

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE



FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

ESTUDIO DEL EFECTO DE LODOS RESIDUALES LÁCTEOS EN SUELOS AGRÍCOLAS PARA LA PRODUCCIÓN DE AVENA (*Avena sativa* L.), EN LA COMUNIDAD LA ESPERANZA, PROVINCIA DEL CARCHI.

Proyecto de tesis presentado como requisito para la obtención del título de ingeniero
agropecuario.

Autor:

Revelo Rosero Franklin Andrés

Director:

Ing. Miguel Aragón Esparza MSc.

IBARRA-ECUADOR, 2018

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN

CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

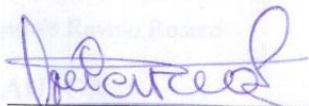
“ESTUDIO DEL EFECTO DE LODOS RESIDUALES LÁCTEOS EN SUELOS AGRÍCOLAS PARA LA PRODUCCIÓN DE AVENA (*Avena sativa* L.), EN LA COMUNIDAD LA ESPERANZA, PROVINCIA DEL CARCHI.”

Trabajo de grado revisado por el Comité Asesor, por lo cual se autoriza su presentación como requisito parcial para obtener Título de:

INGENIERÍA EN AGROPECUARIA

APROBADO:

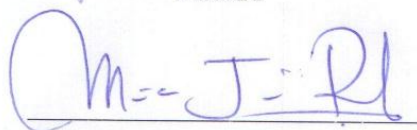
Ing. Miguel Aragón Esparza MSc.



DIRECTOR

FIRMA

Ing. María José Romero MSc.



MIEMBRO TRIBUNAL

FIRMA

Ing. Miguel Gómez MSc.



MIEMBRO TRIBUNAL

FIRMA

Dr. Luis Nájera MSc



MIEMBRO TRIBUNAL

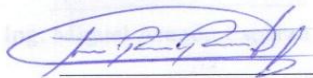
FIRMA

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Manifiesto que la presente obra es original y se la desarrolló sin violar derechos de autores terceros, por lo tanto, es original y que soy el titular de los derechos patrimoniales; por lo que asumo la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldré en defensa de la Universidad Técnica del Norte en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 10 días del mes de abril de 2018.

Ibarra, a los 10 días del mes de abril de 2018.



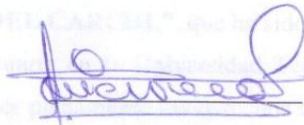
Franklin Andrés Revelo Rosero

AUTOR

SESIÓN DE CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA ABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por FRANKLIN ANDRÉS REVELO ROSERO, bajo mi supervisión.

Ibarra, a los 10 días del mes de abril de 2018



Ing. Miguel Aragón Esparza MSc.

DIRECTOR DE TESIS

Ibarra, a los 10 días del mes de abril de 2018



Firma

Nombre: Franklin Andrés Revelo Rosero

**SESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

Yo, Franklin Andrés Revelo Rosero, con cédula de identidad Nro ,0401807714 manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor de la obra o trabajo de grado denominado: **“ESTUDIO DEL EFECTO DE LODOS RESIDUALES LÁCTEOS EN SUELOS AGRÍCOLAS PARA LA PRODUCCIÓN DE AVENA (*Avena sativa* L.), EN LA COMUNIDAD LA ESPERANZA, PROVINCIA DEL CARCHI.”**, que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero en Agropecuaria en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Ibarra, a los 10 días del mes de abril de 2018



Firma

Nombre: Franklin Andrés Revelo Rosero

ÍNDICE DE CONTENIDO

| | |
|--|------|
| ÍNDICE DE TABLAS | VIII |
| ÍNDICE DE FIGURAS | X |
| ÍNDICE DE ANEXOS | XII |
| Resumen | 1 |
| Abstract..... | 2 |
| CAPÍTULO 1..... | 3 |
| 1. Introducción | 3 |
| 1.1 Antecedentes | 3 |
| 1.2 Problema | 5 |
| 1.3 Justificación | 6 |
| 1.4 Objetivos | 7 |
| 1.4.1 Objetivo General. | 7 |
| 1.4.2 Objetivos Específicos..... | 7 |
| 1.5 Hipótesis | 7 |
| CAPÍTULO 2..... | 8 |
| 2. Marco teórico | 8 |
| 2.1 Residuos de la industria láctea | 8 |
| 2.2 Lodos residuales lácteos..... | 8 |
| 2.3 Compostaje..... | 9 |
| 2.4 Fertilización..... | 10 |
| 2.5 El Suelo | 10 |
| 2.6 Cultivo de avena forrajera | 19 |
| CAPÍTULO 3..... | 22 |

| | | |
|--------------------|--|----|
| 3. | Materiales y métodos | 22 |
| 3.1 | Caracterización del área de estudio | 22 |
| 3.2 | Materiales, equipos e insumos | 23 |
| 3.3 | Métodos | 24 |
| 3.4 | Variables..... | 26 |
| 3.5 | Manejo específico del ensayo | 28 |
| CAPÍTULO 4..... | | 43 |
| 1. | Resultados y discusión..... | 43 |
| 1.1 | Textura | 43 |
| 1.2 | Densidad aparente | 48 |
| 1.3 | Potencial hidrógeno (pH) | 50 |
| 1.4 | Conductividad eléctrica (Ce)..... | 52 |
| 1.5 | Contenido de materia orgánica en el suelo..... | 54 |
| 1.6 | NPK..... | 57 |
| 1.7 | Altura de planta | 65 |
| 1.8 | Rendimiento de materia seca..... | 66 |
| CAPÍTULO 5..... | | 69 |
| 2. | Conclusiones y recomendaciones | 69 |
| 2.1 | Conclusiones | 69 |
| 2.2 | Recomendaciones..... | 70 |
| BIBLIOGRAFÍA | | 71 |
| ANEXOS | | 80 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1 <i>Valores medios de parámetros de lodos residuales lácteos (peso seco g/l).</i> | 9 |
| Tabla 2 <i>Composición del suelo.</i> | 11 |
| Tabla 3 <i>Tipos de texturas del suelo y porcentajes de arena, limo y arcilla de acuerdo a su clase textural.</i> | 12 |
| Tabla 4 <i>Tamaños de partículas del suelo.</i> | 13 |
| Tabla 5 <i>Relación: Textura - Atributos del suelo.</i> | 13 |
| Tabla 6 <i>Densidad aparente de acuerdo al tipo de suelo.</i> | 14 |
| Tabla 7 <i>Tolerancia de los cultivos a la conductividad eléctrica del suelo.</i> | 15 |
| Tabla 8. <i>Macro y micro elementos requeridos por la planta.</i> | 16 |
| Tabla 9 <i>Función de los elementos esenciales en la planta.</i> | 17 |
| Tabla 10 <i>Síntomas de deficiencia de nutrientes en la planta.</i> | 18 |
| Tabla 11 <i>Densidad de siembra del cultivo de avena.</i> | 20 |
| Tabla 12 <i>Requerimientos de NPK para el cultivo de avena de acuerdo al nivel de fertilidad del suelo.</i> | 21 |
| Tabla 13 <i>Tratamientos.</i> | 24 |
| Tabla 14 <i>Análisis de varianza para el diseño de parcelas divididas.</i> | 26 |
| Tabla 15 <i>Cantidades de lodos residuales lácteos y compostaje de lodos residuales lácteos empleados por cada unidad experimental.</i> | 36 |
| Tabla 16 <i>ADEVA del porcentaje de arena.</i> | 43 |
| Tabla 17 <i>Medias y error estándar de la interacción Tipo de suelo*Tratamiento del porcentaje de arena en el suelo.</i> | 44 |
| Tabla 18 <i>ADEVA del porcentaje de limo.</i> | 45 |
| Tabla 19 <i>Medias y errores estándares de la interacción tipo de suelo*tratamientos del porcentaje de limo en el suelo.</i> | 45 |

| | | |
|-----------------|--|----|
| Tabla 20 | <i>ADEVA del porcentaje de arcilla.</i> | 46 |
| Tabla 21 | <i>Medias y error estándar por tipo de suelo, del porcentaje de arcilla.</i> | 47 |
| Tabla 22 | <i>Medias y error estándar por tratamientos, del porcentaje de arcilla.</i> ... | 47 |
| Tabla 23 | <i>ADEVA de la variable Densidad aparente del suelo.</i> | 49 |
| Tabla 24 | <i>Medias y errores estándares de la interacción Tipo de suelo*aplicación de la densidad aparente del suelo.</i> | 49 |
| Tabla 25 | <i>ADEVA del cambio (inicial y final) del pH en el suelo.</i> | 50 |
| Tabla 26 | <i>ADEVA de la conductividad eléctrica del suelo.</i> | 53 |
| Tabla 27 | <i>Medias y error estándar de la interacción tipo de suelo * aplicación de la conductividad eléctrica.</i> | 53 |
| Tabla 28 | <i>ADEVA del contenido de materia orgánica en el suelo.</i> | 54 |
| Tabla 29 | <i>Medias y errores estándares de la interacción Tipo de suelo*Tratamiento del contenido de materia orgánica en el suelo.</i> | 55 |
| Tabla 30 | <i>Medias y errores estándares de la interacción Tipo de suelo*aplicación del contenido de materia orgánica en el suelo.</i> | 55 |
| Tabla 31 | <i>ADEVA del contenido de Nitrógeno en el suelo</i> | 57 |
| Tabla 32 | <i>Medias y errores estándares de la interacción Tipo de suelo*Tratamiento del contenido de nitrógeno en el suelo.</i> | 57 |
| Tabla 33 | <i>Medias y errores estándares de la interacción Tratamiento*aplicación de fertilizantes del contenido de nitrógeno en el suelo.</i> | 58 |
| Tabla 34 | <i>ADEVA del contenido de Fósforo en el suelo.</i> | 60 |
| Tabla 35 | <i>Medias y errores estándares de la interacción Tipo de suelo*Tratamiento*Aplicación de fertilizantes del contenido de fósforo en el suelo.</i> | 61 |
| Tabla 36 | <i>ADEVA del contenido de Potasio en el suelo.</i> | 63 |
| Tabla 37 | <i>Medias y errores estándares de la interacción Tipo de suelo*aplicación del contenido de potasio en el suelo.</i> | 63 |

| | |
|--|----|
| Tabla 38 <i>Medias y errores estándares de los tratamientos del contenido de potasio en el suelo.</i> | 63 |
| Tabla 39 <i>ADEVA de altura de planta.</i> | 65 |
| Tabla 40 <i>ADEVA del rendimiento de materia seca de la avena.</i> | 66 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Escala de pH..... | 14 |
| Figura 2. Mapa de la ubicación del área de estudio..... | 22 |
| Figura 3. Suelo franco arenoso. | 28 |
| Figura 4. Suelo franco..... | 29 |
| Figura 5. Delimitación de unidades experimentales..... | 30 |
| Figura 6. Medición de unidades experimentales. | 30 |
| Figura 7. Identificación de unidades experimentales..... | 31 |
| Figura 8. Lodos residuales lácteos frescos y lodos residuales lácteos secos. | 31 |
| Figura 9. Compostaje de lodos residuales lácteos. | 32 |
| Figura 10. Muestreo del suelo y etiquetado de las muestras. | 32 |
| Figura 11. Toma de muestras con cilindro para densidad aparente del suelo. | 33 |
| Figura 12. Secado del suelo para cálculo de densidad aparente. | 33 |
| Figura 13. Pesaje del suelo seco y cálculo de densidad aparente. | 34 |
| Figura 14. Pesaje de lodos residuales lácteos para fertilización..... | 35 |
| Figura 15. Fertilización e incorporación de las materias orgánicas..... | 35 |
| Figura 16. Siembra de la avena al boleó..... | 36 |
| Figura 17. Deshierbe de las parcelas. | 37 |
| Figura 18. Inicio de la floración del cultivo de avena. | 38 |
| Figura 19. Eliminación del efecto borde en las parcelas. | 38 |

| | |
|---|----|
| Figura 20. Corte de la avena con cuadrante 1 m de lado. | 39 |
| Figura 21. Pesaje y toma de datos del rendimiento de la avena. | 39 |
| Figura 22. Toma de muestras de avena. | 40 |
| Figura 23. Picado de la avena para secado. | 40 |
| Figura 24. Material vegetal pasa secado. | 41 |
| Figura 25. Secado de la avena para determinación de materia seca. | 41 |
| Figura 26. Pesaje y toma de datos de la avena después de secado. | 42 |
| <i>Figura 27. Valores iniciales y finales de pH del suelo franco arenoso y suelo franco.</i> | 51 |
| Figura 28. Concentraciones iniciales y finales de fósforo en el suelo. | 60 |
| Figura 29. Altura de planta. | 65 |
| Figura 30. Rendimiento de materia seca. | 67 |

ÍNDICE DE ANEXOS

| | |
|--|----|
| <i>Anexo 1</i> Croquis del ensayo. | 81 |
| <i>Anexo 2</i> Metodología utilizada por el laboratorio para los análisis de suelo. | 82 |
| <i>Anexo 3</i> Resultados del análisis de lodos residuales lácteos. | 83 |
| <i>Anexo 4</i> Resultados del análisis de laboratorio del compostaje de lodos residuales lácteos. | 84 |
| <i>Anexo 5</i> Datos iniciales y finales de laboratorio de la concentración de nitrógeno, fósforo y potasio en el suelo. | 85 |
| <i>Anexo 6</i> Datos iniciales y finales de laboratorio de materia orgánica, pH y conductividad eléctrica del suelo. | 86 |
| <i>Anexo 7</i> Datos iniciales y finales de laboratorio de la textura y densidad aparente (los datos reportados no se los hizo con el laboratorio) del suelo. | 87 |
| <i>Anexo 8</i> Formato del reporte de datos de los análisis de suelo por el laboratorio. | 88 |
| <i>Anexo 9</i> Análisis microbiológico del suelo antes de la fertilización. | 89 |
| <i>Anexo 10</i> Análisis microbiológico del suelo después de la fertilización. | 90 |

Resumen

En el estudio, se realizó una fertilización con lodos residuales lácteos (LRL) más compostaje de LRL (compost). El cual tuvo como objetivo, evaluar el efecto de los lodos residuales lácteos en el suelo y en la producción del cultivo de avena. Se lo realizó en dos tipos de suelo un franco arenoso y un franco. Las cantidades de fertilizantes se lo hizo de acuerdo con el requerimiento de N para el cultivo una vez realizado los análisis de suelo. Los tratamientos fueron: T1 (25% LRL+75% compost), T2 (50% LRL + 50% compost), T3 (75% LRL + 25% compost) y se ocupó, además, T4 (urea) y T5 (sin fertilizar), para cada tipo de suelo. Se realizaron análisis de suelo antes y después de la fertilización para realizar los análisis, teniendo un periodo de 112 días. Se utilizo un DPD donde se evaluó textura, densidad aparente, pH, conductividad eléctrica, contenido de materia orgánica en el suelo, concentración de N, P, K en el suelo, altura de planta y rendimiento de materia seca del cultivo de avena. La textura no se vio afectada por la fertilización, para el pH tuvo tendencia de alcalinización en el suelo franco arenoso, la conductividad eléctrica si presento cambios por la fertilización. La materia orgánica tuvo un decrecimiento en ambos tipos de suelo, la concentración de N y P aumentaron con la fertilización, mientras que, la concentración de potasio redujo luego de la fertilización. El rendimiento fue similar entre tratamientos en el suelo franco arenoso, para el suelo franco se obtuvo rendimientos bajos sin hacer la fertilización.

Abstract

In the study, it was possible to perform a fertilization with residual dairy sludge (LRL) plus composting of LRL (compost). The purpose of which was to evaluate the effect of residual sludge on the soil and on the production of the oat crop. It was done in two types of soil, one sandy loam and one loam. The fertilizer quantities were made according to the N requirement for the crop once the soil analyzes were carried out. The treatments were: T1 (25% LRL + 75% compost), T2 (50% LRL + 50% compost), T3 (75% LRL + 25% compost) and T4 (urea) and T5 (without fertilize), for each type of soil. Soil analyzes were performed before and after fertilization to perform the analyzes, having a period of 112 days. A DPD was used where texture, bulk density, pH, electrical conductivity, content of organic matter in the soil, N, P, K concentration in the soil, plant height and dry matter yield of the oat crop were evaluated. The texture was not affected by the fertilization, for the pH it had a tendency of alkalization in the loamy sandy soil, the electrical conductivity if I present changes by fertilization. The organic matter had a decrease in both types of soil, the concentration of N and P increased with fertilization, while the concentration of potassium reduced after fertilization. The yield was similar between treatments in the sandy loam soil, for the loam soil low yields were obtained without doing the fertilization.

CAPÍTULO 1

1. Introducción

1.1 Antecedentes

El diario EL COMERCIO (2016), menciona que la producción lechera ha hecho un cambio en el sector productivo del cantón Montufar, esto se ha generado por la rentabilidad de explotación de ganadería lechera. Derivando en el aumento del área de praderas, que llega a una cantidad de 23000 hectáreas y por ende en la producción lechera lo cual obliga a las industrias del sector a aumentar su capacidad y conlleva a una mayor generación de residuos algo que es inevitable. Dentro de algunos tipos de desechos se encuentran los líquidos, los cuales pasan por un tratamiento físico-químico y al final del proceso, se realiza una extracción de humedad, obteniendo el subproducto conocido como lodo residual lácteo. Según Morales (2009), los lodos producidos por las industrias lácteas ostentan altas cantidades de materia orgánica, lo que permite dar un aprovechamiento en la agricultura. La incorporación directa de estos residuos al suelo y su incorporación sería una manera beneficiosa del uso de estos desechos, permitiendo atenuar algunos impactos ambientales como: malos olores, presencia de moscas y roedores (COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE - REGIÓN METROPOLITANA, 1998).

Una de las maneras más adecuadas para la disposición final de lodos residuales lácteos es el uso de estos como fertilizantes de suelos agrícolas. Sin embargo, estos desechos industriales son considerados especiales, por lo que su empleo implica riesgos si no se toman las precauciones adecuadas, como, por ejemplo: la incorporación al medio de metales pesados, compuestos orgánicos tóxicos, sales y patógenos (López et al., 2000).

En estudios realizados por Matos et al. (2011), explica que el empleo de lodos residuales lácteos tiene el mismo efecto que un fertilizante sintético, además demostró que el uso de lodos lácteos permite el aumento de fósforo disponible para los cultivos, y en ciclos posteriores, el uso de estos residuos favorece la producción de pastos en temporadas de verano.

Adicionalmente Díaz y Pérez (2008), mencionan que la biofertilización a través del uso de lodos lácteos podría incorporar bacterias o microorganismos al suelo y provee de condiciones adecuadas para su desarrollo frente a condiciones adversas del ambiente, permitiéndoles sobrevivir a sequía, falta de nutrientes; de esta manera, se logra que los microorganismos presentes estén activos durante los ciclos de los cultivos.

Matos et al., (2011) mencionan que la fertilización convencional versus la fertilización con lodos residuales lácteos atenúa la acidez de los suelos, sin ocasionar efectos negativos en el mismo, proporcionando una respuesta positiva por parte de las lombrices presentes en el suelo por lo que el uso de lodos lácteos no afecta a la micro y macrofauna. Con lo antes expuesto, es posible afirmar que el uso de estos residuos para la producción agrícola brinda un beneficio para la solución de problemas del sector industrial lácteo y agropecuario.

1.2 Problema

De acuerdo a las encuestas realizadas por INEC (2016), en el Ecuador la producción lechera en el año 2016 fue de 5 319 288 litros/día, la provincia del Carchi tuvo una producción de 311 680 litros/día. De la elaboración bruta generada por el país 2.8 millones de litros son destinados a industrias formales encargadas de la producción de derivados lácteos (El Telegrafo, 2016). Todas las industrias generan aguas residuales cuyas cantidades varían de acuerdo a la capacidad de la empresa, debido a que, por cada litro de leche procesada se genera de 1.5 a 2.5 litros de agua residual (EOI, 2008). Esto permite hacer una relación concluyendo que se generan entre 4.2 a 7 millones de litros de aguas residuales al día por el procesamiento de la leche. Lo antes mencionado genera una preocupación desde el punto de vista ambiental para el sector industrial lechero por la disposición final de los efluentes.

El tratamiento de las aguas residuales da como resultado el efluente conocido como “lodo residual lácteo”, este residuo de acuerdo con el CRETIB es considerado un residuo especial por lo que su disposición final es un problema para la industria láctea, dificultando obtener permisos ambientales para su funcionamiento y las grandes cantidades generadas dificultan su disposición final (Ministerio del Ambiente Ecuador, 2015).

1.3 Justificación

En la actualidad se trata de alcanzar una agricultura más sana y amistosa con el ambiente, por lo que el uso de agroquímicos y sintetizados químicos para la fertilización de praderas deben ser sustituidos parcial o totalmente por materias orgánicas que permitan obtener buenos resultados dentro de los sistemas de producción agropecuarios. En la industrialización lechera la generación de efluentes es inevitable, los lodos lácteos que son el producto final del tratamiento de las aguas residuales lácteas de acuerdo con los gobiernos creen que existe una subvaloración de los mismos (Agricultores y Territores Chambre D`Agriculture Haute- Loire, 2009). Los lodos residuales lácteos al ser categorizados como residuos especiales: Los cuales no son peligrosos, pero por su volumen pueden generar impactos ambientales para los cuales se debe implementar un sistema de recuperación, reutilización y/o reciclaje con el fin de reducir la cantidad de desechos generados, evitar su inadecuado manejo y disposición, así como la sobresaturación de los rellenos sanitarios municipales (Ministerio del Ambiente Ecuador, 2015), por lo que pueden ser empleados como fertilizantes del suelo sin incumplir las normas ambientales. Una manera adecuada de disposición final de lodos residuales lácteos es su uso en el campo agrícola, forestal y recuperación de áreas degradadas, por lo que permite la reutilización de estos residuos convirtiéndolos así en un recurso para los sistemas de producción (López et al., 2000). Para esto la generación de investigaciones que permitan el uso adecuado de lodos residuales lácteos en el campo agropecuario es una necesidad y la generación de información sobre el potencial de estas materias permitirán dar una solución para el sector industrial favoreciendo a la adecuada disposición final de estos residuos y al sector agropecuario, dando una alternativa para la sustitución de sintetizados químicos para la producción de los cultivos.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General.

