos y hacerlas aptas a la agricultura.

La agricultura en nuestro país, así como en nuestra región tiene bajos rendimientos por hectárea comparado con los estándares internacionales, esto debido a la escasez de nutrientes agrícola.

Los PTAR producen sedimentos en cantidades que ocasionan problemas para su operación y mantenimiento, estudios realizados han encontrado valores altos de nitrógeno y fósforo total que pueden ser aprovechables para la agricultura; pero a su vez también se encuentran coliformes fecales y huevos de parásitos viables, razón por la cual estos lodos no pueden ser utilizados directamente para la agricultura o mejoramiento de suelos arenosos, especialmente para el cultivo de plantas de tallo cortó.

En la presente investigación se utilizaron lodos estabilizados secos expuestos por un largo tiempo al sol donde las radiaciones eliminaron los contaminantes fecales presentes en los lodos del PTAR COVICORTI como se puede observar en la tabla N° 6, resultados de la caracterización microbiológica de los lodos, los cuales fueron empleados en el mejoramiento de suelos áridos en el presente estudio, para recomendar su uso en la agricultura y de esta manera solucionar en parte el problema de operación y mantenimiento de la planta de tratamiento.

1.6. Hipótesis

H₁: Las diferentes concentraciones de lodos secos del PTAR –COVICORTI, mejoran los suelos áridos.

H₀: Las diferentes concentraciones de lodos secos del PTAR –COVICORTI, NO mejoran los suelos áridos.

1.7. Objetivos de trabajo

1.7.1. Objetivo General

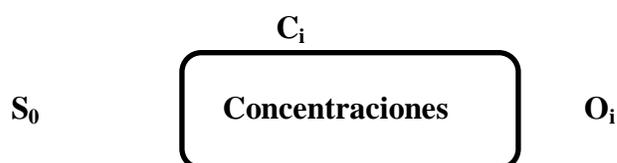
Evaluar el efecto de las diferentes concentraciones de lodos secos del PTAR – COVICORTI en el mejoramiento de suelos áridos para uso agrícola.

1.7.2. Objetivos Específicos

- Análisis microbiológico de los lodos secos del PTAR – COVICORTI.
- Determinar las características físicas: la densidad real, textura, porcentaje de humedad, densidad aparente y porosidad de las mezclas de suelos áridos con lodos secos del PTAR – COVICORTI, en las proporciones 20/80, 40/60 y 60/40.
- Determinar las características químicas: materia orgánica. pH y conductividad eléctrica de suelo árido mezclado con lodos secos del PTAR – COVICORTI, en las proporciones 20/80, 40/60 y 60/40.
- Determinar la mezcla de suelos áridos y lodos secos del PTAR – COVICORTI que presenta las mejores características físicas y químicas para la agricultura.

II. METODO

2.1. Diseño de investigación



Mejoramiento: F_i , Q_i

S_0 : Suelos áridos (arenosos)

C_j : Concentraciones de lodos secos DEL PTAR(20, 40 y 60%)

M_i : Mejoramiento de suelos áridos

Físicas: **T_i :** Textura, **D_R :** Densidad Real, **D_i :** Densidad aparente, **H_i :** Porcentaje de humedad, **P_o :** Porosidad.

Químicas: **MO :** Materia orgánica, pH y Conductividad eléctrica.

O_{ji} : Observaciones después del tratamiento.

2.2. Variables, operacionalización

2.2.1. Variables

a. Variables Independientes

- Concentraciones de lodos secos de PTAR (20, 40 y 60%)

b. Variable Dependiente

- Mejoramiento de los suelos áridos:

Mejoramiento de los suelos áridos: Características Físicas y Químicas.

T_i : Textura (a 20, 40 y 60%)

D_i : Densidad aparente (a 20, 40 y 60%)

H_i : Humedad (a 20, 40 y 60%)

MO_i : Materia orgánica (a 20, 40 y 60%)

P_o : Porosidad

pH: análisis potenciométrico

CE: Conductividad eléctrica

2.2.2. Operacionalización

Concentraciones de lodos desinfectados: Es la variable independiente y se define como sedimentos de excretas y biosólidos generados en los servicios de disposición sanitaria de aguas residuales PTAR.

Para su tratamiento se sometió los lodos a tratamiento físico químicos para su desinfección y se agregara a los suelos áridos en proporciones diferentes. Su indicador de evaluación fue materia orgánica y su escala de medición fue de intervalo.

Suelos áridos:

Es la variable dependiente y se define como suelos característicos a los suelos desérticos con clima seco o árido, son improductivos, poseen baja capacidad para retener el agua, (Guerra, José 2003 p. 405).

Para su tratamiento se agregara tomara porciones de arena fina mezclada con arena gruesa. Su indicador de evaluación fue la porosidad y su escala de medición fue de intervalo.

2.3. Población y muestra

2.3.1. Población

La población considerada fueron los suelos áridos constituidos mayormente de arena fina de la III etapa del proyecto especial CHAVIMOCHIC.

2.3.2. Muestra

Se tomaron 10 kg de suelos áridos de las áreas de la III etapa del proyecto especial CHAVIMOCHIC.

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos. Validez y confiabilidad

2.4.1. Técnicas e instrumento de recolección de datos

Se analizó las muestras obtenidas de los lodos secos provenientes de la planta de tratamiento de aguas residuales COVICORTI.

Dicho análisis se realizó en el laboratorio acreditado Cántela, con el objetivo de buscar microorganismos más persistentes, como lo son: *Escherichia coli*, *Pseudomonas sp*, helmintos.

Después de realizar las mezclas de lodos y suelos áridos, en las proporciones 20/80, 40/60 y 60/40 respectivamente, homogenizándola y añadiendo agua y removiendo la mezcla cada 10 días, dejando estabilizar por un tiempo de 30 días, después de la estabilización se evaluaron propiedades físicas: densidad real, textura, humedad, densidad aparente, porosidad. Las propiedades químicas: materia orgánica, pH y conductividad eléctrica.

Propiedades Físicas:

Densidad real

La densidad real de los suelos y materiales dependen principalmente de los constituyentes y está definida como la cantidad de masa que posee y el volumen que ocupa: $D = \text{Masa (g)} / \text{Volumen (cc)}$.

Determinación de la Textura

La textura es la caracterización granulométrica de forma directa, de la fracción fina del suelo, así como su estructura y densidad. Las diferentes clases texturales están definidas por la FAO (2009). Se siente cuando tocamos el suelo, partículas de arena y arcilla. La textura indica como es retenida o pasa el agua por el suelo, retiene los nutrientes, permite la entrada del aire. Se determinó mediante tamizado de las muestras y evaluaron los porcentajes de arena, limo y arcilla y se comparó con del triángulo de clases texturales, obteniendo como resultados, que las tres proporciones de mezclas tienen textura arenosa franco.

Determinación de humedad

Se pesó muestras de aproximadamente 10 gramos de la muestra seca al ambiente en un crisol de porcelana y se colocó en la estufa a 105 °C por 24 horas. Luego, se dejó enfriar en una campana desecadora y peso en la balanza analítica considerando solo 2 dígitos, la humedad se calculó por diferencia de peso, la pérdida de peso se consideró como la cantidad de agua eliminada, expresándose como porcentaje de humedad de la mezcla. El análisis se realizó por triplicado. (ASTM, 2013c).

Densidad Aparente.

Es una de las propiedades físicas más conocidas y está definida por:

$$D_{ap} = M_s / V_t$$

Donde:

D_{ap}: Densidad aparente (g/cc o Kg/ m³)

M_s: Masa seca de los sólidos

V_t: Volumen total del suelo

Observando la formula, la densidad aparente se define como la masa de una unidad de volumen de suelo seco, es decir está en función del espacio de los poros del suelo.

Porosidad

El suelo se comporta como un sistema constituido por tres fases, líquida, sólida y gaseosa, las cuales constituyen la masa (M) y el volumen (V). Como toda materia teóricamente se considera porosa, estos espacios son ocupados por el aire y el agua, separada del espacio ocupado por los sólidos.

Definimos:

V_t: Volumen total.

V_s: Volumen ocupado por los sólidos.

V_a: Volumen ocupado por el aire.

V_w: Volumen ocupado por el agua.

V_p: Volumen de poros.

M_t: Masa total.

M_w: Masa del agua.

M_a: Masa del aire (aproximadamente cero).

En condiciones normales del suelo el volumen total **V_t**, se puede descomponer en los volúmenes siguientes:

$$\mathbf{V_t = V_a + V_w + V_s}$$

Siendo **V_p** el volumen total de poros (Ocupados por el volumen del aire **V_a** y Volumen del agua **V_w** y el volumen restantes es de los sólidos **V_s**.

De la misma manera, la masa total **M_t** de la muestra de suelo está constituida por:

$$\mathbf{M_t = M_a + M_w + M_s}$$

Donde:

Ma: Es la masa de aire que ocupa los poros (Normalmente se asume nula o cero).

Mw: La masa agua que ocupa los poros.

Ms: Es la masa seca de los sólidos.

De la relación entre estas se definen otras propiedades como: Densidad aparente, porosidad total, entre otras.

La porosidad total se define como, el volumen total de poros en un volumen conocido de suelo:

$$P_o = V_p / V_t$$

La porosidad total también se puede determinar en función de la densidad aparente y la densidad de las partículas:

$$P_o = 1 - D_{ap} / D_p$$

Generalmente el valor asumido para la densidad de las partículas es 2.65 g/cc, que corresponde a la densidad del cuarzo, componente mayoritario y común en los suelos.

Propiedades Químicas:

Determinación de materia orgánica

Se pesó en un crisol de porcelana utilizando la balanza analítica aproximadamente 10 g de suelo tamizado y secado a 105 °C, Se calcino la muestra en una mufla a 450 °C durante 3 horas. Se dejó enfriar el crisol en un desecador hasta el día siguiente y se pesó; determinando por diferencia de peso la cantidad de materia orgánica calcinada y su porcentaje. El análisis se realiza por triplicado. ASTM (2013)

Determinación del pH:

Constituye la interacción de iones hidronio indispensable para la absorción de micro elementos y nutrientes y se define como el logaritmo negativo de la concentración molar de iones hidronio, para las mezclas de 20/80, 40/60 y 60/40 de lodos de PTAR/suelos áridos se obtuvieron los siguientes resultados medidos con medidor de PH marca OAKLON RS232 PH110.

Determinación de la conductividad eléctrica:

La conductividad eléctrica CE, determina la capacidad de los suelos de conducir la energía eléctrica debido a la presencia de metales en estado iónico, los cuales son aprovechados por los vegetales, así mismo determina la condición salina o no salina de los suelos, el análisis de las mezclas de 20/80, 40/60 y 60/40 de lodos de PTAR/suelos áridos con el conductímetro portátil LUTRON (MODELO:CD-4301, SERIE: AC58213).

