

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
AMBIENTALES
CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

PROPUESTA PARA EL MANEJO DE LODOS RESIDUALES DE LA PLANTA
DE TRATAMIENTO DE LA EMPRESA FABRINORTE, CANTÓN OTAVALO

PLAN DE TRABAJO DE TITULACIÓN PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

AUTOR

ÁLVARO ISRAEL PIEDRA MORA

DIRECTORA

ING. ELEONORA MELISSA LAYANA BAJAÑA, MSC

Ibarra – Ecuador

SEPTIEMBRE, 2020



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

“PROPUESTA PARA EL MANEJO DE LODOS RESIDUALES DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE LA EMPRESA FABRINORTE, CANTÓN OTAVALO”

Trabajo de titulación revisada por el Comité Asesor, previa a la obtención del título de:

INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

APROBADA:

Ing. Melissa Layana MSc.

DIRECTORA

Firma

Ing. Santiago Cabrera MSc

ASESOR

Firma

Ing. Jorge Granja

ASESOR

Firma

IBARRA-ECUADOR

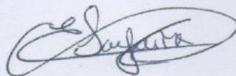
SEPTIEMBRE, 2020

CERTIFICACIÓN

Ing. Melissa Layana MSc, directora de tesis del Trabajo de Titulación desarrollado por el señor estudiante Piedra Mora Álvaro Israel

CERTIFICA

Que el Proyecto de Tesis de grado titulado **“PROPUESTA PARA EL MANEJO DE LODOS RESIDUALES DE LA EMPRESA FABRINORTE, CANTÓN OTAVALO”**, ha sido realizado en su totalidad por el señor **Piedra Mora Álvaro Israel** bajo mi dirección, para la obtención del título de Ingeniero en Recursos Naturales Renovables. Luego de ser revisada, considerando que se encuentra concluido y cumple con las exigencias y requisitos académicos de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales, Carrera de Ingeniería en Recursos Naturales Renovables, autorizada su presentación y defensa para que pueda ser juzgada por el tribunal correspondiente.



Ing. Melissa Layana, MSc
DIRECTORA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

AGRADECIMIENTOS

En estas líneas me atrevo en citar a Violeta Parra, al escribir “Gracias a la vida que me ha dado tanto” al permitirme culminar mi vida estudiantil que por muchos años será mi mayor orgullo. Llegando a este punto debo agradecer al Ingeniero Jorge Arturo Castro, técnico del Gobierno Provincial de Imbabura quien me brindó la oportunidad de formar parte de su grupo de tesis permitiéndome realizar este proyecto de investigación, al compartir sus conocimientos, al aportar sus ideas y por estar siempre pendiente de que todo el proceso se cumpla con éxito, gracias. Agradecido con la Ingeniera Melissa Layana por ser una directora de Tesis y docente de calidad por acompañarme siempre con sus ideas, consejos, sugerencias y por el gran apoyo que representó durante todo el proceso de investigación, gracias.

Agradezco a la Ingeniera Belén Quinchiguango encargada del departamento de calidad ambiental de Fabrinorte Cía. Ltda., por permitir que las puertas de la empresa se abran para el desarrollo de la investigación, gracias por compartir la información que enriqueció este proyecto.

Siempre viviré agradecido con mi hermano Jairo que a pesar de las peleas, disgustos y circunstancias que hemos pasado ha sabido apoyarme y colaborar absolutamente en todo, gracias ñaño por ser un gran compañero y apoyo cuando te pusiste al frente de la familia, quiero que sepas que eres admirable y siempre recibirás mi apoyo incondicional.

¡Gracias a mis amigos! Mishell Arteaga, Elvis Guevara, Nixon Cueva, Erika Pujota por ser parte de cada momento en este camino llamado universidad en el que hemos compartido tropezones y de los cuales llevo bonitos recuerdos, tengan presente que podrán contar conmigo y una mano amiga.

Álvaro Israel Piedra Mora

XX – VII – MMXX

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo al esfuerzo de Félix Piedra Rosero y Mélida Mora Montalvo, mis padres. Por ser inspiración, por ser motivo de impulsarme a cumplir objetivos y soñar en grande, pese a que en la niñez nos limitaron de cosas, nunca a mis hermanos y a mí nos faltó una buena educación con valores y sobre todo nunca nos faltó amor. Pese a sus quehaceres cada fin de semana me ayudaron a limpiar, preparar el terreno y a cuidar de las plantas con el mismo amor, dedicación y sacrificio con el que nos han sabido cuidar todos estos años.

A mis hermanos Jairo y Félix (Junior) y a mi hermana Dagmar por enseñarme que la vida es un aprendizaje constante especialmente al criarnos juntos y ver crecer a mis dos hermanos pequeños mientras mami y papi trabajaban.

A mi mejor amigo Juan Carlos por motivarme a ser mejor, al convertirse en un confidente y un hermano de aventuras.

