

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ
MANUEL FÉLIX LÓPEZ**

DIRECCIÓN DE CARRERA: MEDIO AMBIENTE

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERO EN MEDIO AMBIENTE**

**MODALIDAD:
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**TEMA:
APROVECHAMIENTO DE LODOS DE PERFORACIÓN
GENERADOS POR ACTIVIDAD MINERA EN LA PARROQUIA
PALO QUEMADO PROVINCIA COTOPAXI PARA LA
ELABORACIÓN DE COMPOST**

**AUTOR:
ASHQUI SILVA ANDREA MARILIN
CEDEÑO PALMA CARLOS EDUARDO**

**TUTOR(A):
QF. PATRICIO JAVIER NOLES AGUILAR, Mg**

CALCETA, JUNIO 2018

DERECHOS DE AUTORÍA

Ashqui Silva Andrea Marilin y Cedeño Palma Carlos Eduardo, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional, y que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración concedemos los derechos de propiedad intelectual a la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual y su reglamento.

ANDREA M. ASHQUI SILVA

CARLOS E. CEDEÑO PALMA

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

QF. PATRICIO NOLES certifico haber tutelado la tesis **APROVECHAMIENTO DE LODOS DE PERFORACIÓN GENERADOS POR ACTIVIDAD MINERA EN LA PARROQUIA PALO QUEMADO PROVINCIA COTOPAXI PARA LA ELABORACIÓN DE COMPOST**, que ha sido desarrollada por Ashqui Silva Andrea Marilin y Cedeño Palma Carlos Eduardo, previa la obtención del título de Ingeniero Ambiental , de acuerdo al **REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN DE GRADO** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

QF. PATRICIO JAVIER NOLES AGUILAR, Mg.

TUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

Los suscritos integrantes del tribunal correspondiente, declaran que han **APROBADO** la tesis **APROVECHAMIENTO DE LODOS DE PERFORACIÓN GENERADOS POR ACTIVIDAD MINERA EN LA PARROQUIA PALO QUEMADO PROVINCIA COTOPAXI PARA LA ELABORACIÓN DE COMPOST**, que ha sido propuesta, desarrollada y sustentada por Ashqui Silva Andrea Marilin y Cedeño Palma Carlos Eduardo,, previa la obtención del título de Ingeniero Ambiental, de acuerdo al **REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN DE GRADO** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

ING. JORGE CEVALLOS BRAVO, Mg

MIEMBRO

ING. CARLOS VILLAFUERTE VÉLEZ, Mg CA

MIEMBRO

ING. CARLOS RICARDO DELGADO VILLAFUERTE, Mg CA

PRESIDENTE

AGRADECIMIENTO

A Dios nuestro creador por habernos dado salud, el vigor, la sapiencia y la constancia para culminar esta meta.

A la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López por brindarnos la oportunidad de una educación superior de calidad forjando nuestros conocimientos que nos ayudaran en nuestras vidas profesionales; y

A nuestros padres por todo el apoyo brindado en nuestra vida universitaria.

ANDREA M. ASHQUI SILVA

CARLOS E. CEDEÑO PALMA

DEDICATORIA

A Dios nuestro creador por haberme dado la fe, la salud, la sabiduría y la perseverancia para culminar esta meta.

A la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López que me dio la oportunidad de una educación superior de calidad y en la cual he forjado mis conocimientos profesionales día a día; y

A mis padres por todo el apoyo brindado en mi vida universitaria.

ANDREA M. ASHQUI SILVA

DEDICATORIA

A Dios por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mi padre Franklin Cedeño y a mi madre Carmen Palma por ser el pilar fundamental en todo lo que soy, en toda mi educación, tanto académica, como de la vida, por su incondicional apoyo perfectamente mantenido a través del tiempo, y

A mi novia, Viviana Trujillo, compañera inseparable de cada jornada, por creer en mí y por siempre apoyarme, representando gran esfuerzo y tesón en momentos de decline y cansancio.

CARLOS E. CEDEÑO PALMA

CONTENIDO GENERAL

CARATULA	I
DERECHOS DE AUTORÍA	ii
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR.....	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
DEDICATORIA.....	vi
DEDICATORIA.....	vii
CONTENIDO GENERAL.....	viii
CONTENIDO DE CUADROS Y GRÁFICOS	xi
CUADROS	xi
GRÁFICOS.....	xii
RESUMEN	xiii
SUMMARY	xiv
CAPITULO I. ANTECEDENTES.....	1
1.1.Planteamiento y formulación del problema	1
1.2.Justificación.....	3
1.3.Objetivos	4
1.3.1.Objetivo general	4
1.3.2.Objetivos específicos.....	4
1.4.Hipótesis.....	4
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	5
2.1.Producción minera.....	5
2.2.Etapas de la minería.....	5
2.3.Lodos de perforación generados por la actividad minera.....	8
2.3.1.Origen y características de los lodos	8
2.4.Compostaje	8
2.4.1.Análisis recomendados en el compost.....	9
2.4.2.Factores que condicionan el proceso de compostaje	9
2.4.3.Compost de buena calidad	12
2.4.4.Duración del proceso de compostaje.....	12

2.4.5.Etapas del proceso de compostaje	13
2.4.6.Técnicas de compostaje	15
2.4.7.Compostaje en pilas estáticas	16
2.4.8.Compostaje en pilas estáticas aireadas.....	16
2.4.9.Compostaje en pilas de volteo	16
2.4.10.Materiales para la producción de compost.....	17
2.4.11.Gallinaza	17
2.4.12.Cascara de arroz	18
2.5.Diseño estadístico	18
2.5.1.Diseño Completamente Al Azar (Dca)	18
2.5.2.Anova.	18
2.5.3.Prueba de tukey	19
2.6.Marco legal.....	19
2.6.1.Constitución política de la república.....	19
2.6.2.Norma de calidad ambiental del recurso suelo y criterios de remediación para suelos contaminados.....	20
2.6.3.Ley y normativa de la elaboración de compost	21
CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO	24
3.1.Ubicación.....	24
3.1.1.Características bióticas.....	24
3.1.2.Características socioeconómicas	25
3.2.Duración del trabajo	25
3.3.Variables	25
3.3.1.Variable independiente	25
3.3.2.Variable dependiente.....	25
3.3.3.Factor en estudio.....	26
3.6.1.Etapa 1. Diagnóstico los lodos de perforación generados de la empresa kluane drilling ecuador s.a en la parroquia palo quemado provincia de cotopaxi.....	29
3.6.2.Etapa 2. Comprobar la eficiencia de los lodos de perforación en la elaboración de compost.....	30
3.6.3.Etapa 3. Determinar el costo-producción del mejor tratamiento..	
36	
CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	37

4.6.Diagnóstico de los lodos de perforación generados de la empresa.	37
4.7.Comprobación de la eficiencia de los lodos de perforación en la elaboración de compost.....	38
4.7.1.Aplicar compost elaborado a cultivos de ciclo corto y esperar el crecimiento..	57
4.7.2.Clasificación de los tratamientos bajo la norma chilena nch2880 (2004).....	58
4.7.3.Determinación de la eficiencia del mejor tratamiento	67
4.8.Determinar el costo-producción del mejor tratamiento.....	67
CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	69
5.6.Conclusiones	69
5.7.Recomendaciones.....	70
BIBLIOGRAFÍA	71
ANEXOS	75

CONTENIDO DE CUADROS Y GRÁFICOS

CUADROS

2.1 Etapas de la minería	7
2.2 Criterios de Remediación o Restauración según el uso del suelo.....	20
3.1 Características de la ubicación de la investigación.	24
3.2 Composición de los tratamientos	27
3.3 Esquema de Anova	27
3.4 Complementos necesarios para la realización del compost.....	31
4.1 Resultados de análisis físicos-químicos de los lodos.....	37
4.2 Resultados de metales pesados en lodos	38
4.3 Resultados de Temperatura y ANOVA.....	39
4.4 Resultados de TUKEY de Temperatura	40
4.5 Resultados de pH y ANOVA.....	42
4.6 Resultados de TUKEY de pH.....	43
4.7 Resultados de relación C/N y ANOVA	45
4.8 Tukey de Relación C/N.....	46
4.9 Resultados de Materia Orgánica y ANOVA.....	48
4.10 Tukey de Materia Orgánica	49
4.11 Resultados de Conductividad eléctrica y ANOVA	51
4.12 Tukey de Conductividad eléctrica.....	52
4.13 Resultados de Humedad y ANOVA.....	54
4.14 Tukey de Humedad	55
4.15 Resultados de Toxicidad de Plantas según la norma chilena NCh2880 Compost – Clasificación Y Requisitos (2004).....	57
4.16 Clasificación del compost del T_1 (A_1B_1) bajo la norma chilena NCh2880 Compost – Clasificación Y Requisitos (2004).....	58
4.17 Clasificación del compost del T_2 (A_1B_2) bajo la norma chilena NCh2880 Compost – Clasificación Y Requisitos (2004).....	59
4.18 Clasificación del compost del T_3 (A_1B_3) bajo la norma chilena NCh2880 Compost – Clasificación Y Requisitos (2004).....	60

4.19 Clasificación del compost del T_4 (A_2B_1) bajo la norma chilena NCh2880 Compost – Clasificación Y Requisitos (2004).....	61
4.20 Clasificación del compost del T_5 (A_2B_2) bajo la norma chilena NCh2880 Compost – Clasificación Y Requisitos (2004).....	62
4.21 Clasificación del compost del T_6 (A_2B_3) bajo la norma chilena NCh2880 Compost – Clasificación Y Requisitos (2004).....	63
4.22 Clasificación del compost del T_7 (A_3B_1) bajo la norma chilena NCh2880 Compost – Clasificación Y Requisitos (2004).....	64
4.23 Clasificación del compost del T_8 (A_3B_2) bajo la norma chilena NCh2880 Compost – Clasificación Y Requisitos (2004).....	65
4.24 Clasificación del compost del T_9 (A_3B_3) bajo la norma chilena NCh2880 Compost – Clasificación Y Requisitos (2004).....	66
4.25 Eficiencia del T_1 (A_1B_1)	67
4.26 Costo-Producción del T_1 (A_1B_1)	67

GRÁFICOS

4.1 Resultados de Temperatura	41
4.2 Resultados de Ph	44
4.3 Resultados de Relación C/N	47
4.4 Resultados de Materia orgánica.....	50
4.5 Resultados de Conductividad eléctrica	53
4.6 Resultados de Humedad.....	56

RESUMEN

El propósito de esta investigación fue establecer la dosis adecuada para realizar compost para cultivo de ciclos corto, aprovechando los lodos de perforación de actividad minera, producidos en la Parroquia Palo Quemado Provincia Cotopaxi por la Empresa Kluane Drilling Ecuador S.A, para lo que se previó implementar un Diseño Completos al Azar (DCA) con arreglo factorial de tratamientos (A x B) en las mezclas de lodo y gallinaza respectivamente con tres repeticiones por tratamiento. Los resultados de los objetivos indicaron inicialmente que los parámetros químicos del lodo como son los metales (cadmio y mercurio) no exceden los criterios de Remediación o Restauración de acuerdo al uso del suelo (agrícola, comercial, residencial e industrial). Se determinó que se puede elaborar compost orgánico, a partir del lodo generado en la fase de exploración de la minería de la Empresa Kluane Drilling Ecuador S.A.

PALABRAS CLAVES

Lodos, minería, exploración, criterios, compost orgánico, cultivo

SUMMARY

The purpose of this research establish to find the appropriate dose to make compost for short cycle cultivation, taking advantage of the drilling muds of mining activity produced by Kluane Drilling Ecuador SA, in the Palo Quemado-Province of Cotopaxi for which it was envisaged to implement a Complete Design Azar (DCA) with a factorial arrangement of treatments (A x B) in mud and poultry mixtures, respectively, with three repetitions per treatment. The results of the objectives initially indicated that the chemical parameters of the mud, such as metals (cadmium and mercury), do not exceed the criteria of Remediation or Restoration according to land use (agricultural, commercial, residential and industrial). It was determined that organic compost can be made from the sludge generated in the exploration phase of the mining company Kluane Drilling Ecuador S.A.

KEY WORDS

Sludges, mining, exploration, criteria, organic compost, cultivation

CAPÍTULO I. ANTECEDENTES

1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

La producción de residuos es uno de los problemas que afecta a la mayoría de los sectores de la sociedad actual. El sector de la minería no se queda atrás con relación a la producción de residuos por lo que la sociedad no está conforme con la industria minera, así como con los residuos generados en la misma, y es por eso que las administraciones tienen énfasis en la gestión que realizan las empresas con sus residuos y los tratamientos que desarrollan. Pero no todas las empresas del sector de la minería le dan un manejo a los residuos que generan (Santos y Ruiz, 2004).

El Ecuador no ha sido ajeno a los procesos extractivos mineros y su medio ambiente ha sido afectado, sobre todo por los mineros informales que, buscando una fuente de ingresos, no han visto el daño causado tanto en su salud como en el medio que les rodea (Velasco, 2015).

Banco Central del Ecuador (BCE, 2016) menciona que posee una variada gama de minerales, de los cuales se extrae principalmente los siguientes: Oro, Arcilla, Caliza, Caolín, Feldespato, Sílice, Pómez, Arenas ferruginosas, Concentrado de oro, Concentrado de cobre, Zeolita, Mármol, Bentonita también exporta cobre pues la producción de cobre todavía es muy pequeña en el país. En la actualidad existe un mayor interés en el cuidado del medio ambiente, es así que el Ministerio de Ambiente ha emitido leyes y normativas, como el Art. 83 de la preservación del medio ambiente de la ley de minería que manifiesta que “el manejo de desechos y residuos sólidos, líquidos y emisiones gaseosas que la actividad minera produzca dentro de los límites del territorio nacional, deberá cumplir con lo establecido en la Constitución y en la normativa ambiental vigente” (Órgano del Gobierno del Ecuador, 2009).

Ortiz, (2016) hace referencia que en los trabajos de perforación de pozos se utilizan comúnmente los fluidos de perforación base agua, cuyos componentes principales son la barita, compuestos inorgánicos, bentonita y otras arcillas, entre otros, conformando un fluido que por su naturaleza química es contaminante para el medio ambiente, si no se dispone debidamente mediante un medio de tratamiento.

Por lo expuesto anteriormente se procede a formular la siguiente interrogante.

¿Los lodos de perforación generados por actividad minera en la Parroquia Palo Quemado Provincia Cotopaxi podrán ser aprovechados en la elaboración de compost?

1.2. JUSTIFICACIÓN

Por el inexistente manejo de los lodos de perforación producidos en la Parroquia Palo Quemado Provincia Cotopaxi por la Empresa Kluane Drilling Ecuador S.A., debido a que la empresa entrega sus lodos a la empresa que los contratan, se plantea la necesidad de crear una estrategia de mitigación ambiental aprovechando los lodos de perforación para la elaboración de compost, mencionando que los lodos son de la fase de exploración en suelos vírgenes del sector, se toma en cuenta que será un producto amigable con el ambiente, evitando la fertilización química que ha sido tradicional en estos últimos tiempos.

Adicionalmente se propondrán medidas correctivas, técnicas y económicamente viables para mitigar los impactos negativos originados por este lodo, así como conocer y potencializar los impactos positivos de la producción de compost.

El manejo de los lodos de perforación beneficiará no solamente a la Empresa Kluane Drilling Ecuador S.A. con la reutilización de estos desechos, sino que económicamente será autosustentable, se proveerá de una fuente de trabajo y de todos estos beneficios se obtendrá un abono orgánico que servirá para los mismos jardines y áreas que necesiten de materia orgánica estable y ecológica. En el Plan Nacional para el Buen Vivir 2013-2017, el sector minero tiene un rol protagónico en objetivos de desarrollo puntuales, de los cuales se derivan políticas y lineamientos estratégicos a estos se anclan las acciones determinadas en la visión integral y nuevo modelo de desarrollo minero. Haciendo énfasis en el Objetivo 7: Garantizar los derechos de la naturaleza y promover la sostenibilidad ambiental territorial y global.» Política 7.8: Prevenir, controlar y mitigar la contaminación ambiental en los procesos de extracción, producción, consumo y pos consumo (Ministerio de Minería, 2016).

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Aprovechar los lodos de perforación generados por actividad minera en la Parroquia Palo Quemado Provincia Cotopaxi para la elaboración de compost

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar un diagnóstico sobre los lodos de perforación generados de la minería.
- Comprobar la eficiencia de los lodos de perforación en la elaboración de compost.
- Determinar el costo-producción del mejor tratamiento.

1.4. HIPÓTESIS

Aprovechando los lodos de perforación generados por actividad minera en la Parroquia Palo Quemado Provincia Cotopaxi, se consigue elaborar compost para cultivos ciclos cortos.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. PRODUCCIÓN MINERA

La minería es definida como una actividad económica donde se lleva a cabo los procesos de extracción, explotación, y aprovechamiento de minerales con fines comerciales que son hallados en la superficie terrestre. Se encuentran dentro de la aplicación de la ciencia, técnicas y actividades teniendo que ver con el descubrimiento y explotación de los yacimientos minerales, estos se caracterizan por ser naturalmente sólidos y uniformes en sus propiedades tanto físicas como químicas, hechos por un proceso inorgánico como resultado de la evolución geológica (BCE, 2016).

De acuerdo al (BCE, 2016) el Ecuador tiene reservas de oro, plata y cobre siendo un país con potencial minero, siendo clasificado según la ley de la minería en cuatro clases: artesanal o de subsistencia, la pequeña minería, la mediana minería y la minería a gran escala, esta clasificación es de acuerdo a la producción que puede tener una minería diariamente.