2.4.2. Validación y Confiabilidad

Los resultados obtenidos fueron validados de manera estadística mediante las pruebas de normalidad, de homocedasticidad, análisis de varianza ANOVA, y prueba post hoc de Tukey para verificar la confiabilidad de los datos.

2.5. Métodos de análisis cualitativos de los datos

La información fue analizada utilizando el estadístico Shapiro Will para verificar si tienen un comportamiento normal, y análisis de varianza (ANOVA) para determinar la existencia de correlación entre las variables.

2.6. Aspectos Éticos.

En la presente investigación la información obtenida mediante técnicas e instrumentos validados son verdaderos, la propiedad intelectual de los autores mencionados fue respetada, del mismo modo los libros, tesis, artículos, etc., están debidamente citados. Durante el desarrollo de la presente investigación, se garantizó el cuidado y respeto por la biodiversidad y el medio ambiente, se respetó las convicciones éticas, políticas y morales.

III. RESULTADOS

3.1. Resultados obtenidos

Tabla N° 7. Características Microbiológicas de lodos de PTAR

PARAMETROS	UNIDAD DE MEDIDA	LIMITE MAXIMO PERMISIBLE	RESULTADO Laboratorio Cántela	CONCLUSIONES
Numeración de <i>Escherichia coli</i>	NMP/1g ST	Menor de 1000NM/1g ST	Menor de 1000NM/1g ST	ACEPTABLE
Numeración de <i>Pseudomonas sp</i>	UFC/ 1g ST	-	Ausencia/1g ST	ACEPTABLE
Numeración de <i>helmintos</i>	Huevos de helmintos/ 4g ST	Menor de 1 Huevos de helmintos/4g ST	Menor de 1 Huevos de helmintos/4g ST	ACEPTABLE

Fuente: Laboratorio Cántela, 2018. Comparando los límites permisibles con los resultados obtenidos de los análisis de los lodos de PTAR COVICORTI, estos se encuentran debajo, razón por la cual no fue necesaria su esterilización.

Tabla N° 8. Valores de las Propiedades físicas y químicas del suelo áridos

Propiedad	Física					Química		
	Densidad g/cm ³	Humedad %	Textura	Densidad Aparente g/ cm ³	Porosidad %	M. O. %	C. E. μ S	pH
00 / 00	1.45	0.00	Arenoso	2.65	0.00	0.00	0.000	7.81
20/80	1.31	1.46	Arenoso Franco	1.29	0.51	1.52	0.094	7.65
40/60	1.15	1.99	Arenoso Franco	1.13	0.57	1.74	0.148	7.60
60/40	0.95	2.53	Arenoso Franco	0.93	0.65	2.18	0.412	7.38

En la Tabla N° 8, se observa la variación de las propiedades físicas y químicas del suelo árido a medida que aumenta la proporción de lodo del PTAR.

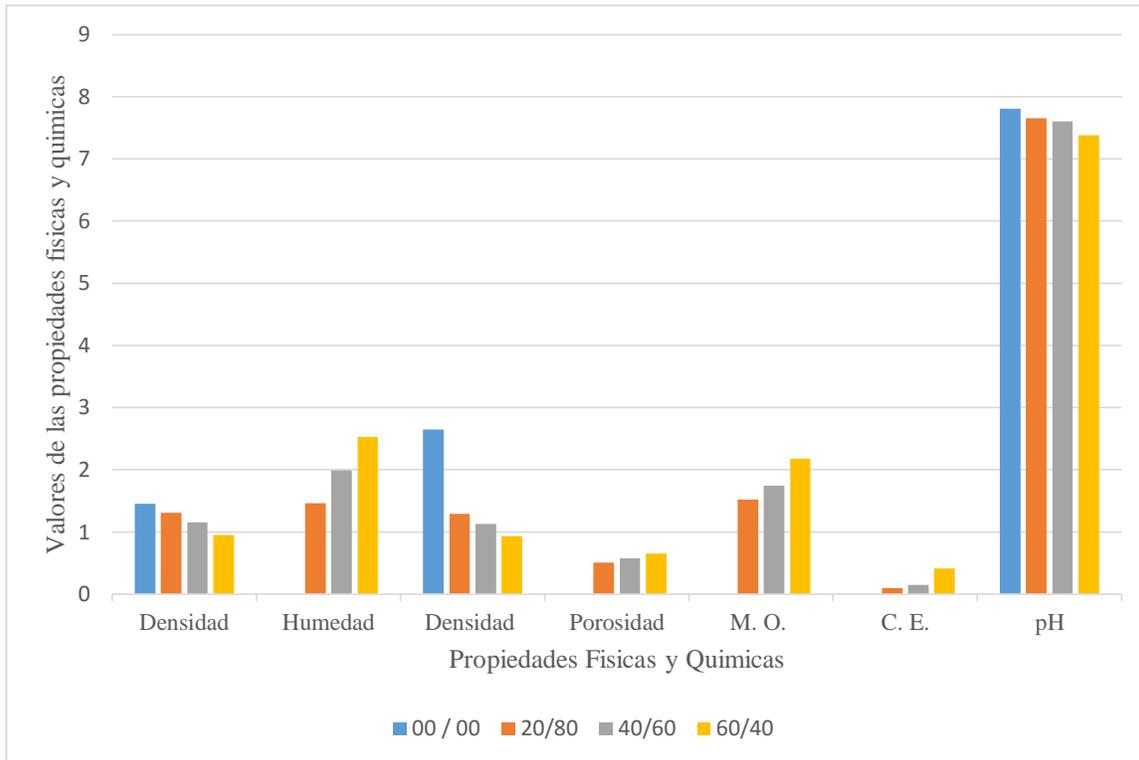


Figura N° 5. Se observa la variación de las propiedades físicas y químicas del suelo árido, las cuales mejoran a medida que aumenta la proporción de lodos de PTAR.

3.2. Análisis estadístico

Después de haber realizado las pruebas de normalidad Shapiro - Wild, prueba de homogeneidad de las varianzas, post hoc y Tuckey (Anexos), se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla N° 9. Mejoramiento % de porosidad de suelos áridos

Concentraciones de lodos secos de PTAR	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
20/80	3	19,616667		
40/60	3		21,923333	
60/40	3			25,003333
Sig.		1,000	1,000	1,000

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

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

En el cuadro de subconjuntos homogéneos; se observa que cada uno de los 3 niveles de la variable independiente forma conjuntos de manera independiente a los demás; por lo cual se sugiere que estos son diferentes significativamente, donde el mayor valor de porcentaje de porosidad se muestra para la concentración de lodos secos de 60/40.

Tabla N° 10. Mejoramiento de densidad aparente de suelos áridos HSD Tukey^a

Concentraciones de lodos secos de PTAR	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
20/80	3	1,2866		
40/60	3		1,126667	
60/40	3			,933333
Sig.		1,000	1,000	1,000

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

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

En el cuadro de subconjuntos homogéneos; se observa que cada uno de los 3 niveles de la variable independiente forma conjuntos de manera independiente a los demás; por lo cual se sugiere que estos son diferentes significativamente, donde el menor valor de la densidad aparente se muestra para la concentración de lodos secos de 60/40.

Tabla N° 11. Mejoramiento % de humedad de suelos áridos HSD Tukey

Concentraciones de lodos secos de PTAR	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
20/80	3	1,4600		
40/60	3		1,9900	
60/40	3			2,5333
Sig.		1,000	1,000	1,000

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

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

En el cuadro de subconjuntos homogéneos; se observa que cada uno de los 3 niveles de la variable independiente forma conjuntos de manera independiente a los demás; por lo cual se sugiere que estos son diferentes significativamente, donde el mayor valor de porcentaje de humedad se muestra para la concentración de lodos secos de 60/40.

Tabla N° 12. Mejoramiento % de materia orgánica de suelos áridos HSD Tukey

Concentraciones de lodos secos de PTAR	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
20/80	3	1,520000		
40/60	3		1,743333	
60/40	3			2,176667
Sig.		1,000	1,000	1,000

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

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

En el cuadro de subconjuntos homogéneos; se observa que cada uno de los 3 niveles de la variable independiente forma conjuntos de manera independiente a los demás; por lo cual se sugiere que estos son diferentes significativamente, donde el mayor valor de porcentaje de materia orgánica se muestra para la concentración de lodos secos de 60/40.

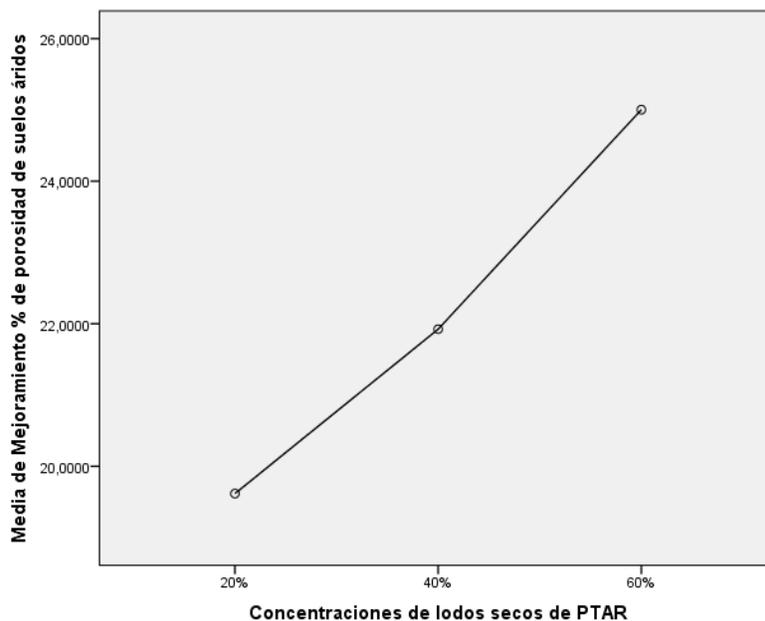


Figura 6. Gráficos de medias, Como se observa en la figura a medida que se incrementa la proporción de lodos secos de PTAR, aumenta la porosidad, esto como consecuencia del alto contenido de materia orgánica en los lodos.