Evaluar el efecto de lodos residuales lácteos en suelos agrícolas para la producción de avena común (*Avena sativa* L.), en la comunidad La Esperanza, Provincia del Carchi.

1.4.2 Objetivos Específicos.

1. Analizar las características físico-químicas del suelo antes y después de la aplicación de lodos residuales lácteos.
2. Cuantificar el contenido de materia seca y rendimiento de avena común (*Avena sativa* L.) en los tratamientos en estudio.
3. Determinar dosis óptimas de lodos residuales lácteos para suelos agrícolas en la producción de avena común (*Avena sativa* L.).

1.5 Hipótesis

Ho: La aplicación de lodos lácteos en suelos agrícolas no influye en las características físico-químicas del suelo y la producción de avena común (*Avena sativa* L.)

Ha: La aplicación de lodos lácteos en suelos agrícolas si influye en las características físico-químicas del suelo y la producción de avena común (*Avena sativa* L.)

CAPÍTULO 2

2. Marco teórico

2.1 Residuos de la industria láctea

La industrialización de la leche cruda genera residuos de diferentes tipos como, por ejemplo: sólidos y líquidos. La generación de subproductos en la industrialización de la leche es inevitable y el tipo de tratamiento que se les da a estos es variable de acuerdo a cada empresa. Para tener una idea de las grandes cantidades generadas de estos residuos líquidos se habla de que por cada litro de leche procesada se genera entre 4 a 10 litros de residuos líquidos (Villena, 1995). Los efluentes del procesamiento de leche manifiestan las siguientes características como lo enuncia García Morales et al., (2015): alto contenido de materia orgánica, contenido de grasa y aceites, presencia de detergentes y fluidos de limpieza, pH muy variable debido a la presencia de soluciones ácidas y alcalinas y conductividad elevada.

2.2 Lodos residuales lácteos

Los “lodos lácteos” son las aguas residuales lácteas que pasan por diversos procesos en las plantas de tratamientos, al final se reduce el contenido de agua hasta obtener un efluente semilíquido que posee entre un 65 a 75 % de humedad, posee un pH variable debido a la presencia de soluciones ácidas y alcalinas y conductividad elevada. Las características de lodos lácteos pueden ser muy variadas, esto depende del manejo de cada empresa y su proceso de tratamiento (Morales, 2009).

Los lodos lácteos tienen alto contenido de nitrógeno y fósforo, estos tienen niveles bajos de metales pesados, además permiten tener mejor disponibilidad del intercambio de aluminio y calcio con el fósforo evitando su fijación en el suelo (López et al., 2002b).

En la Tabla 1 se muestra las propiedades de un lodo residual lácteo utilizado por López et al., (2002a), sin embargo, los resultados de los aparmetros analizados de los lodos residuales lacteos difieren entre las empresas debido al tratamiento y manejo de cada empresa.

Tabla 1*Valores medios de parámetros de lodos residuales lácteos (peso seco g/l).*

| Propiedades generales | | Total de metales pesados (mg/kg en peso seco) | | E.U. límites de metales pesados (mg/kg en peso seco) |
|------------------------------|-------|--|-------|---|
| pH | 7,40 | Zn | 180 | 2500 |
| E.C. (dS/m) | 2,35 | Cr | 14,5 | 1000 |
| N total (%) | 6,90 | Pb | 22,2 | 750 |
| C (%) | 38,30 | Cu | 50,3 | 1000 |
| C/N | 5,55 | Ni | 77,16 | 300 |
| P (%) | 2,69 | Cd | < 10 | 20 |
| K (%) | 0,92 | | | |
| Ca (%) | 2,00 | | | |
| Mg (%) | 0,46 | | | |
| Na (%) | 4,38 | | | |

Fuente: López et al., (2002a).

2.3 Compostaje

Se considera como un abono orgánico completo, en el cual se busca la descomposición de la materia vegetal, este proceso lo realizan los microorganismos del suelo bajo condiciones adecuadas. El tiempo para su proceso puede variar, dejando como producto final un abono de alta calidad (GOBIERNO DE ESPAÑA, 2008). El compostaje es una manera de transformar residuos agrícolas como: restos de podas, desechos de cosechas, rechazos de productos, entre otros, en un insumo agrícola para mejorar la fertilizada de los suelos (FAO, 2013). El compost utilizado en esta investigación se lo obtuvo de la florícola Golden ubicada en la provincia del Carchi, donde para la elaboración del compost se manejan porcentajes de 70% de material vegetal obtenido por las podas del cultivo de rosa, y un 30% de lodos residuales lácteos de la empresa Alpina S.A. San Gabriel.

El proceso de compostaje empieza por el picado de los residuos vegetales de la rosa, luego se esparce las cantidades necesarias de lodos residuales lácteos, el proceso del compostaje dura aproximadamente 2 meses (Aldean, 2016).

2.4 Fertilización

Navarro y Navarro (2014), manifiestan que es la capacidad de un suelo para dar buenas condiciones de agua y nutrientes en una relación equilibrada de características físicas, químicas y biológicas para el desarrollo de los cultivos, con el fin de obtener buenas cosechas.

Las plantas como todo ser vivo necesitan la presencia de nutrientes para su correcto desarrollo, estos nutrientes están presentes en el suelo a disposición de las plantas, algunas veces se abastece de forma natural con los minerales que están presentes en el suelo, sin embargo, esto causa un desgaste continuo por lo que se hace necesario dar aportes de fuentes nutricionales para evitar desbalances (Maya, 2014).

Dentro de enmiendas realizadas para aumentar el rendimiento y calidad de los cultivos, la de mayor importancia es la aplicada al suelo, esto se debe que las plantas obtienen la mayoría de sus nutrientes por la absorción radicular. Salazar (2014), menciona que 82% (C, O, H) de elementos necesarios para el desarrollo de las plantas están en la atmósfera, el 18% (nutrientes principales, secundarios y micronutrientes) restante las plantas lo extraen del suelo y de la aplicación de abonos o fertilizantes.

2.5 El Suelo

Desde el punto de vista agrícola el suelo es un sistema que respira, nitrifica, origina humus y más, estos procesos se dan por la presencia de organismos, minerales, agua, oxígenos; que tiene como función soportar la vegetación y dar las condiciones necesarias para su desarrollo (Navarro, 2003).

2.5.1 Composición del Suelo.

El suelo posee cuatro componentes que aportan para caracterizarlos y clasificarlos. En la siguiente tabla se muestra el porcentaje en que se encuentra cada componente en el suelo.

Tabla 2*Composición del suelo.*

| Componente | % en el suelo | % Peso seco (estufa) del suelo |
|------------------------------------|----------------------|---------------------------------------|
| Minerales | 40 | 95 – 99 |
| Materia Orgánica y Microorganismos | 10 | 1 – 5 |
| Agua | 15 – 35 | N/A |
| Aire | 15 – 35 | N/A |

Fuente: (FAO, 1991)

2.5.2 Propiedades físico-químicas.

Proporcionan parámetros mediante los cuales se cuantifica las cantidades de una manera más específica de los componentes del suelo y las formas en las que se encuentran.

Las propiedades físicas de un suelo pueden ser cuantificables por medio de la visión y el tacto; y estas pueden ser medidas por escalas, tamaño, consistencia e intensidad, entre otras (Thompson y Troeh, 2002). Algunas de las propiedades físicas según (Rucks et al., 2004), son: textura, porosidad, densidad aparente, densidad real, estructura, consistencia del suelo, aireación y atmosfera del suelo, color y propiedades térmicas del suelo.

La textura es una de las propiedades físicas del suelo que se manifiesta por las proporciones de arena, limo y arcilla presentes en el suelo, estos presentan diferentes porcentajes de estas partículas, lo que va a definir su textura que es diferente para cada horizonte de un mismo suelo (Porta et al., 2008).

En la Tabla 3 se presentan los rangos porcentuales de arena, limo y arcilla para su tipo de textura.

Tabla 3

Tipos de texturas del suelo y porcentajes de arena, limo y arcilla de acuerdo a su clase textural.

| Textura | arena (%) | limo (%) | arcilla (%) |
|------------------------|------------------|---|-----------------------------------|
| Arcillosa | < 45 | < 40 | ≥ 40 |
| Areno- arcillosa | ≥ 45 | | ≥ 35 |
| Franco-arcillosa | 20 a 45 | | 27 a 40 |
| Limo-arcillosa | | ≥ 40 | ≥ 40 |
| Franco-limo-arcillosa | < 20 | | 27 a 40 |
| Franco-areno-arcillosa | 20 a 35 | < 28 | ≥ 45 |
| Franca | < 52 | 28 a 50 | 7 a 27 |
| Franco-limosa | 12 a 27 | 50 a 80 | < 12 |
| Limosa | | ≥ 80 | < 12 |
| Franco-arenosa | ≥ 52 43 a 52 | Si limo + (2.0 x arcilla) > 30 < 50 | ≤ 20 < 7 |
| Arenosa-franca | 85 a 90 | Si limo + (1.5 x arcilla) ≥ 15 | Si limo + (2.0 x arcilla) > 30 |
| Arenosa | ≥ 85 | Si limo + (1.5 x arcilla) ≤ 15 | |

Fuente: (Gisbert et al., s.f)

Dependiendo de la textura se pueden dar o no parámetros que son fundamentales para el desarrollo de las plantas, dentro de los sistemas de producción agropecuaria se definen dos clases de importancia:

De dependiendo del tamaño de las partículas puede existir una erosión eólica o hídrica (Stocking y Murnagham, 2003).

Tabla 4*Tamaños de partículas del suelo.*

| Fracción | Diámetro (mm) |
|------------------|----------------------|
| Arena muy gruesa | 1 - 2 |
| Arena gruesa | 0.5 - 1 |
| Arena media | 0.25 - 0.5 |
| Arena fina | 0.1 - 0.25 |
| Arena muy fina | 0.1 - 0.05 |
| Limo | 0.002 – 0.05 |
| Arcilla | < 0.002 |

Fuente: (Kaplán et al. , 2011)

Según el tipo de estructura se pueden ver afectados los procesos de infiltración del agua, escorrentía superficial y la capacidad potencial de extraer partículas del suelo (Stocking y Murnagham , 2003).

La Tabla 5 relaciona la influencia de la textura del suelo con ciertos atributos importantes para el desarrollo de las plantas.

Tabla 5*Relación: Textura - Atributos del suelo.*

| Atributos | Suelos arenosos | Suelos de textura franca | Suelos de textura franco-limoso | Suelos arcillosos |
|---|------------------------|---------------------------------|--|--------------------------|
| Permeabilidad | alta | media | media | baja |
| Calentamiento en primavera | rápido | media | media | lento |
| Capacidad de almacenamiento de nutrientes | baja | media | media | alta |
| Dificultad para el laboreo | media | baja | moderada | alta |
| Energía de retención de agua | baja | media | media | alta |
| Potencial de escorrentía | bajo | bajo o medio | alto | medio a alto |
| Erosionabilidad por el viento | alta | media | baja | baja |

Fuente: (Porta y López, 2005)

Otra de las propiedades físicas del suelo es la densidad aparente que hace referencia al peso de suelo seco por la unidad de su volumen. Esta es inversamente proporcional a la porosidad del suelo, y directamente conveniente con la compactación, una de las maneras para bajar la densidad aparente es la incorporación de materias orgánicas (Thompson y Troeh, 2002). Núñez (1991), menciona que la densidad aparente posee diversos factores que influyen para su valor, entre estos podemos encontrar la roca madre de donde provienen,

contenido de materia orgánica, presencia de minerales, grado de compactación y clase textural (Tabla 6).

Tabla 6

Densidad aparente de acuerdo al tipo de suelo.

| Suelo | Densidad Aparente (Da) (g/cm ³) |
|-------------|---|
| Orgánicos | > 0.1 |
| Minerales | ≤ 1.6 |
| Arenosos | ≤ 1.8 |
| Compactados | ≤ 2 |

Fuente: (Núñez, 1991)

Las propiedades químicas del suelo son el potencial hidrógeno (pH), conductividad eléctrica. La FAO (2009) plantea que la actividad del ion Hidrógeno dentro del suelo se define como pH y este puede ser medido en campo por medio de una solución suelo (1): agua (2,5) mediante cintas colorimétricas, pero esto se debe confirmar con un análisis de laboratorio.

Los valores del pH (Figura 1) pueden ser alcalinos, neutros y ácidos (FAO, s.f.), esto influye en la productividad de los cultivos, los valores adecuados para la agricultura oscilan entre 6,5 y 8,5 (FAO, s.f.).

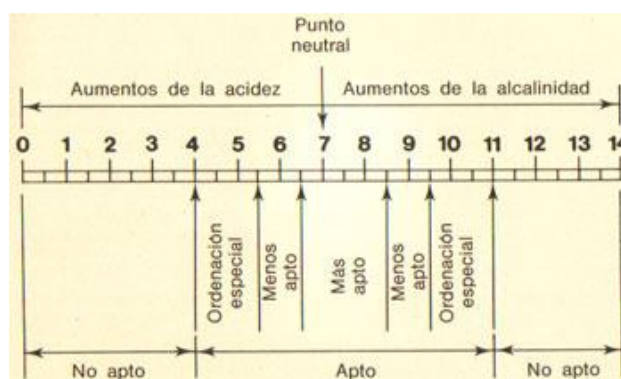


Figura 1. Escala de pH.

Fuente: (FAO, s.f.).

La conductividad eléctrica (CE) es una propiedad química del suelo donde un alto contenido de sales solubles aumenta la CE en los suelos, esta concentración de sales se da por el origen del suelo, textura, topografía, clima, precipitación entre otras (Álvares et al., 2005).

La salinidad afecta en un 30% a la producción de los cultivos a nivel mundial, y esta se expresa de acuerdo al ecosistema del suelo y de forma secundaria por la mala manipulación del hombre (Rodríguez *et al*, 2006). La CE por tener influencia en la disponibilidad de agua y nutrientes para las plantas y los microorganismos en el suelo; puede atenuar su actividad en la disposición de nutrientes dentro de la rizosfera para los cultivos y microbiología del suelo (Bautista *et al*, 2004).

Sin embargo, en su estudio, López *et al.*, (2000), enuncian que la fertilización con lodos residuales lácteos tubo un valor para conductividad eléctrica de 0,23 dS/m, siendo niveles que permiten el desarrollo normal de las plantas.

En la tabla 7 se presenta la relación de conductividad eléctrica y la tolerancia de los cultivos.

Tabla 7

Tolerancia de los cultivos a la conductividad eléctrica del suelo.

| Categoría | CE (dS/m) | Característica |
|-----------------------|------------------|----------------------------------|
| No salino | < 2 | Ningún cultivo es afectado |
| Ligeramente salino | 2 - 4 | Afectado los cultivos sensibles |
| Salino | 4 - 8 | Afectados muchos cultivos |
| Fuertemente salino | 8 – 16 | Posible solo cultivos tolerantes |
| Extremadamente salino | > 16 | Muy pocos cultivos son posibles |

Fuente: (Villafañe, 1999)

Una propiedad química del suelo para evaluación de abonos o fertilizantes es la relación de absorción de sodio. El efecto perjudicial del sodio sobre los cultivos es indirecto, debido a la influencia negativa que tiene este catión sobre la estructura del suelo. El sodio desplaza al calcio y al magnesio del complejo arcillo-húmico, provocando así la dispersión de las partículas, lo que acarrea el desmoronamiento de la estructura del suelo. El suelo pierde su capacidad de aireación y de infiltración. Además, se produce la alcalinización del suelo, pudiéndose elevar el pH por encima de 8.5.

Hay que tomar en cuenta dentro de las propiedades químicas el contenido de macro y micro nutrientes, en la Tabla 8 se caracteriza los requerimientos por la planta. Además, los elementos básicos fundamentales para el desarrollo en plantas superiores tienen funciones tan específicas dentro de procesos biológicos en las células que no pueden ser sustituidos por otros elementos (UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA, 2015), en la Tabla 9 se presenta la función de dichos elementos en el desarrollo de las plantas y la Tabla 10 presenta la sintomatología ante la deficiencia de nutrientes en la planta.

Tabla 8.

Macro y micro elementos requeridos por la planta.

| No Definidos | Primarios | Clasificación | | |
|--------------|-----------|---------------|-----------------|----------|
| | | Secundarios | Micronutrientes | Otros |
| Carbono | Nitrógeno | Calcio | Hierro | Cobalto |
| Hidrógeno | Fósforo | Magnesio | Manganeso | Vanadio |
| Oxígeno | Potasio | Azufre | Boro | Yodo |
| | | | Zinc | Sodio |
| | | | Cobre | Silicio |
| | | | Molibdeno | Aluminio |
| | | | Cloro | Flúor |

Fuente: (Salazar, 2014)

Tabla 9*Función de los elementos esenciales en la planta.*

| Grupo | Función | Nutriente | Forma iónica | Función específica |
|--------------|--|------------------|--|--|
| 1 | Principales constituyentes de la MO. Procesos enzimáticos. | C | CO ₂ | Constituyente de sustancias necesarias para la vida como: proteínas, enzimas, hidratos de carbono, hormonas, entre otros. |
| | | H | H ⁺ , H ₂ O | Enlaces para pared celular, componente del agua, disolvente de minerales. |
| | | O | O ₂ , H ₂ O | Respiración celular, procesos fotosintéticos, constituyente del agua. |
| | | N | NH ₄ ⁺ , NO ₃ ⁻ | Constituyente de proteínas, enzimas, ácidos nucleicos y otros. |
| | | S | SO ₄ ⁻² | Constituyente de proteínas y enzimas. |
| 2 | Transferencia de energía. Esterificación. | P | H ₂ P ₄ ⁻ HPO ₄ ⁻² | Constituyente Fosfolípido, ATP, nucleótido, azúcares. |
| | | B | H ₂ BO ₃ ⁺ , HBO ₃ ⁺² | Metabolismo de ácidos nucleicos. Constituyente de pared celular. Implicado en elongación celular. |
| | | Si | Si(OH) ₄ | Propiedades de la pared celular (rigidez y flexibilidad). |
| 3 | Activación Enzimática. Balance Iónico. Permeabilidad en la membrana. Potenciales electroquímicos. | K | K ⁺ | Electro neutralidad celular. Cofactor de más de 40 enzimas. Establecimiento de la presión de turgencia celular. |
| | | Ca | Ca ²⁺ | Constituyente de la pared celular media. Hidrólisis de ATP y fosfolípidos. Regulación del metabolismo. |
| | | Na | | Cierre y apertura de estomas, auxiliar en metabolismo y síntesis de clorofila. |
| | | Mg | Mg ²⁺ | Constituyente de la clorofila, constituyente de enzimas para transferencias de fosfatos. |
| | | Mn | Mn ²⁺ | Implicado en reacciones enzimáticas en el proceso fotosintético en generación de O ₂ fotosintético, Constituyente de enzimas. |
| | | Cl | Cl ⁻ | Necesario para reacciones fotosintéticas que implican O ₂ |
| 4 | Permiten transporte de electrones | Fe | Fe ²⁺ , Fe ³⁺ | Constituyente de citocromos y proteínas implicadas en la fotosíntesis, fijación de N y respiración celular. |
| | | Cu | Cu ²⁺ | Componentes de ácido ascórbico, constituyente de enzimas. |
| | | Mo | MoO ₄ ⁻² | Constituyente de la nitrogenasa y enzimas como la reductasa. |
| | | Zn | Zn ²⁺ | Constituyente de enzimas |
| | | Ni | Ni ²⁺ | Constituyente de ureasa, constituyente de las hidrogenasas. |

Fuente: (Zeiger, 2006)

Tabla 10
Síntomas de deficiencia de nutrientes en la planta.

| Nutriente | Síntomas de deficiencia visual en el follaje | Movilidad en la planta |
|------------------|--|-------------------------------|
| N | Clorosis en hojas basales | Móvil |
| S | Clorosis generalizada, poco vigor. | Inmóvil |
| P | Color opaco en follaje y ápice con coloración pardo rojiza, poca fructificación. | Móvil |
| B | Ramillas secas, necrosado interno de los tallos, mala floración y cuajado de los frutos. | Inmóvil |
| Si | Desarrollo anormal de la flor | |
| K | Coloración bronceada de las hojas basales y medias, necrosis de bordes en las hojas. | Móvil |
| Ca | Atenúa el crecimiento de brotes, pudrición de parte apical de los frutos. | Inmóvil |
| Na | Clorosis y necrosis en los filos de hojas nuevas | Móvil |
| Mg | Clorosis en nervaduras de hojas viejas e intermedias. | Móvil (Medianamente) |
| Mn | Clorosis en hojas nuevas. | Móvil |
| Cl | Marchitez y clorosis | Móvil |
| Fe | Produce coloración blanca en hojas apicales. | Inmóvil |
| Cu | Mala floración, marchitez y escaso vigor. | |
| Mo | Enrollamiento de hojas y clorosis en hojas basales. | Móvil |
| Zn | Enrollamiento de las hojas en la parte apical. | Móvil |

Fuente: (Bernal, 2003)

2.6 Cultivo de avena forrajera

2.6.1 Importancia.

De los cereales cultivados a nivel mundial, la avena ocupa el quinto lugar (INIFAP, 2008). En el Ecuador la avena para consumo humano casi en su totalidad es importada. El incremento de este cultivo se ha visto para uso como forraje especialmente para especies menores (IICA, 1985). Con esta gramínea, se obtienen grandes rendimientos de hasta 11 tm/ha, posee un gran valor nutritivo, esto se debe a que posee aminoácidos esenciales para la alimentación (UNIVERSIDA PÚBLICA DE NAVARRA, 2012).