Especialmente en el sur de Ecuador existen minas de oro, plata, cobre y varios minerales no metálicos, son elementos o sustancias de lo más numerosas que se puedan encontrar en el planeta tierra de manera que confirma que el planeta está formado por ellos (BCE, 2016).

2.2. ETAPAS DE LA MINERÍA

Castilla y Herrera, (2012) define como fases en la vida de una mina distinguiéndose en cuatro etapas que son:

- **Prospección:** etapa en la que se buscan minerales aprovechables en una zona determinada, además de determinar anomalías del terreno que justifiquen estudios posteriores de mayor precisión.
- **Exploración:** etapa en la que se realice un dimensionamiento del depósito mineral de modo que se definan tanto la forma y contenido de mineral como el valor de dicho depósito, entendiendo como “valor” a la cantidad de mineral que se pueda extraer de manera rentable.
- **Desarrollo:** etapa en la que se definen cada uno de los elementos que serán necesarios para la extracción de mineral y su disposición en el lugar más adecuado.
- **Explotación:** etapa donde se establecen la sucesión de trabajos necesarios para alcanzar el depósito mineral, la secuencia necesaria y los métodos de extracción del mismo.

FASE	PROCEDIMIENTO	INTERVALO DE TIEMPO
1. Prospección	<p>Búsquedas de minas</p> <p>Métodos de prospección: Directo- física, geología.</p> <p>Indirecto – geofísica, geoquímica.</p> <p>Localización de lugares favorables: mapas, publicaciones, minas antiguas y presentes.</p> <p>Aire: fotos aéreas, imagines de satélite, métodos geofísicos.</p> <p>Superficie: métodos geofísicos y geológicos.</p> <p>Anomalía – Análisis – Evaluación.</p>	1 – 3 Años
2. Exploración	<p>Dimensión y valor del depósito mineral.</p> <p>Muestreo: excavación, roza, sondeo.</p> <p>Cubicación – Calculo de leyes.</p> <p>Evaluación.</p>	2 - 5 Años
3. Desarrollo	<p>Depósito mineral abierto para la producción.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Estudio de impacto de minería al medio ambiente. 2. Infraestructura. 3. Planta. 4. Extracción 	2 – 5 Años
4. Explotación	<p>Producción de las minas.</p> <p>Factores que influyen en la selección del método de extracción son geología, geografía, economía, medio ambiente, aspecto social, seguridad.</p>	10 – 30 Años

Cuadro II.1 Etapas de la minería

Fuente: (Castilla y Herrera, 2012)

2.3. LODOS DE PERFORACIÓN GENERADOS POR LA ACTIVIDAD MINERA

(Delgado y Hinojosa, 2016) manifiesta que, para definir como un fluido de perforación, se considera que siempre que se agregue agua en un barreno da la formación de un lodo, esto sucede durante las operaciones de perforación, los fluidos se limitaron a la adición de agua y alguna arcilla natural, con el fin de minimizar al máximo posibles contaminaciones a los suelos a perforarse.

2.3.1. ORIGEN Y CARACTERÍSTICAS DE LOS LODOS

Los lodos generados de la actividad minera son a base del mineral Bentonita, generalmente sódica y Polímeros.

Bentonita: Las ventajas de este mineral son múltiples: posee una granulometría muy fina (arcillosa) lo que lo hace apto para revestimiento de paredes del pozo, dándole firmeza a las mismas. Actúa como refrigerante de la sarta y el tricono o broca, es reutilizable, no es contaminante por su composición arcillosa y es de fácil preparación.

Polímeros: Se definen como macromoléculas compuestas por una o varias unidades químicas (monómeros) que se repiten a lo largo de toda una cadena. Ejemplo de un polímero: es como un hilo y pasáramos tapitas perforadas por el centro, al final obtenemos una cadena de tapitas, en donde las tapitas serían los monómeros y el hilo con las tapitas sería el polímero (Delgado y Hinojosa, 2016).

2.4. COMPOSTAJE

El compostaje es un proceso biológico, que ocurre en condiciones aeróbicas (presencia de oxígeno). Con la adecuada humedad y temperatura, se asegura

una transformación higiénica de los restos orgánicos en un material homogéneo y asimilable por las plantas (Roma *et al.*, 2013).

Soto y Muñoz, (2002) indica que el proceso de compostaje es en el cual los sustratos más lábiles (azúcares, aminoácidos, lípidos y celulosa) son descompuestos en menor tiempo por bacterias, hongos y actinomicetos mesofilos tolerantes a temperaturas medias.

En términos generales el Compostaje se puede definir como una biotécnica donde es posible ejercer un control sobre los procesos de biodegradación de la materia orgánica. (Sztern y Pravia, 1996).

2.4.1. ANÁLISIS RECOMENDADOS EN EL COMPOST

Mendoza y Vigil, (2012) hace referencia que es recomendable que los parámetros más destacables a realizarle análisis en compost son: PH, conductividad, eléctrica humedad, materia orgánica, carbono total, nitrógeno total y relación C/N.

2.4.2. FACTORES QUE CONDICIONAN EL PROCESO DE COMPOSTAJE

Dado que el compostaje es un proceso de descomposición predominantemente aeróbico, las prácticas de manejo deben crear las condiciones óptimas para el establecimiento y desarrollo de estos organismos (Soto y Muñoz, 2002).

(Román *et al.*, 2013) conceptualiza el proceso de compostaje dependerá en gran medida de las condiciones ambientales, el método utilizado, las materias primas empleadas, y otros elementos, por lo que algunos parámetros pueden variar. No obstante, éstos deben estar bajo vigilancia constante para que siempre estén siempre dentro de un rango óptimo.

2.4.2.1. TEMPERATURA

La temperatura es un parámetro útil para seguir la evolución del proceso de compostaje, ya que se obtiene de forma instantánea, además, determina la eficiencia del proceso debido a su influencia en la actividad y diversidad de los microorganismos involucrados, una disminución de la temperatura es indicador de una disminución en la actividad microbiana por falta de aireación, deficiencia de agua o de disponibilidad de nutrientes. Por el contrario, un aumento de temperatura refleja una óptima actividad microbiana (Humberto y Rivas, 2013).

(Defrieri *et al.*, 2005) considera óptimas las temperaturas de intervalo 35-55 °C para conseguir la eliminación de patógenos, parásitos y semillas de malas hierbas. A temperaturas muy altas, muchos microorganismos interesantes para el proceso mueren y otros no actúan al estar esporado.

2.4.2.2. HUMEDAD

El control de humedad es un factor que condiciona el desarrollo del compostaje ya que inciden en el crecimiento bacteriano, debido a que los microorganismos requieren agua para cumplir con sus necesidades fisiológicas y no pueden sobrevivir en ausencia de ésta. Los valores mínimos en los que tiene lugar la actividad biológica se sitúan entre 12 y 14%, mientras que el rango razonable para mantener las condiciones aeróbicas está entre el 40 y 70% de humedad, siempre que se pueda mantener una buena aireación en el proceso de compostaje (Chaparro, 2013).

2.4.2.3. POTENCIAL DE HIDRÓGENO (pH)

Este parámetro está directamente relacionado con la disponibilidad de nutrientes. Es decir, a pH ácidos ($\text{pH} < 6.5$) disminuyen la disponibilidad especialmente de Fósforo, Azufre, Nitrógeno, Molibdeno y cationes (Calcio, Potasio y Sodio) (Jaramillo, 2002).

Mientras que a pH básicos ($\text{pH} > 7.3$) disminuyen la disponibilidad de Fosforo y Micronutrientes (Boro, Aluminio, Manganeso, Hierro, Cobre y Zinc (Posso, 2010).

En general los hongos toleran un margen de ($\text{pH}= 5-8$), mientras que las bacterias tienen menor capacidad de tolerancia ($\text{pH}= 6-7,5$). Cuando se crean condiciones anaeróbicas se provoca el descenso del pH. En la fase mesófila inicial se observa una disminución del pH debido a la acción de los microorganismos sobre la materia orgánica más frágil, produciéndose una liberación de ácidos orgánicos. En la segunda fase se produce una alcalinización debido a la pérdida de los ácidos orgánicos y la generación de amoníaco procedente de la descomposición de proteínas. La tercera fase el pH tiende aproximadamente a la neutralidad, debido a la formación de los compuestos húmicos. Durante el proceso se mantiene por encima de 7,5 cual es síntoma de una buena descomposición (Gordillo y Chávez, S.A).

2.4.2.4. AIREACIÓN Y VENTILACIÓN

El oxígeno es uno de los elementos clave en un buen proceso de compostaje, las bacterias aeróbicas necesitan la presencia de oxígeno, que contiene el aire, como combustible y fuente de energía para vivir y expulsar gas carbónico y agua.

De acuerdo a (Palmero, 2010) el olor agradable o desagradable indica si el compost está bien o mal aireado. La aireación está estrechamente ligada a los niveles de humedad del compost.

2.4.2.5. RELACIÓN CARBONO-NITRÓGENO

(Román *et al.*, 2013) hace referencia que una buena relación C/N es importante para suplir un sustrato adecuado para el desarrollo de los microorganismos, que acelere el proceso de descomposición y mejore la calidad del producto final. Una relación C/N muy alta retarda el proceso de descomposición, mientras que una

muy baja, hace que se pierda N por falta de estructuras de carbono que permitan su retención.

En términos generales, una relación C/N inicial de 20 a 30 se considera como adecuada para iniciar un proceso de compostaje. Si la relación C/N está en el orden de 10 nos indica que el material tiene relativamente más Nitrógeno (Sztern y Rivas, 1996).

2.4.3. COMPOST DE BUENA CALIDAD

Para lograr un abono compost de buena calidad, se requiere crear un ambiente propicio para el desarrollo de los microorganismos encargados de la degradación de la materia orgánica y controlar además factores físicos, químicos y biológicos (Espinoza, 2012).

La calidad del compost viene determinada por la suma de distintas propiedades y características, los criterios relevantes en la evaluación de la calidad son: destino del producto, protección del entorno, requerimiento del mercado. Los productos de compost encuentran ciertas normas innecesarias restrictivas no siempre tienen que coincidir con la exigencia de la sociedad y del entorno (Soliva y Huerta, 2014).

2.4.4. DURACIÓN DEL PROCESO DE COMPOSTAJE

Gutiérrez, (2010) conceptualiza la duración del proceso de compostaje, es decir el tiempo que transcurre desde que ponemos los materiales orgánicos a que extraemos el abono (humus) depende fundamentalmente de la época del año (otoño, invierno, primavera o verano) y de las características del material utilizado, el humus que se obtiene a partir del proceso de compostaje depende de la alimentación de los diferentes organismos que viven en él, por lo tanto la calidad del alimento que reciben determinará que el proceso sea más o menos rápido. Si el alimento es equilibrado entonces el proceso será rápido.

2.4.5.ETAPAS DEL PROCESO DE COMPOSTAJE

2.4.5.1. ETAPA MESOFÍLICA

En esta etapa abundan las bacterias mesofílicas y hongos mesofílicos, el número de actinomicetos permanece relativamente bajo. Debido a la actividad metabólica de todos estos microorganismos la temperatura aumenta hasta 40°C, el pH disminuye desde un valor neutro hasta 5.5-6 debido a la descomposición de lípidos y glúcidos en ácidos pirúvicos y de proteínas en aminoácidos, lo que favorece la aparición de hongos mesofílicos más tolerantes a las variaciones del pH y humedad (Pino, 2005).

Pino, (2005) menciona que en esta etapa la relación C/N es de especial importancia ya que el carbono aportara la energía a los microorganismos y el nitrógeno es esencial para la síntesis de nuevas moléculas, por ello la relación debe estar entorno 30, si superamos esta proporción la actividad biológica disminuye, mientras que proporciones superiores de N provocan el agotamiento rápido del oxígeno, y la pérdida del exceso en forma de amoníaco, tóxico para la población bacteriana o por lixiviados. El color en esta etapa aun es fresco y el olor a frutas, verduras y hojas frescas.

La humedad y ventilación del compostador son esenciales para maximizar la actividad microbiana y por consiguiente el proceso en general, la primera se debe mantener siempre entorno 40-60%, ya que el agua distribuye los nutrientes por la masa (C, N, P, K, B, Ca, Mg, Na, etc.).

La ventilación debe ser adecuada sobre todo en las tres primeras etapas y con residuos densos y ricos en N, pero nunca excesiva ya que al igual que el sol puede secar demasiado la pila de materia a tratar. Si la selección inicial del residuo no fue adecuada o su área superficial es muy reducida debido a que el tamaño de las partículas es excesivamente grande o pequeño, la ventilación formará caminos preferenciales quedando otras zonas en ausencia de oxígeno. (Pino, 2005).

2.4.5.2. ETAPA TERMOFÍLICA

La temperatura continúa ascendiendo hasta llegar a valores de 75°C, las poblaciones de bacterias y hongos mesofílicos mueren o permanecen en estado de dormancia mientras que las bacterias termofílicas, actinomicetos y hongos termofílicos encuentran su óptimo, generando incluso más calor que los mesófilos. La degradación de los ácidos obtenidos en la etapa anterior provoca el incremento del pH pasando desde 5.5 hasta 7.5 donde permanecerá casi constante hasta el final del proceso, el color del compost se pone más oscuro paulatinamente y el olor original se comienza a sustituir por olor a tierra (Velasco, 2004).

Es en esta etapa cuando comienza la esterilización del residuo debido a las altas temperaturas, la mayoría de las semillas y patógenos como E.Coli mueren al estar sometidos durante días a temperaturas superiores a 55°C (Velasco, 2004).

2.4.5.3. ETAPA DE ENFRIAMIENTO

Una vez que los nutrientes y energía comienzan a escasear, la actividad de los microorganismos termofílicos disminuye, consecuentemente la temperatura en la pila desciende desde los 75°C hasta la temperatura ambiente, provocando la muerte de los anteriores y la reaparición de microorganismos mesofílicos al pasar por los 40-45°C, estos dominarán el proceso hasta que toda la energía sea utilizada (Pino, 2005).

2.4.5.4. ETAPA DE MADURACIÓN

La temperatura y pH se estabilizan, si el pH es ácido nos indica que el compost no está aún maduro, los actinomicetos adquieren especial importancia en la formación ácidos húmicos y son frecuentemente productores de antibióticos que inhiben el crecimiento de bacterias y patógenos, mientras que los microorganismos tales como nemátodos, rotíferos, escarabajos, lombrices etc.,

incrementan su actividad desempeñando la función de remover, excavar, moler, masticar y en general romper físicamente los materiales incrementando el área superficial de estos para permitir el acceso de los microorganismos. El color del producto final debe ser negro o marrón oscuro y su olor a tierra de bosque, además ya no debemos reconocer los residuos iniciales (Velasco, 2004).

Algunos compostadores poseen sistema de volteo. Este ayuda a mantener la concentración de oxígeno, porosidad, temperatura y humedad uniforme en toda la pila de residuos ya que, los materiales próximos a la superficie tienden a recibir mayor aporte de oxígeno, pero alcanzan menos temperatura mientras que los materiales del interior poseen menor porosidad debido a la presión de los materiales que les rodean y alcanzan mayor temperatura y humedad (Velasco, 2004).

2.4.6. TÉCNICAS DE COMPOSTAJE

En los procesos de compostaje existen dos maneras principales para elaborar el proceso:

Confinado: este proceso se lleva a cabo dentro de un contenedor cerrado, lo que minimiza los olores y el tiempo de elaboración al proporcionar un mejor control sobre las variables del proceso, este proceso ha sido eficaz para las operaciones pequeñas.

No confinado: se realiza en pilas de largo (hileras) o en pilas estáticas, en este método pueden proporcionar oxígeno al abono de las pilas girando a mano o con maquinaria, ya sea el uso de sopladores de aire que puede ser operado en un modo positivo (soplar) o negativo (succión). Para hileras sin aireación mecánica, es típico voltear el material dos o tres veces por semana. (Mendoza y Vigil, 2012).

2.4.7.COMPOSTAJE EN PILAS ESTÁTICAS

Docampo, (2013) conceptualiza solo determinados tipos de biomasa se prestan al compostaje estático, aquellos en los que no es necesario recurrir al volteo o alguna otra forma de aireación forzada, ya que las características del mismo permiten que la convección natural de aire se vea limitada sólo en una pequeña parte del volumen total de la pila.

2.4.8.COMPOSTAJE EN PILAS ESTÁTICAS AIREADAS

La aireación se logra mediante la introducción de flujo de aire a través del material utilizando uno o más ventiladores que operan bajo presión negativa o positiva (Docampo, 2013).

De acuerdo a la Corporación nacional forestal (2006) la altura recomendada de la pila es de 1 a 1,5 m. Pilas estáticas con aireación pasiva, aunque la forma y tamaño óptimo de la pila depende del tamaño de partículas, contenido de humedad, porosidad y nivel de descomposición, todo lo cual afecta el movimiento del aire hacia el centro de la pila. Para permitir el flujo adecuado de aire que entra a través de las cañerías, se coloca una cubierta de turba.

2.4.9.COMPOSTAJE EN PILAS DE VOLTEO

La Norma Chilena de compostaje (2004) hace referencia a la técnica utilizada en el proceso de compostaje basada en la inversión frecuente del material en proceso, lo que permite lograr la aireación necesaria y una mezcla completa del material. Hace posible desplazar el material que se encuentra al exterior de la pila hacia el interior, facilitando que toda la masa en elaboración pueda alcanzar las temperaturas- tiempo de pasteurización requerido.