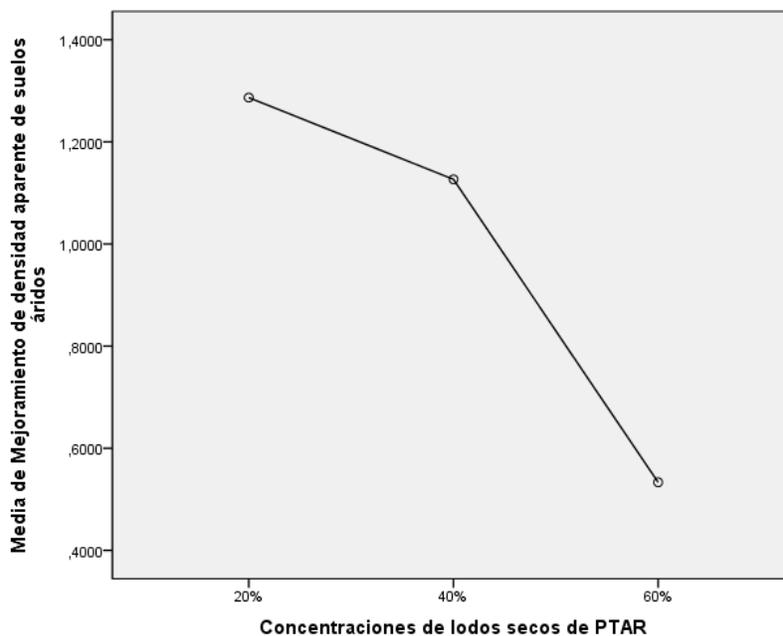


Figura 7. Variación de la densidad aparente con el aumento de la proporción de lodos secos de PTAR, los cuales están constituidos en un 50% de materia orgánica con una densidad baja, la densidad aparente mejora, permitiendo la retención de agua y aireación del suelo, haciéndolo apto para la agricultura.

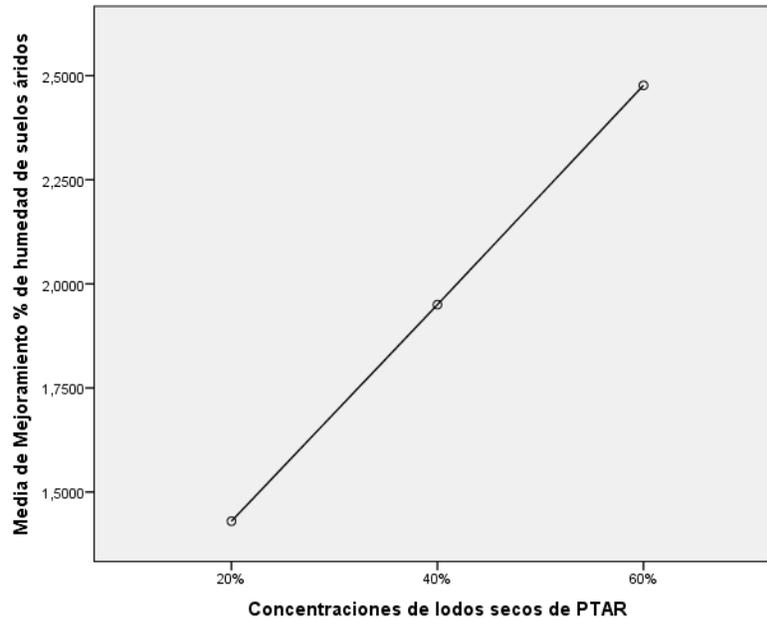


Figura 8. Variación del porcentaje de Humedad, la retención de humedad aumenta a medida que aumenta la proporción de lodos con alto contenido de materia orgánica que actúa como esponja en la retención de agua.

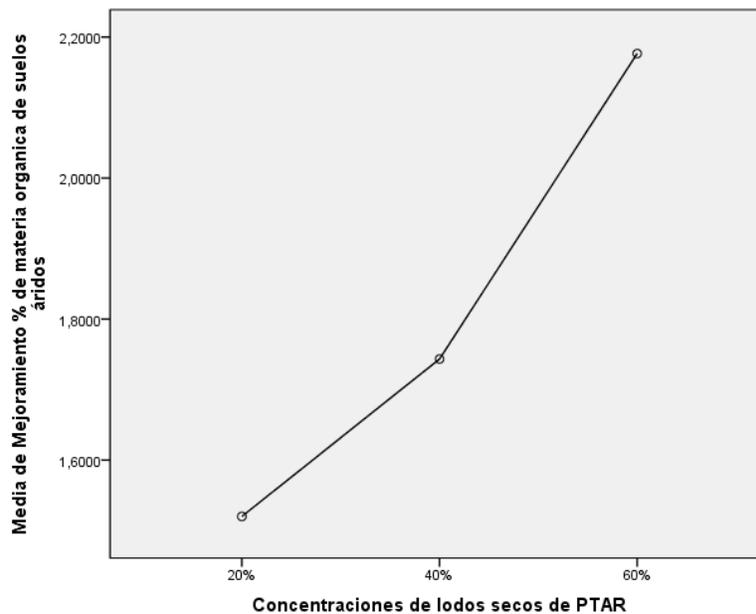


Figura 9. Variación del porcentaje de Materia Orgánica va en aumento con la proporción de lodos secos de PTAR, lo cual permite pasar de suelo árido a suelo arenoso franco.

IV. DISCUSION

Los resultados de la caracterización microbiológica de los lodos secos del PTAR – COVICORTI, al inicio, realizados en el laboratorio Cántela, demuestran que los valores microbiológicos de *Escherichiacoli*, *Pseudomonas sp* y *helmentos* se encuentran por debajo de los límites máximos permitidos por el ECA para los biosolidos de PTAR, según se puede observar en la tabla N° 7, esto se debe a la acción de la radiación ultravioleta sobre los microorganismos, lo cual los hizo inviables.

En la tabla N° 8, al analizar las propiedades físicas de las muestras utilizadas, observamos:

La densidad real de la muestra de suelo árido de 1.45 g/cc ha disminuido hasta 0.95 g/cc; en la mezcla de proporción suelo lodos del PTAR/suelo árido 60/40; esto se debe al contenido de materia orgánica de los lodos secos del PTAR los cuales contienen 50.20% de materia orgánica (Reyes Wilson. 2008), indicando una mejora en la calidad del suelo, lo cual coincide con lo expresado por Pascual, *et. al.*, (2010) y Atencio, *et. al.* (2011), quienes encontraron que la aplicación de lodo como abono favorece la calidad del suelo y producción agrícola; debido a que una densidad menor indica mayor volumen favoreciendo el incremento de la porosidad, la mayor retención de humedad y permeabilidad al aire. Como se puede observar en la misma tabla, la mezcla de proporción lodos del PTAR/suelo árido 60/40, la textura ha mejorado pasando de 99.01% de arena a 72.46% y aumentando el limo de 0.02% hasta 15.02% así mismo el suelo árido a suelo arenoso franco como se puede observar en el Triángulo de clases texturales (USDA, 1991), debido a la sustitución parcial de la arena por materia orgánica contenida en el lodo del PTAR. Esto mejoró el porcentaje de humedad retenida debido a la retención hidráulica de los lodos 75.40 % (op cit), pasando del 0.00% en los suelos áridos a un porcentaje de retención de humedad de 2.53% como se observa en la tabla N° 8; en la mezcla de proporción suelo lodos del PTAR/suelo árido 60/40, obteniendo condiciones de retención de agua y permeabilidad al aire, que favorecen su utilización para la agricultura; coincidiendo con Cordero Nicolás, (2010) en su tesis “Mejoramiento de Suelo con Biosólidos provenientes de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la UNAM” concluye que los lodos de PTAR por su alto contenido de materia orgánica aumentan el porcentaje de humedad de los suelos. La

densidad aparente como una medida de la estructura del suelo es un indicador de la porosidad que presenta, de acuerdo a la tabla N° 8 observamos que la densidad aparente mejoro desde 2.65 g/cc hasta 0.93 g/cc y la porosidad desde 0.51, 0.57 y 0.65 en la mezcla de proporción suelo lodos del PTAR/suelo árido 60/40, debido a la baja densidad aparente y porosidad de los lodos, 0.7478 g/cm³ y 70.30% (op cit) respectivamente y mayor volumen de la materia orgánica contenida en los lodos de PTAR; coincidiendo con los resultados obtenidos por Linares, *et al*, 2006 y Miramintes, *et al*, 2006; citado por Cordero, Nicolás, 2010, porque permite la retención de agua en el suelo, dando mayor estabilidad y menor compactación, siendo buenos para la agricultura.

Sobre las características químicas del suelo analizamos que la materia orgánica en los suelos áridos, se ha visto incrementada a medida que se aumenta la proporción de lodo de PTAR debido al 50.20% de materia orgánica que tiene, en la tabla N° 8 se observa la variación desde suelo áridos con aproximadamente 0.00% de materia orgánica hasta un 2.18% en la mezcla de proporción suelo lodos del PTAR/suelo árido 60/40, coincidiendo con Henríquez, (2011), quien en su tesis concluye que la aplicación de lodos tiene efectos positivos en los suelos: disminuye la densidad aparente, aumenta la estabilidad de agregados, incrementa la retención de agua, aporta nutrientes y materia orgánica, y mejora el rendimiento de diferentes cultivos. Así mismo se observó una ligera variación del pH, desde 7.65 hasta 7.38, tendiente a la neutralidad, de la misma manera la conductividad eléctrica ha variado significativamente como se puede observar en la Tabla N° 8, debido al alto contenido de metales en los lodos de PTAR, coincidiendo con los resultados obtenidos por Cordero, (2010) quien concluye que los metales presentes después del mejoramiento se encuentran en una proporción pequeña con respecto a lo establecido por la NOM-004-SEMARNAT-2002, así como con Narvaez-Ortiz, 2013, quien encontró un aumento en la conductividad eléctrica a medida que aumenta el porcentaje de lodo en la mezcla; por lo tanto el biosólido puede ser utilizado como abono en los suelos pues se comprobó su potencial como fertilizante y su integración fue rápida al suelo.

V. CONCLUSIONES

- a. De los resultados de la presente investigación concluimos que los lodos del PTAR COVICORTI mejoraron las características fisicoquímicas evaluadas de los suelos áridos haciéndolos aptos para la agricultura, a mayor porcentaje de lodos mayor es la mejora en las características fisicoquímicas de los suelos áridos, pasando de suelo árido a suelo arenoso-franco.
- b. La caracterización microbiológica de los lodos secos del PTAR COVICORTI expuestos al sol por un periodo de un año, determino que estos parámetros se encuentran dentro de los límites permitidos, así lo demuestran los resultados de los análisis realizados en un laboratorio acreditado.
- c. Los resultados obtenidos demuestran que una mejora en las características físico química, ocurre a medida que la proporción de lodos de PTAR es mayor la mejora aumenta de manera favorable, haciendo factible su uso para la agricultura.
- d. La mejor concentración de lodos secos de PTAR COVICORTI, obtenida en la presente investigación es la de 60/40, obteniendo los porcentajes de textura, humedad, densidad aparente, porosidad, materia orgánica muy favorable para la agricultura.