2.6.2 Clasificación taxonómica.

- Reino: Vegetal.
- División: Tracheophyta.
- Subdivisión: Pteropsida.
- Clase: Angiosperma.
- Subclase: Monocotiledónea.
- Orden: Graminales.
- Familia: Gramineae.
- Tribu: Avenae.
- Género: *Avena*
- Especie: *A. sativa*

(Pulido, 2008)

2.6.3 Descripción Botánica.

El ciclo de la avena es de 130 a 180 días en estado de pastura y de madurez respectivamente, con una altura de 1,40 m (Fuentes, 1984).

En una planta de hábito anual, presenta un tallo herbáceo con nudos y entrenudos, erecto con presencia de tricomas vellosos, sus hojas están dispuestas en forma alternada, son de forma alargada con presencia de lígulas, tienen una longitud de hasta 45 cm y 1- 2 cm de ancho, su inflorescencia es una panícula de hasta 40 cm de largo, con presencia de flores de 1.8 a 2.5 cm de largo que pasan a ser espiguillas, su fruto es un cariósipide de color verdoso a café y posee una raíz fibrosa muy ramificada.

Fuente: (Vibrans, 2009).

Características Agroecológicas

Altura: 2200 – 3300 msnm

Temperatura: 8 a 16 °C

Precipitación: 600 a 700 mm

pH: 6 a 7

Suelo: francos, con abundante cantidad de materia orgánica con alta retención de humedad.

Fuente: (Revista El agro , 2014)

2.6.4 Recomendaciones de Siembra y Fertilización del cultivo de Avena.

a) Siembra.

La densidad de siembra varía de acuerdo al uso que se le va a dar ya sea para la producción de forraje o para la obtención de grano como se especifica en la Tabla 11.

Tabla 11

Densidad de siembra del cultivo de avena.

| Densidad (kg/ha) | Propósito |
|------------------|---------------------|
| 80 a 100 | Corte en verde |
| 150 a 180 | Producción de grano |
| 80 a 100 | Heno |

Fuente: (Squella y Ormeño, 2008)

b) Fertilización.

Para una adecuada fertilización se recomienda realizar un análisis previo (Tabla 12), con esto se determina la ausencia de nutrientes necesarios para el cultivo de Avena e identifica las fuentes para realizar las enmiendas.

Tabla 12

Requerimientos de NPK para el cultivo de avena de acuerdo al nivel de fertilidad del suelo.

| Interpretación del análisis de suelos | N | P₂O₅ | K₂O |
|--|----------|-----------------------------------|-----------------------|
| Bajo | 60 | 80 | 60 |
| Medio | 40 | 50 | 40 |
| Alto | 20 | 20 | 20 |

Fuente: (Padilla, 1979)

CAPÍTULO 3

3. Materiales y métodos

3.1 Caracterización del área de estudio

3.1.1 Ubicación geográfica.

La fase de campo se realizó en el sector de la comunidad La Esperanza, parroquia Cristóbal Colón del cantón Montufar en la provincia del Carchi.

- Altitud: 2836 msnm *
- Latitud: -9108.637*
- Longitud: 685161.366*
- Temperatura promedio: 12 °C
- Precipitación (mm): 1700-2000

Datos Obtenidos de (Tulcán Online, 2012)

* Datos obtenidos en campo con un equipo GPS.

Además, la ubicación a nivel, nacional, cantonal y parroquial se visualiza en la figura 2.

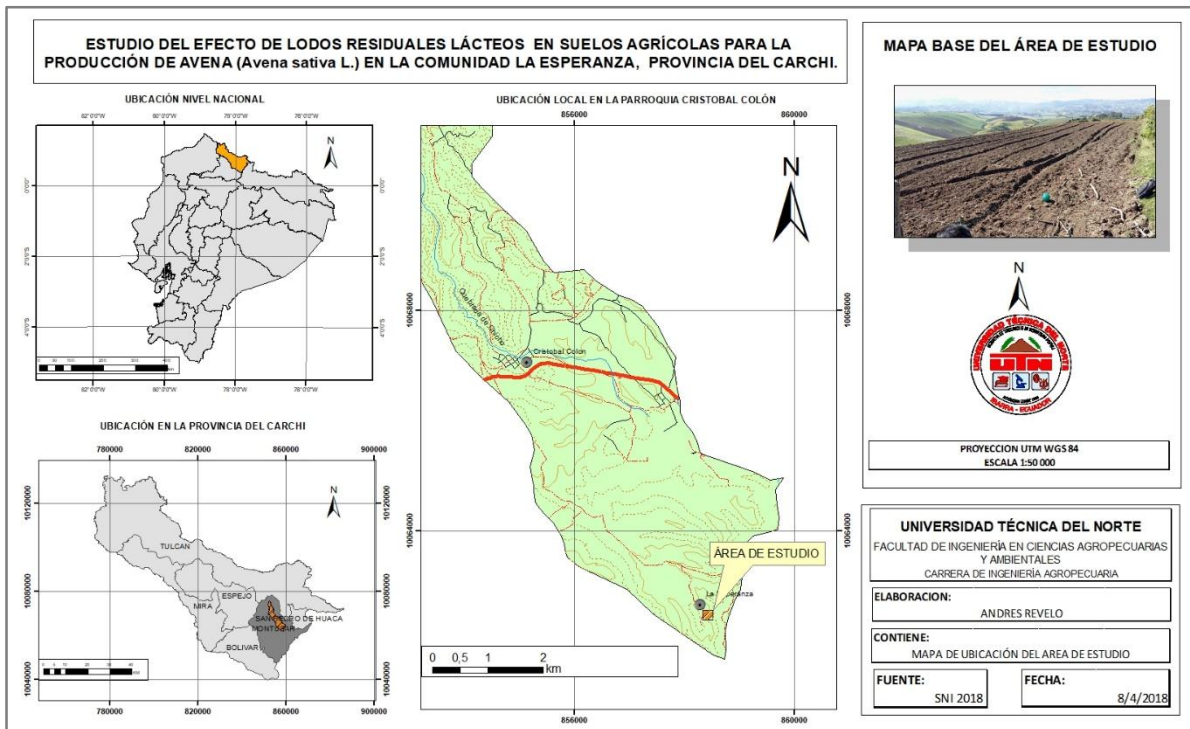


Figura 2. Mapa de la ubicación del área de estudio.

3.2 Materiales, equipos e insumos

3.2.1 Material Experimental.

- Lodos residuales lácteos
- Compostaje de lodos residuales lácteos

3.2.2 Material de Campo.

- Azadón
- Palancón
- Libro de campo
- Lápiz
- Estacas
- Piola
- Recipientes plásticos
- Cámara fotográfica
- Letreros
- Fundas plásticas
- Barreno de tubo
- Baldes
- Hoz
- Metro
- Balanza
- GPS

3.2.3 Insumos.

- Semillas
- Abono orgánico

3.2.4 Equipos.

- Estufa a gas
- Bandejas de aluminio
- Recipientes de aluminio
- Gas
- Balanzas

3.2.5 Equipos de oficina.

- Computador
- Impresora
- Cuaderno
- Hojas de papel bond tamaño A4
- Lápiz

3.3 Métodos

3.3.1 Factores en estudio.

Factor A: Materias orgánicas

Factor B: Tipo de suelo

3.3.2 Tratamientos.

Una vez realizado los análisis de suelos y obtenido los niveles de nitrógeno en el suelo, los porcentajes de lodos residuales lácteos (LRL) más compostaje de lodos residuales lácteos (compost de LRL) se incorporaron para proporcionar el 100% del requerimiento de nitrógeno, necesario para el desarrollo del cultivo de avena. Estos se los comparo con una fertilización química (FC) donde se utilizó únicamente urea y un tratamiento de control.

Tabla 13

Tratamientos.

| Tratamiento | LRL (%) | Compost de LRL (%) | Tipo de suelo |
|--------------|---------|--------------------|----------------|
| T1 | 25 | 75 | Franco arenoso |
| T2 | 50 | 50 | Franco arenoso |
| T3 | 75 | 25 | Franco arenoso |
| T4(Testigo) | | FC | Franco arenoso |
| T5(testigo) | | SF | Franco arenoso |
| T1 | 25 | 75 | Franco |
| T2 | 50 | 50 | Franco |
| T3 | 75 | 25 | Franco |
| T4 (testigo) | | FC | Franco |
| T5(testigo) | | SF | Franco |

FC: Fertilización convencional, SF: Sin fertilización

3.3.3 Diseño experimental.

En la realización del ensayo en campo se utilizó un Diseño de Parcelas Divididas con estructura en bloques al azar para el análisis estadístico, este constó de 10 tratamientos y 3 repeticiones.

3.3.4 Características de la unidad experimental.

- Diseño de Parcelas Divididas con estructura en bloques al azar (DPD)
- Repeticiones: 3
- Tratamientos: 10
- Total de unidades experimentales: 30
- Características de la unidad experimental
- Forma: Rectangular
- Largo de la parcela: 6 m
- Ancho de la parcela: 5 m
- Efecto borde: 1 m
- Área total de la unidad experimental: $6 \times 5 = 30 \text{ m}^2$
- Área de la parcela neta: $4 \text{ m} \times 3 \text{ m} = 12 \text{ m}^2$
- Separación entre parcelas: 2 m
- Separación entre repeticiones: 3 m
- Área total del ensayo: 1680 m^2
- Área experimental del ensayo: 900 m^2

La distribución en campo se encuentra representado en el Anexo 1.

3.3.5 Análisis estadístico.

En la Tabla 14 se presenta el ADEVA para el Diseño Parcelas Divididas (DPD) con estructura de bloques al azar.

Tabla 14*Análisis de varianza para el diseño de parcelas divididas.*

| Fuente de variación | Formula | Grados de libertad |
|----------------------------|-------------------|---------------------------|
| Bloques (A) | (R - 1) | 2 |
| Factor B (Tipo de suelo) | (A - 1) | 1 |
| Error (A x B) | (R-1) x (A-1) | 2 |
| Factor C (Tratamientos) | (B - 1) | 4 |
| Interacción (A x C) | (A - 1) (B - 1) | 8 |
| Interacción (B x C) | (B - 1) (C - 1) | 4 |
| Error (A x B x C) | A (B - 1) (R - 1) | 8 |
| Total | [(A)(B)(R)] - 1 | 29 |

3.4 Variables

Se tomó las muestras de suelo antes de la fertilización y el segundo muestreo se lo realizó después de la cosecha, mediante un barreno de tubo con una profundidad de 30 cm, para esto se tomó 10 sub muestras por cada unidad experimental, de estas se obtuvo una muestra representativa de 1 kg la cual se envió al laboratorio.

3.4.1 Variables edáficas físicas.

3.4.1.1 Textura.

Se aplicó el método Bouyoucos Modificado (INIAP, 2014). (Anexo 2)

3.4.1.2 Densidad aparente (Da).

El método empleado fue el método de los cilindros.

Para este se procedió a sacar una muestra por unidad experimental del suelo con el cilindro (se debe conocer el volumen del cilindro) con la ayuda de un martillo para la penetración del suelo, esta muestra se colocó en una bolsa plástica etiquetada.

Se procedió a secar el suelo en una estufa a 105- 110 °C por 24 horas, se realizó los pesajes y se hizo los cálculos con la ecuación:

$$DA \text{ (gr/cm}^3\text{)} = (A-B) / V$$

- A: peso de suelo
- B: peso de suelo seco
- V: volumen del cilindro

(Heredia, SF).

3.4.2 Variables edáficas químicas.

3.4.2.1 Potencial hidrógeno (pH).

Se empleó el método potencio métrico, en una relación suelo: agua de 1:2.5 respectivamente (INIAP, 2014).

3.4.2.2 Conductividad eléctrica (CE).

El método empleado fue conducto métrico, en extracto de pasta saturada (INIAP, 2014). (Anexo 2)

3.4.2.3 Contenido de materia orgánica.

Se usó el método de Walckley y Black, este será expresado en porcentaje (INIAP, 2014). (Anexo 2)

3.4.2.4 Contenido de NPK.

La metodología utilizada fue espectrofotometría (Abs vs C). Anexo 2.

3.4.3 Variables agronómicas del cultivo de avena (*Avena sativa* L.).

3.4.3.1 Altura de planta.

Se tomaron dos alturas, la primera será a los 30 días luego de la germinación y la segunda se realizó a los 60 días después de la germinación. La altura se procedió a tomar desde el cuello de la raíz hasta el ápice de la hoja más alta de la planta, tomando 30 alturas por cada unidad experimental al azar.

3.4.3.2 Contenido de materia seca.

Se tomaron muestras aleatorias dentro de la parcela neta, con el método del cuadrante, este tubo 1 m de lado, se muestreó 100 g de forraje para la determinación de esta variable.

La ecuación empleada fue:

$$\text{Materia Seca (\%)} = (\text{PS/PV}) \times 100$$

Donde:

Peso de forraje verde (PV)

Peso de forraje seco (PS)

Para el secado se realizó el siguiente proceso:

Muestras de 100 g de material verde fresco se colocó en estufa a una temperatura de 100 °C por 24 horas.

Fuente: (INEA, 2012)

3.5 Manejo específico del ensayo

3.5.1 Selección del terreno.

El ensayo se estableció en la hacienda La Esperanza, sus principales actividades son la ganadería de leche y la agricultura especialmente del cultivo de papa. El lote donde se estableció el ensayo estuvo a una altitud a de 2836 msnm, con una pendiente de 2 %, el lote se encontró en descanso por un periodo de 1 año, las especies presentes antes de la preparación del terreno fueron kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), nabo (*Brassica rapa* subsp. Oleífera) y lengua de vaca (*Rumex cuneifolius*), este lote no fue utilizado para el cultivo de avena por un periodo de 3 años. En lote se encontraron dos tipos de suelos franco arenoso (Figura 3) y suelo franco (Figura 4).



Figura 3. Suelo franco arenoso.



Figura 4. Suelo franco.

3.5.2 Preparación del terreno.

Un mes antes de la siembra del cultivo, se realizó el acondicionamiento del terreno, para ello se efectuó un pase de arado y dos pases con rastra, con el propósito de obtener unos 30 cm de suelo mullido y suelto. Debido a la época lluviosa fue necesario un tercer pase de rastra ya que el suelo franco tiende a compactarse con la lluvia y no permite la correcta germinación de la semilla, el pase se lo realizó a toda el área del ensayo.

3.5.3 Delimitación de las unidades experimentales.

Se realizó utilizando el método de triangulación, para ello se midió una línea base de 6 m, se lo realizó colocando estacas en los puntos A y B de la línea base como se visualiza en la Figura 5.



Figura 5. Delimitación de unidades experimentales.

con un ángulo de 90° se midió la siguiente línea de 5 m, con la ayuda de estacas se marcaron los 3 vértices, se procedió a estirar la piola hasta alcanzar las longitudes deseadas para el área total del ensayo, se procedió a medirlas distancias (Figura 6) para cada una de las unidades experimentales tomando en cuenta el espacio de caminos.



Figura 6. Medición de unidades experimentales.

3.5.4 Distribución de tratamientos y bloques.

El ensayo contó de 3 bloques y 10 tratamientos (Anexo 1), se realizó el sorteo para cada uno respectivamente, con un total de 30 unidades experimentales, el diseño fue de Parcelas Divididas con estructura de bloques al azar, en cada unidad experimental se colocó letreros para su identificación como se observa en la Figura 7.



Figura 7. Identificación de unidades experimentales.

3.5.5 Análisis de lodos residuales lácteos y compostaje.

Se tomó 8 kg de lodos de la planta de tratamiento de la empresa Alpina San Gabriel, este se secó en estufa a 60 °C (Figura 8) hasta observar que no presenta más humedad en envases plásticos no contaminados y etiquetados se envió al laboratorio donde se realizó los análisis (Anexo 3).



Figura 8. Lodos residuales lácteos frescos y lodos residuales lácteos secos.

Para el análisis del compostaje se tomó una muestra representativa de 1 kg de la materia en la florícola Golden ubicada en la ciudad La Paz en la provincia del Carchi, esta muestra (Figura 9) se envió al laboratorio para realizar los análisis composicionales de la materia (Anexo 4).



Figura 9. Compostaje de lodos residuales lácteos.

3.5.6 Análisis de suelo.

Se realizó un análisis por cada unidad experimental, siguiendo la metodología del INIAP, con 10 sub-muestras por parcela y una muestra de 1 kg (Figura 10), las muestras se enviaron al laboratorio para la realización de los análisis (Anexo 5, 6,7).



Figura 10. Muestreo del suelo y etiquetado de las muestras.

Para el análisis de densidad aparente se utilizó un cilindro de 205,66 cm³ de material plástico (tuvo PVC), con un soporte de madera se introdujo el cilindro con ayuda de un martillo golpeando hasta que se encuentre totalmente sumergido (Figura11),



Figura 11. Toma de muestras con cilindro para densidad aparente del suelo.

la muestra de tierra se tomó a una profundidad de 10 cm, la cual fue colocada en fundas plásticas y se etiquetó (Figura 12). Para el secado se utilizó una estufa a gas, las muestras fueron colocadas en bolsas de papel y secadas a 110 °C por 24 horas.



Figura 12. Secado del suelo para cálculo de densidad aparente.

esto se lo realizó en la granja La Pradera de la Universidad Técnica del Norte. Transcurrido el tiempo mencionado se procedió a pesar (Figura 13) con una balanza de 1 g de precisión (Anexo 8).



Figura 13. Pesaje del suelo seco y cálculo de densidad aparente.

3.5.7 Fertilización.

Una vez distribuidas las repeticiones y tratamientos, se procedió a incorporar las cantidades de lodos residuales lácteos y las cantidades de compost (Figura 14), las cantidades aplicadas fueron variables entre los tratamientos (Tabla 15) debido a que se aplicó en base al nivel de fertilidad del suelo y el requerimiento del cultivo del nitrógeno.



Figura 14. Pesaje de lodos residuales lácteos para fertilización.

Se incorporó simulando el abonado de los agricultores (al voleo) esta actividad se realizó una semana antes de la siembra de la avena y se procedió a cubrir con una capa de 15 cm de suelo (rascadillo) para su incorporación (Figura 15), el mismo procedimiento se realizó para las parcelas fertilizadas con urea.



Figura 15. Fertilización e incorporación de las materias orgánicas.

Tabla 15

Cantidades de lodos residuales lácteos y compostaje de lodos residuales lácteos empleados por cada unidad experimental.

| UE | LRL (kg) | | | Compost LRL (kg) | | |
|------|------------------|------|------|------------------|------|------|
| | R1 | R2 | R3 | R1 | R2 | R3 |
| FAT1 | 1.46 | 1.46 | 1.46 | 6.5 | 6.5 | 6.5 |
| FAT2 | 2.33 | 2.33 | 2.92 | 3.47 | 3.47 | 4.34 |
| FAT3 | 3.50 | 4.38 | 3.50 | 1.74 | 2.17 | 1.74 |
| FAT4 | 652.17 g de urea | | | | | |
| FAT5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| FT1 | 1.46 | 1.46 | 1.46 | 6.5 | 6.5 | 6.5 |
| FT2 | 2.92 | 2.92 | 2.92 | 4.34 | 4.34 | 4.34 |
| FT3 | 4.38 | 4.38 | 4.38 | 2.17 | 2.17 | 2.17 |
| FT4 | 652.17 g de urea | | | | | |
| FT5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

UE: unidad experimental, FA: suelo franco arenoso, F: suelo franco, R: repetición, T: tratamiento, LRL: lodos residuales lácteos.

3.5.8 Siembra.

El cultivo fue destinado como forraje verde, para la siembra se efectuó de modo manual al “voleo” (Figura 16), con una densidad de siembra de 80 kg/ha, en el ensayo se utilizó 240 g/30 m², posterior se procedió a tapar la semilla con un rastrillo.



Figura 16. Siembra de la avena al voleo.

3.5.9 Controles fitosanitarios.

No se aplicaron agroquímicos, ni se realizó otro tipo de control (mecánico, biológico) debido a que el sector donde se estableció el ensayo no presentó porcentajes de plagas que puedan afectar el rendimiento del cultivo.

3.5.10 Deshierbe.

Se realizó dos deshierbes manuales (Figura 17), el primero se lo realizó a los 18 días después de la siembra, el segundo se lo realizó a los 45 días después de la siembra.



Figura 17. Deshierbe de las parcelas.

3.5.11 Riego.

Ya que se sembró en época lluviosa (diciembre-marzo) no fue necesario realizar esta actividad, sin embargo, se realizó monitoreos para observar que el cultivo no presente síntomas de marchitez.

3.5.12 Cosecha.

Primeramente, se visualizó que el cultivo presente entre un 10 % de floración con un periodo de 82 días de la siembra a la cosecha como se observa en la figura 18.



Figura 18. Inicio de la floración del cultivo de avena.

Con la ayuda de estacas y piola se procedió a eliminar 1 m de efecto borde (Figura 19) y cortar con hoz



Figura 19. Eliminación del efecto borde en las parcelas.

Para obtener los datos necesarios de la investigación se utilizó un cuadrante de 1 m² de hierro (Figura 20), este se lanzó dentro de la parcela neta de la unidad experimental y se cortó el forraje dentro del cuadrante de forma manual con ayuda de una hoz a una altura de 10 cm del cuello de la raíz.