2.4.10. MATERIALES PARA LA PRODUCCIÓN DE COMPOST

Para la elaboración del compost se puede emplear cualquier materia orgánica, con la condición de que no se encuentre contaminada. Generalmente estas materias primas proceden de:

- Restos de cosechas: Los restos vegetales jóvenes como hojas, frutos,
- Tubérculos son ricos en nitrógeno
- Abonos verdes: siegas de césped, malas hierbas.
- Las ramas de podas de los frutales: es preciso triturarlas antes de incorporar al compost, ya que con trozos grandes el tiempo de descomposición se alarga.
- Hojas: tarda de 6 meses a 2 años en descomponerse lo cual se recomienda mezclar en pequeñas cantidades con otros materiales.
- Restos urbanos: se refiere a todo orgánico referente de cocina como puede ser restos de fruta y hortalizas, restos de animales de matadero.
- Estiércol animal: destaca el estiércol de vaca, aunque otros de gran interés son la gallinaza, porquinaza, estiércol de caballo (Arcos, 2010).

2.4.11. GALLINAZA

La gallinaza se utiliza tradicionalmente como abono, su composición depende principalmente de la dieta y del sistema de alojamiento de las aves. La gallinaza obtenida de explotaciones en piso, se compone de una mezcla de deyecciones y de un material absorbente que puede ser viruta, pasto seco, cascarillas, entre

otros y este material se conoce con el nombre de cama; esta mezcla permanece en el galpón durante todo el ciclo productivo (Estrada, 2005).

2.4.12. CASCARA DE ARROZ

Rodríguez, (2007) conceptualiza la cascara de arroz mejora las características físicas del suelo y de los abonos orgánicos, facilitando la aireación, absorción de humedad y el filtraje de nutrientes. Beneficia el incremento de la actividad macro y microbiológica de la tierra al mismo tiempo que estimula el desarrollo uniforme y abundante del sistema radical de las plantas. Es una fuente rica en sílice, lo que favorece a los vegetales para darle una mayor resistencia contra insectos y microorganismos. A largo plazo, se convierte en una constante fuente de humus. En la forma de cascarilla carbonizada, aporta principalmente fósforo y potasio, al mismo tiempo que ayuda a corregir la acidez de los suelos.

2.5. DISEÑO ESTADÍSTICO

2.5.1. DISEÑO COMPLETAMENTE AL AZAR (DCA)

El diseño completamente al azar (DCA), es el más simple de todos los diseños que se utilizan para comparar dos o más tratamientos, dado que sólo consideran dos fuentes de variabilidad: los tratamientos y el error aleatorio.

Este diseño se llama completamente al azar porque todas las corridas experimentales se realizan en orden aleatorio completo. De esta manera, si durante el estudio se hacen en total N pruebas, éstas se corren al azar, de manera que los posibles efectos ambientales y temporales se vayan repartiendo equitativamente entre los tratamientos (Gutiérrez y Salazar, 2008).

2.5.2. ANOVA

Hace referencia (Ortero *et al.*, 2005) que el Análisis de la Varianza puede contemplarse como un caso especial de la modelización econométrica, donde el

conjunto de variables explicativas son variables ficticias y la variable dependiente es de tipo continuo. En tales situaciones la estimación del modelo significa la realización de un análisis de la varianza clásica (ANOVA), de amplia tradición en los estudios y diseños experimentales. Una ampliación a este planteamiento es cuando se dispone de una variable de control que nos permite corregir el resultado del experimento mediante el análisis de la covariación con la variable a estudiar.

2.5.3. PRUEBA DE TUKEY

Sirve para probar todas las diferencias entre medias de tratamientos de una experiencia. La única exigencia es que el número de repeticiones sea constante en todos los tratamientos (García, 2014)

2.6. MARCO LEGAL

2.6.1. CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE LA REPÚBLICA

Artículo 15, El estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto. La soberanía energética no se alcanzará en el detrimento de la soberanía alimentaria, ni afectará el derecho al agua.

El Artículo 32, “sección séptima” salud, capítulo segundo, de los derechos del buen vivir, Título II “Derechos”. La salud es un derecho que garantiza el estado, cuya realización se vincula al ejercicio de otros derechos, entre ellos el derecho al agua, alimentación, la educación, la cultura física, el trabajo, la seguridad social, los ambientes sanos y otros que sustenten el buen vivir.

Del título VII del Régimen del Buen Vivir, Capítulo 2, BIODIVERSIDAD Y RECURSOS NATURALES, Sección séptima: Biosfera, Ecología Urbana y Energías Alternativas:

2.6.3.LEY Y NORMATIVA DE LA ELABORACIÓN DE COMPOST

Este proyecto se realizará bajo la norma chilena (NCh2880Compost – Clasificación Y Requisitos, 2004), ya que es un país vecino teniendo en cuenta que en el Ecuador no existe ninguna ley o norma para la elaboración compost.

2.6.3.1. NORMA NCh2880. COMPOST – CLASIFICACIÓN Y REQUISITOS (2004)

2.6.3.1.1. CLASIFICACIÓN DEL COMPOST

De acuerdo a su nivel de calidad el compost se clasifica en las Clases siguientes:

Compost Clase A: producto de alto nivel de calidad que cumple con las exigencias establecidas en esta norma para el compost Clase A. Su conductividad eléctrica debe ser menor a tres decisiemens por metro (3 dS/m) y su relación carbono/nitrógeno debe ser menor o igual a 25. Este producto no presenta restricciones de uso.

Compost Clase B: producto de nivel intermedio de calidad que cumple con las exigencias establecidas en esta norma para el compost Clase B. Su conductibilidad eléctrica debe ser menor a ocho decisiemens por metro (8 dS/m) y su relación carbono/nitrógeno debe ser menor o igual a 30. Este producto puede presentar algunas restricciones de uso si su conductividad eléctrica es mayor de tres decisiemens por metro (3 dS/m) (Norma Chilena de compostaje, 2004).

2.6.3.1.2. REQUISITO DE LA MATERIA PRIMA

Todos los residuos orgánicos agrícolas, forestales, ganaderos, urbanos, sólidos y líquidos, de agroindustria, y otros, no contaminados con materias no

biodegradables por sobre las tolerancias de esta norma pueden ser utilizadas como materia prima para compostaje (Norma Chilena de compostaje, 2004).

Contenido de nutrientes. El compost debe tener contenidos de nitrógeno total mayor o igual a 0,5%, expresado sobre base seca.

Olores. El compost debe presentar olores característicos de este producto sin olores desagradables como, por ejemplo, compuestos sulfurosos, amoniacales, mercaptanos y/o de azufre reducido, entre otros.

Humedad. El compost debe presentar un contenido de humedad entre 30% y 45% de la masa del producto.

Conductividad eléctrica

Las distintas clases de compost deben cumplir con los requisitos de conductividad eléctrica, medida en base a una dilución 1:5, siguientes:

Para el compost Clase A, la conductividad eléctrica debe ser menor a 3 dS/m.

Para el compost Clase B, la conductividad eléctrica debe ser menor o igual a 8 dS/m.

Relación Carbono/nitrógeno (C/N)

Las distintas clases de compost deben cumplir con los requisitos de relación C/N siguientes:

a) Para el compost Clase A, la relación C/N debe ser menor o igual a 25.

b) Para el compost Clase B, la relación C/N debe ser menor o igual a 30.

Potencial de hidrógeno (pH)

El pH del compost debe estar comprendido entre 5,0 y 8,5.

Materia orgánica

El compost debe tener un contenido de materia orgánica mayor o igual a 20%.

Toxicidad en plantas

Para todas las clases de compost, debe prosperar a lo menos el 90% de las semillas sembradas en el compost, respecto al cultivo de referencia (cultivo sin compost).

CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO

3.1. UBICACIÓN

La investigación se realizó en el vivero del área agroindustrial de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí “Manuel Félix López”, ubicada en el sitio Limón de la Ciudad de Calceta del Cantón Bolívar Provincia de Manabí.

Cuadro III.1 Características de la ubicación de la investigación.

CARACTERÍSTICAS	EL LIMÓN – CALCETA
Altitud (msnm)	20 msnm en tierras bajas y 30 msnm en tierras altas.
Latitud sur	39 segundos de latitud sur
Longitud oeste	80 grados, 9 minutos, 33 segundos de longitud oeste.
Zona de vida (Holdridge)	BmsT
Temperatura promedio anual (°C)	25,5
Precipitación promedio anual (mm)	1.300 mm

Elaborado por: Ashqui y Cedeño (2018)

3.1.1. CARACTERÍSTICAS BIÓTICAS

Presenta una topografía plana en la parte baja por los valles e irregular ondulada y quebrada en la parte alta y montañosa. La altitud es de 21 msnm la parte baja y de 400 msnm en la parte alta. El área montañosa se caracteriza por haber constituido una reserva natural de bosques de protección, que ha sido degradado por la explotación de la madera y la ampliación de la frontera de tierras para la crianza de ganado vacuno y porcino, en detrimento de los equilibrios ambientales por los fuertes impactos negativos que se derivan de la pérdida de la masa boscosa (Municipio de Bolívar, 2015).

3.1.2. CARACTERÍSTICAS SOCIOECONÓMICAS

Municipio de Bolívar (2015) Según datos del censo de 2009 provistos por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), Fondo de Población de la Naciones Unidas (UNFPA) y la Asociación de Municipalidades Ecuatorianas (AME) en relación con la categoría de ocupación, el cantón Bolívar muestra un importante peso en el desarrollo de las actividades económicas, aunque el desarrollo económico en torno al municipio, con el 2%, en tanto que el resto del Estado abarca el 12% del total. Esto se traduce en el rol que tiene la cabecera cantonal. En efecto, a ella acuden los habitantes del cantón por tres motivos importantes: la provisión de bienes o la venta, en los días de feria; la realización de gestiones ante las autoridades municipales, gubernamentales y judiciales, y, probablemente, por estudios y trabajo en menor proporción, desde zonas aledañas a la cabecera.

3.2. DURACIÓN DEL TRABAJO

El Estudio tuvo una duración de 6 meses (Septiembre/2017 – Marzo/2018)

3.3. VARIABLES

3.3.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

Compost elaborado a base de lodos de perforación de actividad minera

3.3.2. VARIABLE DEPENDIENTE

Adecuado desarrollo de cultivos de ciclos cortos

3.3.3.FACTOR EN ESTUDIO

A1-Lodos provenientes de actividad minera de la parroquia Palo Quemado provincia Cotopaxi

3.3.3.1. DISEÑO EXPERIMENTAL

Diseño experimental: Diseño Completos al Azar (DCA), con arreglo factorial de tratamientos (AxB)

Número de repeticiones: Tres en el tiempo

Factor a:

Masa de lodos de perforación:

1. 70%
2. 60%
3. 50%

Factor b:

Masa de gallinaza:

1. 10%
2. 20%
3. 30%

Cuadro III.2 Composición de los tratamientos

TRATAMIENTO	NOMENCLATURA	COMBINACIONES	
		Masa de lodos de perforación: (factor a)	Masa de gallinaza (Factor b)
1	A₁B₁	7 kg	1 kg
2	A₁B₂	7 kg	2 kg
3	A₁B₃	7 kg	3 kg
4	A₂B₁	6 kg	1 kg
5	A₂B₂	6 kg	2 kg
6	A₂B₃	6 kg	3 kg
7	A₃B₁	5 kg	1 kg
8	A₃B₂	5 kg	2 kg
9	A₃B₃	5 kg	3 kg

Elaborado por: Ashqui y Cedeño (2018)

3.3.3.2. ESQUEMA DE ANÁLISIS DE VARIANZA

Cuadro III.3 Esquema de Anova

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD
TOTAL	26
TRATAMIENTO	8
A	2
B	2
AXB	4
ERROR	18

Elaborado por: Ashqui y Cedeño (2018)

3.4. INDICADORES A MEDIR

- Temperatura (in situ)
- Potencial de hidrógeno (pH)
- Relación carbono/nitrógeno(C/N)
- Materia orgánica
- Conductividad Eléctrica
- Humedad

3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los resultados se analizaron estadísticamente bajo los siguientes parámetros:

- ANOVA: Se lo realizó para determinar la existencia de diferencia significativa estadística entre tratamientos en estudio.
- TUKEY: Permitió determinar la magnitud de las diferencias entre tratamientos. Se analizará al 5% de probabilidad, de acuerdo a los grados de libertad (GL) del error.

La técnica que se utilizó para la ejecución de esta investigación fue la siguiente: Observación en el sitio de estudio, para que sea verificable y reproducible el estudio.

El desarrollo de la investigación tuvo un enfoque científico experimental. La parte científica fue a través del análisis de síntesis como el proceso de datos estadísticos y la parte experimental de investigación, análisis de laboratorio que se realizó en la institución de la ESPAM “MFL”.

El método científico permitió realizar una investigación bibliográfica o documental de artículos y temas (internet, libros y revistas) relacionados con la temática a investigar, lo cual sirvió para fundamentar el marco teórico y conocer de manera específica la importancia del estudio de la investigación.

3.6. PROCEDIMIENTO

3.6.1. ETAPA 1. DIAGNÓSTICO LOS LODOS DE PERFORACIÓN GENERADOS DE LA EMPRESA KLUANE DRILLING ECUADOR S.A EN LA PARROQUIA PALO QUEMADO PROVINCIA DE COTOPAXI

3.6.1.1. ACTIVIDAD 1. TOMA DE MUESTRAS COMPUESTAS DE LOS LODOS DE PERFORACIÓN QUE SE GENERAN EN LA EMPRESA KLUANE DRILLING ECUADOR S.A

Para el desarrollo de esta etapa se tomó primeramente muestras compuestas de los lodos de perforación que se generan en la empresa KLUANE DRILLING ECUADOR S.A, en la parroquia Palo Quemado de la provincia de Cotopaxi.

3.6.1.2. ACTIVIDAD 2. DESARROLLO DE LOS ANÁLISIS DE LABORATORIO PARA OBTENER LOS RESULTADOS.

Una vez que se obtuvo las muestras de lodos de perforación se procedió al desarrollo de los análisis de laboratorio para obtener los resultados.

De acuerdo a los autores (Mendoza y Vigil, 2012) los parámetros ideales para la investigación son: humedad, pH, conductividad, carbono orgánico, nitrógeno total, relación C/N y Materia Orgánica.

3.6.1.3. PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS

Todas las muestras se prepararon previamente a los análisis químicos secándolos a estufa de aire circulante por un periodo de 24 horas a una temperatura constante de 40 °C.

3.6.1.3.1. ANÁLISIS FÍSICOS

Se realizó el análisis de humedad bajo el método de calcinación

3.6.1.3.2. ANÁLISIS QUÍMICOS

Se realizó análisis de seis parámetros químicos:

- a) pH: se realizó bajo el método conductivimetro.
- b) Conductividad: se realizó bajo el método conductivimetro.
- c) Carbono orgánico: se realizó bajo el método de cálculo en base a la materia orgánica.
- d) Nitrógeno total: se realizó bajo el método de Kjeldahl.
- e) Relación C/N: se realizó bajo el método de cálculo en base al porcentaje de Materia orgánica.
- f) Materia Orgánica: se realizó bajo el método de IGNICIÓN.

3.6.2. ETAPA 2. COMPROBAR LA EFICIENCIA DE LOS LODOS DE PERFORACIÓN EN LA ELABORACIÓN DE COMPOST.

3.6.2.1. ACTIVIDAD 1. TOMAR MUESTRAS COMPUESTAS DE LOS LODOS DE PERFORACIÓN

Se procedió a elaborar el compost orgánico utilizando lodos de perforación.

Se tomó muestras compuestas de los lodos de perforación que se generan en la empresa minera.

3.6.2.2. ACTIVIDAD 2. REALIZAR EL PESADO DEL LODO, PARA DISTRIBUIRLO EN LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS

En esta actividad se elaboró el Diseño Completamente al Azar (DCA) con Arreglo Factorial de Tratamientos (AxB), con tres repeticiones por tratamiento, y los indicadores que se medirán son temperatura, humedad, pH, la relación C/N y la conductividad eléctrica.

Se procedió a realizar el pesado del lodo, para distribuirlo en los diferentes tratamientos.

Cuadro III.4 Complementos necesarios para la realización del compost

TRATAMIENTO	AIREACIÓN Y VOLTEO	RIEGO
A1 x B1	Una vez por semana	Una vez por semana
A1 x B2	Una vez por semana	Una vez por semana
A1 x B3	Una vez por semana	Una vez por semana
A2 x B1	Una vez por semana	Una vez por semana
A2 x B2	Una vez por semana	Una vez por semana
A2 x B3	Una vez por semana	Una vez por semana
A3 x B1	Una vez por semana	Una vez por semana
A3 x B2	Una vez por semana	Una vez por semana
A3 x B3	Una vez por semana	Una vez por semana

Elaborado por: Ashqui y Cedeño (2018)

3.6.2.3. ACTIVIDAD 3. REALIZAR EL VOLTAJE Y LA HUMECTACIÓN (RIEGO) MANUALMENTE

Se realizó el voltaje y la humectación (riego) manualmente con ayudas de palas y baldes, esta actividad se realizó semanalmente, durante 6 semanas.

3.6.2.4. ACTIVIDAD 4. LLEVAR UN CONTROL DE LOS INDICADORES TEMPERATURA Y pH

Se llevó un control de los indicadores Temperatura y pH por semana para la elaboración del compost orgánico. Los análisis de pH se realizaron en el laboratorio de la ESPAM-MFL, para obtener los resultados se procedió a realizar el siguiente procedimiento:

- a) Se pesó 5 gr de muestra en la balanza digital
- b) Se colocó 30 ml de agua destilada en un vaso de precipitación
- c) Se mezcló 5 gr de la muestra con el agua destilada en el vaso de precipitación
- d) Se procedió a colocar una bala magnética dentro del vaso de precipitación
- e) Se colocó en la plancha agitadora magnética el vaso de precipitación con 250 r/s durante 30 minutos
- f) Se colocará un embudo y un filtro en un matraz.
- g) Se verterá el líquido en el matraz para que se filtre.
- h) Se medirá con el pH.