VI. RECOMENDACIONES

- a. Continuar con la investigación con otras proporciones diferentes a 20/80, 40/60 y 60/40 y evaluar las características físicas, químicas y otras no consideradas en el presente trabajo.
- b. Hacer un seguimiento al tiempo de estabilización de la mezcla lodos y suelos áridos.
- c. Repetir la dosis de lodos de PTAR en las mismas mezclas después de un periodo de cultivo y evaluar las características físicas y químicas.
- d. Utilizar los lodos secos de PTAR después de un largo periodo de exposición al sol en la mejora de suelos áridos y para plantas de tallo alto como frutales.
- e. Se recomienda realizar trabajos de investigación para eliminar o reducir la concentración de metales pesados que conlleva la utilización de lodos de PTAR.
- f. Se recomienda hacer un seguimiento sobre la inhibición de microorganismos patógenos por la radiación solar.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS:

➤ ALMOROX, J. López, F. Rafaelli, S. La degradación de los suelos por erosión hídrica. Métodos de estimación (Primera ed.). Murcia, 2010: Ediciones de la Universidad de Murcia. Consulta: julio de 2013. Disponible en:

http://books.google.com.pe/books?id=bSpiNY_nwOIC&source=gbs_navlinks_s

➤ ANISLEY Amador, [et al.]. Tratamiento de lodos, generalidades y aplicaciones. Revista CENIC. Ciencias Químicas [en línea] 2015, 46 [Fecha de consulta: 20 de abril de 2018].

Disponible en:

<<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181642434003>> ISSN 1015-8553.

➤ ARAQUE, María. Técnicas para Indicadores de contaminación Fecal en lodos residuales, Tesis, Universidad de Los Ande, Bogotá, Colombia, 2006.

➤ ATENCIO Francisco, [et al.]. Aprovechamiento Agrícola del Lodo Generado en la PTAR de Puente Piedra-Lima. Revista de la Sociedad Química del Perú, p.77, 2011. [en línea]: [Fecha de consulta: 20 de abril de 2018].

Disponible en:

<<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=371937620008>> ISSN 1810-634X

➤ CORDERO, Nicolás. Mejoramiento de Suelo con Biosólidos provenientes de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la UNAM, Tesis para obtener el grado de maestro en Ingeniería Ambiental en suelos y aguas Subterráneas. Programa de Maestría y Doctorado en Ingeniería Facultad de Ingeniería. 2010.

➤ DELGADO CHUECAS, Iván Chima Cerdán, César David. Producción de Compost empleando pilas aireadas por volteo, como un método de tratamiento de Lodo Residual de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la Universidad Nacional de Ingeniería "UNITRAR; y su Evaluación en el Mejoramiento de Suelos" Tesis Para Optar El Título Profesional de: Ingeniero Sanitario. Universidad Nacional de Ingeniería. LIMA, PERÚ, 2007

➤ DÍAZ Amador, Anisley; VELIZ Lorenzo, Eliet; BATALLER VENTA,

Mayra. Tratamiento de lodos, generalidades y aplicaciones. Revista CENIC. Ciencias Químicas, vol. 46, pp. 1-10, 2015.

Disponible en:

www.redalyc.org/pdf/1816/181642434003.pdf

➤ DÍAZ Monge, María Emilia. Proceso de secado de lodos y fangos contaminantes utilizando efecto invernadero. Tesis, Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. Guayaquil, 2016.

➤ DONADO R. Plan de Gestión para lodos generados en las PTAR-D de los Municipios de Cumaral y San Martín de Los Llanos en el 62 Departamento del Met ,2013.

<https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/13496/DonadoHoyosRogers2013.pdf?sequence=1>

➤ FAO, Textura del suelo, 2009. Disponible en:

http://www.fao.org/fishery/static/FAO_Training/FAO_Training/General/x6706s/x6706s06.htm

➤ EPA. Biosolids generation, use, and disposal in the United States 40 CFR Part 503.

United States Environmental Protection Agency; 1999.

➤ FARRÚS Miró, Edelweiss. Influencia de la Fertilización sobre la actividad Biológica del Suelo, Estudio Comparativo de diferentes fuentes de Materia Orgánica, Tesis doctoral en Biología, Universitat de les Illes Balears, Mayorca 2016.

➤ GÁLVEZ CASTAGNINO, Sandra. Efectos de la aplicación de los lodos provenientes de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales sobre el Suelo. Tesis para Optar el Título de: Ingeniero Ambiental, Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima – Perú 2014

➤ GONZÁLEZ GRANADOS, Inmaculada Concepción. Generación, Caracterización y Tratamiento de Lodos de EDAR, Tesis Doctoral, Universidad de Córdoba. 2015.

Disponible en:

➤ <https://helvia.uco.es/bitstream/handle/10396/13199/2016000001232.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

➤ HENRÍQUEZ Henríquez, Oliva de las Mercedes, análisis y criterios mínimos para la aplicación de lodos tratados provenientes de plantas de tratamiento de aguas servidas en agrosistemas de la provincia de Melipilla, región metropolitana, Chile, Tesis para optar al Grado de Magíster en Gestión y Planificación Ambiental, Universidad de Chile, 2011.

- LINARES, L. C.; Avelizapa, N. G., & Carrillo, T. G. Manual de técnicas de análisis de suelos aplicadas a la remediación de sitios contaminados. México, D.F.: Instituto Mexicano del Petróleo y el Instituto Nacional de Ecología. 2006. ISBN 968-489-039-7, 180 p.
- MUÑOZ I. D. J., M. C. Manual de análisis de suelo. Edafología. Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala, México: UNAM. 2010.
- NARVÁEZ-ORTÍZ, Willian Alfredo, BENAVIDES-MENDOZA, Adalberto, VÁZQUEZ-BADILLO, Mario Ernesto y CABRERA-DE LA FUENTE, Marcelino. Efecto de la aplicación de lodos crudos de la industria textil en la productividad y en la composición química de lechuga (*Lactuca sativa*), tesis de grado. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, México, 2013.
- PASCUAL, I., Ascona, I., Aguirreolea, J., Morales, F., Corpas, J., Palmas, J. M., Rellán-Alvarez, R. y Sánchez-Díaz, M., 2010. Growth, Yield and fruit quality of pepper plants amended with sanitized sewage sludge. *J agric. Food Chem* 58:6951-9.
- PEÑAHERRERA PROAÑO, Michelle Andrea. Estabilización de lodos provenientes de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas mediante digestión anaerobia, Tesis para obtener el grado de bachiller en Ingeniería Ambiental, Universidad de Las Américas, Quito – Ecuador 2015.

Disponible en: dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/4511/1/UDLA-EC-TIAM-2015-24.pdf

- PROYECTO CHAVIMOCHIC. *Reporte de la extensión total de áreas usadas en la agricultura. Región La Libertad Trujillo* – Perú-Dirección General Proyecto Chavimochic. pp. 1-6. 2002.
- REYES Wilson. Mejoramiento de Suelos Arenosos del sector Santo Domingo del Valle Santa Catalina mediante el uso de lodo residual municipal estabilizado. Tesis doctoral, Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, Perú, 2008.
- ROJAS, R.; Mendoza, L. Potencial de recuperación energética empleando biosólidos como materia prima en Ensenada, B.C. Tesis doctoral, Universidad Autónoma de Baja California (UABC), Mexico, 2012.
- SUNASS. Estudio sobre la situación de las plantas de tratamiento de aguas residuales, Lima, 2016.

Disponible en: <https://www.sunass.gob.pe/websunass/index.php/noticias/noticias-lima/item/859-sunass-y-giz-presentan-estudio-sobre-la-situacion-de-las-plantas-de-tratamiento-de-aguas-residuales>

➤ TIESSEN, H. & J. O. M. Total and organic carbon. In: Soil sampling and methods of analysis. (M. R. Carter, Ed.) Canada: Lewis Publishers. Canadian Society of Soil Science. 1993.

➤ UNEP. Los desiertos: perspectivas. Revista El mundo.es Ciencia y Tecnología, Volumen N° 6, p.1. 2006.

Disponible en:

<https://www.elmundo.es/elmundo/2006/06/05/ciencia/1149496802.html>

➤ USDA, Guía para la Calidad y Salud del Suelo. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de Norteamérica, 1999.

Disponible en:

https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/stelprdb1044786.pdf

VIII. ANEXOS

Tabla N° 1. Instrumento

DATOS GENERALES		Universidad Cesar Vallejo				Ingeniería Ambiental				
TITULO DEL PROYECTO DE INVESTIGACION		Efecto de las diferentes concentraciones de lodos secos desinfectados del PTAR – COVICORTI para el mejoramiento de suelos áridos.								
INVESTIGADORES		López Colonia, Alexis Guillermo Mendoza Ríos, Noemí Cecilia								
Llenar en los espacios vacíos con los datos correspondientes de acuerdo al ítem.										
INSTRUCCIONES										
Mediciones		Fecha: 17/09/18 a 26/10/18				Lugar: Laboratorio E 403				
CONCENTRACIONES (Lodo/Arena) %	EFECTO	DATOS	TEXTURA Promedio	DENSIDAD g/cc Promedio	DENSIDAD APARENTE g/cc Promedio	POROSIDAD	HUMEDAD % Promedio	MATERIA ORGANICA Promedio	Ph	CONDUCTIVIDAD ELECTRICA (μ S)
20 / 80	R1	T20 / 80 D20 / 80 H20 / 80 MO20/80 M 20/80 P 20/80	Arenoso Franco	1.31	1.29	0.51	1.46	1.52	7.65	0.094
	R2	T20 / 80 D20 / 80 H20 / 80 MO20 / 80 P20 / 80	Arenoso Franco							
	R3	T20 / 80 D20 / 80 H20 / 80 MO ₂₀ / 80 P 20/80	Arenoso Franco							
40 / 60	R1	T40 / 60 D40 / 60 H40 / 60 MO ₄₀ / 60 P 40/60	Arenoso Franco							

				Arenoso Franco	1.15	1.13	0.57	1.99	1.74	7.60	0.148
	R2	T40 / 60 D40 / 60 H40 / 60 MO₄₀ / 60 P 40/60	Arenoso Franco 1.16								
	R3	T40 / 60 D40 / 60 H40 / 60 MO₄₀ / 60 P 40/60	Arenoso Franco 1.15 1.96 1.70 P								
60 / 40	R1	T60 / 40 D60 / 40 H60 / 40 MO₆₀ / 40 P 60/40	Arenoso Franco 0.95 2.46 2.20								
	R2	T60 / 40 D60 / 40 H60 / 40 MO₆₀ / 40 P 60/50	Arenoso Franco 0.95 2.50 2.15	Arenoso Franco	0.95	0.93	0.65	2.53	2.18	7.38	0.412
	R3	T60 / 40 D60 / 40 H60 / 40 MO₆₀ / 40 P 60/40	Arenoso Franco 0.96 2.48 2.19 P								

Fuente: Elaboración propia

RESULTADOS A DETALLE OBTENIDOS.