Figura 20. Corte de la avena con cuadrante 1 m de lado.

Se procedió a pesar con una balanza de 10 g de precisión (Figura 21) y anotar los datos en el libro de campo, este procedimiento se lo realizó cuatro veces por cada unidad experimental.



Figura 21. Pesaje y toma de datos del rendimiento de la avena.

Para la obtención de la muestra para determinar materia seca se procedió a mezclar los 4 cortes obtenidos con el cuadrante y se mezcló de forma manual (Figura 22). Estas muestras se las pico con machete dejando trozos de unos 5 cm aproximadamente de largo

(Figura 23), el cual se pesó en campo una cantidad de 1 kg, de este material picado se precedió a tomar 3 muestras de 1 kg,



Figura 22. Toma de muestras de avena.



Figura 23. Picado de la avena para secado.

las muestras fueron llevadas a la granja La Pradera de la Universidad Técnica del Norte para la realización del secado del material vegetal como se observa a continuación (Figura 24).



Figura 24. Material vegetal pasa secado.



Figura 25. Secado de la avena para determinación de materia seca.

para el secado se ocupó muestras de 100 gr por cada unidad experimental realizando 3 repeticiones, estas fueron colocadas en bandejas de aluminio y se las colocó en la estufa a una temperatura de 100 °C por 24 h (Figura 25), se procedió a pesar con una balanza de 1 g de precisión y a continuación se determinó de la materia seca (Figura 26).



Figura 26. Pesaje y toma de datos de la avena después de secado.

CAPÍTULO 4

1. Resultados y discusión

1.1 Textura

1.1.1 Arena.

Una vez realizado el análisis estadístico se determinó que no existió interacción entre los tratamientos, tipo de suelo y aplicación de los fertilizantes ($p= 0.9318$) en el porcentaje de arena del suelo. Tampoco existieron interacciones entre los factores: tratamiento y aplicación ($p= 0.7666$), tipo de suelo y aplicación ($p= 0.8083$). Existió interacción entre el tipo de suelo y tratamiento ($p= 0.0320$). De forma individual existió diferencias estadísticas significativas al 5% para tipo de suelo ($p= <0.0001$) y tratamiento ($p= 0.0028$). No hubo diferencias estadísticas significativas al 5% para la aplicación de los fertilizantes ($p= 0.9318$).

Tabla 16

ADEVA del porcentaje de arena.

| | gl - F | gl - E. Exp. | F - valor | p - valor | Significancia |
|--|--------|-----------------|--------------|--------------|---------------|
| Tipo suelo | 1 | 38 | 147.28 | <0.0001 | * |
| Tratamientos | 4 | 38 | 4.89 | 0.0028 | * |
| Aplicación | 1 | 38 | 3.77 | 0.0598 | ns |
| Tipo suelo: tratamiento | 4 | 38 | 2.96 | 0.0320 | * |
| Tipo suelo: aplicación | 1 | 38 | 0.06 | 0.8083 | ns |
| Tratamiento: aplicación | 4 | 38 | 0.46 | 0.7666 | ns |
| Tipo suelo: tratamiento: aplicación | 4 | 38 | 0.21 | 0.9318 | ns |

ns: no significativo, *: significativo al 5 %

Tabla 17

*Medias y error estándar de la interacción Tipo de suelo*Tratamiento del porcentaje de arena en el suelo.*

| Tipo de suelo | Tratamientos | Medias (%) | E.E. | Rango |
|---------------|--------------|------------|------|-------|
| FA | 3 | 65.67 | 2.17 | A |
| FA | 2 | 64.53 | 2.66 | A |
| FA | 4 | 63.20 | 1.38 | A |
| FA | 5 | 61.40 | 3.09 | A |
| FA | 1 | 53.80 | 1.65 | B |
| F | 4 | 50.80 | 1.08 | BC |
| F | 2 | 48.53 | 1.48 | C |
| F | 5 | 47.13 | 0.97 | C |
| F | 3 | 46.72 | 0.60 | C |
| F | 1 | 46.53 | 0.87 | C |

Nota: Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$), FA: franco arenoso, F: franco.

La fracción de arena en el suelo franco arenoso y franco no presentaron cambios significativos por la aplicación de los fertilizantes (Tabla 16). Sin embargo, se presentaron diferencias en el tipo de suelo por los tratamientos (Tabla 16).

Los porcentajes de arena fueron influenciados por el tipo de suelo y los tratamientos, sin embargo, esto es independiente a la aplicación de los fertilizantes (Tabla 16).

La fracción de arenas en el suelo franco arenoso fue mayor que en el suelo franco, excluyendo el tratamiento 1 que presentó los porcentajes más bajos y similares al tratamiento 4 del suelo franco (Tabla 17).

En el suelo franco el porcentaje de arena no cambió al aplicar los distintos tratamientos. Esto puedes verlo al comparar el tratamiento 5 con el resto de tratamientos. Prácticamente todos los tratamientos son iguales para este tipo de suelo (tabla 17). En el suelo franco arenoso si hay un cambio en la fracción de arena al aplicar los distintos tratamientos. Todos los tratamientos comparten el mismo rango estadístico que el tratamiento 5, a excepción del tratamiento 1 que tiene menor porcentaje de arena (tabla 17).

1.1.2 Limo.

Una vez realizado el análisis estadístico se determinó que no existió interacción entre los tratamientos, tipo de suelo y aplicación de los fertilizantes ($p= 0.6624$) en el porcentaje de limo del suelo. No existieron interacciones entre: tratamiento y aplicación ($p= 0.6918$), tipo de suelo y aplicación ($p= 0.1619$). Existió interacción entre el tipo de suelo y tratamiento ($p= 0.0032$). De forma individual existió diferencias estadísticas significativas al 5% para tipo de suelo ($p= <0.0001$). No hubo diferencias estadísticas significativas al 5% para los tratamientos ($p= 0.3650$) y la aplicación de los fertilizantes ($p= 0.3692$).

Tabla 18

ADEVA del porcentaje de limo.

| | Gl – F | gl – E. Exp. | F – valor | p – valor | Significancia |
|--|-------------------|-------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| Tipo suelo | 1 | 38 | 24.88 | <0.0001 | * |
| Tratamientos | 4 | 38 | 1.11 | 0.3650 | ns |
| Aplicación | 1 | 38 | 0.83 | 0.3692 | ns |
| Tipo suelo: tratamiento | 4 | 38 | 4.79 | 0.0032 | * |
| Tipo suelo: aplicación | 1 | 38 | 2.03 | 0.1619 | ns |
| Tratamiento: aplicación | 4 | 38 | 0.56 | 0.6918 | ns |
| Tipo suelo: tratamiento: aplicación | 4 | 38 | 0.60 | 0.6624 | ns |

ns: no significativo, *: significativo al 5 %

Tabla 19

*Medias y errores estándares de la interacción tipo de suelo*tratamientos del porcentaje de limo en el suelo.*

| Tipo de suelo | Tratamientos | Medias (%) | E.E. | Rango |
|----------------------|---------------------|-----------------------|-------------|--------------|
| F | 3 | 35.38 | 0.29 | A |
| F | 4 | 33.47 | 0.89 | AB |
| F | 5 | 31.23 | 1.97 | BC |
| F | 1 | 31.20 | 1.03 | BC |
| F | 2 | 31.17 | 1.34 | BC |
| FA | 1 | 32.70 | 0.72 | AB |
| FA | 5 | 28.50 | 0.92 | CD |
| FA | 2 | 27.13 | 2.28 | D |
| FA | 4 | 26.83 | 0.90 | D |
| FA | 3 | 25.43 | 1.80 | D |

Nota: Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$), FA: franco arenoso, F: franco.

El porcentaje de limo en ambos tipos de suelo no fue alterado por la aplicación de los fertilizantes (Tabla 18).

El porcentaje de limo tuvo variaciones por los tratamientos en cada tipo de suelo, el tratamiento 1 del suelo franco arenoso fue similar al del suelo franco, el tratamiento 2 los porcentajes de limo fueron semejantes en los dos tipos de suelo (Tabla 19). En los tratamientos 2,3 y 4 se presentaron diferencias significativas ya que, en el suelo franco el porcentaje de limo ostento cantidades superiores que en el suelo franco arenoso (Tabla 19).

Realizando el análisis independientemente por cada tipo de suelo, el tratamiento 1 del suelo franco arenoso tuvo porcentajes de limo superiores a los otros tratamientos que fueron similares estadísticamente (Tabla 19). En el suelo franco el tratamiento 3 poseyó cantidades de limo más altas que los tratamientos 1,2 y 5. Mientras que el tratamiento 4 ostento cantidades intermedias (Tabla 19).

1.1.3 Arcilla.

Una vez realizado el análisis estadístico se determinó que no existió interacción entre los tratamientos, tipo de suelo y aplicación de los fertilizantes ($p= 0.9774$) en el porcentaje de arcilla del suelo. No existieron interacciones entre: tratamiento y aplicación ($p= 0.5715$), tipo de suelo y aplicación ($p= 0.1264$) y el tipo de suelo y tratamiento ($p= 0.2951$). De forma individual existió diferencias estadísticas significativas al 5% para tipo de suelo ($p= <0.0001$) y tratamientos ($p= 0.0170$). No hubo diferencias estadísticas significativas al 5% para los la aplicación de los fertilizantes ($p= 0.1578$).

Tabla 20

ADEVA del porcentaje de arcilla.

| | Gl – F | gl – E. Exp. | F – valor | p – valor | Significancia |
|--|-------------------|-------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| Tipo suelo | 1 | 38 | 91.38 | <0.0001 | * |
| Tratamientos | 4 | 38 | 3.44 | 0.0170 | * |
| Aplicación | 1 | 38 | 2.08 | 0.1578 | ns |
| Tipo suelo: tratamiento | 4 | 38 | 1.28 | 0.2951 | ns |
| Tipo suelo: aplicación | 1 | 38 | 2.44 | 0.1264 | ns |
| Tratamiento: aplicación | 4 | 38 | 0.74 | 0.5715 | ns |
| Tipo suelo: tratamiento: aplicación | 4 | 38 | 0.11 | 0.9774 | ns |

ns: no significativo, *: significativo al 5 %

En cuanto a la arcilla, los porcentajes no fueron influenciados por la aplicación de los fertilizantes, sin embargo, en el suelo franco arenoso se obtuvieron valores inferiores del porcentaje de arcilla con relación al suelo franco (Tabla 21).

Tabla 21

Medias y error estándar por tipo de suelo, del porcentaje de arcilla.

| Tipo de suelo | Medias (%) | E.E. | Rango |
|----------------------|-------------------|-------------|--------------|
| Franco | 19.57 | 0.75 | A |
| Franco Arenoso | 10.15 | 0.74 | B |

Nota: Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$), FA: franco arenoso, F: franco.

En cuanto a los tratamientos, se obtuvieron valores estadísticamente más altos en el tratamiento 1, comparado a los tratamientos 2,3 y 4 (Tabla 22). El tratamiento 5 tuvo valores intermedios (Tabla 22), lo antes mencionado es independientemente del tipo de suelo y la aplicación de fertilizantes.

Tabla 22

Medias y error estándar por tratamientos, del porcentaje de arcilla.

| Tratamientos | Medias (%) | E.E. | Rango |
|---------------------|-------------------|-------------|--------------|
| 1 | 17.88 | 1.51 | A |
| 5 | 15.87 | 2.20 | AB |
| 2 | 14.32 | 2.18 | B |
| 3 | 13.37 | 1.53 | B |
| 4 | 12.85 | 1.30 | B |

Nota: Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$), FA: franco arenoso, F: franco.

Las fracciones porcentuales de arena, limo y arcilla no fueron afectadas por la aplicación de los lodos residuales lácteos más compost para la fertilización edáfica en el suelo franco.

Los resultados antes presentados los corrobora Dimas *et al.*, (2001), quienes no encontraron diferencias significativas en cambios de la textura del suelo, al aplicar abonos orgánicos en suelos: arcillosos, migajones arcillosos, migajones arenosos y arenosos. En la presente investigación la aplicación de fertilizantes no produjo un efecto en la textura del suelo, las variaciones que se presentaron pudieron deberse a factores externos al uso de fertilizantes como por ejemplo la lluvia ya que la temporada en la que se sembró existieron lluvias frecuentes (INAMHI). Castelán *et al.*, (2017), determinó que sembrar en épocas lluviosas disminuyen las fracciones de arena y limo, aumentando en la fracción de arcilla. Jaramillo (2002), manifiesta que la fracción de arcilla por ser un material con alta plasticidad posee mayor resistencia a la erosión hídrica, esto coincide con los datos de esta investigación, ya que no existieron diferencias significativas estadísticamente en los datos iniciales y finales de las arcillas en el periodo de tiempo que se tomó las muestras de suelo (112 días).

1.2 Densidad aparente

Una vez realizado el análisis estadístico se determinó que no existió interacción entre los tratamientos, tipo de suelo y aplicación de los fertilizantes ($p= 0.7477$) en la densidad aparente del suelo. No existieron interacciones entre: tratamiento y aplicación ($p= 0.8491$), el tipo de suelo y tratamiento ($p= 0.5812$). Se presentó interacción entre el tipo de suelo y la aplicación de los fertilizantes ($p= 0.0463$). De forma individual no se halló diferencias estadísticas significativas al 5% para tipo de suelo ($p= 0.7021$), tratamientos ($p= 0.7612$) y aplicación de los fertilizantes ($p= 0.0766$).

Tabla 23*ADEVA de la variable Densidad aparente del suelo.*

| | gl - F | gl - E. Exp. | F - valor | p - valor | Significancia |
|--|---------------|-------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| Tipo suelo | 1 | 38 | 0.15 | 0.7021 | ns |
| Tratamientos | 4 | 38 | 0.46 | 0.7612 | ns |
| Aplicación | 1 | 38 | 3.31 | 0.0766 | ns |
| Tipo suelo: tratamiento | 4 | 38 | 0.72 | 0.5812 | ns |
| Tipo suelo: aplicación | 1 | 38 | 4.24 | 0.0463 | * |
| Tratamiento: aplicación | 4 | 38 | 0.34 | 0.8491 | ns |
| Tipo suelo: tratamiento: aplicación | 4 | 38 | 0.48 | 0.7477 | ns |

ns: no significativo, *: significativo al 5 %

Tabla 24*Medias y errores estándares de la interacción Tipo de suelo*aplicación de la densidad aparente del suelo.*

| Tipo de suelo | Aplicación | Medias (g/cm³) | E. Estándar | Rango |
|----------------------|-------------------|--------------------------------------|--------------------|--------------|
| FA | antes | 1.41 | 0.01 | A |
| FA | después | 1.31 | 0.04 | B |
| F | después | 1.36 | 0.02 | AB |
| F | antes | 1.35 | 0.01 | AB |

Nota: Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$), FA: franco arenoso, F: franco.

De acuerdo a los datos obtenidos en esta investigación, la densidad aparente del suelo fue influenciada por la aplicación de los fertilizantes y el tipo de suelo (Tabla 23). Se apreció que independientemente de los tratamientos, se produjeron cambios en el suelo franco arenoso después de la aplicación de los fertilizantes (Tabla 24). En el suelo franco no se manifestaron cambios de la densidad aparente del suelo por la fertilización (Tabla 24).

En esta investigación, la densidad aparente disminuyó después de la fertilización en suelo franco arenoso, esto lo corrobora Dimas *et al.*, (2001), manifestando en su investigación que la incorporación de materias orgánicas disminuye la densidad aparente del suelo suelos arcillosos, migajones arcillosos, migajones arenosos y arenosos. De igual manera, Salamanca *et al.*, (2005), expresan que el contenido alto de materia orgánica vuelve al suelo más poroso disminuyendo la densidad aparente del suelo. Murray *et al.*, (2011), manifiestan que la densidad aparente está directamente ligada al contenido de carbono y materia orgánica en el suelo lo cual modifica algunas características físicas del suelo. Adicional a esto, Romero *et al.*, (2015), manifiestan que el contenido de materia orgánica en el suelo es inversamente proporcional a la densidad aparente del suelo, además, expresan que es una característica que se debe considerar para evaluar la degradación del suelo.

1.3 Potencial hidrógeno (pH)

Una vez realizado el análisis estadístico se determinó que existió interacción entre los tratamientos, tipo de suelo y aplicación de los fertilizantes ($p= 0.00814$) en pH del suelo. No existieron interacciones entre: tratamiento y aplicación ($p= 0.7169$), el tipo de suelo y tratamiento ($p= 0.8910$). Se presentó interacción entre el tipo de suelo y la aplicación de los fertilizantes ($p= 0.0003$). De forma individual se halló diferencias estadísticas significativas al 5% para tipo de suelo ($p= <0.0001$) y la aplicación de los fertilizantes ($p= 0.0074$). No se presentaron diferencias estadísticas al 5% en los tratamientos ($p= 0.3306$).

Tabla 25

ADEVA del cambio (inicial y final) del pH en el suelo.

| | gl - F | gl – E. Exp. | F - valor | p - valor | Significancia |
|--|---------------|-------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| Tipo suelo | 1 | 38 | 49.91 | <0.0001 | * |
| Tratamientos | 4 | 38 | 1.19 | 0.3306 | ns |
| Aplicación | 1 | 38 | 8.00 | 0.0074 | * |
| Tipo suelo: tratamiento | 4 | 38 | 0.28 | 0.8910 | ns |
| Tipo suelo: aplicación | 1 | 38 | 16.01 | 0.0003 | * |
| Tratamiento: aplicación | 4 | 38 | 0.53 | 0.7169 | ns |
| Tipo suelo: tratamiento: aplicación | 4 | 38 | 4.02 | 0.00814 | * |

ns: no significativo, *: significativo al 5 %

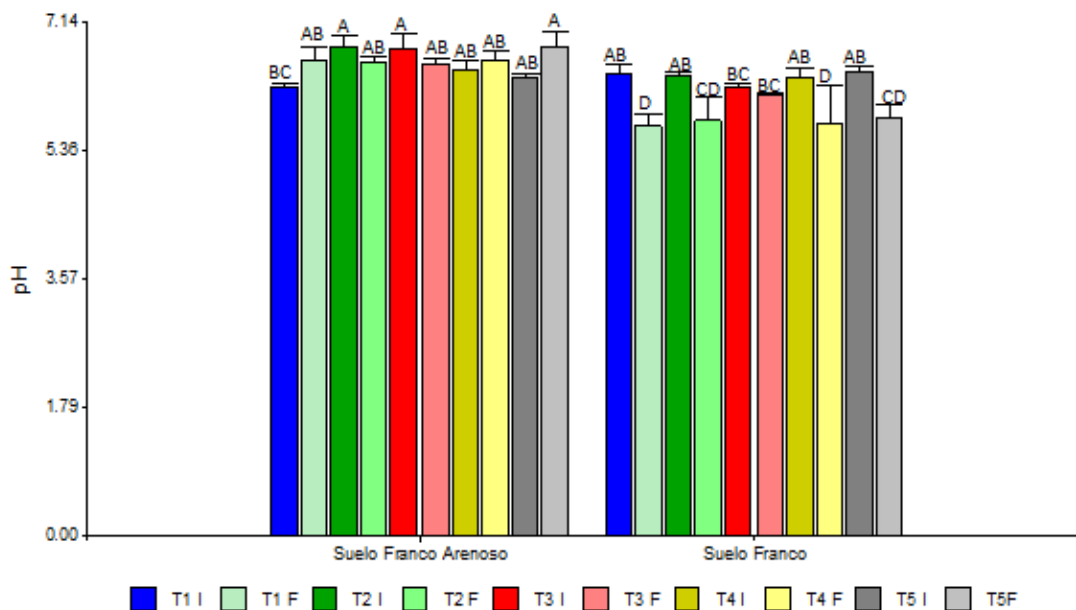


Figura 27. Valores iniciales y finales de pH del suelo franco arenoso y suelo franco.

El pH del suelo si fue influenciado por la aplicación de los fertilizantes, además se presentó un comportamiento diferente dado por los tratamientos en el suelo franco arenoso y el suelo franco respectivamente (Tabla 25).

Antes de la aplicación de los fertilizantes estadísticamente los tratamientos no tuvieron pH similares en el suelo franco arenoso, mientras que para el suelo franco el pH de los tratamientos fue similar (Figura 27). Después de la aplicación de los fertilizantes se obtuvo que el pH del suelo franco se hizo más ácido (Figura 27), mientras que, en el suelo franco arenoso no se presentó una modificación significativa estadísticamente después de la aplicación de los fertilizantes en los tratamientos (Figura 27).

En el suelo franco arenoso el tratamiento 1 no tuvo un cambio significativo por la aplicación de los fertilizantes, para el suelo franco, en el tratamiento 1 la aplicación de fertilizantes produjo una reducción del pH (Figura 27), el tratamiento 2 no mostró cambios significativos estadísticamente después de la fertilización en el suelo franco arenoso (Figura 27), mientras que, en el suelo franco se produjo una acidificación del suelo después de la fertilización (Figura 27). En el tratamiento 3 no existieron cambios estadísticamente significativos del pH después de la fertilización en el suelo franco arenoso y en el suelo franco (Figura 27). En el suelo franco arenoso el tratamiento 4 no produjo cambios del pH, en el suelo franco la fertilización con urea (tratamiento 4) produjo una acidificación del suelo (Figura 27).

El tratamiento 5 (sin fertilización) no presentó cambios significativos comparando los datos iniciales y finales del pH en el suelo franco arenoso, mientras que en el suelo franco si se produjeron cambios de pH tornándose más ácido (Anexo 4).