*Álvaro Israel Piedra Mora
XX – VII – MMXX*

ÍNDICE DE CONTENIDO

Contenido	Pág.
CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1. Revisión de antecedentes	1
1.2. Problema de investigación y justificación.....	5
1.3. Objetivos.....	7
1.3.1. Objetivo general.....	7
1.3.2. Objetivos específicos	7
1.4. Hipótesis.....	7
CAPÍTULO II	8
REVISIÓN DE LITERATURA.....	8
2. Marco teórico referencial.....	8
2.1. Industria textil.....	8
2.1.1. Contaminación agua.....	8
2.1.2. Contaminación aire	9
2.1.3. Contaminación suelo.....	9
2.2. Procesos textiles	9
2.2.1. Tejeduría	9
2.2.2. Tratamientos previos.....	10
2.2.2.1. Desencolado o desengomado	10
2.2.2.2. Lavado.....	10
2.2.2.3. Blanqueamiento.....	11
2.2.3. Tintorería.....	11

2.2.3.1.	Colorantes textiles	12
2.2.4.	Acabados	15
2.3.	Aguas residuales textiles	16
2.3.1.	Tratamiento de aguas residuales	16
2.3.1.1.	Cribado	17
2.3.1.2.	Homogeneización	18
2.3.1.3.	Neutralización.....	18
2.3.1.4.	Oxidación biológica.....	18
2.3.1.5.	Sedimentación	19
2.3.1.6.	Recirculación de lodos	19
2.3.2.	Características aguas residuales textiles.....	20
2.4.	Lodos residuales textiles.....	20
2.4.1.	Características de lodos residuales textiles	21
2.4.2.	Tipos de lodos residuales	22
2.4.2.1.	Lodos aprovechables	23
2.4.2.2.	Lodos no aprovechables	24
2.4.2.3.	Lodos peligrosos.....	24
2.5.	Bioacumulación de metales pesados	24
2.6.	Marco Legal.....	25
2.6.1.	Constitución de la República del Ecuador	25
2.6.2.	Código Orgánico Ambiental (COA)	25
2.6.3.	Reglamento al Código Orgánico del Ambiente	26
2.6.4.	Decretos y Reglamentos.....	26
2.6.5.	Acuerdos y Resoluciones	26

CAPÍTULO III	28
METODOLOGÍA	28
3.1. Descripción del área de estudio.....	28
3.2. Métodos	29
3.2.1. Fase 1: Caracterización de lodos residuales.....	29
3.2.1.1. Obtención de muestras	29
3.2.2. Fase 2: Aplicación y evaluación de lodos residuales textiles	30
3.2.2.1. Aplicación de tratamientos	31
3.2.2.2. Variables evaluadas.....	33
3.2.3.Fase 3: Diseño de propuesta para el manejo de lodos residuales textiles...	34
3.3. Materiales y equipos.....	34
CAPÍTULO IV.....	36
RESULTADOS Y DISCUSIONES	36
4.1. Caracterización de lodos residuales.....	36
4.2. Evaluación de variables.....	37
4.2.1. Altura de planta.....	38
4.2.2. Diámetro del tallo.....	39
4.2.3. Número de hojas	41
4.2.4. Número de flores.....	43
4.2.5. Número de fruto	44
4.2.6. Bioacumulación de metales pesados.....	46
4.3. Propuesta piloto para el manejo de lodos residuales textiles provenientes de la empresa Fabrinorte Cía. Ltda.	48
4.3.1. Nombre de la Propuesta	48

4.3.2.	Introducción	48
4.3.3.	Objetivo general	50
4.3.4.	Beneficiarios propuesta.....	50
4.3.5.	Propuesta para la gestión de lodos residuales	52
4.3.5.1.	Metodología.....	52
CAPÍTULO V		63
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		63
5.1.	Conclusiones.....	63
5.2.	Recomendaciones	64
REFERENCIAS.....		65
ANEXOS.....		77

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Proceso tintorería Fabrinorte	12
Figura 2. Diagrama de sistema de tratamiento.....	17
Figura 3. Ubicación Empresa Fabrinorte Cía. Ltda.	28
Figura 4. Representación del método de cuarteo	29
Figura 5. Limpieza de 100 m ² Granja Experimental Yuyucocha	30
Figura 6. Representación gráfica bloques experimentales.....	32
Figura 7. Gestión Actual de lodos de la Empresa Fabrinorte Cía. Ltda.	50
Figura 8. Gestión Propuesta para el manejo de lodos provenientes de la PTAR de Fabrinorte Cía. Ltda.	51