Los análisis de temperatura se realizaron in situ, con ayuda de un termómetro de bolsillo y para obtener los resultados se procedió a realizar el siguiente procedimiento:

- a) Se realizó un orificio de 6 cm en la pila.
- b) Se procedió a introducir el termómetro en el orificio durante un minuto
- c) Se registró el resultado obtenido del termómetro.

3.6.2.5. ACTIVIDAD 5. REALIZAR LOS ANÁLISIS DE RELACIÓN C/N, MATERIA ORGÁNICA, CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA Y HUMEDAD.

Se realizó el análisis de la relación carbono – nitrógeno ya que son los dos constituyentes básicos de la materia orgánica, para obtener un compost de buena calidad es importante que exista una relación equilibrada entre ambos.

Para determinar la relación carbono nitrógeno se realizó la siguiente ecuación:

$$R C - N = \% M.O * 0,5 \quad \text{[III.1]}$$

El análisis de % de materia orgánica se lo realizó por IGNICIÓN, determinándose con la siguiente ecuación:

$$Materia\ Orgánica\ (\%) = 100\ \% - \left\{ \left(\frac{P_{DM} - P_{CV}}{P_M} \right) X 100 \right\} \quad \text{[III.2]}$$

P_{DM} = Peso de muestra despues de la mufla

P_{CV} = Peso del crisol vacio

P_M = Peso de la muestra

Procedimiento:

- a) Se pesaron 5 gr de muestra en la balanza digital.
- b) Se colocó en la estufa por un tiempo de 1 hora.
- c) Se pesó en la balanza digital
- d) Se colocó en la estufa por un tiempo de 1 hora.
- e) Se pesó en la balanza digital.
- f) Se realizó este proceso de pesar y llevar a estufa hasta que el peso de la muestra sea estable.
- g) Se procedió a colocar en incineración y se anotará el peso

El análisis de Conductividad eléctrica se determinó bajo el siguiente procedimiento:

- a) Se pesó 5 gr de muestra en la balanza digital
- b) Se colocó 50 ml de agua destilada en un vaso de precipitación de 100 ml.
- c) Se mezcló 5 gr de la muestra con el agua destilada en el vaso de precipitación.
- d) Se procedió a colocar una bala magnética dentro del vaso de precipitación.
- e) Se colocó en la plancha agitadora magnética el vaso de precipitación durante 30 minutos.
- f) Se colocó un embudo y un filtro en un matraz.

- g) Se vertió el líquido en el matraz para que se filtre.
- h) Se midió con el conductímetro el líquido filtrado.

El análisis de Humedad se determinó bajo la siguiente ecuación:

$$\text{Humedad (\%)} = \frac{(P_{CP} + P_M) - (P_F)}{P_M} * 100 \quad \text{[III.3]}$$

P_{CP} = *Peso de la caja petri vacia*

P_M = *Peso de la muestra*

P_F = *Peso final*

Procedimiento:

- a) Se pesó la caja Petri en la balanza digital y se anotará el peso
- b) Se pesaron 3 gr de muestra en la balanza digital
- c) Se colocó la caja Petri con la muestra en la estufa a una temperatura de 105° C por un tiempo de 2 horas.
- d) Se procedió a colocar en el desecador por un tiempo de 25 minutos.
- e) Se pesó en la balanza digital y se anotará el peso

3.6.2.6. ACTIVIDAD 6. APLICAR COMPOST ELABORADO A CULTIVOS DE CICLO CORTO Y ESPERAR EL CRECIMIENTO

Se comprobó su eficiencia aplicándolo a cultivos de ciclo corto y observando el crecimiento de los mimos, para el análisis de toxicidad según la norma chilena NCh2880 Compost – Clasificación Y Requisitos (2004)

3.6.2.7. DETERMINAR LA EFICIENCIA DEL MEJOR TRATAMIENTO

Una vez realizado todas las actividades para la elaboración de compost, se procedió a categorizar los diferentes tratamientos bajo la norma chilena NCh2880 Compost – Clasificación Y Requisitos (2004) y se eligió el mejor tratamiento producto de la aplicación del diseño experimental y se determinó su eficiencia.

3.6.3.ETAPA 3. DETERMINAR EL COSTO-PRODUCCIÓN DEL MEJOR TRATAMIENTO.

Con el mejor tratamiento se procedió a determinar el costo-producción del compost orgánico.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. DIAGNÓSTICO DE LOS LODOS DE PERFORACIÓN GENERADOS DE LA EMPRESA.

a) PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

Cuadro IV.1 Resultados de análisis físicos-químicos de los lodos

PARÁMETROS	UNIDADES	ACTUAL
pH	Unidad de pH	7
Conductividad	dS/m	0,69
Humedad	%	96,14
Carbono Orgánico	%	7,01
Nitrógeno Total	%	1,11
Materia Orgánica	%	12,61
Relación C / N	--	6,31

Elaborado por: Ashqui y Cedeño (2018)

Este fue el primer análisis, realizado a los lodos de perforación que se generan en la empresa Kluane Drilling Ecuador S.A, en la parroquia Palo Quemado de la provincia de Cotopaxi, cuyos resultados fueron de mucha importancia para la investigación ya que permitió conocer las condiciones iniciales en el que se encuentra el lodo antes de llevarlo al proceso de compostaje. Los análisis fueron realizados en el Laboratorio de la ESPAM-MFL.

b) METALES PESADOS

Cuadro IV.2 Resultados de metales pesados en lodos

PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADOS	MÉTODO DE REFERENCIA
Cadmio	mg/kg	< 0,500	APHA 3120 B
Mercurio	mg/kg	0,106	APHA 3120 B

Elaborado por: Ashqui y Cedeño (2018)

Los análisis de metales pesados (cadmio y mercurio) de los lodos de perforación realizados en el Laboratorio Deproin S.A de la ciudad de Guayaquil nos mostraron que los valores de metales pesados están dentro de los límites establecidos por la legislación ambiental, en la Norma De Calidad Ambiental Del Recurso Suelo Y Criterios De Remediación para Suelos Contaminados, sin embargo, no se realizó un control de concentración inicial y final, debido a que los análisis arrojan resultados muy bajos.

4.2. COMPROBACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LOS LODOS DE PERFORACIÓN EN LA ELABORACIÓN DE COMPOST.

Realizado el muestreo de los indicadores, temperatura, pH, humedad, la relación C/N, materia orgánica y conductividad eléctrica, al diseño experimental se obtuvieron los siguientes resultados:

a) TEMPERATURA

Cuadro IV.3 Resultados de Temperatura y ANOVA

TRATAMIENTO	NOMENCLATURA	R1	R2	R3	PROMEDIO
1	A ₁ B ₁	37	28	33	33
2	A ₁ B ₂	32	40	41	38
3	A ₁ B ₃	35	30	39	35
4	A ₂ B ₁	30	38	36	35
5	A ₂ B ₂	41	35	37	38
6	A ₂ B ₃	33	35	32	33
7	A ₃ B ₁	41	35	36	37
8	A ₃ B ₂	40	32	32	35
9	A ₃ B ₃	39	36	35	37

ANOVA

	Gl	Sc	Cm	Fc	P valor
Tratamientos	8	86.74	10.84	0.751	0.648***
Error experimental	18	260.00	14.44		
Total	26	346.74	25.28		

Elaborado por: Ashqui y Cedeño (2018)

Signif. Codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 '' 1

Basados en los resultados obtenidos en el laboratorio después de medir la temperatura en las muestras de compost, los valores reportados en las medias por tratamiento son las siguientes: (T_1) Temperatura = 33; (T_2) Temperatura = 38; (T_3) Temperatura = 35; (T_4) Temperatura = 35; (T_5) Temperatura = 38; (T_6) Temperatura = 33; (T_7) Temperatura = 37; (T_8) Temperatura = 35; (T_9) Temperatura = 37; y se determinó estadísticamente que los tratamientos no presentan diferencias significativas entre sí, es decir hay homogeneidad entre ellos, a un nivel de confianza del 95%, tomando en cuenta que el valor de P fue

de 0.648, por lo tanto es un valor mayor a 0.05, lo cual indica que no hay diferencia entre los tratamientos.(Gráfico 4.1)

Cuadro IV.4 Resultados de TUKEY de Temperatura

Tratamientos	Diferencias	Tratamientos	Diferencias
$A_1B_2 - A_1B_1$	5.000000e+00	$A_3B_1 - A_1B_3$	2.666667e+00
$A_1B_3 - A_1B_1$	2.000000e+00	$A_3B_2 - A_1B_3$	-7.105427e-15
$A_2B_1 - A_1B_1$	2.000000e+00	$A_3B_3 - A_1B_3$	2.000000e+00
$A_2B_2 - A_1B_1$	5.000000e+00	$A_2B_2 - A_2B_1$	3.000000e+00
$A_2B_3 - A_1B_1$	6.666667e-01	$A_2B_3 - A_2B_1$	-1.333333e+00
$A_3B_1 - A_1B_1$	4.666667e+00	$A_3B_1 - A_2B_1$	2.666667e+00
$A_3B_2 - A_1B_1$	2.000000e+00	$A_3B_2 - A_2B_1$	0.000000e+00
$A_3B_3 - A_1B_1$	4.000000e+00	$A_3B_3 - A_2B_1$	2.000000e+00
$A_1B_3 - A_1B_2$	-3.000000e+00	$A_2B_3 - A_2B_2$	-4.333333e+00
$A_2B_1 - A_1B_2$	-3.000000e+00	$A_3B_1 - A_2B_2$	-3.333333e-01
$A_2B_2 - A_1B_2$	0.000000e+00	$A_3B_2 - A_2B_2$	-3.000000e+00
$A_2B_3 - A_1B_2$	-4.333333e+00	$A_3B_3 - A_2B_2$	-1.000000e+00
$A_3B_1 - A_1B_2$	-3.333333e-01	$A_3B_1 - A_2B_3$	4.000000e+00
$A_3B_2 - A_1B_2$	-3.000000e+00	$A_3B_2 - A_2B_3$	1.333333e+00
$A_3B_3 - A_1B_2$	-1.000000e+00	$A_3B_3 - A_2B_3$	3.333333e+00
$A_2B_1 - A_1B_3$	-7.105427e-15	$A_3B_2 - A_3B_1$	-2.666667e+00
$A_2B_2 - A_1B_3$	3.000000e+00	$A_3B_3 - A_3B_1$	-6.666667e-01
$A_2B_3 - A_1B_3$	-1.333333e+00	$A_3B_3 - A_3B_2$	2.000000e+00

Elaborado por: Ashqui y Cedeño (2018)

Se determinó estadísticamente que los tratamientos no presentan diferencias significativas entre sí, sin embargo se verificó la poca diferencia entre tratamientos, siendo la diferencia más alta la de la comparación de los tratamientos $T_2 (A_1B_2) - T_1 (A_1B_1)$ con una diferencia de 5.000000e+00 y $T_6 (A_2B_2) - T_1 (A_1B_1)$ con una diferencia de 5.000000e+00.

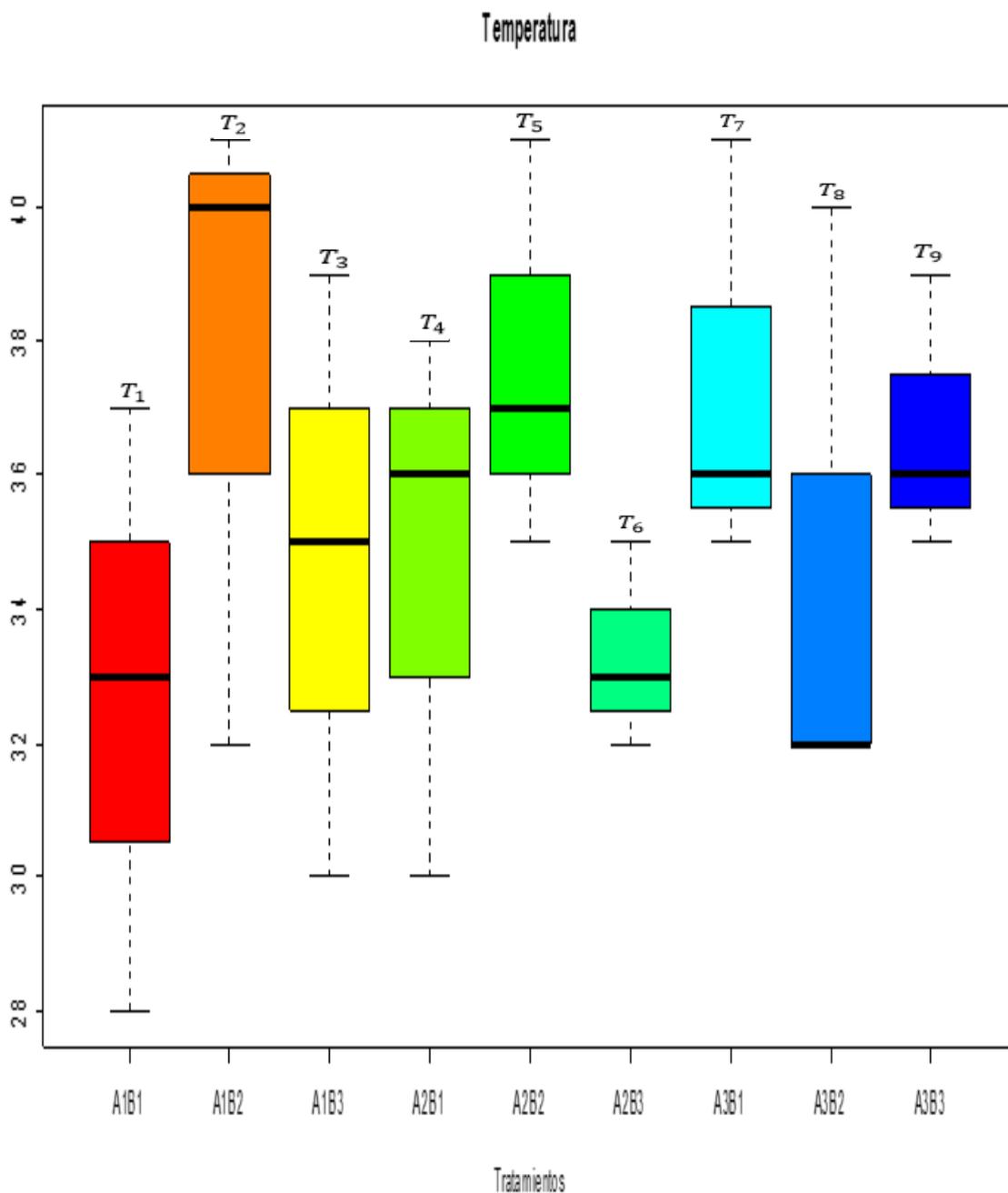


Gráfico IV.1 Resultados de Temperatura

Gráficamente los tratamientos en estudio producen un buen resultado en cuanto al valor de temperatura. (Defrieri *et al.*, 2005) considera óptimas las temperaturas de intervalo 35-55 ° C para conseguir la eliminación de patógenos, parásitos y semillas de malas hierbas. Una disminución de la temperatura es indicador de una disminución en la actividad microbiana por falta de aireación, deficiencia de agua o de disponibilidad de nutrientes. Por el contrario, un aumento de temperatura refleja una óptima actividad microbiana (Humberto y Rivas, 2013).

b) Potencial de hidrógeno (pH)

Cuadro IV.5 Resultados de pH y ANOVA

TRATAMIENTO	NOMENCLATURA	R1	R2	R3	PROMEDIO
1	A ₁ B ₁	7,68	7,84	7,76	7,76
2	A ₁ B ₂	8,39	8,2	8,58	8,39
3	A ₁ B ₃	8,36	8,10	8,63	8,36
4	A ₂ B ₁	7,29	7,98	7,64	7,64
5	A ₂ B ₂	8,51	8,35	8,67	8,51
6	A ₂ B ₃	8,47	8,56	8,65	8,56
7	A ₃ B ₁	8,50	8,4	8,61	8,50
8	A ₃ B ₂	7,32	7,76	7,54	7,54
9	A ₃ B ₃	8,29	8,13	8,45	8,29

ANOVA

	Gl	Sc	Cm	Fc	P valor
Tratamientos	8	3.985	0.4981	12.79	5.35e-06 ***
Error experimental	18	0.701	0.0389		
Total	26	4.686			

Elaborado por: Ashqui y Cedeño (2018)

Signif. Codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 '' 1

Basados en los resultados obtenidos en el laboratorio después de medir el pH en las muestras de compost, los valores reportados en las medias por tratamiento son las siguientes: (T_1) pH = 7,76; (T_2) pH = 8,39; (T_3) pH = 8,36; (T_4) pH = 7,64; (T_5) pH = 8,51; (T_6) pH = 8,56; (T_7) pH = 8,50; (T_8) pH = 7,54; (T_9) pH = 8,29; y se determinó estadísticamente que los tratamientos no presentan diferencias significativas entre sí, es decir hay homogeneidad entre ellos, a un nivel de confianza del 95%, tomando en cuenta que el valor de P fue de 5.35e-06, por lo tanto es un valor demasiado menor a 0.05, lo cual indica que no hay diferencia entre los tratamientos.(Gráfico 4.2)

Cuadro IV.6 Resultados de TUKEY de pH

Tratamientos	Diferencias	Tratamientos	Diferencias
A1B2- A1B1	0.630000000	A3B1- A1B3	0.140000000
A1B3- A1B1	0.603333333	A3B2- A1B3	-0.823333333
A2B1- A1B1	-0.123333333	A3B3- A1B3	-0.073333333
A2B2- A1B1	0.750000000	A2B2- A2B1	0.873333333
A2B3- A1B1	0.800000000	A2B3- A2B1	0.923333333
A3B1- A1B1	0.743333333	A3B1- A2B1	0.866666667
A3B2- A1B1	-0.220000000	A3B2- A2B1	-0.096666667
A3B3- A1B1	0.530000000	A3B3- A2B1	0.653333333
A1B3- A1B2	-0.026666667	A2B3- A2B2	0.050000000
A2B1- A1B2	-0.753333333	A3B1- A2B2	-0.006666667
A2B2- A1B2	0.120000000	A3B2- A2B2	-0.970000000
A2B3- A1B2	0.170000000	A3B3- A2B2	-0.220000000
A3B1- A1B2	0.113333333	A3B1- A2B3	-0.056666667
A3B2- A1B2	-0.850000000	A3B2- A2B3	-1.020000000
A3B3- A1B2	-0.100000000	A3B3- A2B3	-0.270000000
A2B1- A1B3	-0.726666667	A3B2- A3B1	-0.963333333
A2B2- A1B3	0.146666667	A3B3- A3B1	-0.213333333
A2B3- A1B3	0.196666667	A3B3- A3B2	0.750000000

Elaborado por: Ashqui y Cedeño (2018)

Se determinó estadísticamente que los tratamientos no presentan diferencias significativas entre sí, sin embargo, se verificó la poca diferencia entre tratamientos, siendo la diferencia más alta la de la comparación de los tratamientos $T_6 (A_2B_3) - T_4 (A_2B_1)$ con una diferencia de 0.923333333.