Los datos obtenidos en esta investigación manifiestan que la fertilización con lodos residuales lácteos más compost causan una acidificación del suelo franco, esto corrobora Matos *et al.*, (2011), donde presenciaron una reducción del pH en el suelo al aplicar lodos residuales lácteos por un periodo de tres años. Dimas *et al.*, (2001), no coincide con esta investigación, debido a que en su investigación no presenciaron cambios de pH al aplicar fertilizantes orgánicos en suelos arcillosos, migajones arcillosos, migajones arenosos y arenosos. López *et al.*, (2002a), indica que el pH del suelo se incrementa conforme se aumenta las cantidades (240 m³) de lodos residuales lácteos, siendo esto contradictorio a los datos obtenidos en la presente investigación ya que el tratamiento 3 (mayor cantidad de LRL aplicados 1,5 m³) no tuvo un cambio de pH en el suelo. Omil *et al.*, (2005), exponen que, el uso de lodos industriales lácteos estabilizados con cal aumenta el pH en suelos franco arenosos, lo que no concuerda con los datos obtenidos en esta investigación, ya que se ostentaron valores similares antes y después de la aplicación de lodos residuales lácteos en el suelo franco arenoso, sin embargo en esta investigación no se aplicó cal lo que es un factor influyente para alcalinizar los suelos.

1.4 Conductividad eléctrica (Ce)

Una vez realizado el análisis estadístico se determinó que no existió interacción entre los tratamientos, tipo de suelo y aplicación de los fertilizantes ($p= 2016$) en la Ce del suelo. No existieron interacciones entre: tratamiento y aplicación ($p= 0.9614$), el tipo de suelo y tratamiento ($p= 0.4950$). Se presentó interacción entre el tipo de suelo y la aplicación de los fertilizantes ($p= 0.0496$). De forma individual no se hallaron diferencias estadísticas significativas al 5% para tipo de suelo ($p= 0.1023$), la aplicación de los fertilizantes ($p= 0.1401$) y los tratamientos ($p= 0.1894$).

Tabla 26*ADEVA de la conductividad eléctrica del suelo.*

| | gl - F | gl - E. Exp. | F - valor | p - valor | Significancia |
|--|---------------|-------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| Tipo suelo | 1 | 38 | 2.80 | 0.1023 | ns |
| Tratamientos | 4 | 38 | 1.62 | 0.1894 | ns |
| Aplicación | 1 | 38 | 2.27 | 0.1401 | ns |
| Tipo suelo: tratamiento | 4 | 38 | 0.86 | 0.4950 | ns |
| Tipo suelo: aplicación | 1 | 38 | 4.11 | 0.0496 | * |
| Tratamiento: aplicación | 4 | 38 | 0.15 | 0.9614 | ns |
| Tipo suelo: tratamiento: aplicación | 4 | 38 | 1.57 | 0.2016 | ns |

ns: no significativo, *: significativo al 5 %

Tabla 27*Medias y error estándar de la interacción tipo de suelo * aplicación de la conductividad eléctrica.*

| Tipo de suelo | Aplicación | Medias (mS/cm) | E. Estándar | Rango |
|----------------------|-------------------|---------------------------|--------------------|--------------|
| FA | antes | 0.49 | 0.04 | A |
| FA | después | 0.48 | 0.02 | A |
| F | antes | 0.49 | 0.02 | A |
| F | después | 0.41 | 0.02 | B |

Nota: Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$), FA: franco arenoso, F: franco.

La conductividad eléctrica si fue influenciada por la aplicación de los fertilizantes en el tipo de suelo independiente de los tratamientos (Tabla 26). Podemos observar que este cambio se produce en el suelo franco, ya que en el suelo franco arenoso no muestra cambios significativos de esta característica por la aplicación de fertilizantes (Tabla 27).

López *et al.*, (2002a) exterioriza que la cantidad de lodos residuales lácteos para la fertilización es directamente proporcional con el aumento de la conductividad eléctrica en suelos franco arenosos. Esto discorda con lo obtenido en esta investigación, en el suelo franco arenoso no se presentaron cambios de conductividad eléctrica después de la fertilización.

Sin embargo, las cantidades utilizadas por López en su investigación fueron muy superiores (80, 160 y 240 m³), a la de la presente investigación (valores aproximados: 0.5, 1 y 1.5 m³). De igual manera López *et al*, (2002b) manifiestan que las aplicaciones de lodos residuales lácteos en el suelo aumentan la conductividad eléctrica en suelos arenosos francos, esto no coincide con los datos obtenidos en la presente investigación, ya que el suelo franco arenoso no presentó cambios en la conductividad eléctrica después de la aplicación.

1.5 Contenido de materia orgánica en el suelo.

Una vez realizado el análisis estadístico se determinó que no existió interacción entre los tratamientos, tipo de suelo y aplicación de los fertilizantes ($p= 0.2800$) en el contenido de materia orgánica del suelo. No existieron interacciones entre: tratamiento y aplicación ($p= 0.1184$). Se presentó interacción entre: el tipo de suelo y tratamiento ($p= <0.0001$), de igual manera para el tipo de suelo y la aplicación de los fertilizantes ($p= 0.0184$). De forma individual se hallaron diferencias estadísticas significativas al 5% para tipo de suelo ($p= <0.0001$), la aplicación de los fertilizantes (<0.0001) y los tratamientos (<0.0001).

Tabla 28

ADEVA del contenido de materia orgánica en el suelo.

| | gl - F | gl - E. Exp. | F - valor | p - valor | Significancia |
|--|--------|-----------------|--------------|--------------|---------------|
| Tipo suelo | 1 | 38 | 351.95 | <0.0001 | * |
| Tratamientos | 4 | 38 | 13.64 | <0.0001 | * |
| Aplicación | 1 | 38 | 57.74 | <0.0001 | * |
| Tipo suelo: tratamiento | 4 | 38 | 11.78 | <0.0001 | * |
| Tipo suelo: aplicación | 1 | 38 | 6.07 | 0.0184 | * |
| Tratamiento: aplicación | 4 | 38 | 1.97 | 0.1184 | ns |
| Tipo suelo: tratamiento: aplicación | 4 | 38 | 1.32 | 0.2800 | ns |

ns: no significativo, *: significativo al 5 %

Tabla 29

*Medias y errores estándares de la interacción Tipo de suelo*Tratamiento del contenido de materia orgánica en el suelo.*

| Tipo de suelo | Tratamiento | Medias (%) | | E.E. | Rango |
|---------------|-------------|------------|---|------|-------|
| FA | 5 | 8.14 | ± | 0.93 | A |
| FA | 2 | 8.09 | ± | 0.41 | A |
| FA | 3 | 7.63 | ± | 0.20 | A |
| FA | 4 | 7.19 | ± | 0.59 | A |
| FA | 1 | 5.46 | ± | 0.61 | B |
| F | 4 | 4.12 | ± | 0.27 | C |
| F | 2 | 3.99 | ± | 0.30 | C |
| F | 5 | 3.96 | ± | 0.22 | C |
| F | 3 | 3.92 | ± | 0.26 | C |
| F | 1 | 3.86 | ± | 0.21 | C |

Nota: Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$), FA: franco arenoso, F: franco.

Tabla 30

*Medias y errores estándares de la interacción Tipo de suelo*aplicación del contenido de materia orgánica en el suelo.*

| Tipo de suelo | Aplicación | Medias (%) | E. Estándar | Rango |
|----------------|------------|------------|-------------|-------|
| Franco arenoso | antes | 8.03 | 0.31 | A |
| Franco arenoso | después | 6.57 | 0.47 | B |
| Franco | antes | 4.38 | 0.14 | C |
| Franco | después | 3.55 | 0.05 | D |

Nota: Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$), FA: franco arenoso, F: franco.

El contenido de materia orgánica en el suelo se ve influenciado por la aplicación de los fertilizantes independientemente de los tratamientos, de igual manera el tipo de suelo presenta cambios por los tratamientos independientemente de la aplicación (Tabla 28).

Se puede observar que el suelo franco arenoso tuvo mayor contenido de materia orgánica que el suelo franco (Tabla 30). Los tratamientos 2,3,4 y 5 tuvieron datos similares

estadísticamente en el suelo franco arenoso (Tabla 29), mientras que, en el tratamiento 1 se obtuvo menor porcentaje de materia orgánica en el suelo franco arenoso (Tabla 29).

En el suelo franco todos los tratamientos ostentaron cantidades similares de materia orgánica en el suelo (Tabla 29). En el suelo franco todos los tratamientos ostentaron porcentajes similares de materia orgánica en el suelo (tabla 29). En el primer caso nos indica que en el suelo franco arenoso se presenta mayor cantidad de materia orgánica que el suelo franco esto se puede observar con los datos presentados en anexo 6.

La pérdida de materia orgánica puede ser influenciada por diversos factores como: la composición de la materia orgánica, el entorno físico (temperatura, oxígeno y humedad) (FAO, sf). En los anexos 9 y 10 podemos comparar que después de la fertilización la actividad microbiológica del suelo aumento, esto posiblemente contribuyo a la degradación de la materia orgánica del suelo, concurriendo a la disminución de esta, sin embargo, estos análisis fueron generales por lo que esta es una hipótesis. Además para la incorporación de los fertilizantes se realizó una remoción del suelo (Figura 15) lo que permite una aireación y con esto aumentar la tasa de mineralización de la materia orgánica en el suelo, este efecto es mayormente en suelos con textura gruesa como el franco arenoso (Peña *et al.*, 2005). Otro factor influyente pudo haber sido la erosión hídrica como lo evidenciaron (Hincapié *et al.*, 2011), ya que el ensayo se lo hizo en época lluviosa. También pudo haber existido una mineralización como lo menciona Matus y Maire (2000) donde, dicen que la incorporación de materias orgánicas nitrogenadas crea una relación C: N menor lo que, permite la mineralización de la materia orgánica.

Los resultados de la presente investigación difieren con los datos hallados por Dimas *et al.*, (2001) donde demostraron que los porcentajes de materia orgánica en el suelo aumentaron después de la aplicación de abonos orgánicos para el cultivo de maíz. De igual manera Matos *et al.*, (2011) menciona que no existió reducción en el porcentaje de materia orgánica del suelo, al utilizar lodos urbanos más fertilización convencional.

1.6 NPK

1.6.1 Nitrógeno.

Una vez realizado el análisis estadístico se determinó que no existió interacción entre los tratamientos, tipo de suelo y aplicación de los fertilizantes ($p= 0.6489$) en el contenido de nitrógeno en el suelo. Se presentaron interacciones entre: tratamiento y aplicación ($p= 0.0116$) y el tipo de suelo y tratamiento ($p= 0.0035$). No existió interacción entre tipo de suelo y la aplicación de los fertilizantes ($p= 0.0826$). De forma individual se hallaron diferencias estadísticas significativas al 5% para tipo de suelo ($p= <0.0001$), la aplicación de los fertilizantes (<0.0001) y los tratamientos (<0.0001).

Tabla 31

ADEVA del contenido de Nitrógeno en el suelo

| | gl - F | gl - E. Exp. | F - valor | p - valor | Significancia |
|--|--------|-----------------|--------------|--------------|---------------|
| Tipo suelo | 1 | 38 | 118.32 | <0.0001 | * |
| Tratamiento | 4 | 38 | 9.29 | <0.0001 | * |
| Aplicación | 1 | 38 | 151.57 | <0.0001 | * |
| Tipo suelo: tratamiento | 4 | 38 | 4.69 | 0.0035 | * |
| Tipo suelo: aplicación | 1 | 38 | 3.18 | 0.0826 | ns |
| Tratamiento: aplicación | 4 | 38 | 3.74 | 0.0116 | * |
| Tipo suelo: tratamiento: aplicación | 4 | 38 | 0.62 | 0.6489 | ns |

ns: no significativo, *: significativo al 5 %

Tabla 32

*Medias y errores estándares de la interacción Tipo de suelo*Tratamiento del contenido de nitrógeno en el suelo.*

| Tipo de suelo | Tratamiento | Medias (ppm) | | E.E. | Rango |
|---------------|-------------|--------------|---|-------|-------|
| FA | 2 | 55.17 | ± | 8.51 | A |
| FA | 2 | 44.92 | ± | 8.51 | A |
| FA | 4 | 44.65 | ± | 10.16 | B |
| FA | 3 | 40.78 | ± | 7.69 | B |
| FA | 5 | 25.01 | ± | 8.29 | B |
| F | 4 | 21.86 | ± | 9.82 | C |
| FA | 1 | 18.33 | ± | 5.69 | CD |
| F | 3 | 17.17 | ± | 5.65 | CD |
| F | 2 | 13.06 | ± | 5.01 | CD |
| F | 1 | 12.21 | ± | 5.40 | D |

Nota: Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$), FA: franco arenoso, F: franco.

Tabla 33

*Medias y errores estándares de la interacción Tratamiento*aplicación de fertilizantes del contenido de nitrógeno en el suelo.*

| Tratamiento | Aplicación | Medias (ppm) | | E.E. | Rango |
|--------------------|-------------------|-------------------------|---|-------------|--------------|
| 1 | Antes | 7.10 | ± | 4.02 | H |
| 1 | Después | 27.82 | ± | 3.19 | DE |
| 2 | Antes | 23.74 | ± | 8.19 | EF |
| 2 | Después | 48.61 | ± | 10.62 | AB |
| 3 | Antes | 17.91 | ± | 5.24 | EFG |
| 3 | Después | 45.07 | ± | 7.69 | BC |
| 4 | Antes | 12.91 | ± | 4.39 | GH |
| 4 | Después | 57.02 | ± | 5.05 | A |
| 5 | Antes | 16.10 | ± | 6.44 | FGH |
| 5 | Después | 36.88 | ± | 8.81 | CD |

Nota: Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$), FA: franco arenoso, F: franco.

El contenido de nitrógeno se vio influenciado por los tratamientos en estudio y el tipo de suelo, independientemente de la aplicación (Tabla 31), además, la aplicación de los tratamientos si influyó en el contenido de nitrógeno, independientemente del tipo de suelo (Tabla 31).

En el suelo franco arenoso con el tratamiento 2 se obtuvo el mayor contenido de nitrógeno en el suelo, los tratamientos 3,4 y 5 obtuvieron valores similares, el tratamiento 1 presentó la menor concentración de nitrógeno en el suelo franco arenoso (Tabla 32). En el suelo franco se obtuvo la mayor cantidad de nitrógeno en el tratamiento 4 siendo este superior a los tratamientos 1 y 5. Sin embargo los tratamientos 1,2,3 y 5 ostentaron cantidades similares (Tabla 32). La concentración de nitrógeno tuvo incremento significativo en todos los tratamientos después de la fertilización (Tabla 33).

Los resultados antes presentados indican un incremento de la concentración del nitrógeno del suelo, esto se debe a que se realizó un aporte de fuentes nitrogenadas al suelo, esto lo contradice en su investigación López *et al.*, (2002a) ya que no hallaron diferencias significativas en la concentración de nitrógeno al aplicar lodos de la industria láctea.

López *et al.*, (2002b) concuerda con los resultados de la presente investigación ya que al aplicar lodos de la industria láctea aumento las concentraciones de nitrógeno en el suelo, de igual manera López *et al.*, (1999) indicaron que la fertilización con lodos residuales lácteos y materias orgánicas aumentan las concentraciones de nitrógeno en el suelo después de un periodo de tiempo.

Agregando a lo mencionado antes Fraç y Jeziarska-Tys (2011), indicaron que el uso de lodos lácteos ayuda a la síntesis de enzimas presentes en la circulación del nitrógeno, ayudando a tener una mayor disponibilidad de nitrógeno. Con lo que respecta al aumento en los tratamientos 4 (fertilización con urea), y 5 (sin fertilización), en el primer caso el aumento probablemente se debió al aporte que se realizó con el sintetizado químico nitrogenado, en el segundo caso del tratamiento 5 el incremento se puede posiblemente atribuir a que existió una mineralización de la materia orgánica inicial del suelo y a las permanentes lluvias durante el experimento. Harrison-Kirk *et al.*, (2014) en su investigación demostró que la cantidad de materia orgánica y balances de la relación de C: N conjuntamente con la humedad del suelo influyen directamente en la mineralización de la materia orgánica y por ende tener mayor disponibilidad de nutrientes.

1.6.2 Fósforo.

Una vez realizado el análisis estadístico se determinó que existió interacción entre los tratamientos, tipo de suelo y aplicación de los fertilizantes ($p= 0.0403$) en el contenido de fósforo en el suelo. Se presentaron interacciones entre: tipo de suelo y la aplicación de los fertilizantes ($p= 0.0170$) y el tipo de suelo y tratamiento ($p= <0.0001$). No existió interacción entre tratamiento y aplicación ($p= 0.2987$). De forma individual se hallaron diferencias estadísticas significativas al 5% para tipo de suelo ($p= <0.0001$), la aplicación de los fertilizantes (<0.0001) y los tratamientos (<0.0001).

Tabla 34

ADEVA del contenido de Fósforo en el suelo.

| | gl - F | gl - E. Exp. | F - valor | p - valor | Significancia |
|--|--------|-----------------|--------------|--------------|---------------|
| Tipo suelo | 1 | 38 | 1265.49 | <0.0001 | * |
| Tratamiento | 4 | 38 | 15.11 | <0.0001 | * |
| Aplicación | 1 | 38 | 21.29 | <0.0001 | * |
| Tipo suelo: tratamiento | 4 | 38 | 15.05 | <0.0001 | * |
| Tipo suelo: aplicación | 1 | 38 | 6.23 | 0.0170 | * |
| Tratamiento: aplicación | 4 | 38 | 1.27 | 0.2987 | ns |
| Tipo suelo: tratamiento: aplicación | 4 | 38 | 2.78 | 0.0403 | * |

ns: no significativo, *: significativo al 5 %

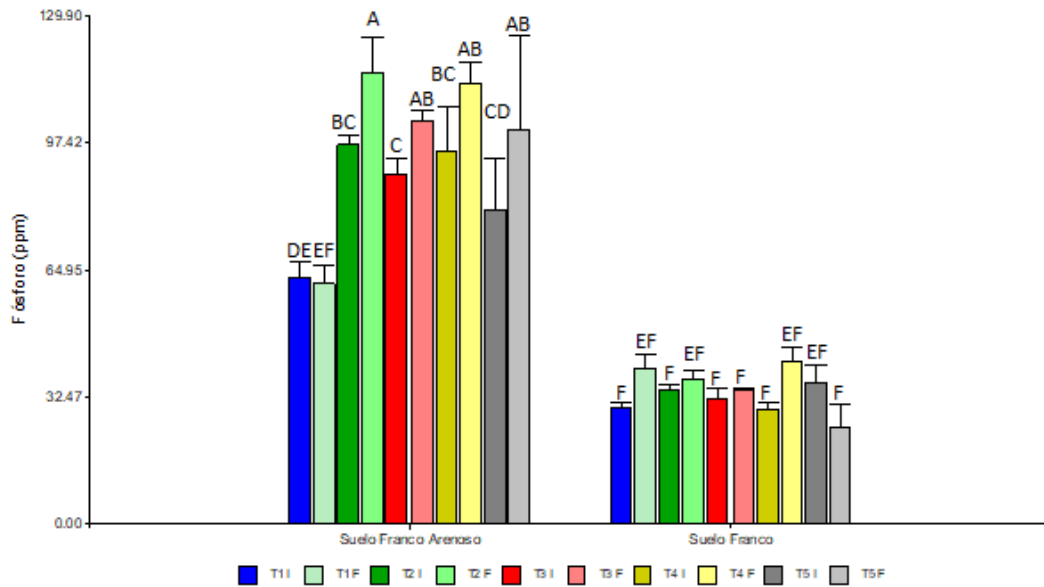


Figura 28. Concentraciones iniciales y finales de fósforo en el suelo.

Tabla 35

*Medias y errores estándares de la interacción Tipo de suelo*Tratamiento*Aplicación de fertilizantes del contenido de fósforo en el suelo.*

| Tipo de Suelo | Tratamientos | Aplicación | Medias (ppm) | | E.E. | Rango |
|----------------------|---------------------|-------------------|---------------------|---|-------------|--------------|
| FA | 1 | Antes | 62.92 | ± | 4.08 | DE |
| FA | 1 | Después | 47.35 | ± | 10.67 | EF |
| F | 1 | Antes | 29.78 | ± | 1.30 | F |
| F | 1 | Después | 39.82 | ± | 3.27 | EF |
| FA | 2 | Antes | 96.80 | ± | 2.40 | BC |
| FA | 2 | Después | 115.28 | ± | 9.12 | A |
| F | 2 | Antes | 33.94 | ± | 1.81 | F |
| F | 2 | Después | 37.07 | ± | 2.17 | EF |
| FA | 3 | Antes | 89.39 | ± | 3.92 | C |
| FA | 3 | Después | 103.05 | ± | 2.66 | AB |
| F | 3 | Antes | 31.82 | ± | 2.63 | F |
| F | 3 | Después | 34.33 | ± | 0.57 | F |
| FA | 4 | Antes | 95.14 | ± | 11.68 | BC |
| FA | 4 | Después | 112.60 | ± | 5.33 | AB |
| F | 4 | Antes | 29.22 | ± | 1.72 | F |
| F | 4 | Después | 41.67 | ± | 3.41 | EF |
| FA | 5 | Antes | 80.16 | ± | 13.27 | CD |
| FA | 5 | Después | 100.66 | ± | 23.98 | AB |
| F | 5 | Antes | 35.85 | ± | 4.57 | EF |
| F | 5 | Después | 24.96 | ± | 5.60 | F |

Nota: Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$), FA: franco arenoso, F: franco.