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Colorantes empleados en tintorería Fabrinorte Cía. Ltda.	14
Tabla 2. Límites máximos permisibles para metales pesados en lodos residuales	22
Tabla 3. Aprovechamiento de lodos residuales	23
Tabla 4. Sustrato aplicado en los distintos tratamientos	31
Tabla 5. Delimitación experimental	32
Tabla 6. Materiales y equipos	35
Tabla 7. Contenido de metales en base a NOM-004-SEMARNAT-2002 y US EPA 40 CFR Part 503.....	36
Tabla 8. Rangos obtenidos en la prueba de Tukey 0.05 para altura de la planta	38
Tabla 9. Rangos obtenidos en la prueba de Tukey 0.05 para diámetro de la planta ..	40
Tabla 10. Rangos obtenidos en la prueba de Tukey 0.05 para número de hojas	42
Tabla 11. Rangos obtenidos en la prueba de Tukey 0.05 para número de flores.....	43
Tabla 12. Rangos obtenidos en la prueba de Tukey 0.05 para número de frutos	45
Tabla 13. Bioacumulación de metales pesados en pimiento verde (<i>Capsicum annuum</i>)	47
Tabla 14. Matriz de marco lógico "Propuesta para el manejo de lodos residuales de la empresa Fabrinorte, cantón Otavalo"	53

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

PROPUESTA PARA EL MANEJO DE LODOS RESIDUALES DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE LA EMPRESA FABRINORTE, CANTÓN OTAVALO

Álvaro Israel Piedra Mora

RESUMEN

Los lodos provenientes de aguas residuales textiles son una problemática ambiental, métodos tradicionales de disposición final representan costos elevados y cada vez más complejos, la búsqueda de alternativas económicamente viables para la disposición final de estos residuos industriales ha evolucionado, aprovechándolos en la recuperación de suelos. El objetivo de esta investigación fue proponer estrategias para el manejo de lodos residuales provenientes de la planta de tratamiento de la empresa Fabrinorte del cantón Otavalo, brindando un valor agregado como sustrato en la producción de pimiento verde (*Capsicum annuum*). Se realizó un sustrato con base de cascarilla de arroz, tierra negra, tierra del sitio, cascajo blanco (limo) y lodo residuales textil dosificado a 0, 15, 30 y 45 kg, en un diseño experimental por bloques al azar, con cuatro tratamientos y tres repeticiones. Las variables evaluadas fueron: altura de la planta, diámetro del tallo, número de hojas, número de flores y número de frutos. Los resultados obtenidos demostraron que los lodos residuales textiles influyen en las características físicas y productivas del pimiento verde (*Capsicum annuum*) aceptando la hipótesis alternativa planteada. El sustrato con 45kg de lodo residual textil presentó efectos favorables en las variables altura de la planta (25.19 cm), diámetro del tallo (0.55 cm), número de hojas (34.36), número de frutos (3.64) a excepción del número de flores (5.58) que en la clasificación de la prueba de Tukey presentó semejanza. La presencia de Cu, Cr, Ni y Pb en el fruto no rebasaron los límites permitidos por el Codex alimentarius emitido por la FAO.

Palabras clave: Lodos residuales, metales pesados, industria textil, planta de tratamiento, sustrato

ABSTRACT

The sludge from textile wastewater is an environmental problem, traditional methods of final disposal represent high and increasingly complex costs, the search for economically viable alternatives for the final disposal of these industrial waste has evolved, taking advantage of them in the recovery of soils. The objective of this research was to propose strategies for the management of residual sludge from the treatment plant of the Fabrinorte company in the Otavalo canton, providing added value as a substrate in the production of green pepper (*Capsicum annuum*). A substrate was made with a base of rice husk, black earth, local earth, white gravel (silt) and residual textile mud dosed at 0, 15, 30 and 45 kg, in an experimental design by random blocks, with four treatments and three repetitions. The variables evaluated were: plant height, stem diameter, number of leaves, number of flowers and number of fruits. The results obtained showed that the textile residual sludge influences the physical and productive characteristics of the green pepper (*Capsicum annuum*), accepting the alternative hypothesis proposed. The substrate with 45kg of residual textile mud presented favorable effects on the variables of plant height (25.19 cm), stem diameter (0.55 cm), number of leaves (34.36), number of fruits (3.64) except for the number of flowers (5.58) that in the Tukey test classification presented similarity. The presence of Cu, Cr, Ni and Pb in the fruit did not exceed the limits allowed by the Codex Alimentarium issued by the FAO.

Key words: Residual sludge, heavy metals, textile industry, treatment plant, substrate

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. Revisión de antecedentes

La industria textil contempló procesos artesanales vinculados a extracción de semillas, recolección de plantas, obtención de pelo animal para conseguir fibras y colorantes naturales. En Europa Occidental y Reino Unido con el desarrollo tecnológico del siglo XIX surgieron empresas textiles de mayor influencia, en el transcurso del siglo XX el descubrimiento de colorantes derivados del alquitrán de hulla y concepción de fibras sintéticas procedentes del petróleo reemplazó telares he hierras de madera por maquinaria automatizada de mayor eficiencia (Warshaw, 2012).