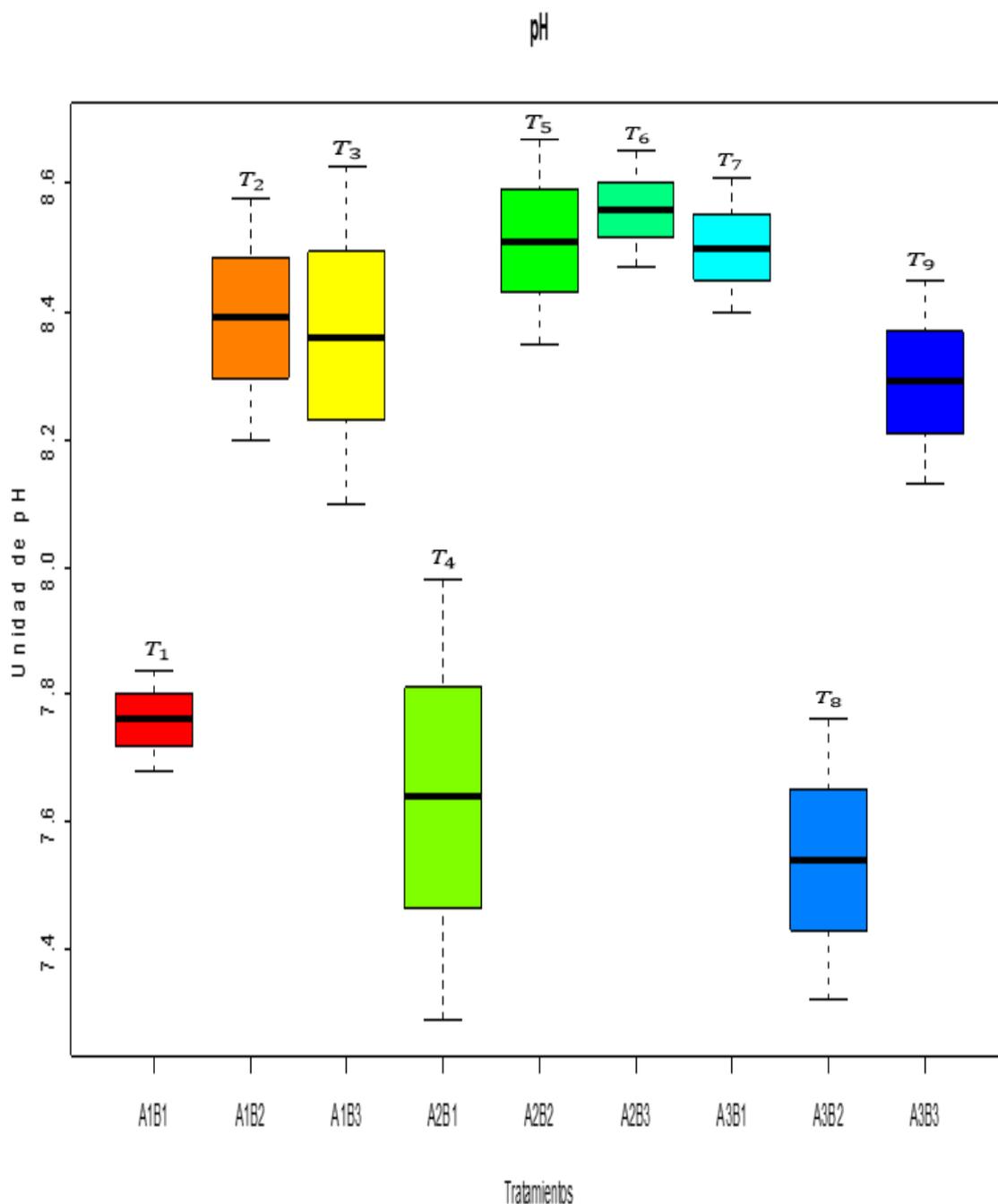


Gráfico IV.2 Resultados de pH

Gráficamente los tratamientos en estudio no son iguales ya que el $T_8 (A_3B_2)$ produce un resultado mejor en cuanto al valor de pH, siendo mejor que los demás tratamientos. El pH de un compost tiende aproximadamente a la neutralidad.

(Gordillo y Chávez, S.A).El pH durante el proceso se mantiene por encima de 7,5, es síntoma de una buena descomposición (Gordillo y Chávez, S.A).En cuanto a la NCh2880 (2004) el pH obtenido en el proceso de compostaje de todos los tratamientos a excepción del T_5 (A_2B_2) y T_6 (A_2B_3) cumplen con este parámetro ya que los valores que se tomó en cuenta son de 5,0 y 8,5.

c) RELACIÓN CARBONO-NITRÓGENO (C/N)

Cuadro IV.7 Resultados de relación C/N y ANOVA

TRATAMIENTO	NOMENCLATURA	R1	R2	R3	PROMEDIO
1	A_1B_1	24	20	20	21
2	A_1B_2	22	26	23	24
3	A_1B_3	25	24	22	24
4	A_2B_1	27	26	21	25
5	A_2B_2	31	24	21	25
6	A_2B_3	27	27	24	26
7	A_3B_1	24	23	21	23
8	A_3B_2	27	26	22	25
	A_3B_3	26	26	22	25

ANOVA					
	Gl	Sc	Cm	Fc	P valor
Tratamientos	8	50.0	6.25	0.848	0.575***
Error experimental	18	132.7	7.37		
Total	26	182.7			

Elaborado por: Ashqui y Cedeño (2018)

Signif. Codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 '' 1

Basados en los resultados obtenidos en el laboratorio después de medir la relación C/N en las muestras de compost, los valores reportados en las medias por tratamiento son las siguientes: (T_1) relación C/N = 21; (T_2) relación C/N = 24; (T_3) relación C/N = 24; (T_4) relación C/N = 25; (T_5) relación C/N = 25; (T_6) relación C/N = 26; (T_7) relación C/N = 23; (T_8) relación C/N = 25; (T_9) relación C/N = 25; y se determinó estadísticamente que los tratamientos no presentan diferencias significativas entre sí, es decir hay homogeneidad entre ellos, a un nivel de confianza del 95%, tomando en cuenta que el valor de P fue de 0.575, por lo tanto es un valor mayor a 0.05, lo cual indica que no hay diferencia entre los tratamientos. (Gráfico 4.3)

Cuadro IV.8 Tukey de Relación C/N

Tratamientos	Diferencias	Tratamientos	Diferencias
A ₁ B ₂ - A ₁ B ₁	2.333333e+00	A ₃ B ₁ - A ₁ B ₃	-1.000000e+00
A ₁ B ₃ - A ₁ B ₁	2.333333e+00	A ₃ B ₂ - A ₁ B ₃	1.333333e+00
A ₂ B ₁ - A ₁ B ₁	3.333333e+00	A ₃ B ₃ - A ₁ B ₃	1.000000e+00
A ₂ B ₂ - A ₁ B ₁	4.000000e+00	A ₂ B ₂ - A ₂ B ₁	6.666667e-01
A ₂ B ₃ - A ₁ B ₁	4.666667e+00	A ₂ B ₃ - A ₂ B ₁	1.333333e+00
A ₃ B ₁ - A ₁ B ₁	1.333333e+00	A ₃ B ₁ - A ₂ B ₁	-2.000000e+00
A ₃ B ₂ - A ₁ B ₁	3.666667e+00	A ₃ B ₂ - A ₂ B ₁	3.333333e-01
A ₃ B ₃ - A ₁ B ₁	3.333333e+00	A ₃ B ₃ - A ₂ B ₁	0.000000e+00
A ₁ B ₃ - A ₁ B ₂	-3.552714e-15	A ₂ B ₃ - A ₂ B ₂	6.666667e-01
A ₂ B ₁ - A ₁ B ₂	1.000000e+00	A ₃ B ₁ - A ₂ B ₂	-2.666667e+00
A ₂ B ₂ - A ₁ B ₂	1.666667e+00	A ₃ B ₂ - A ₂ B ₂	-3.333333e-01
A ₂ B ₃ - A ₁ B ₂	2.333333e+00	A ₃ B ₃ - A ₂ B ₂	-6.666667e-01
A ₃ B ₁ - A ₁ B ₂	-1.000000e+00	A ₃ B ₁ - A ₂ B ₃	-3.333333e+00
A ₃ B ₂ - A ₁ B ₂	1.333333e+00	A ₃ B ₂ - A ₂ B ₃	-1.000000e+00
A ₃ B ₃ - A ₁ B ₂	1.000000e+00	A ₃ B ₃ - A ₂ B ₃	-1.333333e+00
A ₂ B ₁ - A ₁ B ₃	1.000000e+00	A ₃ B ₂ - A ₃ B ₁	2.333333e+00
A ₂ B ₂ - A ₁ B ₃	1.666667e+00	A ₃ B ₃ - A ₃ B ₁	2.000000e+00
A ₂ B ₃ - A ₁ B ₃	2.333333e+00	A ₃ B ₃ - A ₃ B ₂	3.333333e-01

Elaborado por: Ashqui y Cedeño (2018)

Se determinó estadísticamente que los tratamientos no presentan diferencias significativas entre sí, sin embargo, se verificó la poca diferencia entre tratamientos, siendo la diferencia más alta la de la comparación de los tratamientos $T_6 (A_2B_3) - T_1 (A_1B_1)$ con una diferencia de $4.666667e+00$.

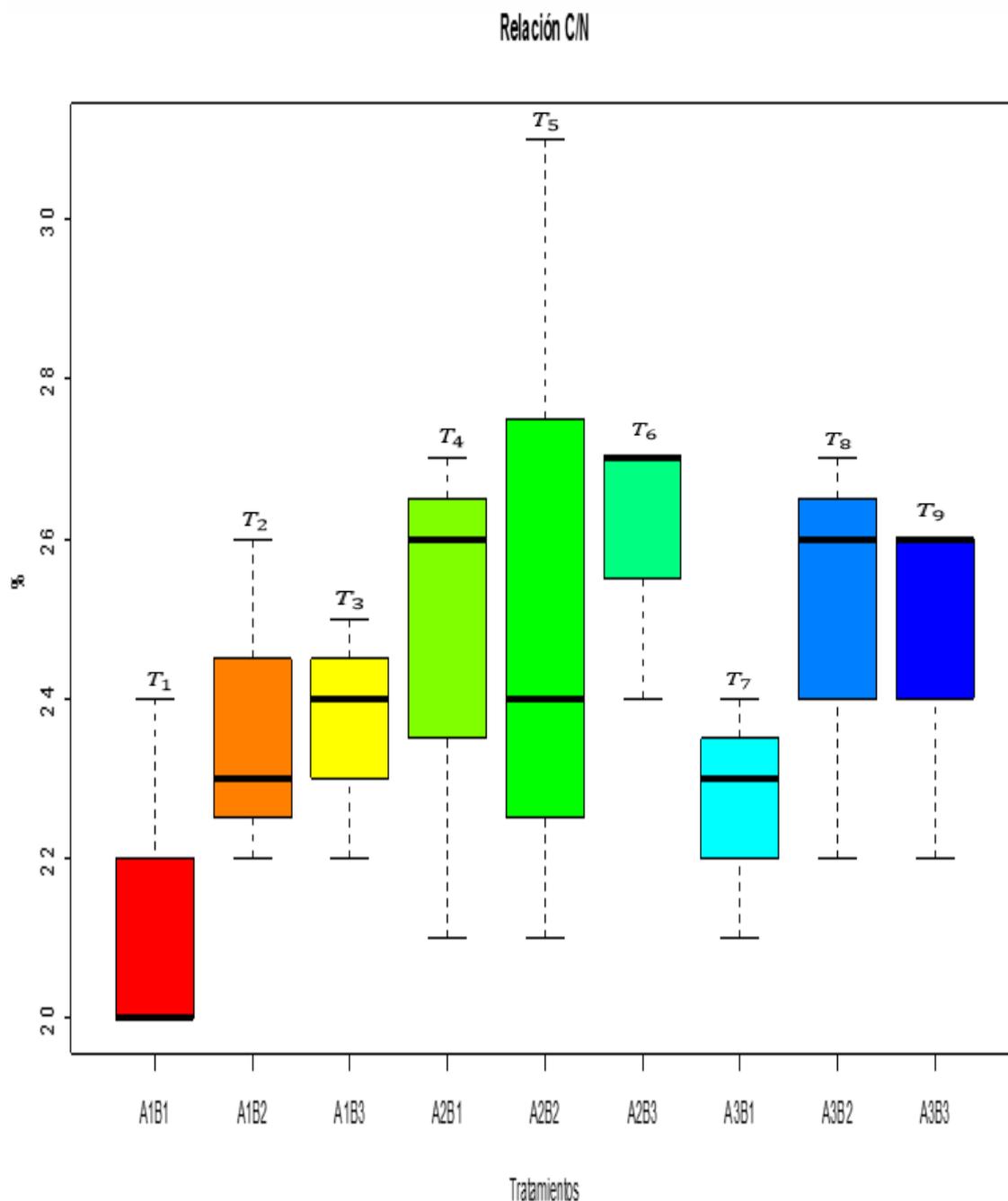


Gráfico IV.3 Resultados de Relación C/N

Gráficamente los tratamientos en estudio no son iguales ya que el $T_1 (A_1B_1)$ produce un resultado mejor en cuanto al valor de relación C/N, siendo mejor que los demás tratamientos. (Román *et al.*, 2013) hace referencia que una buena

relación C/N es importante para suplir un sustrato adecuado para el desarrollo de los microorganismos, que acelere el proceso de descomposición y mejore la calidad del producto final. Una relación C/N muy alta retarda el proceso de descomposición, mientras que una muy baja, hace que se pierda N por falta de estructuras de carbono que permitan su retención. En cuanto a la NCh2880 (2004) los valores obtenidos de la relación C/N obtenido en el proceso de compostaje son valores de un Compost de Clase A, a excepción del T_6 (A_2B_3) que es un valor de Compost de Clase B

d) MATERIA ORGÁNICA

Cuadro IV.9 Resultados de Materia Orgánica y ANOVA

TRATAMIENTO	NOMENCLATURA	R1	R2	R3	PROMEDIO
1	A_1B_1	48	41	39	43
2	A_1B_2	43	51	46	47
3	A_1B_3	50	47	44	47
4	A_2B_1	53	51	41	49
5	A_2B_2	62	49	41	51
6	A_2B_3	53	54	48	52
7	A_3B_1	47	46	41	45
8	A_3B_2	53	51	44	49
9	A_3B_3	52	51	44	49

ANOVA

	Gl	Sc	Cm	Fc	P valor
Tratamientos	8	196.0	24.50	0.837	0.582***
Error experimental	18	526.7	29.26		
Total	26	722.7			

Elaborado por: Ashqui y Cedeño (2018)

Signif. Codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 " 1

Basados en los resultados obtenidos en el laboratorio después de medir el contenido de materia orgánica en las muestras de compost, los valores reportados en las medias por tratamiento son las siguientes: (T_1) % materia orgánica= 42,65; (T_2) % materia orgánica = 46,78; (T_3) % materia orgánica = 47,11; (T_4) % materia orgánica = 48,41; (T_5) % materia orgánica = 50,65; (T_6) % materia orgánica = 51,80; (T_7) % materia orgánica = 44,79; (T_8) % materia orgánica = 49,43; (T_9) % materia orgánica = 49,08; y se determinó estadísticamente que los tratamientos no presentan diferencias significativas entre sí, es decir hay homogeneidad entre ellos, a un nivel de confianza del 95%, tomando en cuenta que el valor de P fue de 0.59, por lo tanto es un valor mayor a 0.05, lo cual indica que no hay diferencia entre los tratamientos.(Gráfico 4.4)