La aplicación de los fertilizantes en cada tratamiento no tuvo influencia para el suelo franco en el contenido de fósforo (Tabla 34), los cambios se pudieron observar en el suelo franco arenosos después de la aplicación. En la figura 28 se puede observar que la concentración de fósforo es mayor en el suelo franco arenoso que en el suelo franco, además, en el suelo franco arenoso se obtuvieron mayores cantidades de fósforo con la aplicación de fertilizantes (Figura 28), excepto en el tratamiento 1 del suelo franco arenoso donde existió una baja de la concentración de fósforo. Para el suelo franco el tratamiento 1 si presentó un aumento significativo en la concentración de fósforo (Tabla 35). El tratamiento 2, en el suelo franco arenoso presentó un aumento significativo después de la fertilización, esto no sucedió en el suelo franco ya que el tratamiento 2 no tuvo un cambio significativo de la concentración

de fósforo (Tabla 35). El tratamiento 3 aumentó la concentración de fósforo después de la fertilización en el suelo franco arenoso, en el suelo franco el tratamiento 3 no presentó un cambio significativo después de la fertilización (Tabla 35).

En el suelo franco arenoso el tratamiento 4 no tuvo un incremento significativo en la concentración de fósforo, en el suelo franco tampoco presentó un incremento significativo de fósforo. El tratamiento 5 presentó una subida de la concentración de fósforo en el suelo franco arenoso, mientras que en el suelo franco el tratamiento 5 tuvo un decrecimiento de fósforo, sin embargo, esto no fue significativo estadísticamente.

López *et al.*, (2002a) menciona que el aporte de lodos lácteos provoca una disminución en el contenido de fósforo disponible para las plantas, esto no concuerda con los datos obtenidos en esta investigación ya que si se presentó un incremento después de la fertilización. Resultados similares a la presente investigación encontraron López *et al.*, (2002b) donde la aplicación de lodos lácteos aumentó la concentración de fósforo en el suelo, sin embargo, el lodo lácteo utilizado en la presente investigación tuvo menor concentración de fósforo comparada con la investigación en discusión.

López *et al.*, (1999) en su investigación dice que la fertilización de praderas con lodos de la industria láctea aumenta la concentración de fósforo en el suelo, concordando con los resultados de la presente investigación. En los tratamientos 4 (fertilización con urea) y 5 (sin fertilización) se atribuye el aumento de la concentración de fósforo posiblemente por una mineralización de la materia orgánica Matus y Maire (2000).

1.6.3 Potasio.

Una vez realizado el análisis estadístico se determinó que no existió interacción entre los tratamientos, tipo de suelo y aplicación de los fertilizantes ($p= 0.4985$) en el contenido de potasio en el suelo. Se presentaron interacciones entre: tipo de suelo y la aplicación de los fertilizantes ($p= 0.0005$). No existió interacción entre tratamiento y aplicación ($p= 0.6766$) y el tipo de suelo y tratamiento ($p= <0.0648$). De forma individual se hallaron diferencias estadísticas significativas al 5% para tipo de suelo ($p= <0.0001$), la aplicación de los fertilizantes (<0.0001) y los tratamientos (<0.0001).

Tabla 36*ADEVA del contenido de Potasio en el suelo.*

| | gl - F | gl - E. Exp. | F - valor | p - valor | Significancia |
|--|--------|-----------------|--------------|--------------|---------------|
| Tipo suelo | 1 | 37 | 182.41 | <0.0001 | * |
| Tratamiento | 4 | 37 | 2.88 | 0.0358 | * |
| Aplicación | 1 | 37 | 107.96 | <0.0001 | * |
| Tipo suelo: tratamiento | 4 | 37 | 2.43 | 0.0648 | ns |
| Tipo suelo: aplicación | 1 | 37 | 14.53 | 0.0005 | * |
| Tratamiento: aplicación | 4 | 37 | 0.58 | 0.6766 | ns |
| Tipo suelo: tratamiento: aplicación | 4 | 37 | 0.86 | 0.4985 | ns |

ns: no significativo, *: significativo al 5 %

Tabla 37*Medias y errores estándares de la interacción Tipo de suelo*aplicación del contenido de potasio en el suelo.*

| Tipo de suelo | Aplicación | Medias (meq/100ml) | E. Estándar | Rango |
|---------------|------------|-----------------------|-------------|-------|
| FA | Antes | 3.56 | 0.11 | A |
| FA | Después | 2.59 | 0.08 | B |
| F | Antes | 2.93 | 0.06 | C |
| F | Después | 1.94 | 0.06 | D |

Nota: Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$), FA: franco arenoso, F: franco.**Tabla 38***Medias y errores estándares de los tratamientos del contenido de potasio en el suelo.*

| Tratamientos | Medias (meq/100ml) | E.E. | Rango |
|--------------|-----------------------|------|-------|
| 3 | 2.76 | 0.21 | A |
| 2 | 2.71 | 0.21 | A |
| 5 | 2.65 | 0.22 | A |
| 4 | 2.55 | 0.19 | AB |
| 1 | 2.42 | 0.14 | B |

Nota: Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

Para el contenido de potasio en el suelo, la aplicación de fertilizantes produjo diferencias significativas en el suelo independientemente de los tratamientos empleados (Tabla 36). Además, los tratamientos presentaron diferencias estadísticas en cuanto a la concentración de potasio en el suelo independientemente de la aplicación de fertilizantes (Tabla 36). Además, se observa que existe un decrecimiento de la concentración de potasio en el suelo después de la fertilización, tanto en el suelo franco arenoso y franco (Tabla 37).

El suelo franco arenoso ostento mayor concentración de potasio que el suelo franco (Tabla 37), en los tipos de suelo se presentó una pérdida de potasio después de la aplicación de los fertilizantes (Tabla 37). En los tratamientos 2,3 y 5 se obtuvo mayor concentración de potasio en el suelo, mientras que el tratamiento 1 fue el que tuvo la menor una menor cantidad de potasio, el tratamiento 4 se encontró en un punto intermedio ya que compartió rangos estadísticos con todos los tratamientos (Tabla 38).

La pérdida de la concentración del potasio en el suelo se puede atribuir a la absorción del cultivo para su desarrollo y lixiviación ya que la temporada que se realizó la investigación se presentaron fuertes lluvias. Estos resultados los reconoce Matos *et al.*, (2011) ya que en su investigación existió una pérdida de potasio en temporada lluviosa al aplicar lodos lácteos por un periodo de 3 años. De igual manera López *et al.*, (2000) concuerda con los resultados presentados en esta investigación ya que la concentración de potasio en el suelo disminuyo en el tiempo después de la aplicación de lodos lácteos.

En la investigación realizada por López *et al.*, (2002b) la aplicación de lodos lácteos complementada con potasio no tuvo un efecto, al compararlo con aplicación de solo lodos residuales lácteos, donde, existió una pérdida de potasio en el suelo, esto concuerda con los resultados obtenidos en la presente investigación.

1.7 Altura de planta

Una vez realizado el análisis estadístico existió interacción entre tipo de suelo y tratamientos ($F= 11,50$; $gl= 4$; $p= < 0,0001$), además existió interacción entre el tipo de suelo y el día ($F= 765,93$; $gl= 1$; $p= < 0,0001$), interacción entre tratamientos y día ($F= 8,66$; $gl= 4$; $p= < 0,0001$). Se encontraron diferencias significativas al 5 % del tipo de suelo ($F= 74,38$; $gl= 1$; $p= 0,0132$), para tratamientos ($F= 13,26$; $gl= 4$; $p= 0,0001$) y día ($F= 6386,54$; $gl= 1$; $p= 0,0001$).

Tabla 39
ADEVA de altura de planta.

| | gl - F | gl E. Exp. | F - value | p - value | Significancia |
|------------------------------------|--------|---------------|-----------|-----------|---------------|
| Tipo de suelo | 1 | 2 | 74,38 | 0,0132 | * |
| Tratamiento | 4 | 1776 | 13,26 | < 0,0001 | * |
| Día | 1 | 1776 | 6386,54 | < 0,0001 | * |
| Tipo de Suelo: Tratamiento | 4 | 1776 | 10,38 | < 0,0001 | * |
| Tipo de Suelo: Día | 1 | 1776 | 765,93 | < 0,0001 | * |
| Tratamiento: Día | 4 | 1776 | 8,66 | < 0,0001 | * |
| Tipo de Suelo: Tratamiento: Día | 4 | 1776 | 11,50 | < 0,0001 | * |

ns: no significativo, *: significativo al 5 %

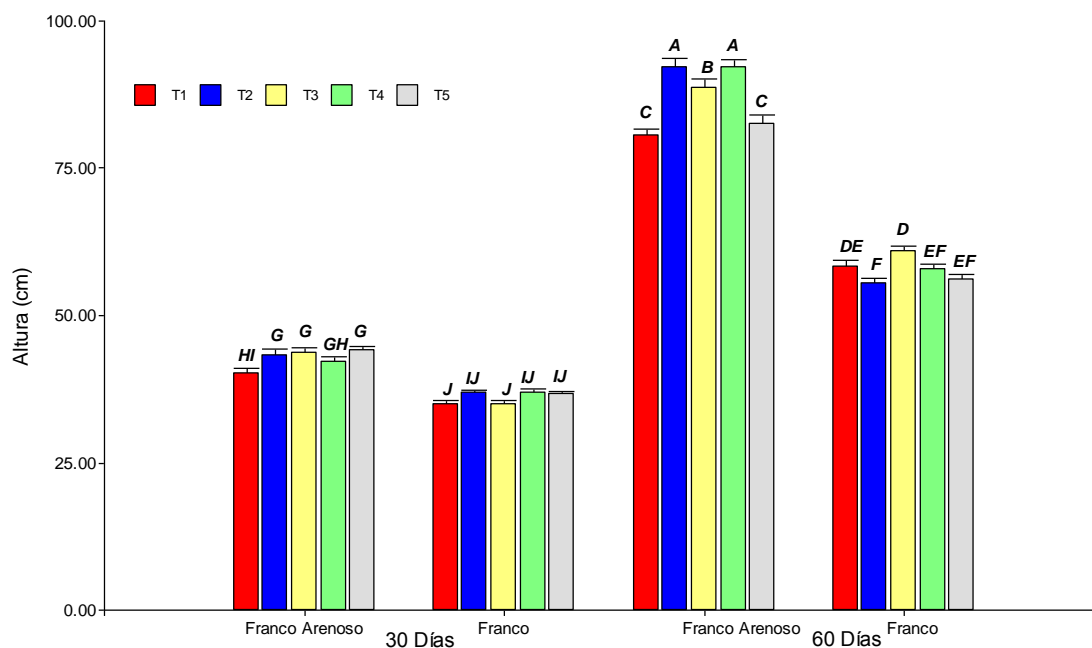


Figura 29. Altura de planta.

La altura de planta dependió del tipo de suelo, de los tratamientos y del día de medición (Tabla 39). En la figura 29 se observa que se obtiene alturas más altas a los 60 días, esto es obviamente por un desarrollo natural de la planta. Las plantas con mayor altura a los 30 días se obtuvieron con el tipo de suelo franco arenoso, se excluye al tratamiento 1 ya que compartió rangos con los tratamientos 2,4 y 5 del suelo franco (Figura 29). En el suelo franco no se manifestaron diferencias entre tratamientos para altura de planta a los 30 días (Figura 29). A los 60 días, se obtiene alturas mayores en el suelo franco arenoso con los tratamientos 2 y 4 los de mayor altura, el tratamiento 3 consecutivamente con un valor medio, con los tratamientos 1 y 5 fue con los que se obtuvo las alturas menores (Figura 29). En el suelo franco los tratamientos 1 y 3 con respecto al tratamiento 2 tuvieron valores mayores estadísticamente. Sin embargo, los tratamientos 4 y 5 tuvieron valores intermedios compartiendo rangos con los tratamientos 1 y 2 (Figura 29).

Domínguez *et al.*, (2010) manifiesta que la aplicación de vermicompost tiene un efecto en el desarrollo del cultivo de una forma lenta, debido a que la tardía liberación de nutrientes disponibles para las plantas. Esto concuerda con la presente investigación ya que se vio un efecto de la fertilización a los 60 días mas no a los 30 días.

1.8 Rendimiento de materia seca

Una vez realizado el análisis estadístico se encontró interacción entre el tipo de suelo y tratamientos (F= 6,67; gl= 4; p= 0,0023), se determinaron diferencias significativas al 5% entre el tipo de tipo de suelo (F= 102,65; gl= 1; p= 0,0096). De igual manera, existieron diferencias estadísticas entre tratamientos (F= 5,71; gl= 4; p= 0,0023).

Tabla 40
ADEVA del rendimiento de materia seca de la avena.

| | gl - F | gl E. Exp. | F - value | p - value | Significancia |
|--------------------------------|--------|---------------|-----------|-----------|---------------|
| Tipo de suelo | 1 | 2 | 102,65 | 0,0096 | * |
| Tratamiento | 4 | 16 | 5,71 | 0,0047 | * |
| Tipo de suelo: Tratamientos | 4 | 16 | 6,67 | 0,0023 | * |

ns: no significativo, *: significativo al 5 %

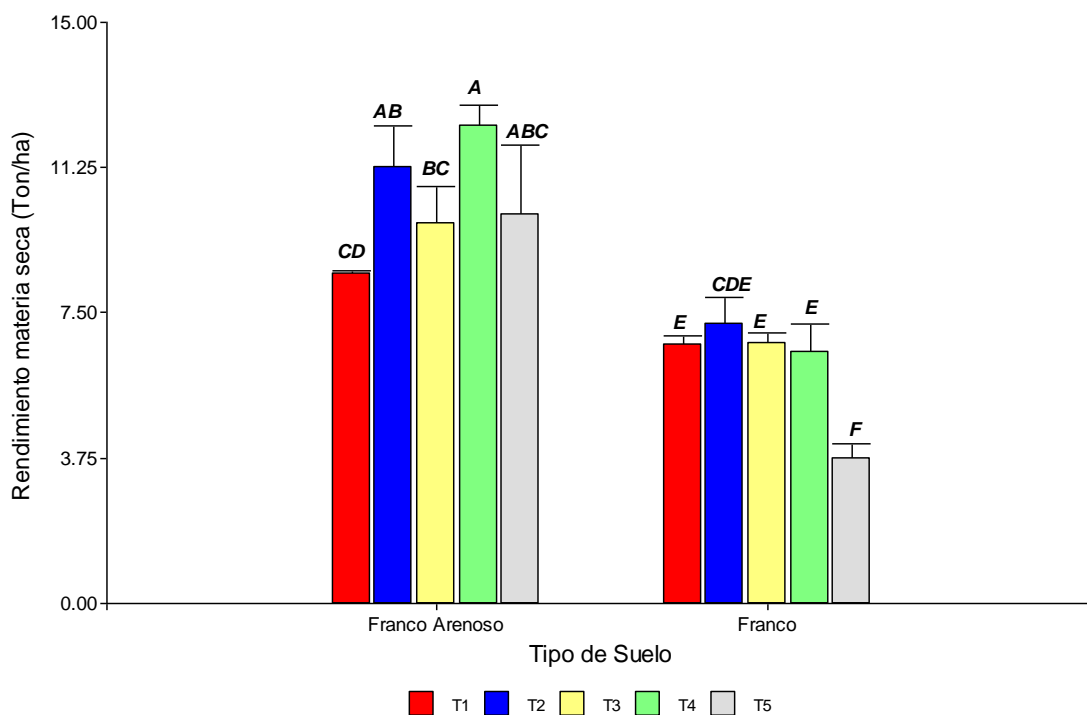


Figura 30. Rendimiento de materia seca.

El rendimiento se vio influenciado por el tipo de suelo y por los tratamientos (Tabla 40), en la figura 30 se observa que el suelo franco arenoso ostenta los mayores rendimientos de materia seca de avena, en relación a los rendimientos obtenidos en el suelo franco.

Para el suelo franco arenoso los rendimientos obtenidos en el tratamiento 4 difiere de los tratamientos 1 y 3, sin embargo, el testigo (tratamiento 5) poseyó rendimientos similares a todos los tratamientos por lo que en este tipo de suelo la aplicación no tuvo efecto en el rendimiento de materia seca (Figura 30). En el suelo franco se puede ver un mejor efecto de la fertilización, los tratamientos fueron similares en rendimiento, a excepción del tratamiento 5 (sin fertilizar) donde se obtuvo el rendimiento menor estadísticamente (Figura 30).

Matos *et al.*, (2011) en su investigación no concuerda con los resultados de la presente investigación, debido que obtuvieron mayores rendimientos con el uso de lodos residuales lácteos en comparación a la fertilización con sintetizados químicos, al aplicar en umbrisoles húmicos. Dimas *et al.*, (2001) obtuvo resultados en los que con la fertilización química se obtuvo mayor rendimiento de grano de maíz, lo que no concuerda con la presente investigación.

López *et al.*, (1999) obtuvo en su investigación que con cantidades altas de lodos residuales lácteos el rendimiento de forraje aumentó, esto se mostró en la presente investigación en el suelo franco donde la aplicación de lodos residuales lácteos más compost se obtuvieron mejor rendimiento con respecto a los tratamientos donde no se aplicó estos fertilizantes. Gutiérrez (2015), determino que con el uso de concentraciones altas de efluentes líquidos de las industrias lácteas se obtiene mayor contenido de materia seca en el cultivo de lechuga. Datos similares se presentaron en esta investigación en el suelo franco. López *et al.*, (2002b) publicó que el uso de lodos residuales lácteos o fertilizantes químicos se tiene 50% más de producción con respecto al no realizar ninguna enmienda para la fertilización, esto se puede ver reflejado en la presente investigación en el suelo franco donde la fertilización orgánica y la química obtuvieron mayores rendimientos con respecto al tratamiento sin fertilización. Bande *et al.*, (2010) manifiestan que el uso de lodos de la industria láctea más potasio se comprara con los rendimientos obtenidos con la fertilización química en las praderas de raigrás inglés y trébol blanco, lo que comparte con los resultados obtenidos en esta investigación ya que los rendimientos obtenidos con lodos residuales más compost fueron similares a los obtenidos a los de fertilización con sintetizados químicos.

CAPÍTULO 5

2. Conclusiones y recomendaciones

2.1 Conclusiones

- La aplicación de lodos residuales lácteos (LRL) más compostaje de lodos residuales lácteos (compost) no afectó a la textura del suelo, ya que no se encontraron cambios significativos por su aplicación. En cuanto a la densidad aparente del suelo la aplicación de lodos residuales lácteos más compost produjeron cambios en el suelo franco arenoso donde se vio disminuida la densidad aparente del suelo, en el suelo franco no existió cambios de densidad aparente por el uso de LRL más compost.
- En cuanto a las características químicas del suelo, el uso de LRL más compost produjo un efecto de elevar el pH en el suelo franco arenoso, mientras que en el suelo franco son existió efectos significativos de cambio de pH. La conductividad eléctrica del suelo no se vio afectada por el uso de LRL más compost en el suelo franco arenoso, sin embargo, el suelo franco si presento cambios en la conductividad eléctrica por la fertilización.
- El contenido de materia orgánica en el suelo fue afectado por la aplicación de LRL más compost. Se produjo una reducción del contenido de materia orgánica tanto en el suelo franco arenoso como en el suelo franco.
- La concentración de nitrógeno en el suelo presentó cambios en el suelo franco arenoso y suelo franco, donde se produjo un aumento de las concentraciones de este elemento en el suelo después de la fertilización. Las cantidades de fósforo en el suelo de igual manera que en el nitrógeno, si fueron influenciadas por la aplicación de LRL más compost, este efecto se vio en los tipos de suelo (franco arenoso y franco), donde se tuvo incremento del fósforo. Para el potasio se tuvo un efecto de reducción en las concentraciones después de la aplicación de LRL más compost, este efecto fue similar en el suelo franco arenoso y el suelo franco.
- El rendimiento de materia seca fue superior en el suelo franco arenoso, donde no se observó un efecto de la fertilización, esto se debió a que el tratamiento sin fertilizar tuvo rendimientos similares a los tratamientos que se fertilizó. Sin embargo, en el suelo franco se pudo observar un efecto de la fertilización, los tratamientos que fueron fertilizados con LRL más compost tuvieron rendimientos mayores al

tratamiento sin fertilizar y rendimientos similares al tratamiento con fertilización química.

- La aplicación de lodos residuales lácteos más compost tuvo un efecto en la producción de avena, en el suelo franco. El tratamiento 3 poseyó rendimientos similares a los otros tratamientos, por lo que se concluye que el tratamiento 3 es la mejor opción, porque se ocupa mayor cantidad de lodos residuales lácteos, y estos no tienen un costo en las empresas lácteas.

2.2 Recomendaciones

1. Se recomienda realizar investigaciones similares en mezclas forrajeras de gramíneas y leguminosas, y realizar la evaluación del comportamiento del cultivo y las características físico-químicas del suelo.
2. Se recomienda realizar un análisis financiero comparando el uso de lodos residuales lácteos con sintetizados químicos.
3. Se recomienda realizar estudios utilizando solamente lodos residuales lácteos para la fertilización edáfica.