En los países de América Latina y Caribe existen manufacturas desde finales del siglo XIX, iniciándose con indumentaria de algodón en Chile, 1804. Durante el periodo de 1805 a 1905 se instauró totalmente la industria textil (CEPAL, 1968). La lana de oveja era utilizada para elaborar tejidos en obrajes de la colonia ecuatoriana, en la década de 1950 se introdujo las fibras naturales en el sistema manufacturero, desde entonces el sector textil se ha enfocado en producir fibras sintéticas como: nylon, acrílicos, poliéster, entre otros (Asociación Textil del Ecuador, 2018).

En cuanto a la industria textil hasta 2017 fue uno de los sectores retribuidos en la región sierra (Lideres, 2017) en sus actividades de blanqueo, descruce, enjuague, lavado y teñido, hace uso del recurso hídrico y energético al igual que el uso de sustancias químicas peligrosas, estas al ser descargadas contaminan los efluentes (Solís, M., Gil, Solís, A., Pérez, Manjarrez y Perdomo, 2013; Castañeda y Oña, 2017).

Las aguas residuales provenientes del proceso de tintorería al ser descargadas sin tratamiento alguno a cuerpos de agua se vuelven una fuente de eutrofización y perturbación de la vida acuática deteriorando el componente estético (Anastasi, Prigione, y Varese, 2010; Bassuony, Bahgat, Shatoury, y Serafy, 2016). Del tratamiento de aguas residuales textiles se derivan desechos denominados lodos

residuales poseedores de cierta cantidad de aditivos, productos químicos de blanqueo, metales pesados, contaminantes orgánicos, cuya presencia es indeseable debido a los riesgos de contaminación que pueden provocar (Ramírez y Pérez, 2006; Bautista et al., 2015; Dey y Islam, 2015; Bin Awar, Benhrose y Ahmed, 2018).

La composición química y orgánica de lodos residuales textiles incide de manera relevante en la disposición final y gestión adecuada caso contrario se convertirán en fuentes de contaminación con efectos desfavorables para los medios en los que son depositados; generando sanciones por parte de la autoridad ambiental competente (Aldana y Pérez, 2017; Bin Awar, Bennhrrose y Ahmed, 2018). La normativa ambiental ecuatoriana en el listado Nro. 1 del Anexo B correspondiente al Acuerdo Ministerial 142, categoriza a los lodos residuales provenientes de procedimientos manufactureros textiles como desechos peligrosos generados por fuentes específicas.

Con el fin de brindar una disposición final adecuada, rentable y públicamente aceptable de lodos residuales a través de una planificación a corto y largo plazo, durante la década de 1970 en Estados Unidos, la Universidad de Washington promovió las primeras investigaciones sobre el manejo de biosólidos, aplicándolos en proyectos de recuperación de suelos y como fertilizantes forestales (Newlands y Leonard, 2000).

Métodos tradicionales de disposición final como incineración y construcción de sitios para confinamiento son excesivamente costosos y cada vez más complejos, la búsqueda de alternativas económicamente viables para la disposición final de estos residuos generados en las plantas de tratamiento de aguas residuales han evolucionado en las últimas cinco décadas, aprovechando el lodo residual en la elaboración de materiales de construcción, producción de energía, reforestación y recuperación de suelos (Guzmán y Campos, 2004; Grajales, Monsalve y Castaño, 2006; Kanti, Rahman, Das, y Hossain, 2015).

En Asia y Europa poseen un control enfocado en la calidad, cantidad, disposición final y aprovechamiento de lodos residuales, destinando 45% hacia agricultura, 23% generación de energía térmica, 18% relleno en tierra y el 14% restante usado en

elaboración de composta (Castañeda, Flores, Velazco, y Martínez, 2011; Bedoya, Acevedo, Peláez, y Agudelo, 2013).

Al tratarse de un problema ambiental en aumento, estudios se han enfocado en el aprovechamiento y transformación como materiales útiles. Bautista, Benavides, Rodríguez, Gonzales, Robledo y Sandoval (2015) en el estudio “Efectividad del lodo industrial textil en la producción de hortensias (*Hydrangea macrophylla* L.) en maceta” bajo condiciones de invernadero y un diseño experimental completamente al azar con 15 repeticiones, demostraron que el uso agrícola de estos residuos mejora ciertas propiedades físicas del suelo, al ser aplicados como complemento fertilizante en concentraciones al 0, 10, 20 y 30%, mostrando concentraciones de suficiencia óptimas en el contenido de minerales con 10% de lodo industrial, concluyendo que los lodos residuales textiles en cantidades mínimas aportan N, P y K dentro de la producción ornamental.