Propiedades Físicas:

Densidad real

Tabla N° 2: Densidad real en base seca según las concentraciones

CONCENTRACIONES (Lodo/Arena) %	Suelo Árido	Lodos PTAR	20/80	40/60	60/40
Masa (g)	29.03	16.41	26.14	23.08	19.07
Volumen (cc)	20	20	20	20	20
Densidad g/cc	1.45	0.82	1.31	1.15	0.95

Fuente: Elaboración propia

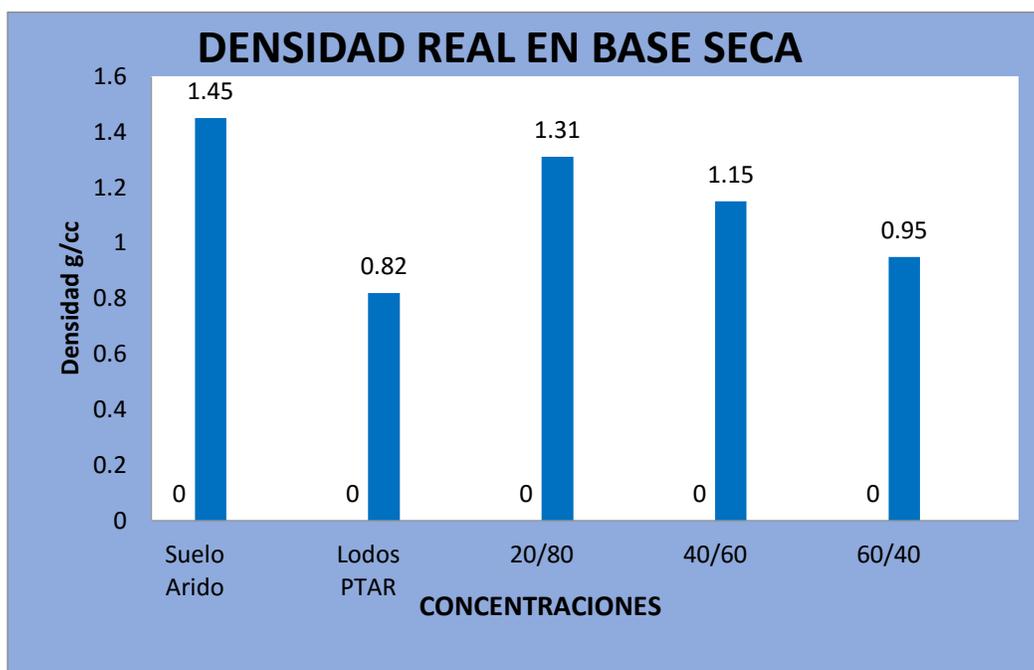


Figura 1. Densidad real en base seca según las concentraciones

Determinación de la Textura

Tabla N° 3: Determinación de la textura del suelo según las concentraciones

Mezcla 20%	Tamaño	Árido %	Suelo 20/80%	Suelo 40/60%	Suelo 60/40%
Arena	0.5 – 2.0 mm	99.01	88.03	81.23	72.46
Limo	0.002 – 0.05 mm	0.02	6.34	10.33	15.02
Arcilla	< 0.002 mm	0.07	5.63	8.44	12.52
Gravilla y rocas	>2.0 mm	0,00	0.00	0,00	0,00
Textura		Arenoso	Arenoso Franco	Arenoso Franco	Arenoso Franco

Fuente: Elaboración propia

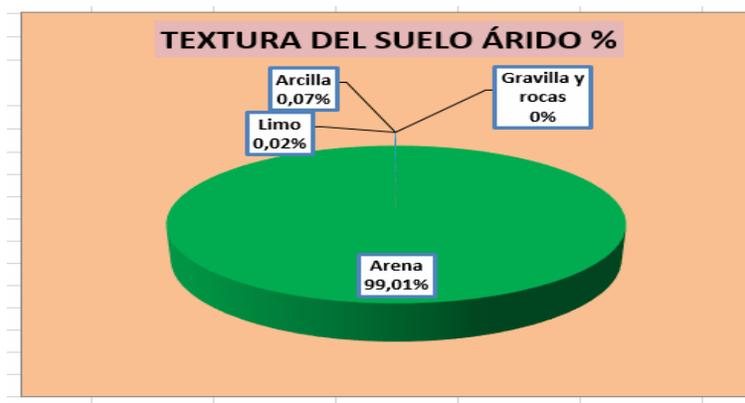


Figura 2. Textura del suelo árido.

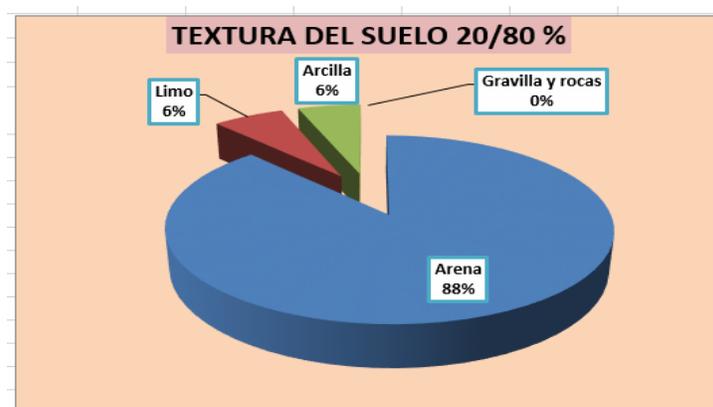


Figura 3. Textura del suelo 20/80.

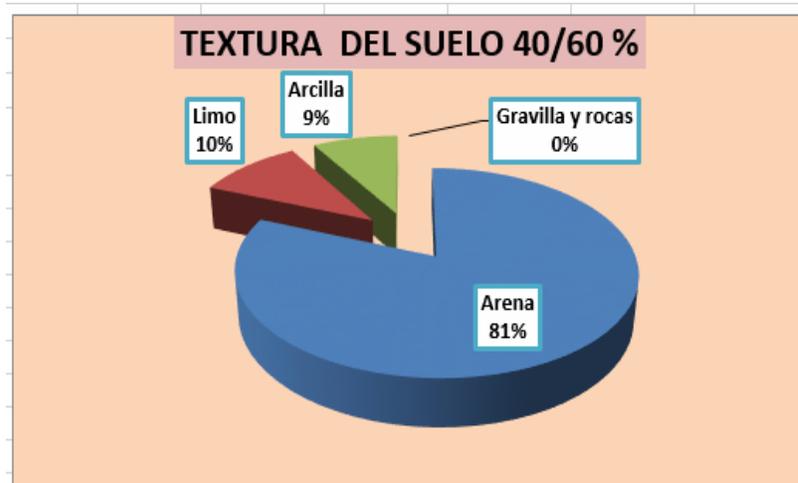


Figura 4. Textura del suelo 40/60.



Figura 5. Textura del suelo 60/40.

Humedad

Tabla N° 4: Determinación de la humedad del suelo según las concentraciones

Items	Testigo Árido	Suelo 20/80	Suelo 40/60	Suelo 60/40
Masa H. (g)	29.03	26.14	23.08	19.07
Masa S. (g)	29.01	25.77	22.63	18.60
Humedad %	0.00	1.46	1.99	2.53

Fuente: Elaboración propia

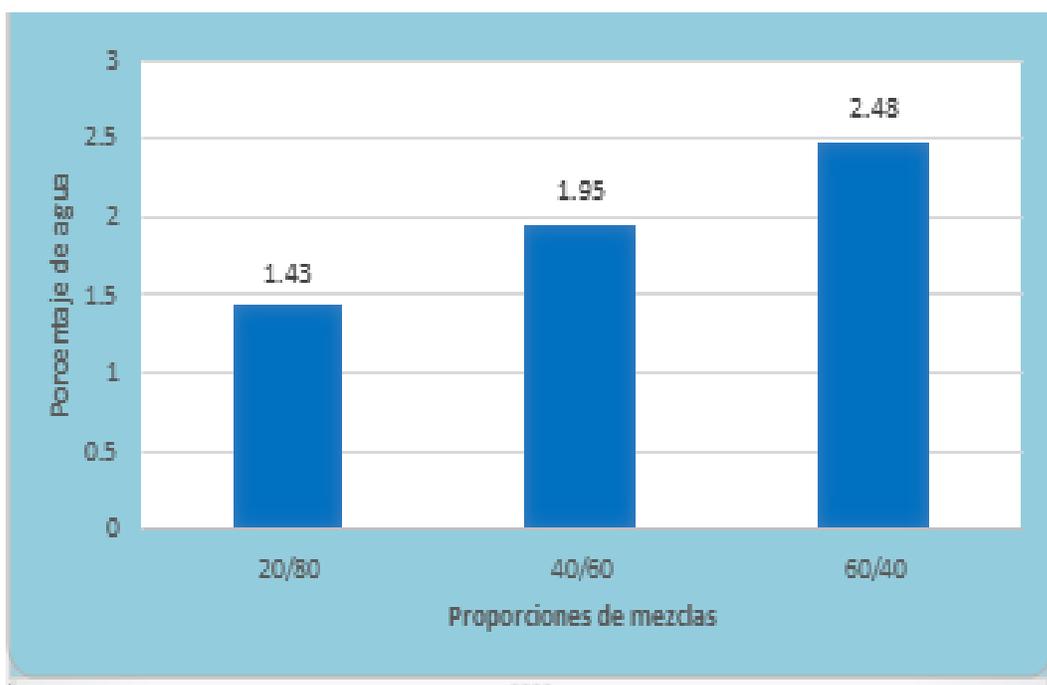


Figura 6. Determinación de la humedad del suelo según las concentraciones.

Densidad Aparente.

Tabla N° 5. Densidad aparente

CONCENTRACIONES (Lodo/Árido) %	Testigo Árido	20/80	40/60	60/40
Masa Seca (g)	29.01	25.77	22.63	18.60
Volumen (cc)	20	20	20	20
Densidad Aparente (g/cc)	1.45	1.29	1.13	0.93

Fuente: Elaboración propia

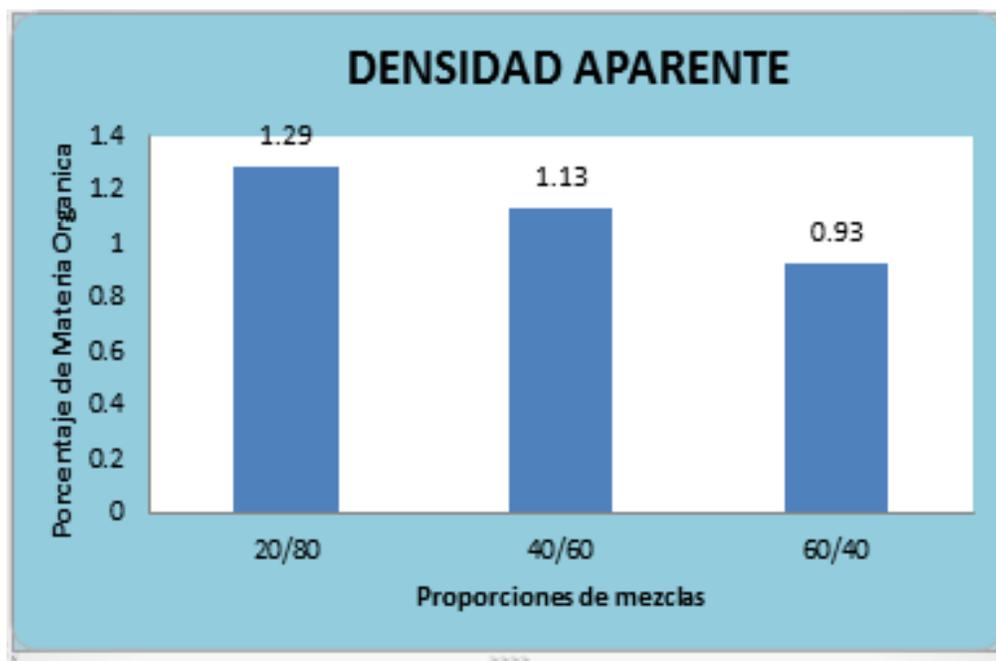


Figura 7. Determinación de la humedad del suelo según las concentraciones

Porosidad

Tabla N° 6. Porosidad

Items	Testigo Árido	20/80	40/60	60/40
Densidad Aparente (g/cc)	1.45	1.29	1.13	0.93
Densidad de partículas (g/cc)	2.65	2.65	2.65	2.65
Porosidad	0.45	0.51	0.57	0.65