Cuadro IV.10 Tukey de Materia Orgánica

Tratamientos	Diferencias	Tratamientos	Diferencias
A ₁ B ₂ - A ₁ B ₁	4.1300000	A ₃ B ₁ - A ₁ B ₃	-2.3166667
A ₁ B ₃ - A ₁ B ₁	4.4566667	A ₃ B ₂ - A ₁ B ₃	2.3166667
A ₂ B ₁ - A ₁ B ₁	5.7600000	A ₃ B ₃ - A ₁ B ₃	1.9700000
A ₂ B ₂ - A ₁ B ₁	7.9933333	A ₂ B ₂ - A ₂ B ₁	2.2333333
A ₂ B ₃ - A ₁ B ₁	9.1466667	A ₂ B ₃ - A ₂ B ₁	3.3866667
A ₃ B ₁ - A ₁ B ₁	2.1400000	A ₃ B ₁ - A ₂ B ₁	-3.6200000
A ₃ B ₂ - A ₁ B ₁	6.7733333	A ₃ B ₂ - A ₂ B ₁	1.0133333
A ₃ B ₃ - A ₁ B ₁	6.4266667	A ₃ B ₃ - A ₂ B ₁	0.6666667
A ₁ B ₃ - A ₁ B ₂	0.3266667	A ₂ B ₃ - A ₂ B ₂	1.1533333
A ₂ B ₁ - A ₁ B ₂	1.6300000	A ₃ B ₁ - A ₂ B ₂	-5.8533333
A ₂ B ₂ - A ₁ B ₂	3.8633333	A ₃ B ₂ - A ₂ B ₂	-1.2200000
A ₂ B ₃ - A ₁ B ₂	5.0166667	A ₃ B ₃ - A ₂ B ₂	-1.5666667
A ₃ B ₁ - A ₁ B ₂	-1.9900000	A ₃ B ₁ - A ₂ B ₃	-7.0066667
A ₃ B ₂ - A ₁ B ₂	2.6433333	A ₃ B ₂ - A ₂ B ₃	-2.3733333
A ₃ B ₃ - A ₁ B ₂	2.2966667	A ₃ B ₃ - A ₂ B ₃	-2.7200000
A ₂ B ₁ - A ₁ B ₃	1.3033333	A ₃ B ₂ - A ₃ B ₁	4.6333333
A ₂ B ₂ - A ₁ B ₃	3.5366667	A ₃ B ₃ - A ₃ B ₁	4.2866667
A ₂ B ₃ - A ₁ B ₃	4.6900000	A ₃ B ₃ - A ₃ B ₂	-0.3466667

Elaborado por: Ashqui y Cedeño (2018)

Se determinó estadísticamente que los tratamientos no presentan diferencias significativas entre sí, sin embargo, se verificó la poca diferencia entre tratamientos, siendo la diferencia más alta la de la comparación de los tratamientos $T_6 (A_2B_3) - T_1 (A_1B_1)$ con una diferencia de 9.146667.

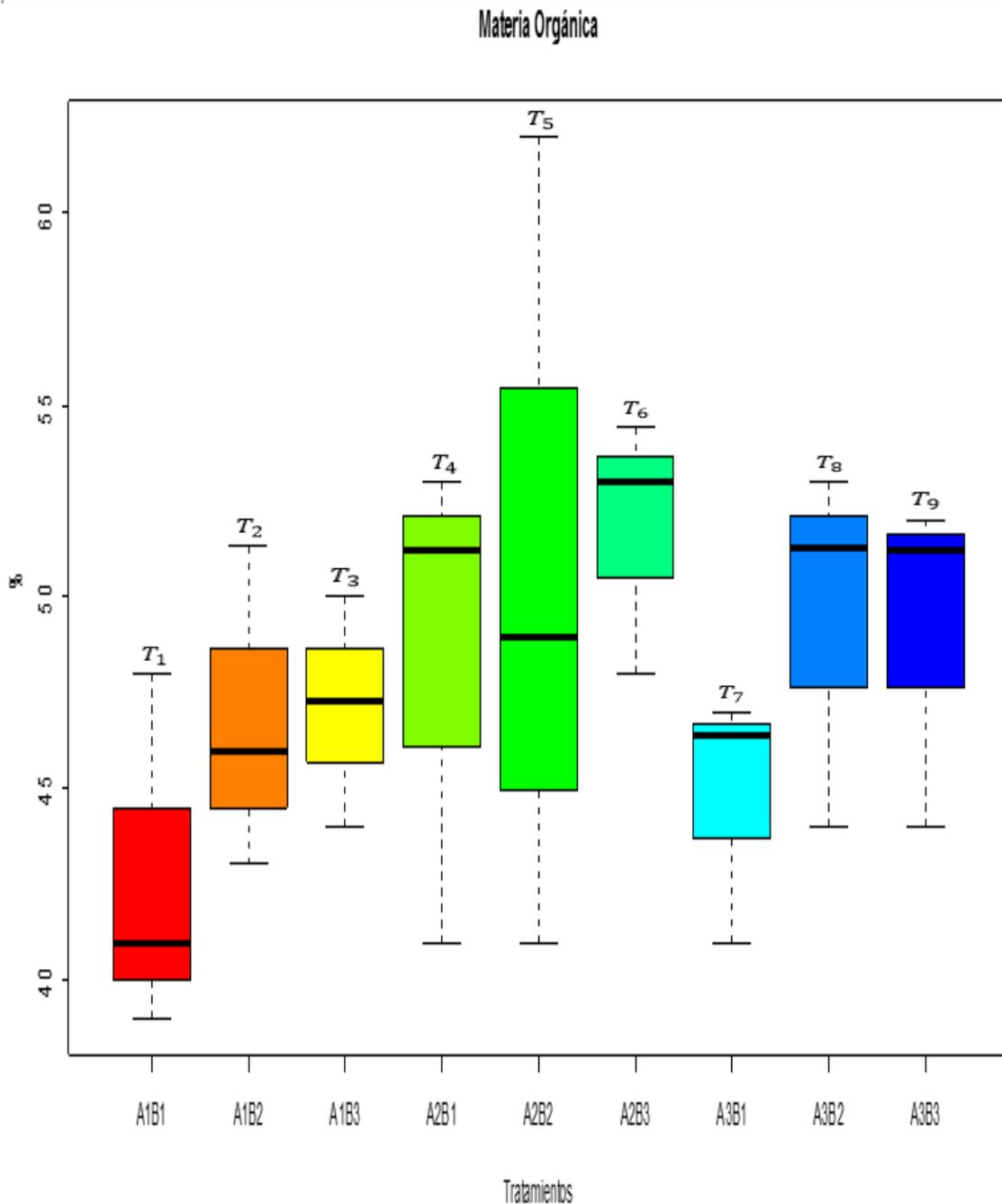


Gráfico IV.4 Resultados de Materia orgánica

Gráficamente los tratamientos en estudio no son iguales ya que el T_6 (A_2B_3) produce un resultado mayor en cuanto al valor de % de materia orgánica, siendo mejor que los demás tratamientos. En cuanto a la NCh2880 (2004) los valores obtenidos de % de materia orgánica obtenido en el proceso de compostaje cumplen con este parámetro ya que el compost debe tener un contenido de materia orgánica mayor o igual a 20% los valores obtenidos en materia orgánica son satisfactoriamente altos considerándose como un material con mucho potencial para la mejora de suelos.

e) CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA

Cuadro IV.11 Resultados de Conductividad eléctrica y ANOVA

TRATAMIENTO	NOMENCLATURA	R1	R2	R3	PROMEDIO
1	A_1B_1	1,24	1,57	1,99	1,60
2	A_1B_2	1,41	3,42	4,27	3,03
3	A_1B_3	2,49	3,38	3,87	3,25
4	A_2B_1	1,97	2,68	3,16	2,60
5	A_2B_2	2,02	2,45	2,80	2,42
6	A_2B_3	1,65	2,24	2,90	2,26
7	A_3B_1	1,29	2,65	3,22	2,39
8	A_3B_2	1,81	3,37	4,29	3,16
9	A_3B_3	2,04	3,86	4,09	3,33
ANOVA					
	Gl	Sc	Cm	Fc	P valor
Tratamientos	8	7.778	0.9723	1.166	0.371 ***
Error experimental	18	15.012	0.8340		
Total	26	22.79			

Elaborado por: Ashqui y Cedeño (2018)

Signif. Codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 '' 1

Basados en los resultados obtenidos en el laboratorio después de medir la conductividad eléctrica en las muestras de compost, los valores reportados en las medias por tratamiento son las siguientes: (T_1) CE = 1,60; (T_2) CE = 3,03; (T_3) CE = 3,25; (T_4) CE = 2,60; (T_5) CE = 2,42; (T_6) CE = 2,26; (T_7) CE = 2,39; (T_8) CE = 3,16; (T_9) CE = 3,33; y se determinó estadísticamente que los tratamientos no presentan diferencias significativas entre sí, es decir hay homogeneidad entre ellos, a un nivel de confianza del 95%, tomando en cuenta que el valor de P fue de 0.371, por lo tanto es un valor mayor a 0.05, lo cual indica que no hay diferencia entre los tratamientos.(Gráfico 4.5)

Cuadro IV.12 Tukey de Conductividad eléctrica

Tratamientos	Diferencias	Tratamientos	Diferencias
A ₁ B ₂ - A ₁ B ₁	1.43333333	A ₃ B ₁ - A ₁ B ₃	-0.86000000
A ₁ B ₃ - A ₁ B ₁	1.64666667	A ₃ B ₂ - A ₁ B ₃	-0.09000000
A ₂ B ₁ - A ₁ B ₁	1.00333333	A ₃ B ₃ - A ₁ B ₃	0.08333333
A ₂ B ₂ - A ₁ B ₁	0.82333333	A ₂ B ₂ - A ₂ B ₁	-0.18000000
A ₂ B ₃ - A ₁ B ₁	0.66333333	A ₂ B ₃ - A ₂ B ₁	-0.34000000
A ₃ B ₁ - A ₁ B ₁	0.78666667	A ₃ B ₁ - A ₂ B ₁	-0.21666667
A ₃ B ₂ - A ₁ B ₁	1.55666667	A ₃ B ₂ - A ₂ B ₁	0.55333333
A ₃ B ₃ - A ₁ B ₁	1.73000000	A ₃ B ₃ - A ₂ B ₁	0.72666667
A ₁ B ₃ - A ₁ B ₂	0.21333333	A ₂ B ₃ - A ₂ B ₂	-0.16000000
A ₂ B ₁ - A ₁ B ₂	-0.43000000	A ₃ B ₁ - A ₂ B ₂	-0.03666667
A ₂ B ₂ - A ₁ B ₂	-0.61000000	A ₃ B ₂ - A ₂ B ₂	0.73333333
A ₂ B ₃ - A ₁ B ₂	-0.77000000	A ₃ B ₃ - A ₂ B ₂	0.90666667
A ₃ B ₁ - A ₁ B ₂	-0.64666667	A ₃ B ₁ - A ₂ B ₃	0.12333333
A ₃ B ₂ - A ₁ B ₂	0.12333333	A ₃ B ₂ - A ₂ B ₃	0.89333333
A ₃ B ₃ - A ₁ B ₂	0.29666667	A ₃ B ₃ - A ₂ B ₃	1.06666667
A ₂ B ₁ - A ₁ B ₃	-0.64333333	A ₃ B ₂ - A ₃ B ₁	0.77000000
A ₂ B ₂ - A ₁ B ₃	-0.82333333	A ₃ B ₃ - A ₃ B ₁	0.94333333
A ₂ B ₃ - A ₁ B ₃	-0.98333333	A ₃ B ₃ - A ₃ B ₂	0.17333333

Elaborado por: Ashqui y Cedeño (2018)

Se determinó estadísticamente que los tratamientos no presentan diferencias significativas entre sí, sin embargo, se verificó la poca diferencia entre tratamientos, siendo la diferencia más alta la de la comparación de los tratamientos $T_9 (A_3B_3) - T_7 (A_3B_1)$ con una diferencia de 9.1466667.

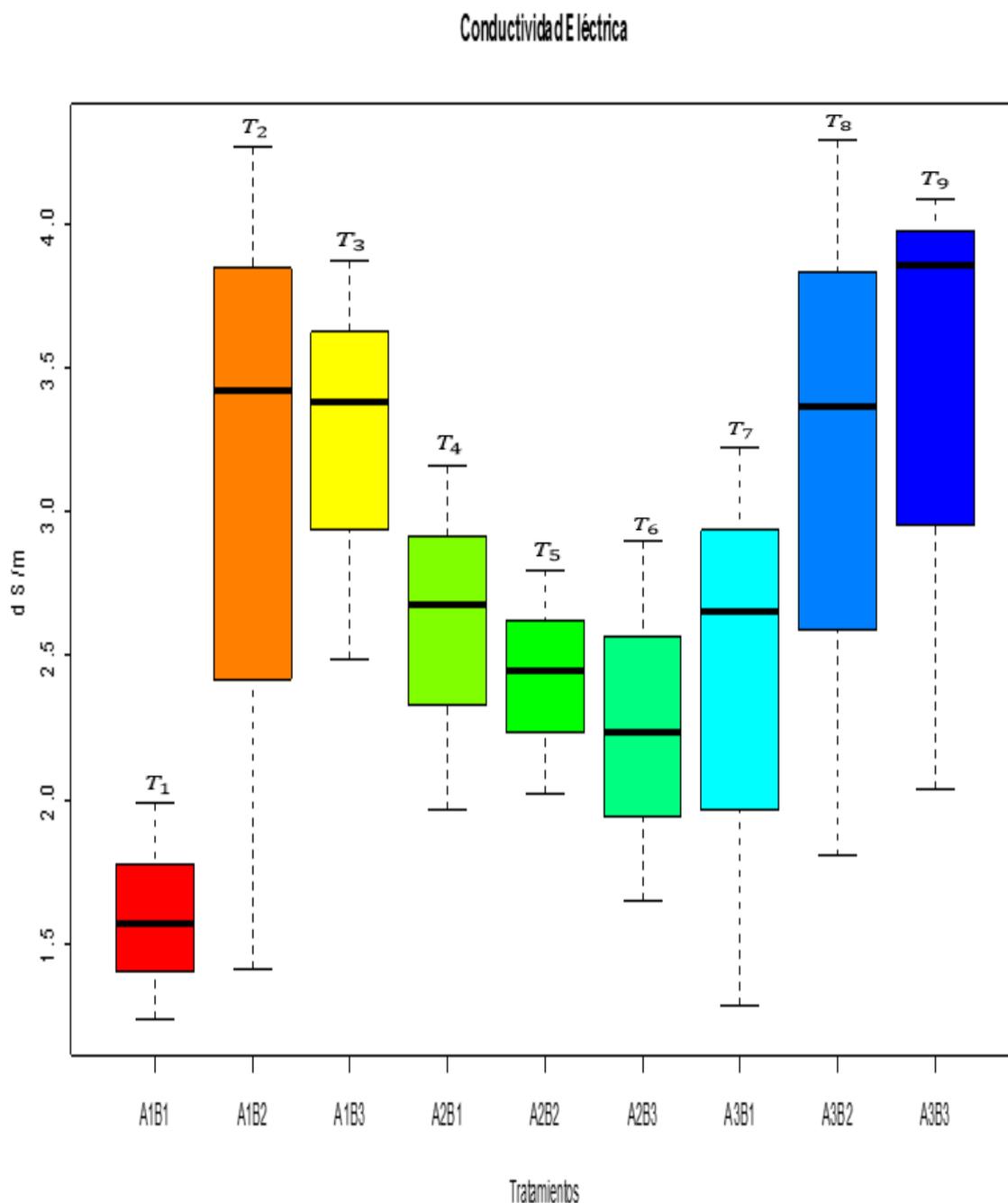


Gráfico IV.5 Resultados de Conductividad eléctrica

Gráficamente los tratamientos en estudio no son iguales ya que el $T_1 (A_1B_1)$ produce un mejor resultado en cuanto al valor de conductividad eléctrica, siendo mejor que los demás tratamientos. En cuanto a la NCh2880 – 2004 los valores

de conductividad eléctrica obtenidos en el proceso de compostaje en los tratamientos: $T_1 (A_1B_1)$; $T_4 (A_2B_1)$; $T_5 (A_2B_2)$; $T_6 (A_2B_3)$; $T_7 (A_3B_1)$; son valores de Compost de Clase A, ya que el valor de conductividad eléctrica debe ser menor a 3 dS/m. Mientras que los valores de conductividad eléctrica obtenidos en el proceso de compostaje en los tratamientos: $T_2 (A_1B_2)$; $T_3 (A_1B_3)$; $T_8 (A_3B_2)$; $T_9 (A_3B_3)$; son valores de Compost de Clase B, ya que el valor de conductividad eléctrica debe ser menor o igual a 8 dS/m.

f) HUMEDAD

Cuadro IV.13 Resultados de Humedad y ANOVA

TRATAMIENTO	NOMENCLATURA	R1	R2	R3	PROMEDIO
1	A ₁ B ₁	36,42	36,08	36,31	36,27
2	A ₁ B ₂	40,53	39,20	41,20	40,31
3	A ₁ B ₃	37,21	38,10	35,05	36,79
4	A ₂ B ₁	38,00	38,24	37,36	37,86
5	A ₂ B ₂	39,75	40,01	39,43	39,73
6	A ₂ B ₃	40,74	41,34	42,84	41,64
7	A ₃ B ₁	40,16	39,54	38,20	39,30
8	A ₃ B ₂	43,52	44,29	43,98	43,93
9	A ₃ B ₃	36,85	37,80	39,94	38,20
ANOVA					
	Gl	Sc	Cm	Fc	P valor
Tratamientos	8	140.62	17.578	18.3	3.65e-07 ***
Error experimental	18	17.29	0.961		
Total	26	157.91			