Debido a la alta tasa de producción de lodos residuales los costos para la disposición final aumentan conforme las tecnologías aplicadas, por ello, Potisek, Del Carmen, Figueroa, Gonzáles, Jasso y Orona (2010) investigaron los efectos de aplicación de lodos residuales en suelos de textura franco-arcillo-limosa e influencia sobre el contenido de materia orgánica, macro y micronutrientes; después de la aplicación de biosólidos demostraron que el suelo presentó un aumento en la concentración de nitratos y fósforo aprovechable hasta una profundidad de 35 cm, pese a la inexistencia de tendencias significativas en la distribución de la materia orgánica en el perfil del suelo. Los biosólidos incrementaron la concentración de macronutrientes en todo el perfil convirtiéndolos en idóneos para aportar nutrimentos en tierras agrícolas, forestales y pastizales, reduciendo así costos de disposición final.

Atencio, Ramos y Aguirre (2011) mediante un diseño experimental completamente al azar a nivel de invernadero realizaron dos ensayos de fertilización en semillas de maíz, aplicando diferentes dosis de lodo residual doméstico. El ensayo Nro. 1, contenía dosis de lodo seco 0, 2, 4, 6, 8 y 10% mezclado con arena fina, y el ensayo Nro. 2 contenía dosis de lodo compostado al 0, 25, 50, 75 y 100% en ambos ensayos evaluaron las

variables emergencia de plántula, altura, grosor del tallo y biomasa. Los resultados obtenidos en mayor dosis de lodo seco o lodo compostado presentaron diferencias altamente significativas en ambos ensayos. La concentración de As, Hg, Pb, Cd y Cr, en plantas y suelo durante y después de su aplicación no excedieron con los límites exigidos para la aplicación agrícola. El estudio demostró que el lodo seco y compostado pueden ser beneficiosos en dosis bajas para producir bioabono, proporcionando una solución sostenible a largo plazo en relación a la disposición final de residuos sólidos.

Narváez, Benavides, Robledo y Mendoza (2013) determinan el efecto de lodos residuales textiles aplicados a un sustrato peat moss y perlita en la producción y composición química de tomate (*Solanum lycopersicum*) en concentraciones 0, 5, 10, 15 y 20% los resultados presentaron aumento de 0.14% en la concentración de Na, 15 y 223 mg/kg para Fe y Zn respectivamente. El contenido de N, P, Ca, Mg y Cu, no presentó cambios significativos, en relación a la Vitamina C y sólidos solubles totales mostraron incremento hasta 36% y 52% respectivamente en los tratamientos con lodo, efecto atribuido por aportación de sales solubles presentes en lodos textiles. La transferencia de metales pesados de lodos residuales textiles hacia el fruto presentó valores permitidos por las normas ambientales y de salud.

Con el fin de contribuir al uso de lodos residuales como una alternativa a su disposición final, Párraga (2016) determinó efectos de lodos residuales provenientes de una procesadora de pescado sobre la variedad de maíz INIAP 528, mediante un diseño experimental completamente al azar, con tres repeticiones y cinco tratamientos mezcló Urea y lodos residuales administrados al 0, 30, 70, 100% y un testigo absoluto sin lodo residual y sin urea. Los lodos mezclados con Urea presentaron diferencias significativas sobre las variables altura de planta, diámetro de tallo, longitud de la mazorca, diámetro de la mazorca y peso de la mazorca en estado lechoso. Consecuencia de la administración 70% lodo residual y 30% Urea la presencia de materia orgánica, macro y micronutrientes se presentaron en concentraciones adecuadas, la tasa de acumulación de metales pesados Cd, Pb y Hg no rebasaron los límites permisibles de la EPA, concluyendo que el uso de lodos residuales en el campo agrícola pueden ser

una alternativa de gestión ante la problemática ambiental generada debido a la disposición inadecuada de estos recursos industriales.

Chuquimamani (2018) sugiere el uso de lodos textiles para mejorar la calidad edáfica y reducir problemas ambientales. En su investigación evaluó el proceso de compostaje de lodos residuales textiles dosificados a 0, 10, 20 y 30% sobre un sustrato base de 70% aserrín, 25% estiércol vacuno y 5% pasto, bajo un diseño experimental completamente al azar con cuatro tratamientos y tres repeticiones los resultados obtenidos del proceso de compostaje mostraron que su aplicación incrementa los valores de Materia Orgánica, K_2O y la relación C/N, así el lodo textil presenta condiciones óptimas en el proceso de compostaje cumpliendo los requisitos para lodos de clase A convirtiéndose una alternativa en el aprovechamiento agrícola y aplicación de jardinería.

Montenegro (2019) recomienda el uso de biofertilizantes elaborados con lodos lácteos como alternativa para reducir la dependencia y uso de fertilizantes comerciales al aplicar Biol estándar o tradicional (T1), Biol + lodos lácteos (T2) y Fertilización química (T3) sobre un cultivo de papa (*Solanum tuberosum L.*) variedad Super chola, con el fin de evaluar su aplicación ante la incidencia y severidad (*Phytophthora infestans* y *Alternaria solani*) a nivel de follaje y a nivel de tubérculos (*Rhizoctonia solani* y *Erwinia carotovora*) enfermedades típicas del cultivo. Tras aplicar un diseño completo al azar con tres bloques y tres repeticiones, en *Phytophthora* los tratamientos con biol en la etapa de desarrollo alcanzaron un porcentaje de 82.5% superando al tratamiento químico en un 78.5% coincidiendo en *Alternaria solani*, concluyendo que la aplicación constante de biol presentó una influencia sobre el control de enfermedades del cultivo de papa, generando una nueva alternativa de fertilización hacia agricultores de la parroquia Ilumán, cantón Otavalo.