BIBLIOGRAFÍA

- Agricultores y Territorios Chambre D`Agriculture Haute- Loire. (2009). Agri43.com. Obtenido de ÉPANDAGE DES BOUES URBAINES/AGRO-INDUSTRIELLES EN AGRICULTURE: <http://www.haute-loire.chambagri.fr/Epandage-des-boues-urbaines-agro>
- Aldean, L. (12 de octubre de 2016). Compostaje de lodos residuales lácteos. (A. Revelo, Entrevistador)
- Álvares, U., González, I., López, L., Manilla, D., Ortega, G., Romero, M., . . . Vega, M. (2005). Química 2 Manual de actividades para el alumno. México: Colegio de Ciencias y Humanidades.
- Bande, M., Sainz, M., y López, M. (2010). Uso de lodos de depuradora de industria láctea como fertilizantes en las praderas: efectos en la producción y la composición botánica. Obtenido de Dialnet: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5357570>
- Bautista, A., Etchevers, J., del Castillo, R., y Gutiérrez, C. (2004). La calidad del suelo y sus indicadores. Revista Científica y Técnica de Ecología y Medio Ambiente, 90-97.
- Bernal, C. S. (2003). Repositorio INIA. Obtenido de Fertilización de cultivos y Frutales en la zona Norte: <http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR30028.pdf>
- Castelán, R., López, L., Tamariz, J., Linares, G., y Cruz, A. (2017). Erosión y pérdida de nutrientes en diferentes sistemas agrícolas de una microcuenca en la zona periurbana de la ciudad de Puebla, México. Terra Latinoamericana, 35(3), 229 - 235. Obtenido de <http://www.revistas-conacyt.unam.mx/terra/index.php/terra/article/view/134/249>
- Clasificación y propiedades de la Avena (Avena sativa). (s.f.). Obtenido de Salud y Buenos Alimentos: <http://saludybuenosalimentos.es/alimentos/index.php?s1=Cereales&s2=Con+Gluten&s3=Avena>

- COMISION NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE - REGION METROPOLITANA. (marzo de 1998). COMISION NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE - REGION METROPOLITANA. Obtenido de Guía para el control y prevención de la contaminación industrial: http://www.sinia.cl/1292/articles-26238_pdf_lacteos.pdf
- Díaz, F., y Pérez, N. (2008). LA BIOFERTILIZACIÓN COMO TECNOLOGÍA SOSTENIBLE. México: Plaza y Valdés, S.A. de C.V.
- Dimas, J., Díaz, A., Martínez, E., y Valdez, R. (2001). Abonos orgánicos y su efecto en propiedades físicas y químicas del suelo y rendimiento en maíz. Terra, 19(4), 293-299. Obtenido de redalyc.org: <http://www.redalyc.org/html/573/57319401/>
- Domínguez, J., Lazcano, C., y Brandón, M. (enero de 2010). Influencia del vermicompost en el crecimiento de las plantas. Aportes para la elaboración de un concepto objetivo. Obtenido de SciELO: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0065-17372010000500027&script=sci_arttext&tlng=pt
- EL COMERCIO. (24 de mayo de 2016). NEGOCIOS. La demanda de leche crece en Carchi.
- El Telégrafo. (2 de abril de 2016). Las condiciones ambientales de Ecuador favorecen a la producción; 5,4 millones de litros de leche se producen al día. 5,4 millones de litros de leche se producen al día. Recuperado el 18 de marzo de 2017, de El Telégrafo: <http://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/economia/8/5-4-millones-de-litros-de-leche-se-producen-al-dia>
- EOI. (abril de 2008). Los vertidos del sector lácteo. Recuperado el 18 de mayo de 2017, de Repositorio EOI: http://api.eoi.es/api_v1_dev.php/fedora/asset/eoi:48159/componente48157.pdf
- FAO. (1991). Manejo del Suelo: producción y uso de composte en ambientes tropicales y subtropicales. Obtenido de Boletín de Suelos de la FAO: https://books.google.com.ec/books?id=WgZ47ud_bpoC&pg=PA6&dq=composici%C3%B3n+del+suelo&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwjekqv87LHNAhWF6x4KHSRZALAQ6AEIGjAA#v=onepage&q=composici%C3%B3n%20del%20suelo&f=false
- FAO. (2009). Repositorio FAO. Obtenido de Guía para la Descripción de Suelos: <http://www.fao.org/3/a-a0541s.pdf>

- FAO. (2013). Repositorio de la FAO. Obtenido de Manual del compostaje del agricultor:
<http://www.fao.org/3/a-i3388s.pdf>
- FAO. (s.f.). FAO. Obtenido de Propiedades Químicas del suelo:
ftp://ftp.fao.org/fi/CDrom/FAO_training/FAO_training/general/x6706s/x6706s04.htm
- Fraç, M., y Jezierska-Tys, S. (Julio de 2011). Agricultural utilisation of dairy sewage sludge: Its effect on enzymatic activity and microorganisms of the soil environment. *African journal and Microbiology research* , 1755-1762. doi:10.5897/AJMR10.707
- Fuentes, G. (febrero de 1984). Repositorio Digital INIAP. Obtenido de INIAP 82 nueva variedad de Avena de doble propósito:
<http://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/232/4/iniapscbd140.pdf>
- García, J., Álvarez, C., Paredes, C., López, E., Fernández, F., Bustamante, M., . . . Seoane, S. (2015). *De Residuo a Recurso El camino hacia la Sostenibilidad*. Madrid: Grupo Mundi-Prensa.
- Gisbert, J., Ibáñez, S., y Moreno, H. (SF). Repositorio Universidad de Politécnica de Valencia. Obtenido de La Textura de UN Suelo:
<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/7775/Textura.pdf>
- GOBIERNO DE ESPAÑA. (2008). MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO. Obtenido de Manual de Compostaje:
http://www.mapama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/publicaciones/manual_de_compostaje_2011_paginas_1-24_tcm7-181450.pdf
- Gutiérrez, Y. (2015). Caracterización de la toxicidad de los residuos líquidos de la industria láctea de la ciudad de Cuenca, utilizando modelos eco toxicológicos. Obtenido de Repositorio de la Universidad de Cuenca:
<http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/21218/1/TESIS.pdf>

- Harrison-Kirk, T., Beare, M., Meenken, E., y Condrón, L. (Julio de 2014). Soil organic matter and texture affect responses to dry/wet cycles: Changes in soil organic matter fractions and relationships with C and N mineralisation. *Soil Biology and Biochemistry*, 74, 50-60. Obtenido de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0038071714000741>
- Heredia, E. (SF). Academia. Obtenido de Densidad Real, Aparente y Porosidad del Suelo: https://www.academia.edu/7716432/DENSIDAD_REAL_APARENTE_Y_POROSIDAD_DEL_SUELO
- Hincapié Gómez, E., & Salazar Gutiérrez, L. F. (2011). Impacto de la erosión sobre las propiedades físicas y químicas del suelo y la producción del café. Obtenido de [cenicafe.org](http://www.cenicafe.org): <http://www.cenicafe.org/es/documents/6.pdf>
- IICA. (septiembre de 1985). Repositorio MAGAP. Obtenido de Programa de Desarrollo Tecnológico Agropecuario: <https://books.google.com.ec/books?id=B2wqAAAAYAAJ&pg=PA120&dq=cultivo+de+avena+forrajera+en+ecuador&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwiNuY-zqMnNAhXJIR4KHY2lA60Q6AEIGjAA#v=onepage&q=cultivo%20de%20avena%20forrajera%20en%20ecuador&f=false>
- INAMHI. (s.f.). Publicaciones meteorológicas. Obtenido de Servicio meteorológico.gob.ec: <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/biblioteca/>
- INEA. (13 de 05 de 2012). Análisis de forrajes en el laboratorio. Valladolid, Guinea, España. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=qLBL6Bnh8YU>
- INEC. (2016). Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC) 2016. Informe Ejecutivo, INEC. Recuperado el 18 de marzo de 2017, de http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac-2016/Informe%20ejecutivo%20ESPAC_2016.pdf
- INIA REMEHUE. (sf). Biblioteca INIA-REMEHUE. Obtenido de Determinación de materia seca de forraje y ensilajes a través del uso de microondas.: <file:///C:/Users/Andr%C3%A9s/Downloads/43.pdf>

- INIAP. (noviembre de 2008). Repositorio INIAP. Obtenido de Guía para producir semilla de Avena el en Bajío:
[file:///C:/Users/Andr%C3%A9s/Downloads/GUIA%20PARA%20PRODUCIR%20AVENA%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Andr%C3%A9s/Downloads/GUIA%20PARA%20PRODUCIR%20AVENA%20(1).pdf)
- INIAP. (2014). Repositorio INIAP. Obtenido de Informe Anual 2014:
<http://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/804/1/iniapscIASU2014.pdf>
- Jaramillo J., D. F. (2002). Introducción a la Ciencia del Suelo. Obtenido de Repositorio Universidad Nacional de Colombia:
<http://www.bdigital.unal.edu.co/2242/1/70060838.2002.pdf>
- Kaplán, A., Labella, S., Rucks , L., Durán , A., y Califra , Á. (2011). Obtenido de GUIA PARA LA DESCRIPCIÓN E INTERPRETACIÓN DEL PERFIL DE SUELO:
<http://www.cebra.com.uy/renare/media/Gu%C3%ADa-para-la-descripci%C3%B3n-e-intrepretaci%C3%B3n-del-perfil-del-suelo.pdf>
- López, M., Alonso, X., y Sainz, M. (1999). Short-term effects of soil amendment with dairy sludge on yield, botanical composition, mineral nutrition and arbuscular mycorrhization in a mixed sward. *Pastos*, 29(2), 231 - 243. Obtenido de
<http://polired.upm.es/index.php/pastos/article/view/1270>
- López, M., Bande, M., y Seoane, S. (2000). Evaluación del efecto salino en un suelo fertilizado con lodos de industria láctea. *Edafología*, 7, 73-83. Recuperado el 19 de mayo de 2017, de
<http://www.secs.com.es/data/Revista%20edafo/partes%20volumen%207/paginas%2073-83.pdf>
- López, M., Moirón, C., y Seoane, S. (2002). Changes in chemical properties of an acid soil after application of dairy sludge. Obtenido de Repositorio Universidad Santiago de Compostela:
<http://www.ibader.org/archivos/docs/Changes%20in%20chemical%20properties%20of%20an%20acid%20soil.pdf>
- López, M., Cascallana, V., y Seoane Labandeira, S. (2002). Comparison of the effects of dairy sludge and a mineral NPK fertilizer on an acid soil. Obtenido de Dialnet:
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=244313>

- Matos, M., López, M., Cunha, M., Sáinz, M., Rodríguez, T., y Carral, E. (2011). Effects of Organic Fertilizers on Soil Physicochemistry and on the Yield and Botanical Composition of Forage over 3 Years. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 778.
- Matos, M., Niemeyer, J., Sousa, P., Cunha, M., y Carra, E. (2011). Behavioral avoidance tests to evaluate effects of cattle slurry and dairy sludge application to soil. *SciELO Brasil*, 1472-1478.
- Matus, F., y Maire G., C. R. (2000). Relación entre la materia orgánica del suelo, textura del suelo, y tasas de mineralización de carbono y nitrógeno. Obtenido de Scielo: http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0365-28072000000200003&script=sci_arttext
- Maya, M. (2014). *Operaciones Culturales, Riego y Fertilización*. Málaga: IC Editorial.
- Ministerio del Ambiente Ecuador. (4 de mayo de 2015). Reforma del libro vi del texto unificado de legislación secundaria. (C. D. PUBLICACIONES, Ed.) Recuperado el 19 de mayo de 2017, de Ambiente.gob.ec: <http://suia.ambiente.gob.ec/documents/10179/185880/ACUERDO%2B061%2BREFORMA%2BLIBRO%2BVI%2BTULSMA%2B-%2BR.O.316%2B04%2BDE%2BMAYO%2B2015.pdf/3c02e9cb-0074-4fb0-afbe-0626370fa108>
- Morales, I. (2009). Aprovechamiento de lodos primarios provenientes del tratamiento de aguas residuales de una industria láctea por medio de la producción de concentrados para animales del sector Porcicola y ganadero vacuno. Obtenido de Repositorio Universidad La Salle: <http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/14862/T41.09%20M792a.pdf?sequence=1>
- Murray, R., Bojórquez, J., Hernández, A., Orozco, M., García, J., Gómez, R., . . . Aguirre, J. (24 de marzo de 2011). Efecto de las materias orgánicas sobre las propiedades físicas del suelo en un sistema agroforestal de la llanura costera norte de Nayarit, México. *Biociencias*, 1(3), 27 - 35. Obtenido de <http://biociencias.uan.edu.mx/publicaciones/02-03/biociencias3-3.pdf>
- Navarro, G., y Navarro, S. (2014). *Fertilizantes Química y Acción*. Murcia: Mundi-Prensa.

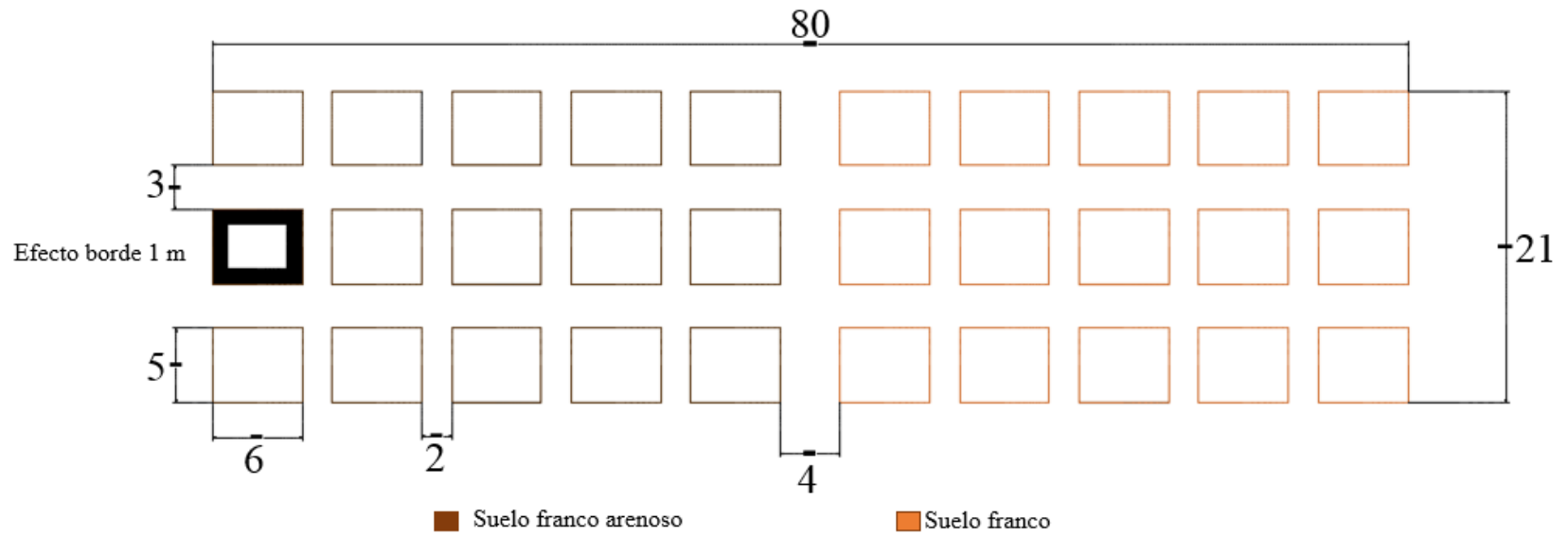
- Navarro, G. (2003). Química Agrícola. Madrid: Mundi-Prensa.
- Núñez, J. (1991). Fundamentos de EDAFOLOGÍA. San José: EUED.
- Omil, B., Solla, F., y García, A. (2005). Respuesta en crecimiento de una plantación de *Pinus radiata* D. Don, a la aplicación de lodos de lechería estabilizados con cal. Obtenido de Dialnet: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2982820>
- Padilla, W. (1979). Repositorio Digital INIAP. Obtenido de guía de recomendación de Fertilización para los principales cultivos del Ecuador: <http://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/432/4/iniapsbt32.pdf>
- Porta, J., y López, M. (2005). Agenda de Campo de Suelos. Madrid: Mundi-Prensa.
- Porta, C., López, R., y Roquero, D. (2008). Edafología: para la agricultura y el medio ambiente. Madrid: Mundi-Prensa.
- Pulido, B. (12 de 2008). RESPUESTA DE DOS GENOTIPOS DE AVENA FORRAJERA (*Avena sativa* L.) A TRES DENSIDADES DE SIEMBRA EN LA COMARCA LAGUNERA. Obtenido de Repositorio de la UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”: <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/2112/BEATRIZ%20MARTINEZ%20PULIDO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Revista El agro. (23 de abril de 2014). Revista El agro. Obtenido de La Avena y el clima en Ecuador: <http://www.revistaelagro.com/2014/04/23/el-cultivo-de-la-avena-y-el-clima-en-ecuador/>
- Rodríguez, R., Moreno, J., Díaz, J., y Larreal, M. (2006). Comportamiento de la conductividad eléctrica en dos series de suelo del sector Caño San Miguel, municipio Mara, estado Zulia durante un período de dos años. Facultad de Agronomía, 394-404. Obtenido de Comportamiento de la conductividad eléctrica en dos series de suelo del sector Caño San Miguel, municipio Mara, estado Zulia durante un período de dos años.

- Romero, C., García, E., y Hernández, E. (2015). Materia orgánica y densidad aparente en suelos del suroeste de La Malinche, Tlaxcala, México. *Revista Iberoamericana de Ciencias*, 2(5), 64 - 70. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/292774911_Materia_organica_y_densidad_aparente_en_suelos_del_suroeste_de_La_Malinche_Tlaxcala_Mexico
- Rucks, L., García, F., Kaplán, A., Ponce de León, J., y Hill, M. (2004). Repositorio de la Universidad de la República. Obtenido de *Propiedades Físicas del Suelo*: http://datateca.unad.edu.co/contenidos/30160/30160_AVA/30160_DocsAVA_U2/propiedades_fisicas_del_suelo.pdf
- Salamanca, A., y Sadeghian, S. (2005). La densidad aparente y su relación con otras propiedades del suelo en la zona cafetera colombiana. Obtenido de *Biblioteca.cenicafe.org*: [http://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/163/1/arc056\(04\)381-397.pdf](http://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/163/1/arc056(04)381-397.pdf)
- Salazar, J. (2014). *Operaciones Auxiliares de Abonado y Aplicación de Tratamientos en Cultivos*. IC Editorial.
- Squella N., y Ormeño N., (2008). Repositorio INIA. Obtenido de *La Avena como cultivo Forrajero*: <http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR34674.pdf>
- Stocking, M., y Murnagham, N. (2003). *Manual para la Evaluación de Campo de la Degradación de la Tierra*. Murcia: Mundi-Prensa.
- Thompson, L., y Troeh, F. (2002). *Los Suelos y su Fertilidad*. Barcelona: REVERTÉ, S. A.
- Tulcán Online. (14 de mayo de 2012). *Tulcán Online*. Obtenido de *Lugares Turísticos del Cantón Montúfar*: <http://www.tulcanonline.com/index.php/montufar.html>
- UNIVERSIDAD PÚBLICA DE NAVARRA. (2012). *Herbario Universidad Pública de Navarra y Departamento de producción Agraria*. Obtenido de *Avena Sativa L.*: http://www.unavarra.es/herbario/pratenses/htm/Aven_sati_p.htm
- UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA. (2015). *Cultivo en Hidroponía*. La Plata: D - Editorial de la Universidad Nacional de La Plata.
- Vibrans, H. (17 de agosto de 2009). *Malezas de México*. Obtenido de *Avena fatua L.*: <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/poaceae/avena-fatua/fichas/ficha.htm>

- Villafañe, R. (1999). Calificación de los suelo por sales y dispersión por sodio y su aplicación en la evasión de tierras. *Agronomía Tropical*, 645-658.
- Villena, L. (1995). Contaminación de las industrias lácteas. Obtenido de Repositorio Institucional de la Universidad de Córdoba:
<http://helvia.uco.es/xmlui/bitstream/handle/10396/3823/08-1995-02.pdf?sequence=1>
- Zeiger, E. (2006). *Fisiología Vegetal*. Los Ángeles: Universitat Jaume I.

ANEXOS

Anexo 1 Croquis del ensayo.



Anexo 2 Metodología utilizada por el laboratorio para los análisis de suelo.



LABONORT

LABORATORIOS NORTE

ANÁLISIS DE SUELOS, AGUAS, FOLIARES, ABONOS ORGÁNICOS
IBARRA- ECUADOR FONO 0999591050
RUC 0400747796001

MÉTODOS ANÁLISIS LABONORT

| Parámetros analizados | Metodología de referencia | Método Interno | Unidades |
|------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|---------------|
| Nitrógeno amoniacal (N) | Complejo azul de indofenol | Espectrofotometría (Abs vs C) | ppm |
| Fosforo (P) | Fosfomolibdato de amonio | Espectrofotometría (Abs vs C) | ppm |
| Azufre (S) | Precipitado de sulfato de bario | Espectrofotometría (Abs vs C) | ppm |
| Boro (B) | Gurcumina acética (complejo) | Espectrofotometría (Abs vs C) | ppm |
| Calcio, magnesio y potasio | Extracto con solución Olsen | Espectro de absorción atómica | meq/100ml |
| Zn, Cu, Fe, Mn | Extracto con solución Olsen | Espectro de absorción atómica | ppm |
| Sodio (Na) | Extracto pasta de suelo | Espectro de absorción atómica | meq/100ml |
| Conductividad eléctrica (Ce) | Extracto pasta de suelo | Conductímetro | mS/cm |
| Materia Orgánica (MO) | Método Walkley Black | Oxidación sulfocromica | % |
| Textura | Método granulométrico | Hidrómetro de Bouyoucos | % (Triángulo) |
| | | | |

Atentamente

Dr. Químico. Edison Milton Miño Medina.

RESPONSABLE LABONORT



Anexo 3 Resultados del análisis de lodos residuales lácteos.