Elaborado por: Ashqui y Cedeño (2018)

Signif. Codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 '' 1

Basados en los resultados obtenidos en el laboratorio después de medir el porcentaje de humedad en las muestras de compost, los valores reportados en las medias por tratamiento son las siguientes: (T_1) % Humedad = 36,21; (T_2) % Humedad = 40,31; (T_3) % Humedad = 36,79; (T_4) % Humedad = 37,87; (T_5) % Humedad = 39,73; (T_6) % Humedad = 41,64; (T_7) % Humedad = 39,30; (T_8) % Humedad = 43,93; (T_9) % Humedad = 38,20; y se determinó estadísticamente que los tratamientos no presentan diferencias significativas entre sí, es decir hay homogeneidad entre ellos, a un nivel de confianza del 95%, tomando en cuenta que el valor de P fue de $3.65e-07$ por lo tanto es un valor demasiado menor a 0.05, lo cual indica que no hay diferencia entre los tratamientos. (Gráfico 4.6)

Cuadro IV.14 Tukey de Humedad

Tratamientos	Diferencias	Tratamientos	Diferencias
A ₁ B ₂ - A ₁ B ₁	4.0400000	A ₃ B ₁ - A ₁ B ₃	2.5133333
A ₁ B ₃ - A ₁ B ₁	0.5166667	A ₃ B ₂ - A ₁ B ₃	7.1433333
A ₂ B ₁ - A ₁ B ₁	1.5966667	A ₃ B ₃ - A ₁ B ₃	1.4100000
A ₂ B ₂ - A ₁ B ₁	3.4600000	A ₂ B ₂ - A ₂ B ₁	1.8633333
A ₂ B ₃ - A ₁ B ₁	5.3700000	A ₂ B ₃ - A ₂ B ₁	3.7733333
A ₃ B ₁ - A ₁ B ₁	3.0300000	A ₃ B ₁ - A ₂ B ₁	1.4333333
A ₃ B ₂ - A ₁ B ₁	7.6600000	A ₃ B ₂ - A ₂ B ₁	6.0633333
A ₃ B ₃ - A ₁ B ₁	1.9266667	A ₃ B ₃ - A ₂ B ₁	0.3300000
A ₁ B ₃ - A ₁ B ₂	-3.5233333	A ₂ B ₃ - A ₂ B ₂	1.9100000
A ₂ B ₁ - A ₁ B ₂	-2.4433333	A ₃ B ₁ - A ₂ B ₂	-0.4300000
A ₂ B ₂ - A ₁ B ₂	-0.5800000	A ₃ B ₂ - A ₂ B ₂	4.2000000
A ₂ B ₃ - A ₁ B ₂	1.3300000	A ₃ B ₃ - A ₂ B ₂	-1.5333333
A ₃ B ₁ - A ₁ B ₂	-1.0100000	A ₃ B ₁ - A ₂ B ₃	-2.3400000
A ₃ B ₂ - A ₁ B ₂	3.6200000	A ₃ B ₂ - A ₂ B ₃	2.2900000
A ₃ B ₃ - A ₁ B ₂	-2.1133333	A ₃ B ₃ - A ₂ B ₃	-3.4433333
A ₂ B ₁ - A ₁ B ₃	1.0800000	A ₃ B ₂ - A ₃ B ₁	4.6300000
A ₂ B ₂ - A ₁ B ₃	2.9433333	A ₃ B ₃ - A ₃ B ₁	-1.1033333
A ₂ B ₃ - A ₁ B ₃	4.8533333	A ₃ B ₃ - A ₃ B ₂	-5.7333333

Elaborado por: Ashqui y Cedeño (2018)

Se determinó estadísticamente que los tratamientos no presentan diferencias significativas entre sí, sin embargo, se verificó la poca diferencia entre tratamientos, siendo la diferencia más alta la de la comparación de los tratamientos $T_8 (A_3B_2) - T_1 (A_1B_1)$ con una diferencia de 7.6600000.

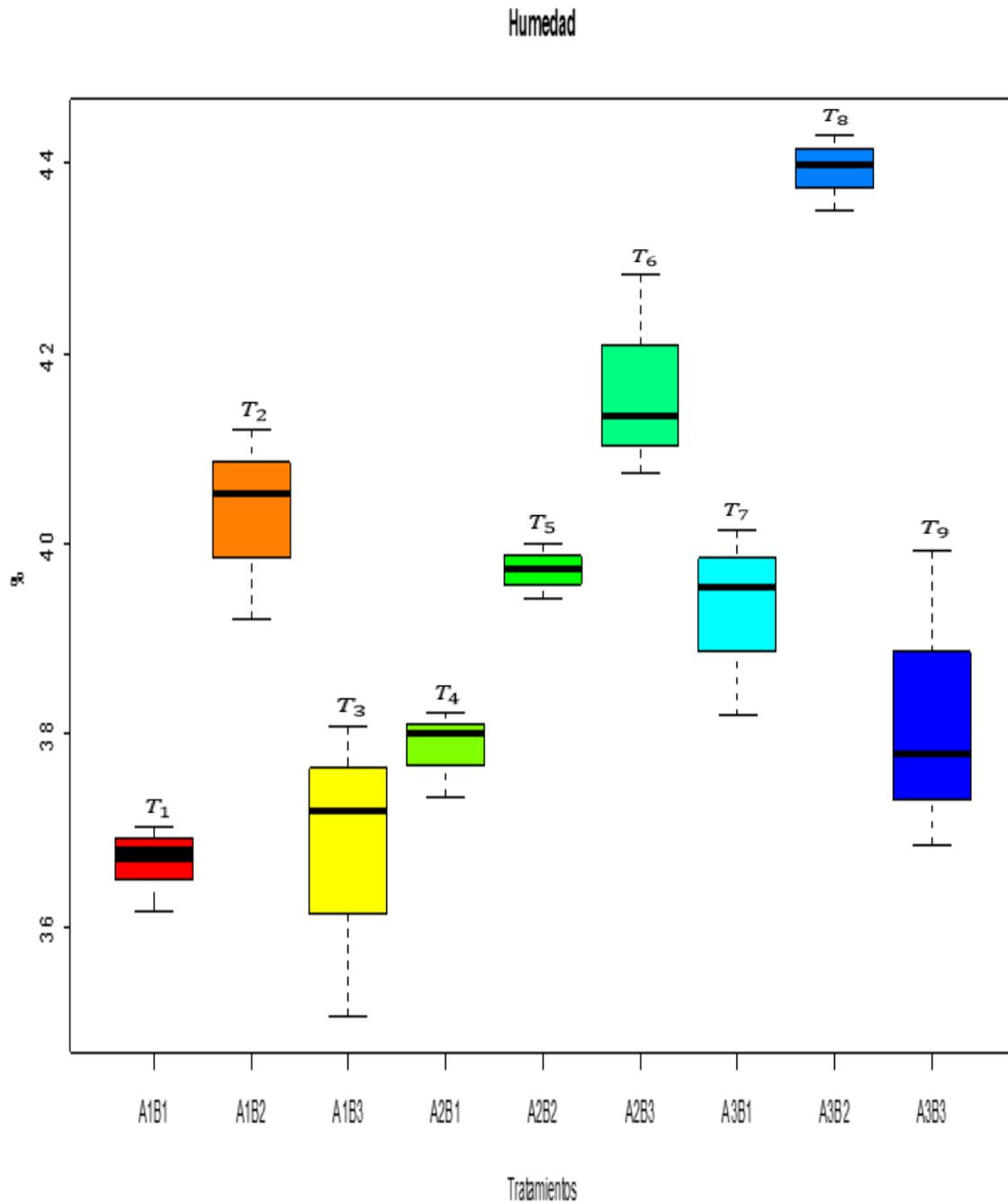


Gráfico IV.6 Resultados de Humedad

Gráficamente los tratamientos en estudio producen un buen resultado en cuanto al valor de % de humedad. En cuanto a la NCh2880 (2004) los valores de

humedad obtenidos en el proceso de compostaje son valores que cumplen con este parámetro, tomando en cuenta que el compost debe presentar un contenido de humedad entre 30% y 45% de la masa del producto. El control de humedad es un factor que condiciona el desarrollo del compostaje. Los valores mínimos en los que tiene lugar la actividad biológica se sitúan entre 12 y 14%, mientras que el rango razonable para mantener las condiciones aeróbicas está entre el 40 y 70% de humedad, siempre que se pueda mantener una buena aireación en el proceso de compostaje (Chaparro, 2013).

4.2.1. APLICAR COMPOST ELABORADO A CULTIVOS DE CICLO CORTO Y ESPERAR EL CRECIMIENTO.

Cuadro IV.15 Resultados de Toxicidad de Plantas según la norma chilena NCh2880 Compost – Clasificación Y Requisitos (2004)

TRATAMIENTO	NOMENCLATURA	SEMILLAS DE PIMIENTO SEMBRADAS	PLANTAS DE PIMIENTOS DESARROLLADAS
TESTIGO	Sembrado sin compost	3	2
1	A ₁ B ₁	3	3
2	A ₁ B ₂	3	3
3	A ₁ B ₃	3	3
4	A ₂ B ₁	3	3
5	A ₂ B ₂	3	3
6	A ₂ B ₃	3	3
7	A ₃ B ₁	3	3
8	A ₃ B ₂	3	3
9	A ₃ B ₃	3	3

Elaborado por: Ashqui y Cedeño (2018)

4.2.2. CLASIFICACIÓN DE LOS TRATAMIENTOS BAJO LA NORMA CHILENA NCh2880 (2004)

Cuadro IV.16 Clasificación del compost del T_1 (A_1B_1) bajo la norma chilena NCh2880 Compost – Clasificación Y Requisitos (2004)

PARÁMETRO	RESULTADO DEL COMPOST ELABORADO	VALOR PROMEDIO DE LA NORMA NCh2880 (2004)		CLASIFICACIÓN SEGÚN LA NORMA NCh2880 (2004)
		CLASE A	CLASE B	
FÍSICOS				
TRATAMIENTO 1(A_1B_1)				
HUMEDAD	36,27%	30% - 45%	30% - 45%	CLASE A
QUÍMICOS				
pH	7,76	5,0 – 8,5	5,0 – 8,5	CLASE A
CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	1,60 dS/m	< 3 dS/m	< o =8 dS/m	CLASE A
MATERIA ORGÁNICA	42,65 %	> o =20%	> o =20%	CLASE A
RELACIÓN C/N	21	< o =25	< o =30	CLASE A

Elaborado por: Ashqui y Cedeño (2018)

En base al cuadro se puede observar que el compost resultante del T_1 (A_1B_1) cumple con los parámetros para ser considerados como un compost de Clase A

Cuadro IV.17 Clasificación del compost del T_2 (A_1B_2) bajo la norma chilena NCh2880**Compost – Clasificación Y Requisitos (2004)**

PARÁMETRO	RESULTADO DEL COMPOST ELABORADO	VALOR PROMEDIO DE LA NORMA NCh2880 (2004)		CLASIFICACIÓN SEGÚN LA NORMA NCh2880 (2004)
		CLASE A	CLASE B	
FÍSICOS				
TRATAMIENTO $2(A_1B_2)$		CLASE A	CLASE B	
HUMEDAD	40,31%	30% - 45%	30% - 45%	CLASE A
QUÍMICOS				
pH	8,39	5,0 – 8,5	5,0 – 8,5	CLASE A
CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	3,03 dS/m	< 3 dS/m	< o =8 dS/m	CLASE B
MATERIA ORGÁNICA	46,78%	> o =20%	> o =20%	CLASE A
RELACIÓN C/N	24	< o =25	< o =30	CLASE A

Elaborado por: Ashqui y Cedeño (2018)

En base al cuadro se puede observar que el compost resultante del T_2 (A_1B_2) cumple con los parámetros para ser considerados como un compost de Clase A, excepto el parámetro de conductividad eléctrica, pero éste se encuentra muy cercano a los valores que toma en cuenta la Norma NCh2880 (2004)

**Cuadro IV.18 Clasificación del compost del T_3 (A_1B_3) bajo la norma chilena
NCh2880 Compost – Clasificación Y Requisitos (2004)**

PARÁMETRO	RESULTADO DEL COMPOST ELABORADO	VALOR PROMEDIO DE LA NORMA NCh2880 (2004)		CLASIFICACIÓN SEGÚN LA NORMA NCh2880 (2004)
TRATAMIENTO $3(A_1B_3)$		CLASE A	CLASE B	
FÍSICOS				
HUMEDAD	36,79	30% - 45%	30% - 45%	CLASE A
QUÍMICOS				
pH	8,36	5,0 – 8,5	5,0 – 8,5	CLASE A
CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	3,25	< 3 dS/m	< 8 dS/m	CLASE B
MATERIA ORGÁNICA	47,11	> 20%	> 20%	CLASE A
RELACIÓN C/N	24	< 25	< 30	CLASE A

Elaborado por: Ashqui y Cedeño (2018)

En base al cuadro se puede observar que el compost resultante del T_3 (A_1B_3) cumple con los parámetros para ser considerados como un compost de Clase A, excepto el parámetro de conductividad eléctrica, por lo cual el compost del T_3 es de Clase B.

Cuadro IV.19 Clasificación del compost del T_4 (A_2B_1) bajo la norma chilena NCh2880**Compost – Clasificación Y Requisitos (2004)**

PARÁMETRO	RESULTADO DEL COMPOST ELABORADO	VALOR PROMEDIO DE LA NORMA NCh2880 (2004)		CLASIFICACIÓN SEGÚN LA NORMA NCh2880 (2004)
TRATAMIENTO 4(A_2B_1)		CLASE A	CLASE B	
FÍSICOS				
HUMEDAD	37,87	30% - 45%	30% - 45%	CLASE A
QUÍMICOS				
pH	7,64	5,0 – 8,5	5,0 – 8,5	CLASE A
CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	2,60	< o =3 dS/m	< o =8 dS/m	CLASE A
MATERIA ORGÁNICA	48,41	> o =20%	> o =20%	CLASE A
RELACIÓN C/N	25	< o =25	< o =30	CLASE A

Elaborado por: Ashqui y Cedeño (2018)

En base al cuadro se puede observar que el compost resultante del T_4 (A_2B_1) cumple con los parámetros para ser considerados como un compost de Clase A.

**Cuadro IV.20 Clasificación del compost del T_5 (A_2B_2) bajo la norma chilena
NCh2880 Compost – Clasificación Y Requisitos (2004)**

PARÁMETRO	RESULTADO DEL COMPOST ELABORADO	VALOR PROMEDIO DE LA NORMA NCh2880 (2004)		CLASIFICACIÓN SEGÚN LA NORMA NCh2880 (2004)
TRATAMIENTO 5(A_2B_2)		CLASE A	CLASE B	
FÍSICOS				
HUMEDAD	39,73	30% - 45%	30% - 45%	CLASE A
QUÍMICOS				
pH	8,51	5,0 – 8,5	5,0 – 8,5	CLASE A
CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	2,42	< o =3 dS/m	< o =8 dS/m	CLASE A
MATERIA ORGÁNICA	50,65	< o =20%	< o =20%	CLASE A
RELACIÓN C/N	25	< o =25	< o =30	CLASE A

Elaborado por: Ashqui y Cedeño (2018)

En base al cuadro se puede observar que el compost resultante del T_5 (A_2B_2) cumple con los parámetros para ser considerados como un compost de Clase A.

Cuadro IV.21 Clasificación del compost del T_6 (A_2B_3) bajo la norma chilena NCh2880**Compost – Clasificación Y Requisitos (2004)**

PARÁMETRO	RESULTADO DEL COMPOST ELABORADO	VALOR PROMEDIO DE LA NORMA NCh2880 (2004)		CLASIFICACIÓN SEGÚN LA NORMA NCh2880 (2004)
TRATAMIENTO $6(A_2B_3)$		CLASE A	CLASE B	
FÍSICOS				
HUMEDAD	41,64	30% - 45%	30% - 45%	CLASE A
QUÍMICOS				
pH	8,56	5,0 – 8,5	5,0 – 8,5	CLASE A
CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	2,26	< o =3 dS/m	< o =8 dS/m	CLASE A
MATERIA ORGÁNICA	51,80	> o =20%	> o =20%	CLASE A
RELACIÓN C/N	26	< o =25	< o =30	CLASE B

Elaborado por: Ashqui y Cedeño (2018)

En base al cuadro se puede observar que el compost resultante del T_6 (A_2B_3) cumple con los parámetros de Clase A, excepto el parámetro de relación de C/N, por lo cual el compost del T_6 es de Clase B.

Cuadro IV.22 Clasificación del compost del T_7 (A_3B_1) bajo la norma chilena

NCh2880 Compost – Clasificación Y Requisitos (2004)

PARÁMETRO	RESULTADO DEL COMPOST ELABORADO	VALOR PROMEDIO DE LA NORMA NCh2880 (2004)		CLASIFICACIÓN SEGÚN LA NORMA NCh2880 (2004)
TRATAMIENTO $7(A_3B_1)$		CLASE A CLASE B		
FÍSICOS				
HUMEDAD	39,30	30% - 45%	30% - 45%	CLASE A
QUÍMICOS				
pH	8,50	5,0 – 8,5	5,0 – 8,5	CLASE A
CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	2,39	< 3 dS/m	< 8 dS/m	CLASE A
MATERIA ORGÁNICA	44,79	> 20%	> 20%	CLASE A
RELACIÓN C/N	23	< 25	< 30	CLASE A

Elaborado por: Ashqui y Cedeño (2018)

En base al cuadro se puede observar que el compost resultante del T_7 (A_3B_1) cumple con los parámetros para ser considerados como un compost de Clase A.