1.2. Problema de investigación y justificación

Desde la perspectiva del crecimiento poblacional, la demanda ha aumentado, así como la exigencia por una indumentaria de calidad (Benavidez, Cabrera, Narváez y Vásquez,

2014). A nivel mundial la industria textil consume grandes cantidades de agua, usadas en la transformación de materia prima y procesos de acabado, producto de eso se obtiene agua residual compuesta por varios contaminantes orgánicos degradables, agentes que alteran las condiciones naturales de los cuerpos hídricos (Wijetunga, XiuFen, Wen-Quan y Chen, 2008).

Los lodos son producto de la acumulación de sólidos suspendidos, resultantes de procesos mecánicos, biológicos y químicos de purificación de aguas residuales de la planta de tratamiento de aguas residuales, la problemática nace en la producción de lodos residuales y la búsqueda de procedimientos viables para el tratamiento y disposición final que cada vez es más complicada debido a los costos excesivos relacionados al traslado, almacenamiento y disposición final (Torres, Benavides, Ramírez, Robledo, Gonzales y Días, 2011; Díaz, Veliz y Venta, 2015).

Las características de los lodos están ligadas a técnicas aplicadas en las plantas de tratamiento de aguas residuales interviniendo en las propiedades de los lodos y así escoger las alternativas a emplear, teniendo como objetivo final el aprovechamiento de la materia orgánica y nutrientes presentes en los lodos textiles, contribuyendo así al mejoramiento de la calidad del suelo tras el aporte nutricional hacia las plantas (Atencio, Ramos y Aguirres, 2011; Díaz, Veliz y Venta, 2015).

El presente trabajo de investigación nace de la necesidad de estudiar la aplicabilidad de lodos residuales textiles generados por la empresa textil Fabrinorte Cía. Ltda., ante la falta de un manejo sostenible de los lodos residuales, despierta el interés de la compañía con el fin de estructurar una propuesta piloto para evaluar alternativas en la búsqueda de beneficios ambientales y reducción de costos en la disposición final de lodos residuales, mediante un producto final aprovechable y comercializado en la zona.

El fin de esta investigación es proporcionar a la comunidad educativa información necesaria sobre los alcances, problemáticas y posibles soluciones del problema a tratar y contrarrestar su impacto ambiental, permitiendo a este proyecto enmarcarse dentro

del objetivo tres, correspondiente al Plan Nacional de Desarrollo 2017 – 2021, toda una vida.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Proponer estrategias para el manejo de los lodos residuales en la planta de tratamiento de aguas residuales de la empresa Fabrinorte del cantón Otavalo

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar las concentraciones de metales pesados presentes en lodos residuales textiles
- Evaluar la aplicación de los lodos residuales textiles en cultivos de pimiento verde (*Capsicum annuum*)
- Diseñar una propuesta de manejo piloto de los lodos residuales textiles de la planta de tratamiento de la empresa Fabrinorte Cía. Ltda.

1.4. Hipótesis

H1: La aplicación de lodos residuales textiles influye en las características físicas y productivas del pimiento verde (*Capsicum annuum*)

H0: La aplicación de lodos residuales textiles no influye en las características físicas y químicas productivas del pimiento verde (*Capsicum annuum*)

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2. Marco teórico referencial

2.1. Industria textil

Con el fin de satisfacer necesidades y exigencias de la población al momento de portar una prenda de vestir la industria textil dentro de la cadena productiva emplea productos químicos que mejoran la calidad de tela, así la demanda de agua y energía requerida en cada una de sus operaciones unitarias generan flujos de desechos gaseosos, líquidos y sólidos que contribuyen a la contaminación de cuerpos de agua, emisiones al aire con compuestos orgánicos volátiles y degradación del suelo. La naturaleza de los residuos se origina en la fabricación de distintas fibras textiles, manipulación de sustancias y productos químicos empleados en las etapas de tintorería y acabado (Parvathi, Maruthavanan y Prakash, 2009; Warshaw, 2012).

2.1.1. Contaminación agua

La contaminación del recurso hídrico es la mayor amenaza para el medio ambiente (You, Cheeng y Yan, 2009). El agua es usada en todas las operaciones de producción textil necesitando alrededor de 200 litros para producir 1 kg de textiles, el volumen de aguas residuales variará dependiendo de las instalaciones de producción y aplicación de productos químicos como: sal, surfactantes, metales iónicos, químicos orgánicos, biocidas y aniones tóxicos, contribuyendo a la toxicidad de los ecosistemas acuáticos, generación de espumas y disminución de oxígeno disuelto (Parvathi *et al.*, 2009; Imtiazuddin, 2018). El Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencia (2005) por sus siglas en inglés CEPIS, manifiesta que la descarga de compuestos biodegradables al agua en grandes cantidades disminuye el oxígeno disuelto, la presencia de compuestos tóxicos y metales pesados en mínimas concentraciones se acumulan en los tejidos de especies acuáticas alterando la cadena alimenticia.