Fuente: Elaboración propia

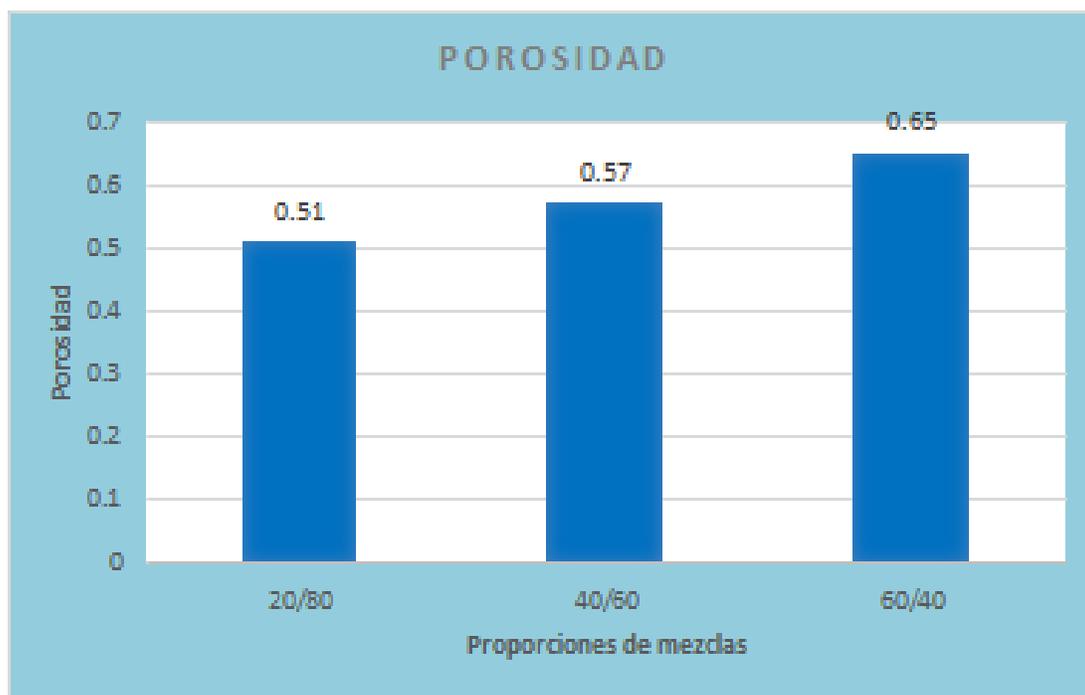


Figura 8. Porosidad

Propiedades Químicas:

Tabla N° 7. Materia orgánica promedio

Tratamiento	Materia Orgánica
Testigo Árido	0.00%
20/80	1.52%
40/60	1.74%
60/40	2.18%

Fuente: Elaboración propia

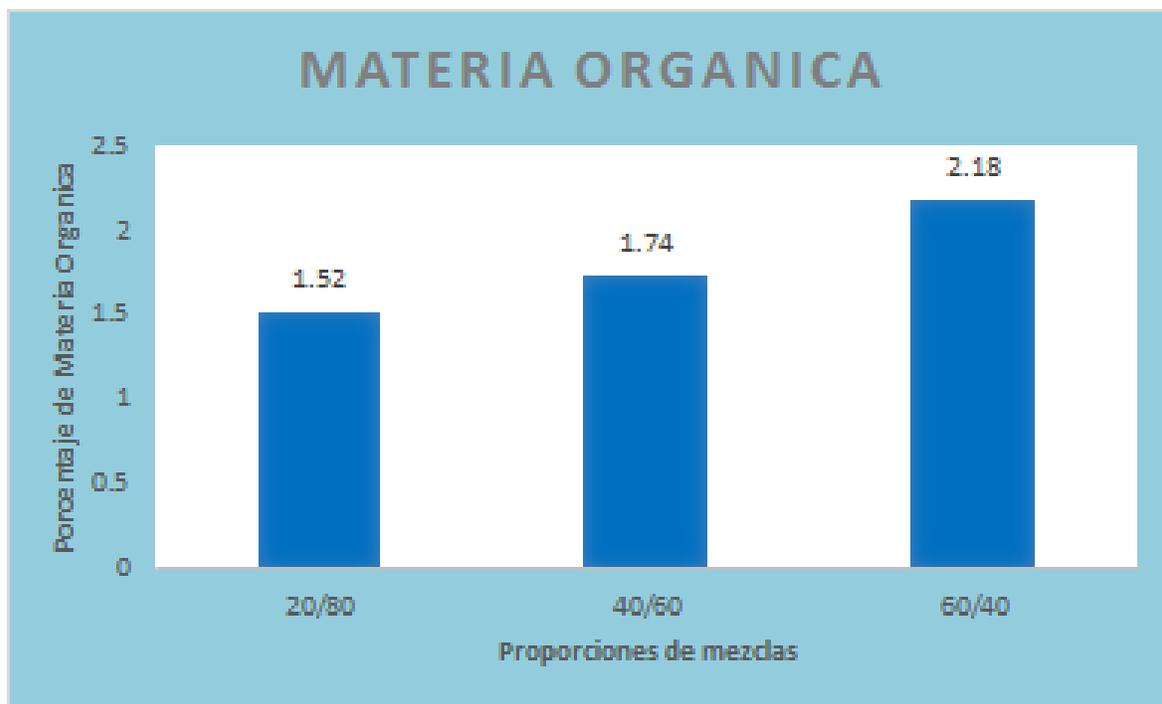


Figura 9. Materia orgánica promedio

Determinación del pH:

Tabla N° 8. Determinación del pH

Tratamiento	pH
Testigo Árido	7.71
20/80	7.65
40/60	7.60
60/40	7.38

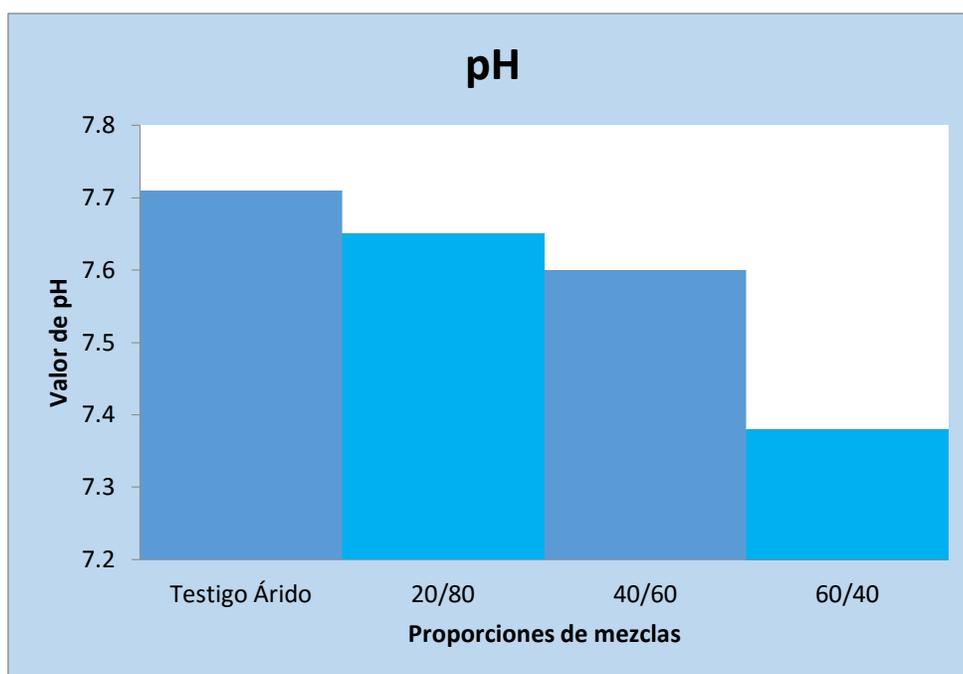


Figura 10. Determinación del pH

Determinación de la conductividad eléctrica:

Tabla N° 9. Conductividad Eléctrica

Tratamientos	Conductividad Eléctrica (μS)
Testigo Árido	0.001
20/80	0.094
40/60	0.148
60/40	0.412

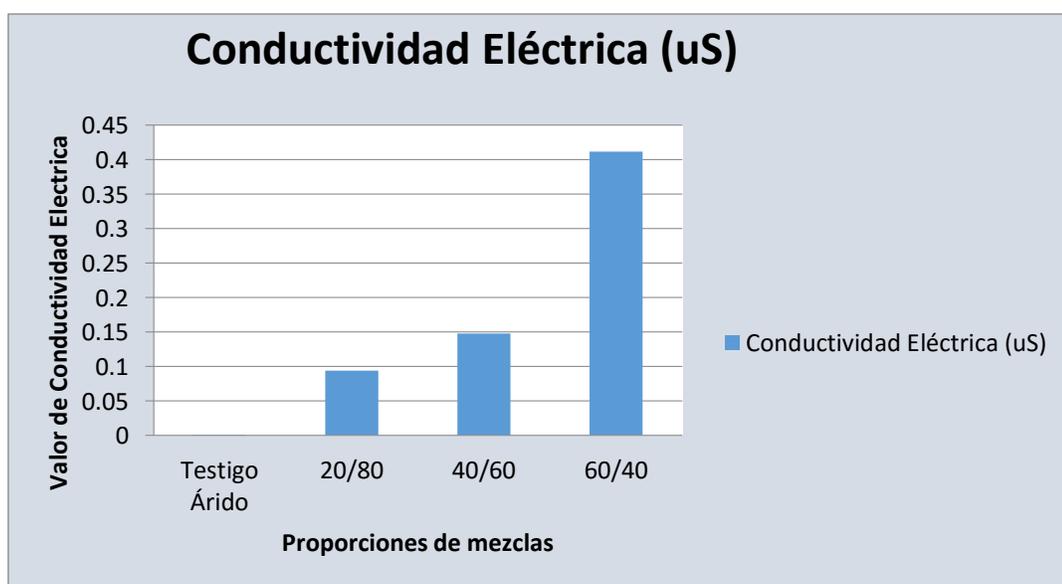


Figura 10. Figura 11. Conductividad Eléctrica

PROMEDIOS DE DATOS.