Cuadro IV.23 Clasificación del compost del T_8 (A_3B_2) bajo la norma chilena

NCh2880 Compost – Clasificación Y Requisitos (2004)

PARÁMETRO	RESULTADO DEL COMPOST ELABORADO	VALOR PROMEDIO DE LA NORMA NCh2880 (2004)		CLASIFICACIÓN SEGÚN LA NORMA NCh2880 (2004)
TRATAMIENTO 8(A_3B_2)		CLASE A	CLASE B	
FÍSICOS				
HUMEDAD	43,93	30% - 45%	30% - 45%	CLASE A
QUÍMICOS				
pH	7,54	5,0 – 8,5	5,0 – 8,5	CLASE A
CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	3,16	< o =3 dS/m	< o =8 dS/m	CLASE B
MATERIA ORGÁNICA	49,43	> o =20%	> o =20%	CLASE A
RELACIÓN C/N	25	< o =25	< o =30	CLASE A

Elaborado por: Ashqui y Cedeño (2018)

En base al cuadro se puede observar que el compost resultante del T_8 (A_3B_2) cumple con los parámetros de Clase A, excepto el parámetro de conductividad eléctrica, por lo cual el compost del T_8 es de Clase B.

Cuadro IV.24 Clasificación del compost del T_9 (A_3B_3) bajo la norma chilena

NCh2880 Compost – Clasificación Y Requisitos (2004)

PARÁMETRO	RESULTADO DEL COMPOST ELABORADO	VALOR PROMEDIO DE LA NORMA NCh2880 (2004)		CLASIFICACIÓN SEGÚN LA NORMA NCh2880 (2004)
TRATAMIENTO				
9(A_3B_3)		CLASE A	CLASE B	
FÍSICOS				
HUMEDAD	38,20	30% - 45%	30% - 45%	CLASE A
QUÍMICOS				
pH	8,29	5,0 – 8,5	5,0 – 8,5	CLASE A
CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	3,33	< 3 dS/m	< 8 dS/m	CLASE B
MATERIA ORGÁNICA	49,08	> 20%	> 20%	CLASE A
RELACIÓN C/N	25	< 25	< 30	CLASE A

Elaborado por: Ashqui y Cedeño (2018)

En base al cuadro se puede observar que el compost resultante del T_9 (A_3B_3) cumple con los parámetros de Clase A, excepto el parámetro de conductividad eléctrica, por lo cual el compost del T_9 es de Clase B.

4.2.3. DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA DEL MEJOR TRATAMIENTO

Cuadro IV.25 Eficiencia del T_1 (A_1B_1)

Parámetro	Eficiencia %
Humedad	96,72
pH	90,20
CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	53,33
MATERIA ORGÁNICA	46,89
RELACIÓN C/N	84,00
EFICIENCIA PROMEDIO	74,23

Elaborado por: Ashqui y Cedeño (2018)

De acuerdo a las variables a medir temperatura, pH, humedad, materia orgánica, relación C/N y conductividad eléctrica, se logró determinar como mejor tratamiento la combinación de lodo (70%) y gallinaza (10%) que corresponde al T_1 (A_1B_1), es el que se mantuvo dentro de los rangos permitidos en base al cumplimiento de la norma chilena NCh2880 (2004) y siendo el más adecuado para utilizarlo en la elaboración del compost orgánico, con una eficiencia promedio de 74,23%.

4.3. DETERMINAR EL COSTO-PRODUCCIÓN DEL MEJOR TRATAMIENTO.

Cuadro IV.26 Costo-Producción del T_1 (A_1B_1)

INSUMOS	CANTIDAD	PRECIO POR kg	PRECIO TOTAL \$/kg
Lodos	7 kg	\$ 0,00	\$ 0,00
Gallinaza	1 kg	\$ 0,20	\$ 0,20
Cascarilla de arroz	5 kg	\$ 0,20	\$ 1,00
Melaza	1/2 kg	\$ 0,60	\$ 0,30
TOTAL	13,5 kg	\$1,00	\$ 1,50

Elaborado por: Ashqui y Cedeño (2018)

Luego de determinar como mejor tratamiento la combinación de lodo (70%) y gallinaza (10%) que corresponde al T_1 (A_1B_1), se realizó el costo-producción del mismo, determinando que la producción de 13,5 kg de compost elaborado tiene un costo de \$1,50.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos se concluye:

- Los resultados de los análisis de metales pesados en los lodos de perforación no exceden los límites máximos permisibles para los parámetros cadmio ($<0,500$ mg/kg) y mercurio ($0,106$ mg/kg), según los criterios de Remediación o Restauración de acuerdo al uso del suelo del TULSMA, (Uso agrícola: Cd = 2 mg/kg; Hg = $0,8$ mg/kg).
- Los indicadores temperatura, potencial de hidrogeno, relación carbono nitrógeno, materia orgánica, humedad y la toxicidad de las plantas sembradas del compost elaborado, determinaron que se puede elaborar un mejor compost orgánico a partir de la combinación de lodo (70%) y gallinaza (10%) correspondiente al $T_1 (A_1B_1)$ con una eficiencia promedio de 74,23%
- El aprovechamiento de lodos de perforación para elaborar compost es una de las alternativas más viables, ya que permite utilizar en mayor grado el lodo proveniente de la minería, con un costo de \$1,50 por cada 13,5 kg de compost.

5.2. RECOMENDACIONES

- Realizar un control final de los metales pesados, con el propósito de verificar si la metodología incide positivamente sobre su concentración.
- Se recomienda fortalecer el conocimiento de los habitantes de la parroquia Palo Quemado a través de capacitaciones acerca del compostaje, y la aplicación a cultivos de ciclo corto.
- Realizar un emprendimiento comunitario con el objeto de involucrarse y a la vez beneficiarse económicamente con la investigación, a fin de fomentar el uso de lodos de perforación generados por la minería, para fines agrícolas.

BIBLIOGRAFÍA

- Arcos, J. (2010). Remediación de los lodos aceitosos de la refinería Estatal de Esmeraldas mediante compostaje. (En línea). Consultado, 5 de jul. 2017. Formato PDF. Disponible en <http://www.google.com.ec>
- BCE (Banco Central del Ecuador). (2016). Reporte de minería. (En línea). Consultado, 5 de jul. 2017. Formato PDF. Disponible en <https://contenido.bce.fin.ec>
- Castilla, J; Herrera, J. (2012). El Proceso De Exploración Minera Mediante Sondeos. (En línea). Consultado, 5 de jul. 2017. Formato PDF. Disponible en: https://oa.upm.es/20120330_El_Proceso_De_Exploración_Minera_Mediante_Sondeos.pdf
- Castrillón Quintana, O., Jiménez Pérez, R. A., & Bedoya Mejía, O. (2004). Porquinaza en la alimentación animal. *Revista LASALLISTA de investigación*, 1(1).
- Chaparro, J. (2013). Evaluación de la biodegradación de residuos sólidos ganaderos tratados mediante pilas de compostaje. Consultado, 5 de jul. 2017. Formato PDF. Disponible en <file:///E:/compost%20Ma/Evaluación%20de%20la%20biodegradación%20de%20residuos%20sólidos.pdf>
- CNAD Corporación nacional forestal. Técnicas de compostaje. (En línea). Consultado, 5 de jul. 2017. Formato PDF. Disponible en <http://www.alternativasquemas.cl>
- Crespo, G. (1984). El estiércol vacuno y su uso en la producción de los pastos. *Rev. Cubana Cienc. Agríc*: 18, 249.
- Defrieri, R. L., Jimenez, M. D. L. P., Effron, D., & Palma, M. (2005). Utilización de parámetros químicos y microbiológicos como criterios de madurez durante el proceso de compostaje. *Agriscientia*, 22(1), 25-31.
- Delgado, G; Hinijosa, G. (2016). Medio ambiente en perforaciones. (En línea). Consultado, 5 de jul. 2017. Formato PDF. Disponible en <http://economia.mendoza.gov.ar/wp->

content/uploads/sites/44/2016/10/medio-ambiente-en-perforaciones-Delgado1.pdf

Docampo, R. (2013). Revista INIA. Compostaje y compost. (En línea). Consultado, 5 de jul. 2017. Formato PDF. Disponible en <http://www.ainfo.inia.uy>

Espinoza, Luis. (2012). Definición de compostaje. academia.edu, 5-10.

Estrada Pareja, M. M. (2005). Manejo y procesamiento de la gallinaza. Revista Lasallista de investigación, 2(1).

García, C., Hernández, T., Costa, F., & Ayuso, M. (1991). Compostaje de la fracción orgánica de un residuo sólido urbano. Evolución de su contenido en diversas fracciones de metales pesados. Suelo y Planta, 1(1), 1-13.

García, M. (2014). Prueba de Tukey. (En línea). Consultado, 5 de jul. 2017. Disponible en: <https://prezi.com>

Gordillo, F; Chávez, E. (S.A). Evaluación comparativa de la calidad del compost producido a partir de diferentes combinaciones de desechos agroindustriales azucareros. (En línea). Consultado, 5 de jul. 2017. Formato PDF. Disponible enfile:///E:/compost%20Ma/Evaluación%20Comparativa%20de%20la%20calidad%20del%20compost.pdf

Gutiérrez, H., & De La Vara Salazar, R. (2008). Analisis y diseño de experimentos. Mexico: The McGraw-Hill Companies.

Gutiérrez, M. (diciembre de 2010). Blogger. Obtenido de Blogger: <http://compostucv.blogspot.com/2010/12/materis-primas-del-compost.html>.

Humberto, J., & Rivas, J. (2013). Recuperado el 5 de Julio de 2017, de <http://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/191/1/TMA55.pdf>.

López, J. (2015). Diseño en Bloques Completos al Azar (DBCA). (En línea). Consultado, 5 de jul. 2017. Formato PDF. Disponible en: <https://docs.google.com>

- Mendoza, M; Vigil, J. (2012). evaluación físico-químico y microbiológica de cuatro niveles de lodos ordinarios en elaboración de compost. (En línea). Consultado, 5 de jul. 2017. Formato PDF. Disponible en <file:///E:/compost%20Ma/evaluación%20fisicoquimica%20y%20microbiologica%20de%20cuatro%20niveles%20de%20lodos%20ordinarios%20en%20la%20elab.%20de%20compost.pdf>
- Ministerio de minería. (2016). Plan Nacional de Desarrollo del Sector Minero. (En línea). Consultado, 2 de mayo. 2017. Formato PDF. Disponible en <http://www.mineria.gob.ec>
- NCh2880 Compost – Clasificación Y Requisitos, (2004). PROYECTO DE NORMA EN CONSULTA PÚBLICA. (En línea). Consultado, 5 de jul. 2017. Formato PDF. Disponible en: <http://www.sinia.cl>
- Órgano del Gobierno del Ecuador. (2009). Ley de Minería. (En línea). Consultado, 2 de mayo. 2017. Formato PDF. Disponible en <http://www.ambiente.gob.ec>
- Ortiz, M. (2016). Manejo ambiental de la disposición final de los fluidos base utilizados en la perforación. (En línea). Consultado, 2 de mayo. 2017. Formato PDF. Disponible en <http://repository.uamerica.edu.co>
- Otero, J; Herrarte, A; Medina, E. (2005). Análisis de la varianza (anova) (En línea). Consultado, 5 de jul. 2017. Formato PDF. Disponible en: <https://www.uam.es>
- Palmero, R. (2010). Elaboración de compost con restos vegetales por el sistema tradicional en pilas o montones. (En línea). Consultado, 5 de jul. 2017. Formato PDF. Disponible en <http://www.ecohabitar.org>
- Posso, J. (2010). Evaluación de diferentes dosis de compost y lombricompost aplicado al suelo de vivero de palma aceitera. Consultado, 5 de jul. 2017. Formato PDF. Disponible en <file:///E:/compost%20Ma/evaluación%20de%20diferentes%20dosis%20de%20compost%20y%20lombricompost%20aplicado%20ala%20suelo.pdf>
- Pino, P. V. (2005). Dinámica del compostaje de residuos vitivinícolas con y sin incorporación de guano broiler. RC Suelo Nutr. Veg, 5(2), 19-25.

- Rodríguez, G. (2007). Efecto de la cobertura del suelo con cascarilla de arroz en el crecimiento y rendimiento del tomate de ramillete. *Ciencia e investigación agraria*, 34(3), 225-230.
- Roman, P., Martinez, M., & Pantoja, A. (2013). *Manual de compostaje del agricultor Experiencias en America Latina*. Chile.
- Santos Ruiz, J. (2004). Estudio para tratar de identificar posibles aplicaciones industriales para los residuos generados en el proceso de corte y elaboración de piedra natural, en concreto del mármol, analizando su viabilidad técnica y económica.
- Soliva, M., & Huerta, O. (2004). *Compostaje de lodos resultantes de la depuración de aguas residuales urbanas*. CENEAM/MIMAM, Escuela Superior de Agricultura de Barcelona.
- Soto, G., & Muñoz, C. (2002). *AGRICULTURA ORGANICA. Manejo Integrado de Plagas y Agroecología*, No. 65 p. 1 2 3 - 1 2 9.
- Soto, J. 2015. "PROYECTO DE INVERSIÓN PARA UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS. (En línea). Consultado, 5 de jul. 2017. Formato PDF. Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec>
- Sztern, D., & Pravia, M. (1996). *MANUAL PARA LA ELABORACION DE COMPOST BASES CONCEPTUALES Y PROCEDIMIENTOS*
- Velasco, C. 2015). *Contaminantes generados en la exploración y explotación minera, métodos de análisis y sus efectos ambientales*, 2 de mayo. 2017. Formato PDF. Disponible en <http://repositorio.puce.edu.ec>
- Velasco, J. (2004). CO₂ y dinámica de poblaciones microbianas en composta de estiércol y paja con aireación. *Terra Latinoamericana*, 22(3), 307-316.

ANEXOS



Anexo 1. Visita al área de perforación de la parroquia Palo Quemado



Anexo 2. Recolección de los lodos



Anexo 3. Muestra de los lodos de perforación, llevadas al vivero de la ESPAM "MFL"



Anexo 4. Análisis de pH en el laboratorio de la ESPAM "MFL"



Anexo 5. Análisis de conductividad eléctrica en el laboratorio de la ESPAM "MFL"



Anexo 6. Análisis de materia orgánica en el laboratorio de la ESPAM "MFL"



Anexo 7. Pesado de la muestra



Anexo 8. Volteo del compost



Anexo 9. Cubrir para obtener la temperatura



Anexo 10. Trabajo para empezar el sembrío



Anexo 11. Colocación del compost en las pilas



Anexo 12. Siembra del pimiento



Anexo 13. Crecimiento de la planta



Anexo 14. Crecimiento del fruto



Anexo 15. Fruto listo de cosecha

Anexo 16. Análisis de Metales Pesados

	INFORME DE ENSAYO
	SU002/2017

Empresa:	Carlos Cedeño	Orden de trabajo:	SU 002/2018
Solicitado por:	Carlos Cedeño	Fecha de Recepción de Muestra:	24/01/2018
Dirección:	****	Fecha de Realización de Informe:	08/02/2017
Muestreado Por:	Ciente	Fecha de ejecución del ensayo:	25/01/2018 al 08/02/2018
Tipo de Muestra:	Suelo-Simple	Condiciones Ambientales:	****
Tipo de Muestra:	Suelo		****
Código de la Muestra:	SU002/2017	Coordenadas: UTM - WGS84	****
Punto de Muestreo:	****		****

RESULTADOS DE ENSAYOS					
PARAMETROS	UNIDADES	RESULTADOS	TIPO	INCERTIDUMBRE	METODO
(3) Cadmio	mg/Kg	<0,500	FISICO-QUIMICO	±15 %	Standard Methods 3120 B
(3) Mercurio	mg/Kg	0,106	FISICO-QUIMICO	±20 %	Standard Methods 3120 B

NOTAS.-

- (1) Parámetro No Incluido en Alcance de Acreditación del SAE.
- (2) Parámetro Subcontratado No Acreditado.
- (3) Parámetro Subcontratado Acreditado: LABANNCY Cia. Ltda. - OAE LE 2C 05-002

Observaciones:

Resultados en base seca

**** No específica;

Método de extracción del suelo para metales EPA 3050 B / 3010 A

Laboratorio de ensayo Acreditado por el SAE con acreditación N° OAE LE C13-003.

El presente informe sólo es aplicable a muestras sometidas a ensayo
 "Este documento no debe reproducirse sin la autorización escrita de Deproin S.A."
 Dirección: Samanes 7 Mz 22-24 V. 1, Telf.: 593-4-5120366 – 0999900433
 Email: ejumbo@deproinsa.com.ec – www.deproinsa.com.ec
 Guayaquil - Ecuador

	INFORME DE ENSAYO SU002/2017	
---	---	--

RECEPCION DE MUESTRA




Ing. Euder Jumbo H.
GERENTE TÉCNICO



Ing. Aida Barzueeta
COORDINADORA DE CALIDAD

El presente informe sólo es aplicable a muestras sometidas a ensayo
 "Este documento no debe reproducirse sin la autorización escrita de Deproin S.A."
 Dirección: Samanes 7 Mz 22-24 V. 1, Telf.: 593-4-5120366 – 0999900433
 Email: ejumbo@deproinsa.com.ec – www.deproinsa.com.ec
 Guayaquil - Ecuador