2.1.2. Contaminación aire

Las emisiones de la industria textil son el segundo problema de contaminación industrial después de la calidad del efluente (Imtiazuddin, 2018). Los procesos realizados en fábricas textiles producen emisiones atmosféricas relacionadas con sustancias tóxicas consideradas como agentes potencialmente dañinos, generados en etapas de acabado y secado empleando: lubricantes, plastificantes, pinturas y productos químicos repelentes del agua, compuestos orgánicos como: aceites, ceras o disolventes, usados en el recubrimiento de los tejidos que dependiendo de fuentes puntuales o difusas darán origen a neblinas de aceite, ácidos, polvo, fibras, vapores de disolventes y emisión de malos olores (Gutiérrez, Droguet, Crespi, 2003; Parvathi *et al.*, 2009).

2.1.3. Contaminación suelo

Los suelos destinados al cultivo de algodón para fabricar prendas de vestir han sido afectados por la aplicación de pesticidas y fertilizantes ante el control de plagas, durante la década de 1950 a 1990, en los cultivos de algodón se aplicó pesticidas organoclorados, organofosforados y carbamatos, al permanecer en el medio terrestre se bioacumulan en los organismos (Martínez y Crespi, 1997). El descenso de la calidad del suelo se debe a la descarga de aguas residuales y disposición final inadecuada de lodos residuales, al poseer grandes cantidades de metales pesados se bioacumulan en los tejidos de plantas y animales alcanzando niveles tóxicos, afectando la salud mediante exposición a largo plazo, causando toxicidad crónica (CEPIS, 2005; Imtiazuddi, 2018).

2.2. Procesos textiles

2.2.1. Tejeduría

El telar manual, herramienta pionera en la elaboración de primeros textiles (Plattys y Herbert, 2012). A finales del siglo XVIII con la aparición de primeras tecnologías fue reemplazado por instrumentos automatizados de mayor eficacia, encargadas de entrelazar dos o más hilos de manera perpendicular provenientes de un tambor, localizado en la parte posterior del telar, el extremo de cada hilo se enhebra a un cuadro

de lizos los cuales suben y bajan conforme se va tejiendo en la urdiembre (Crocker, 2012). Posteriormente se recubren con agentes viscosos y adherentes encargados de brindar resistencia a los tejidos, de esa manera pueden soportar procesos de abrasión evitando roturas en las fibras, como resultado final los tejidos contendrán exceso de compuestos engomantes equivalente a un 15% de su peso (Lockuán, 2012; Pesok, 2012; Warshaw, 2012).

2.2.2. Tratamientos previos

El número de tratamientos previos se aplica en hilo o tela fija. En estado natural las fibras contienen más impurezas y son sometidas a procesos rigurosos, la contaminación producida en estos procesos depende del orden en el que son aplicados (Walters, Santillo y Johnston, 2005; Lockuán, 2012).

2.2.2.1. Desencolado o desengomado

Se realiza la eliminación y remoción de agentes engomantes e impurezas presentes en las fibras, mediante un proceso de degradación biológica del almidón (Correira, Stephenson y Simon, 1994). Las características de las aguas residuales variarán según el engomante utilizado, es decir, los encolados solubles pueden retirarse con un lavado sencillo, mientras un encolado insoluble debe someterse a degradación química o enzimática, así las aguas residuales se sujetan a fuertes cargas de contaminantes resultado de aditivos empleados como: estabilizadores, surfactantes, tensoactivos, enzimas, ácidos y álcalis. Este proceso puede ser el causante de la demanda química de oxígeno y de sólidos suspendidos de aguas residuales (Lockuá, 2005; Walters, Santillo, y Johnston, 2005, Zaldumbide, 2016).

2.2.2.2. Lavado

El lavado, es un proceso de limpieza e intervienen: humectantes, detergentes, emulsiones y secuestrantes, conjuntamente con la sosa cáustica eliminan: ceras, pectinas, aceites, impurezas y sustancias presentes en los diferentes tejidos (Correira, Stephenson y Simon, 1994; Lockúa, 2005; Walters, Santillo, y Johnston, 2005). Las aguas residuales del lavado y desencolado al ser descargadas sin tratamientos previos

generan altas concentraciones de DQO en los efluentes (USEPA, 1997; Valh, Le, Vajnhandl, Jeric y Simon, 2011).