Tabla N° 10. Efecto de las diferentes concentraciones de lodos secos del PTAR – COVICORTI para el mejoramiento de suelos áridos.

Concentraciones de lodos del PTAR / Suelos áridos	Variables determinan la calidad de suelos	Valores obtenidos	Promedios
20/80	Densidad aparente	1.28 g/cc	1.29 g/cc
		1.29 g/cc	
		1.29 g/cc	
	Porosidad	0.51%	0.51%
		0.51%	
		0.51%	
	Materia orgánica	1.52%	1.52%
		1.52%	
		1.52%	
	Porcentaje de humedad	1.43%	1.43%
		1.43%	
		1.43%	
	Densidad aparente	1.13 g/cc	1.13 g/cc
		1.13 g/cc	
		1.12 g/cc	
	Porosidad	0.57%	0.57%
		0.57%	

40/60		0.57%	
	Materia orgánica	1.74%	1.74%
		1.74%	
		1.75%	
	Porcentaje de humedad	1.95%	1.95%
		1.95%	
1.95%			
60/40	Densidad aparente	0.54 g/cc	0.53 g/cc
		0.53 g/cc	
		0.53 g/cc	
	Porosidad	0.65%	0.65%
		0.65%	
		0.65%	
	Materia orgánica	2.18%	2.18%
		2.17%	
		2.18%	
	Porcentaje de humedad	2.47%	2.48%
		2.48%	
		2.48%	

Análisis estadístico

Tabla N° 10. Estadísticos descriptivos

	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máxim o
					Límite inferior	Límite superior		
Mejoramiento de porosidad de suelos áridos	3	19,616667	,0057735	,0033333	19,602324	19,631009	19,6100	19,6200
40/60	3	21,923333	,0057735	,0033333	21,908991	21,937676	21,9200	21,9300
60/40	3	25,003333	,0057735	,0033333	24,988991	25,017676	25,0000	25,0100
Total	9	22,181111	2,3404991	,7801664	20,382044	23,980178	19,6100	25,0100
Mejoramiento de densidad aparente de suelos áridos	3	1,286667	,0057735	,0033333	1,272324	1,301009	1,2800	1,2900
40/60	3	1,126667	,0057735	,0033333	1,112324	1,141009	1,1200	1,1300
60/40	3	,533333	,0057735	,0033333	,518991	,547676	,5300	,5400
Total	9	,982222	,3437578	,1145859	,717987	1,246458	,5300	1,2900
Mejoramiento de humedad de suelos áridos	3	1,430000	,0000000	,0000000	1,430000	1,430000	1,4300	1,4300
40/60	3	1,950000	,0000000	,0000000	1,950000	1,950000	1,9500	1,9500
60/40	3	2,476667	,0057735	,0033333	2,462324	2,491009	2,4700	2,4800
Total	9	1,952222	,4532322	,1510774	1,603837	2,300607	1,4300	2,4800
Mejoramiento de materia orgánica de suelos áridos	3	1,520000	,0000000	,0000000	1,520000	1,520000	1,5200	1,5200
40/60	3	1,743333	,0057735	,0033333	1,728991	1,757676	1,7400	1,7500
60/40	3	2,176667	,0057735	,0033333	2,162324	2,191009	2,1700	2,1800
Total	9	1,813333	,2891799	,0963933	1,591050	2,035617	1,5200	2,1800

Tabla N° 11. Prueba de homogeneidad de varianzas

	Estadístico de Levene	df1	df2	Sig.
Mejoramiento % de porosidad de suelos áridos	,000	2	6	1,000
Mejoramiento de densidad aparente de suelos áridos	,000	2	6	1,000
Mejoramiento % de humedad de suelos áridos	16,000	2	6	,051
Mejoramiento % de materia orgánica de suelos áridos	8,000	2	6	,052

El valor obtenido de $p > 0.05$; por lo tanto se asume que las varianzas de los grupos son relativamente iguales, confirmándose el criterio de homocedasticidad de varianzas para las 4 variables evaluadas. Lo cual indica que el valor de las variables explicativas no afectara a la varianza del error.

Tabla N° 12. Pruebas de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	Gl	Sig.
Mejoramiento de densidad aparente de suelos áridos	,322	9	,08	,749	9	,051
Mejoramiento % de humedad de suelos áridos	,209	9	,200*	,825	9	,053
Mejoramiento % de materia orgánica de suelos áridos	,253	9	,099	,802	9	,061
Mejoramiento % de porosidad de suelos áridos	,219	9	,200*	,819	9	,053

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

La prueba de normalidad evalúa el valor del estadístico de Shapiro-Wilk (para muestras pequeñas) que mide la fuerza del ajuste con una recta apreciándose que el valor $p > 0.05$ para los valores medios de los 4 parámetros evaluados; por lo cual se asume el supuesto de que el conjunto de datos siguen una distribución normal.

Tabla N° 13. ANALISIS DE VARIANZA

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Mejoramiento % de Entre grupos porosidad de suelos Dentro de áridos grupos	43,823	2	21,912	657349,333	,000
Total	,000	6	,000		
Total	43,823	8			
Mejoramiento de Entre grupos densidad aparente de Dentro de suelos áridos grupos	,945	2	,473	14177,333	,000
Total	,000	6	,000		
Total	,945	8			
Mejoramiento % de Entre grupos humedad de suelos Dentro de áridos grupos	1,643	2	,822	73948,000	,000
Total	,000	6	,000		
Total	1,643	8			
Mejoramiento % de Entre grupos materia orgánica de Dentro de suelos áridos grupos	,669	2	,334	15049,500	,000
Total	,000	6	,000		
Total	,669	8			

Según el análisis de varianza ANOVA, existe diferencia significativa entre al menos uno de los niveles de la variable concentración de lodos secos para los 4 parámetros evaluados, a un valor ($P < 0.05$); por lo cual se procedió a realizar las pruebas post hoc para determinar entre que niveles de la variable independiente está ocurriendo dicha diferencia.

PRUEBAS POST HOC Comparaciones múltiples HSD Tukey

Variable dependiente	(I) Concentraciones de lodos secos de PTAR	(J) Concentraciones de lodos secos de PTAR	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	95% de intervalo de confianza	
						Límite inferior	Límite superior
Mejoramiento % de porosidad de suelos áridos	20/80	40/60	2,3066667	,0047140	0,000	-2,321131	-2,292203
		60/40	5,3866667	,0047140	,000	-5,401131	-5,372203
	40/60	20/80	2,3066667	,0047140	,000	2,292203	2,321131
		60/40	3,0800000	,0047140	,000	-3,094464	-3,065536
	60/40	20/80	5,3866667	,0047140	,000	5,372203	5,401131
		40/60	3,0800000	,0047140	,000	3,065536	3,094464
Mejoramiento de	20/80	40/60	,1600000*	,0047140	,000	,145536	,174464

densidad aparente		60/40		,7533333*	,0047140	,000	,738869	,767797
de suelos áridos	40/60	20/80		-,1600000*	,0047140	,000	-,174464	-,145536
		60/40		,5933333*	,0047140	,000	,578869	,607797
	60/40	20/80		-,7533333*	,0047140	,000	-,767797	-,738869
		40/60		-,5933333*	,0047140	,000	-,607797	-,578869
Mejoramiento % de humedad de suelos áridos	20/80	40/60		-,5200000*	,0027217	,000	-,528351	-,511649
		60/40		1,0466667*	,0027217	,000	-1,055017	-1,038316
	40/60	20/80		,5200000*	,0027217	,000	,511649	,528351
		60/40		-,5266667*	,0027217	,000	-,535017	-,518316
	60/40	20/80		1,0466667*	,0027217	,000	1,038316	1,055017
		40/60		,5266667*	,0027217	,000	,518316	,535017
Mejoramiento % de materia orgánica de suelos áridos	20/80	40/60		-,2233333*	,0038490	,000	-,235143	-,211524
		60/40		-,6566667*	,0038490	,000	-,668476	-,644857
	40/60	20/80		,2233333*	,0038490	,000	,211524	,235143
		60/40		-,4333333*	,0038490	,000	-,445143	-,421524
	60/40	20/80		,6566667*	,0038490	,000	,644857	,668476
		40/60		,4333333*	,0038490	,000	,421524	,445143

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

SUBCONJUNTOS HOMOGÉNEOS

Tabla N° 14. Mejoramiento % de porosidad de suelos áridos

Concentraciones de lodos secos de PTAR	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
20/80	3	19,616667		
40/60	3		21,923333	
60/40	3			25,003333
Sig.		1,000	1,000	1,000

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

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

En el cuadro de subconjuntos homogéneos; se observa que cada uno de los 3 niveles de la variable independiente forma conjuntos de manera independiente a los demás; por lo cual se sugiere que estos son diferentes significativamente, donde el mayor valor de porcentaje de porosidad se muestra para la concentración de lodos secos de 60/40.

Tabla N° 15. Mejoramiento de densidad aparente de suelos áridos HSD Tukey^a

Concentraciones de lodos secos de PTAR	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
20/80	3	1,286667		
40/60	3		1,126667	
60/40	3			0,933333
Sig.		1,000	1,000	1,000

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

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

En el cuadro de subconjuntos homogéneos; se observa que cada uno de los 3 niveles de la variable independiente forma conjuntos de manera independiente a los demás; por lo cual se sugiere que estos son diferentes significativamente, donde el menor valor de densidad aparente se muestra para la concentración de lodos secos de 60/40.

Tabla N° 16. Mejoramiento % de humedad de suelos áridos HSD Tukey

Concentraciones de lodos secos de PTAR	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
20/80	3	1,4600		
40/60	3		1,9900	
60/40	3			2,5333
Sig.		1,000	1,000	1,000

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

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

En el cuadro de subconjuntos homogéneos; se observa que cada uno de los 3 niveles de la variable independiente forma conjuntos de manera independiente a los demás; por lo cual se sugiere que estos son diferentes significativamente, donde el mayor valor de porcentaje de humedad se muestra para la concentración de lodos secos de 60/40.

Tabla N° 17. Mejoramiento % de materia orgánica de suelos áridos HSD Tukey

Concentraciones de lodos secos de PTAR	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
20/80	3	1,520000		
40/60	3		1,743333	
60/40	3			2,176667
Sig.		1,000	1,000	1,000

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

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

En el cuadro de subconjuntos homogéneos; se observa que cada uno de los 3 niveles de la variable independiente forma conjuntos de manera independiente a los demás; por lo cual

se sugiere que estos son diferentes significativamente, donde el mayor valor de porcentaje de materia orgánica se muestra para la concentración de lodos secos de 60/40.