ALS Ecuador
 Rigoberto Heredia Oe6-157 y Huachi
 Quito, Ecuador
 T: +59 3 2341 4080

| | |
|-------------------------------------|---------------|
| PROCOLO N°: 359211/2016-1.0 | RU-49 |
| | Revisión: 10 |
| SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN | Página 2 de 3 |

RESULTADOS OBTENIDOS

| PARÁMETROS ANALIZADOS | METODOLOGÍA DE REFERENCIA | MÉTODO INTERNO ALS | UNIDAD | 35915-1 |
|--------------------------|--|--------------------|--------|------------------------|
| | | | | 1 |
| NITRÓGENO TOTAL KJELDAHL | Standard Methods Ed. 22, 2012, 4500-N _{org} C | PA - 72.00 | mg/kg | 53154,7 ^(M) |
| POTASIO | EPA 3050 B, Rev. 02, 1996 EPA 7610, Rev. 0, 1986 | PA - 26.00 | mg/kg | 4071,7 ^(M) |
| MATERIA ORGÁNICA(*) | Primo Yúfera, Química Agrícola I, Método Walkley Black, 1934 | PA - 35.00 | % | 36,57 |
| HUMEDAD(*) | EPA 160.3, 1971 | PA - 85.00 | % | 4,92 |
| POTENCIAL HIDRÓGENO | EPA 9045 D, Rev. 04, 2004 | PA - 05.00 | UpH | 5,00 |
| FÓSFORO TOTAL(*) | Standard Methods Ed. 22, 2012, 4500-P B y 4500-P C | PA - 49.00 | mg/kg | 688,9 |

Anexo 4 Resultados del análisis de laboratorio del compostaje de lodos residuales lácteos.



ALS Ecuador
 Rigoberto Heredia Oe6-157 y Huachi
 Quito, Ecuador
 T: +59 3 2341 4080

| | |
|--------------------------------------|---------------|
| PROTOCOLO N°: 359213/2016-1.0 | RU-49 |
| | Revisión: 10 |
| | Página 2 de 3 |
| SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN | |

RESULTADOS OBTENIDOS

| PARÁMETROS ANALIZADOS | METODOLOGÍA DE REFERENCIA | MÉTODO INTERNO ALS | UNIDAD | 35915-2 |
|--------------------------|--|--------------------|--------|------------------------|
| | | | | 2 |
| NITRÓGENO TOTAL KJELDAHL | Standard Methods Ed. 22, 2012, 4500-N _{org} C | PA - 72.00 | mg/kg | 34603,8 ^(M) |
| POTASIO | EPA 3050 B, Rev. 02, 1996 EPA 7610, Rev. 0, 1986 | PA - 26.00 | mg/kg | 89373,8 ^(M) |
| MATERIA ORGÁNICA(*) | Primo Yúfera, Química Agrícola I, Método Walkley Black, 1934 | PA - 35.00 | % | 39,33 |
| HUMEDAD(*) | EPA 160.3, 1971 | PA - 85.00 | % | 41,88 |
| POTENCIAL HIDRÓGENO | EPA 9045 D, Rev. 04, 2004 | PA - 05.00 | UpH | 8,01 |
| FÓSFORO TOTAL(*) | Standard Methods Ed. 22, 2012, 4500-P B y 4500-P C | PA - 49.00 | mg/kg | 99,3 |

Anexo 5 Datos iniciales y finales de laboratorio de la concentración de nitrógeno, fósforo y potasio en el suelo.

| Bloque | Tipo de Suelo | Tratamientos | N-i (ppm) | N-f (ppm) | P-i (ppm) | P-f (ppm) | K-i (meq/100ml) | K-i (meq/100ml) |
|--------|---------------|--------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------------|-----------------|
| 1 | FA | 1 | 1.85 | 30,25 | 61,49 | 68,59 | 3,23 | 2,3 |
| 1 | FA | 2 | 52.77 | 55,46 | 97,13 | 107,82 | 3,52 | 2,37 |
| 1 | FA | 3 | 31.17 | 58,12 | 93,64 | 100,48 | 3,12 | 2,43 |
| 1 | FA | 4 | 18.83 | 63,43 | 94,81 | 119,46 | 3,51 | 2,55 |
| 1 | FA | 5 | 31.17 | 67,41 | 98,95 | 137,91 | 3,36 | 2,88 |
| 1 | F | 1 | 1.85 | 14,33 | 31 | 33,31 | 1,85 | 1,75 |
| 1 | F | 2 | 3.4 | 28,93 | 36,3 | 34,39 | 2,43 | 1,79 |
| 1 | F | 3 | 15.74 | 39,54 | 32,82 | 33,85 | 2,53 | 1,79 |
| 1 | F | 4 | 4.94 | 54,14 | 26,35 | 44,24 | 2,12 | 1,61 |
| 1 | F | 5 | 8.02 | 18,31 | 41,76 | 33,67 | 2,37 | 1,82 |
| 2 | FA | 1 | 26.54 | 32,91 | 70,6 | 62,33 | 3,25 | 2,52 |
| 2 | FA | 2 | 37.34 | 80,68 | 100,77 | 133,43 | 4,01 | 3,09 |
| 2 | FA | 3 | 20.37 | 59,45 | 92,98 | 108,36 | 3,87 | 2,84 |
| 2 | FA | 4 | 21.91 | 67,41 | 75,08 | 116,24 | 3,52 | 2,39 |
| 2 | FA | 5 | 40.43 | 54,1 | 87,01 | 108,18 | 4,29 | 3,04 |
| 2 | F | 1 | 339 | 30,25 | 31,16 | 43,7 | 2,51 | 2,26 |
| 2 | F | 2 | 20,37 | 22,29 | 35,14 | 41,37 | 2,23 | 2,05 |
| 2 | F | 3 | 6,48 | 22,29 | 35,8 | 33,67 | 2,7 | 2,05 |
| 2 | F | 4 | 1,85 | 42,19 | 32,31 | 34,92 | 2,5 | 1,93 |
| 2 | F | 5 | 0,95 | 13 | 38,95 | 14,51 | 2,46 | 1,44 |
| 3 | FA | 1 | 8,04 | 36,89 | 56,68 | 53,02 | 2,89 | 2,07 |
| 3 | FA | 2 | 28,08 | 76,7 | 92,49 | 104,6 | 3,8 | 2,64 |
| 3 | FA | 3 | 32,72 | 66,08 | 81,55 | 100,3 | 4,38 | 2,82 |
| 3 | FA | 4 | 26,54 | 71,4 | 115,52 | 102,1 | 3,46 | 2,33 |
| 3 | FA | 5 | 8,02 | 43,52 | 54,53 | 55,88 | 3,09 | 2,66 |
| 3 | F | 1 | 0,93 | 27,6 | 27,18 | 42,45 | 2,33 | 2,17 |
| 3 | F | 2 | 0,45 | 27,6 | 30,38 | 35,46 | 2,39 | 2,13 |
| 3 | F | 3 | 0,95 | 24,95 | 26,85 | 35,46 | 2,26 | 2,27 |
| 3 | F | 4 | 3,4 | 43,52 | 29 | 45,85 | 2,67 | 2,01 |
| 3 | F | 5 | 8,02 | 24,93 | 26,85 | 26,69 | 2,41 | 1,94 |

Anexo 6 Datos iniciales y finales de laboratorio de materia orgánica, pH y conductividad eléctrica del suelo.

| Bloque | Tipo de Suelo | Tratamientos | MO i (%) | MO f (%) | pH-i | pH-f | Ce-i (mS/cm) | Ce-i (mS/cm) |
|---------------|----------------------|---------------------|-----------------|-----------------|-------------|-------------|---------------------|---------------------|
| 1 | FA | 1 | 6,63 | 5,78 | 6,26 | 6,41 | 0,385 | 0,59 |
| 1 | FA | 2 | 8,72 | 6,66 | 6,9 | 6,45 | 0,419 | 0,474 |
| 1 | FA | 3 | 8,15 | 7,01 | 7,16 | 6,42 | 0,377 | 0,495 |
| 1 | FA | 4 | 9,48 | 8,16 | 6,42 | 6,86 | 0,326 | 0,51 |
| 1 | FA | 5 | 9,68 | 8,73 | 6,31 | 6,5 | 0,431 | 0,58 |
| 1 | F | 1 | 4,06 | 3,43 | 6,67 | 5,57 | 0,328 | 0,41 |
| 1 | F | 2 | 5,32 | 3,61 | 6,47 | 5,24 | 0,461 | 0,475 |
| 1 | F | 3 | 4,93 | 3,77 | 6,16 | 6,08 | 0,35 | 0,52 |
| 1 | F | 4 | 5,11 | 4,05 | 6,11 | 6,22 | 0,385 | 0,536 |
| 1 | F | 5 | 4,49 | 3,7 | 6,6 | 5,6 | 0,357 | 0,381 |
| 2 | FA | 1 | 6,83 | 4,77 | 6,28 | 6,98 | 0,611 | 0,497 |
| 2 | FA | 2 | 9,17 | 8,91 | 7 | 6,72 | 0,506 | 0,593 |
| 2 | FA | 3 | 8 | 7,28 | 6,56 | 6,68 | 0,337 | 0,51 |
| 2 | FA | 4 | 7,07 | 5,53 | 6,71 | 6,4 | 0,587 | 0,453 |
| 2 | FA | 5 | 10,2 | 9,11 | 6,41 | 6,7 | 0,67 | 0,443 |
| 2 | F | 1 | 4,24 | 3,4 | 6,25 | 6,02 | 0,36 | 0,553 |
| 2 | F | 2 | 3,51 | 3,73 | 6,4 | 5,68 | 0,62 | 0,498 |
| 2 | F | 3 | 4,45 | 3,6 | 6,31 | 6,13 | 0,447 | 0,519 |
| 2 | F | 4 | 3,7 | 3,39 | 6,48 | 4,65 | 0,367 | 0,56 |
| 2 | F | 5 | 4,33 | 3,49 | 6,33 | 6,18 | 0,37 | 0,458 |
| 3 | FA | 1 | 6,71 | 4,53 | 6,18 | 6,47 | 0,38 | 0,315 |
| 3 | FA | 2 | 7,81 | 7,24 | 6,51 | 6,54 | 0,467 | 0,554 |
| 3 | FA | 3 | 8 | 7,33 | 6,6 | 6,6 | 0,82 | 0,509 |
| 3 | FA | 4 | 6,98 | 5,92 | 6,25 | 6,61 | 0,65 | 0,443 |
| 3 | FA | 5 | 7,03 | 4,07 | 6,4 | 7,19 | 0,45 | 0,478 |
| 3 | F | 1 | 4,61 | 3,42 | 6,32 | 5,51 | 0,31 | 0,51 |
| 3 | F | 2 | 4,36 | 3,38 | 6,28 | 6,37 | 0,464 | 0,477 |
| 3 | F | 3 | 3,41 | 3,33 | 6,27 | 6,18 | 0,38 | 0,497 |
| 3 | F | 4 | 4,72 | 3,72 | 6,51 | 6,29 | 0,51 | 0,585 |
| 3 | F | 5 | 4,5 | 3,26 | 6,4 | 5,67 | 0,4 | 0,378 |

Anexo 7 Datos iniciales y finales de laboratorio de la textura y densidad aparente (los datos reportados no se los hizo con el laboratorio) del suelo.

| Bloque | Tipo de Suelo | Tratamientos | Arena i (%) | Arena f (%) | Limo i (%) | Limo f (%) | Arcilla i (%) | Arcilla f (%) | Da i (g/cm ³) | Da f (g/cm ³) |
|--------|---------------|--------------|-------------|-------------|------------|------------|---------------|---------------|---------------------------|---------------------------|
| 1 | FA | 1 | 53,2 | 48,4 | 35,2 | 34,2 | 11,6 | 17,4 | 1,52 | 1,56 |
| 1 | FA | 2 | 59,2 | 54,4 | 31,2 | 34,2 | 9,6 | 11,4 | 1,38 | 1,29 |
| 1 | FA | 3 | 63,2 | 58,4 | 27,2 | 31,2 | 9,6 | 10,4 | 1,44 | 1,29 |
| 1 | FA | 4 | 65,2 | 62,4 | 27,2 | 29,2 | 7,6 | 8,4 | 1,39 | 1,06 |
| 1 | FA | 5 | 65,2 | 63,6 | 27,2 | 26,6 | 7,6 | 9,8 | 1,39 | 1,17 |
| 1 | F | 1 | 49,6 | 43,6 | 27,6 | 31,6 | 22,8 | 24,8 | 1,41 | 1,41 |
| 1 | F | 2 | 49,2 | 47,6 | 35,2 | 29,6 | 15,6 | 22,8 | 1,34 | 1,32 |
| 1 | F | 3 | 45,2 | 45,6 | 36 | 34,6 | 18,8 | 19,8 | 1,35 | 1,35 |
| 1 | F | 4 | 47,6 | 49,6 | 31,6 | 35,6 | 20,8 | 14,8 | 1,33 | 1,29 |
| 1 | F | 5 | 47,2 | 45,2 | 23,2 | 33,2 | 29,6 | 21,6 | 1,42 | 1,46 |
| 2 | FA | 1 | 57,2 | 50,4 | 31,2 | 33,2 | 11,6 | 16,4 | 1,43 | 1,55 |
| 2 | FA | 2 | 65,2 | 67,6 | 28,2 | 21,6 | 6,6 | 10,8 | 1,38 | 1,36 |
| 2 | FA | 3 | 69,2 | 61,6 | 27,2 | 25,6 | 3,6 | 12,8 | 1,36 | 1,30 |
| 2 | FA | 4 | 59,2 | 67,6 | 25,2 | 23,6 | 15,6 | 8,8 | 1,37 | 1,33 |
| 2 | FA | 5 | 69,2 | 66,4 | 27,2 | 27,2 | 3,6 | 6,4 | 1,39 | 1,36 |
| 2 | F | 1 | 47,6 | 45,2 | 31,6 | 35,2 | 20,8 | 19,6 | 1,31 | 1,30 |
| 2 | F | 2 | 45,2 | 45,6 | 27,2 | 29,6 | 27,6 | 24,8 | 1,33 | 1,32 |
| 2 | F | 3 | 47,2 | 45,92 | 35,2 | 36,48 | 17,6 | 17,6 | 1,27 | 1,26 |
| 2 | F | 4 | 55,2 | 51,6 | 31,2 | 32,6 | 13,6 | 15,8 | 1,37 | 1,50 |
| 2 | F | 5 | 51,2 | 44,4 | 28,2 | 36 | 20,6 | 19,6 | 1,30 | 1,27 |
| 3 | FA | 1 | 59,2 | 54,4 | 31,2 | 31,2 | 9,6 | 14,4 | 1,34 | 1,30 |
| 3 | FA | 2 | 69,2 | 71,6 | 28 | 19,6 | 2,8 | 8,8 | 1,53 | 1,02 |
| 3 | FA | 3 | 71,2 | 70,4 | 18,2 | 23,2 | 10,2 | 6,4 | 1,42 | 1,40 |
| 3 | FA | 4 | 65,2 | 59,6 | 29,2 | 26,6 | 5,6 | 13,8 | 1,42 | 1,42 |
| 3 | FA | 5 | 53,6 | 50,4 | 31,6 | 31,2 | 14,8 | 18,4 | 1,40 | 1,52 |
| 3 | F | 1 | 47,6 | 45,6 | 31,6 | 29,6 | 20,8 | 24,8 | 1,37 | 1,38 |
| 3 | F | 2 | 55,2 | 48,4 | 30,2 | 35,2 | 14,6 | 16,4 | 1,45 | 1,50 |
| 3 | F | 3 | 49,2 | 47,2 | 34,8 | 35,2 | 16 | 17,6 | 1,32 | 1,30 |
| 3 | F | 4 | 49,2 | 51,6 | 33,2 | 36,6 | 17,6 | 11,8 | 1,33 | 1,34 |
| 3 | F | 5 | 47,2 | 47,6 | 35,2 | 31,6 | 17,6 | 20,8 | 1,34 | 1,33 |

Anexo 8 Formato del reporte de datos de los análisis de suelo por el laboratorio.

LABONORT
LABORATORIOS NORTE
Av. Cristobal de Troya y Jaime Roldos Ibarra - Ecuador cel. 0999591050

REPORT DE ANALISIS DE SUELOS

| | | | |
|--------------------------------|--|--------------------------------|--|
| DATOS DE PROPIETARIO | | DATOS DE LA PROPIEDAD | |
| Nombre: ANDRES REVELO (ALPINA) | | Provincia: Carchi | |
| Ciudad: | | Cantón: Montúfar | |
| Teléfono: 0989492200 | | Parroquia: | |
| Fax: | | Sitio: Sec. La Esperanza | |
| DATOS DEL LOTE | | DATOS DE LABORATORIO | |
| Sitio: Sec. La Esperanza | | Nro Reporte.: 7349 | |
| Superficie: | | Tipo de Análisis: Completo + T | |
| Número de Campo: B1R3T4 | | Muestra: Suelo B1R3T4 | |
| Cultivo Actual: | | Fecha de Ingreso: 2016-11-24 | |
| A Cultivar: Avena | | Fecha de Reporte: 2016-12-01 | |

| Nutriente | Valor | Unidad | INTERPRETACION |
|--------------------|--------|------------|----------------|
| N | 26.54 | ppm | |
| P | 115.52 | ppm | |
| S | 19.24 | ppm | |
| K | 3.46 | meq/100 ml | |
| Ca | 15.82 | meq/100 ml | |
| Mg | 3.32 | meq/100 ml | |
| Zn | 7.71 | ppm | |
| Cu | 5.23 | ppm | |
| Fe | 1101.5 | ppm | |
| Mn | 72.22 | ppm | |
| B | 0.69 | ppm | |
| pH | 6.25 | | |
| Acidez Int. (Al+H) | | meq/100 ml | |
| Al | | meq/100 ml | |
| Na | 0.100 | meq/100 ml | |
| Ce | 0.650 | mS/cm | |
| MO | 6.98 | % | |

| Ca | Mg | Ca+Mg | (meq/100ml) | % | ppm | Clase Textural | | |
|------|------|-------|-------------|------|-----|----------------|-------|---------|
| Mg | K | K | Sum Bases | NTot | Cl | Arena | Limo | Arcilla |
| 4.77 | 0.96 | 5.53 | 22.70 | | | 65.20 | 29.20 | 5.60 |
| | | | | | | Franco Arenoso | | |

Dr. Quím. Edison M. Miño M.
Responsable Laboratorio

Anexo 9 Análisis microbiológico del suelo antes de la fertilización.



ALS Ecuador
 Rigoberto Heredia Oe6-157 y Huachi
 Quito, Ecuador
 T: +59 3 2341 4080

| | |
|------------------------------|---------------|
| PROTOCOLO N°: 1216-2212 | RU-49 |
| | Revisión: 10 |
| SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN | Página 2 de 2 |

RESULTADOS OBTENIDOS

| PARÁMETROS ANALIZADOS | METODOLOGÍA DE REFERENCIA | MÉTODO INTERNO ALS | UNIDAD | S-0030 |
|--|---|---|--------|---------------------|
| | | | | 31 |
| RECuentos de Mohos(*) | AOAC 997.02, Ed. 18, 2005 Standard Methods Ed. 22, 2012, 9610 | PA - 81.00 | UFC/g | 12 |
| RECuentos de Bacterias(*) | AOAC 997.02, Ed. 18, 2005 Standard Methods Ed. 22, 2012, 9610 | PA - 81.00 | UFC/g | ¹⁾ 49000 |
| RECuento de Actinomicetos(*) | R.W. Weaver, Chair Scott, Angle Peter Bottomley, David Bezdicsek, Scott Smith, Ali Yatababal, Art Wollum (1999). Methods of Soil Analysis. Part2- Microbiological and Biochemical Properties. RECuento EN PLACA A PROFUNDIDAD EN MEDIOS SELECTIVOS | TERCERIZADO (PARÁMETRO NO ACREDITADO) | UFC/g | 4×10^3 |
| RECuento de Bacterias fijadoras de Nitrógeno(*) | | | UFC/g | 5×10^4 |
| RECuento de Bacterias Celulolíticas(*) | | | UFC/g | <30 |
| RECuento de Bacterias Solubilizadoras de Fosfatos(*) | | | UFC/g | <30 |

Anexo 10 Análisis microbiológico del suelo después de la fertilización.



ALS Ecuador
 Rigoberto Heredia Oe6-157 y Huachi
 Quito, Ecuador
 T: +59 3 2341 4080

| | |
|-------------------------------------|---------------|
| PROCOLO N°: 0317-0473 | RU-49 |
| | Revisión: 10 |
| SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN | Página 2 de 2 |

RESULTADOS OBTENIDOS

| PARÁMETROS ANALIZADOS | METODOLOGÍA DE REFERENCIA | MÉTODO INTERNO ALS | UNIDAD | S-0008 |
|--|--|---|--------|-----------------------|
| | | | | S1 |
| RECuentos de Mohos(*) | AOAC 997.02, Ed. 18, 2005 Standard Methods Ed. 22, 2012, 9610 | PA - 81.00 | UPC/g | 300 |
| RECuentos de Bacterias(*) | AOAC 997.02, Ed. 18, 2005 Standard Methods Ed. 22, 2012, 9610 | PA - 81.00 | UFC/g | ⁽¹⁾ 280000 |
| RECuento de Actinomicetos(*) | R.W. Weaver, Chair Scott, Angle Peter Bottomley, David Bezdicek, Scott Smith, Ali Tabatabai, Art Wollum (1999). Methods of Soil Analysis. Part2- Microbiological and Biochemical Properties. RECuento EN PLACA A PROFUNDIDAD EN MEDIOS SELECTIVOS | TERCERIZADO (PARÁMETRO NO ACREDITADO) | UFC/g | 6x10 ⁴ |
| RECuento de Bacterias Fijadoras de Nitrógeno(*) | | | UFC/g | 4x10 ⁴ |
| RECuento de Bacterias Celulolíticas(*) | | | UFC/g | 4x10 ⁵ |
| RECuento de Bacterias Solubilizadoras de Fosfatos(*) | | | UFC/g | 3x10 ³ |