Gráficos de medias

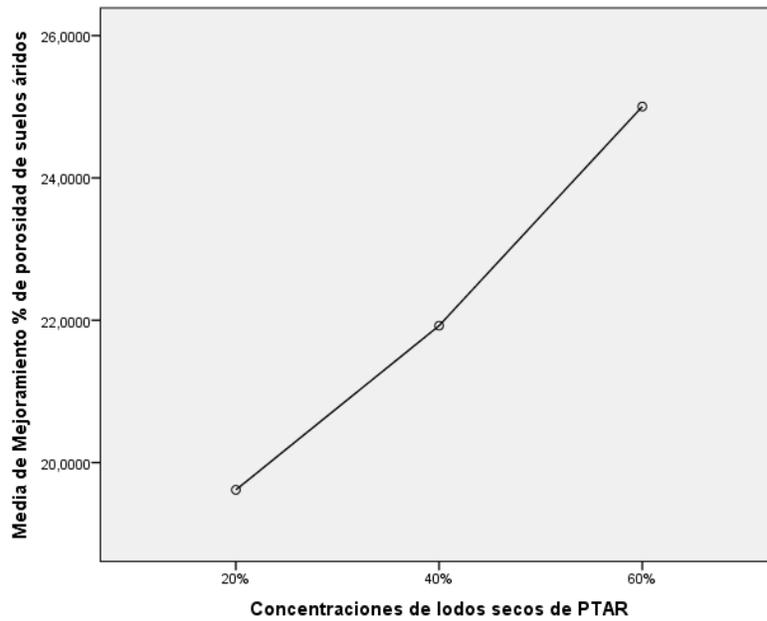


Figura 11. Concentraciones de lodos secos de PTAR.

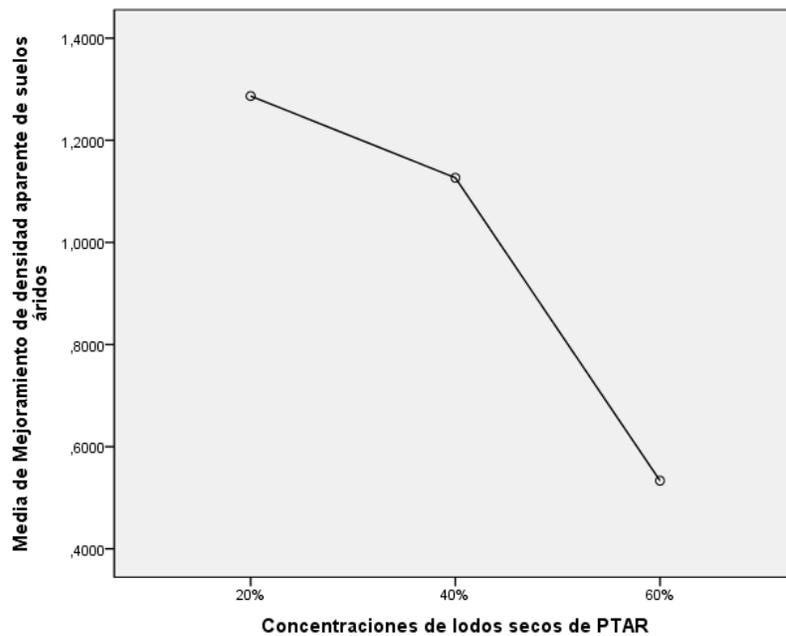


Figura 12. Concentraciones de lodos secos PTAR.

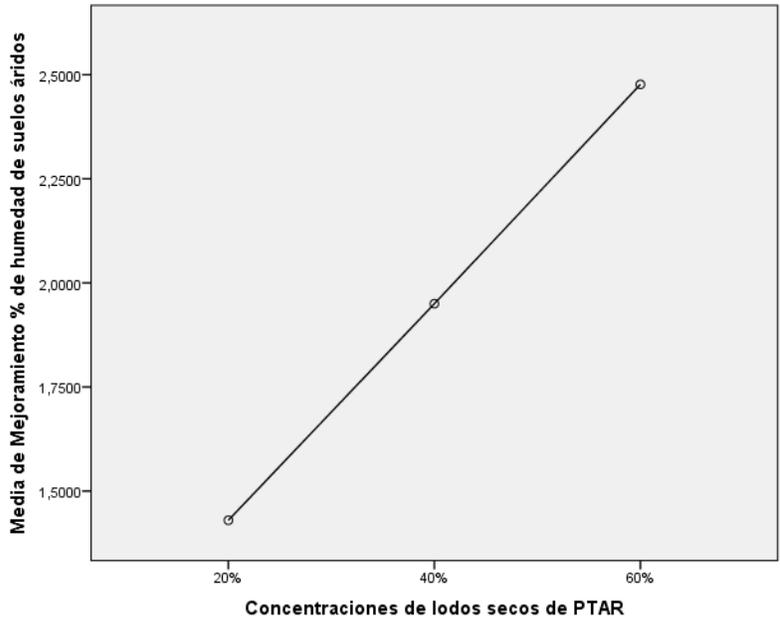


Figura 13. Concentraciones de lodos secos PTAR.

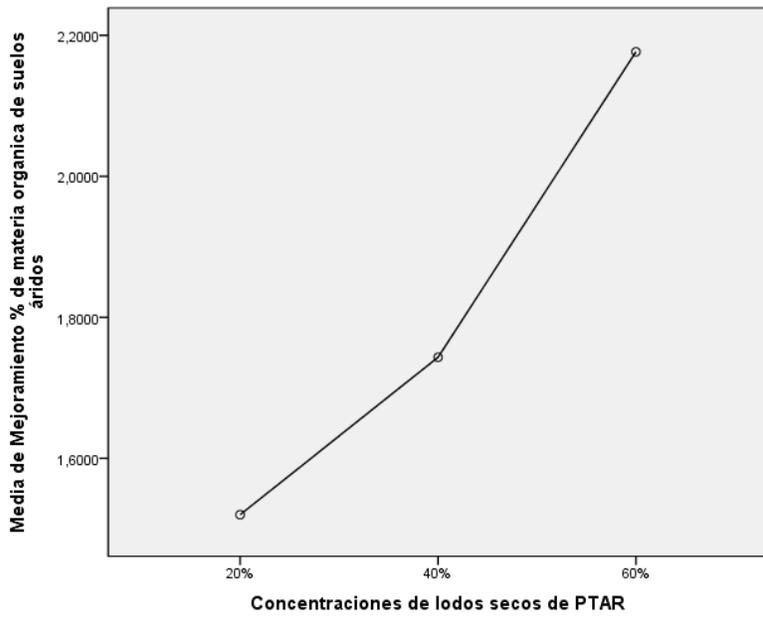
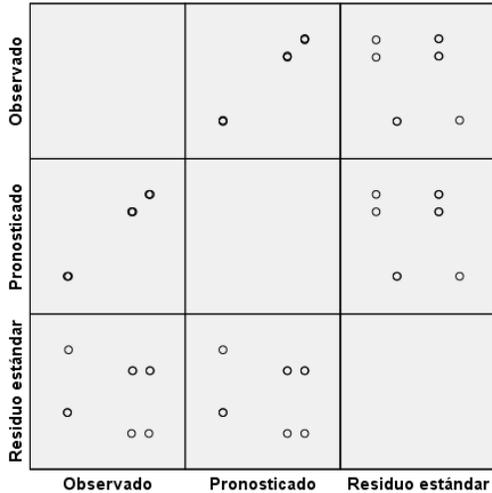


Figura 14. Concentraciones de lodos secos PTAR.

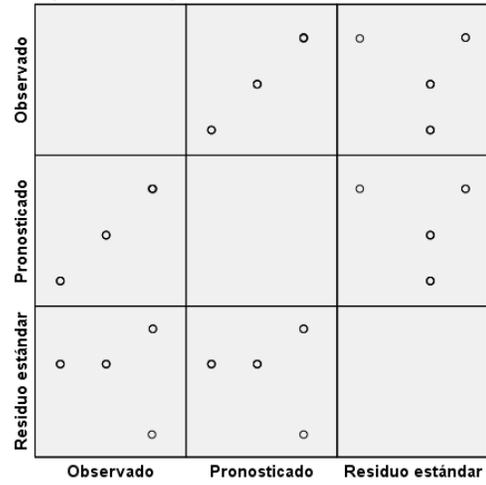
Gráfico de residuos observados * pronosticados * estándar

Variable dependiente: Mejoramiento de densidad aparente de suelos áridos



Modelo: Interceptación + CONCENTRACIONDELODOSSECOPTAR

Variable dependiente: Mejoramiento % de humedad de suelos áridos



Modelo: Interceptación + CONCENTRACIONDELODOSSECOPTAR

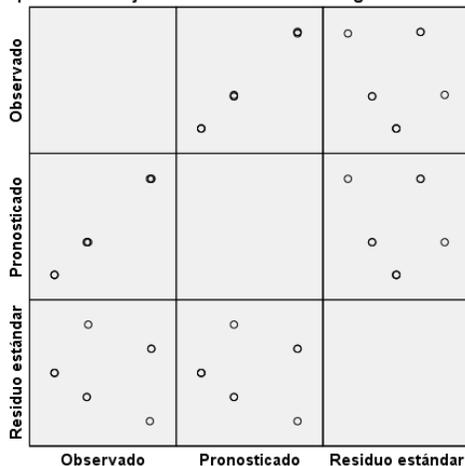
Figura 15. mejoramiento de densidad aparente de suelos áridos.

Figura 16. Mejoramiento de % de humedad de suelos aridos

Figura 17. Mejoramiento % de materia orgánica de suelos áridos.

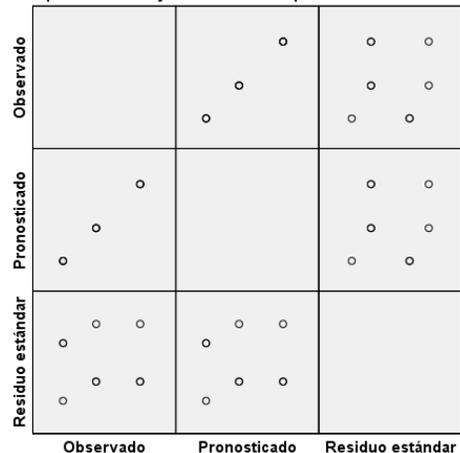
Figura 18. Mejoramiento de % de porosidad de suelos áridos.

Variable dependiente: Mejoramiento % de materia organica de suelos áridos



Modelo: Interceptación + CONCENTRACIONDELODOSSECOPTAR

Variable dependiente: Mejoramiento % de porosidad de suelos áridos



Modelo: Interceptación + CONCENTRACIONDELODOSSECOPTAR



Figura 18. Se observa el trabajo realizado por los tesistas.