2.2.2.3. Blanqueamiento

La aplicación de peróxido de hidrogeno, hipoclorito de sodio o clorito de sodio con químicos auxiliares como: ácido sulfúrico, ácido clorhídrico, sosa cáustica, bisulfito de sodio, tensoactivos y agentes quelantes remueven el color amarillento de las fibras contribuyendo con la carga contaminante de efluentes textiles (Correira, Stephenson y Simon, 1994). Con la descomposición del peróxido de hidrogeno las aguas residuales presentan niveles moderados o bajos de DBO₅ y el contenido de OD de estos efluentes puede ser inusualmente alto (EPA, 1997; Walters, Santillo, y Johnston, 2005).

2.2.3. Tintorería

La extracción de colorantes naturales provenientes de flores, frutas e insectos presentó limitada gama de tonalidades hacia los tejidos, la baja solidez en procesos de lavado y secado, convirtieron en tedioso el proceso de tintorería hasta 1856, auge de los colorantes sintéticos (Kant, 2012). Durante el proceso de teñido se aplica tintes resultantes de la combinación de cromóforos (monóxido de carbono, dióxido de nitrógeno y quinoides) responsables del color y auxocromos (amoniacó, hidróxido, ácido sulfúrico, ácido carboxílico) encargados de la solubilidad y adhesión del color durante la tintorería, los tintes no fijados son descargados hacia las aguas residuales (Thangabel y Ratinamoorthy, 2015).

La identificación de las aguas residuales provenientes de tintorería se complica por la diversidad química que los tintes poseen y los modos operativos del proceso de tintura encargados de otorgar valores altos de DQO, DBO₅ y sólidos disueltos en las aguas residuales (Correira, Stephenson y Simon, 1994).

En el siguiente diagrama se presenta el proceso de tintorería empleado por la empresa textil Fabrinorte Cía. Ltda., dentro de su cadena de producción (Figura 1).

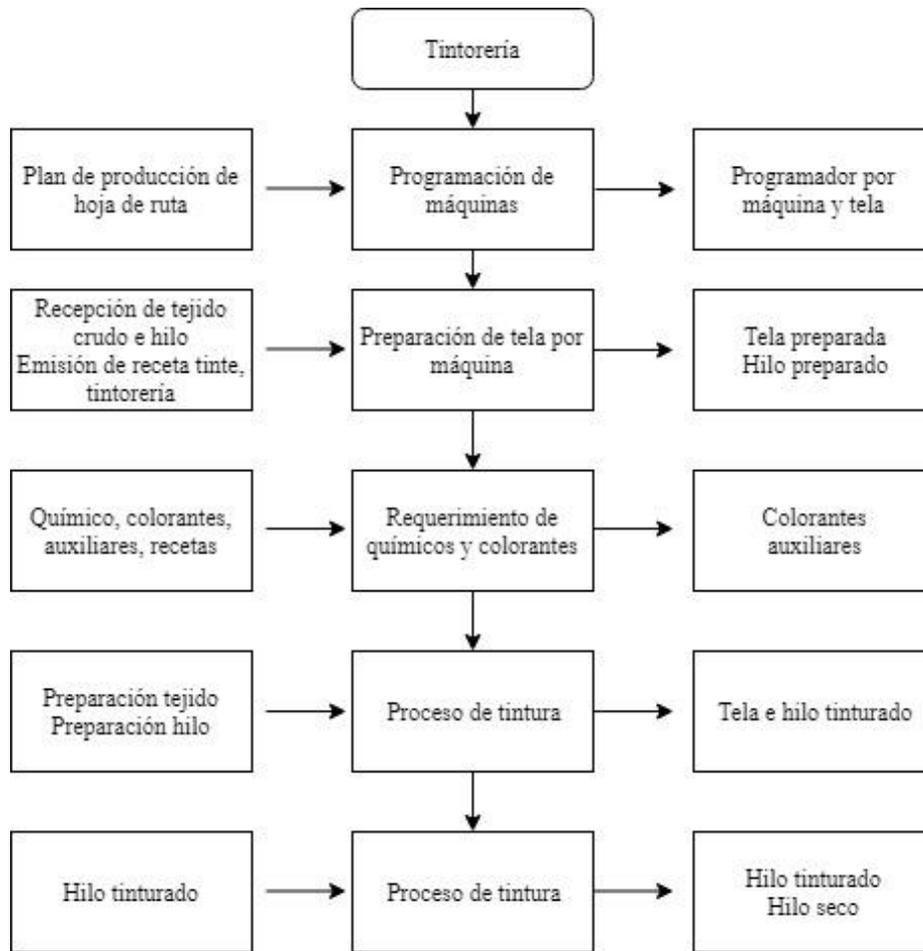


Figura 1. Proceso tintorería Fabrinorte

Fuente: (Indutexma, 2019)

2.2.3.1. Colorantes textiles

Las operaciones de teñido utilizan colorantes en varias etapas de producción para agregar color y complejidad a los tejidos y de esa manera aumentar el valor del producto. Los textiles se tiñen con una amplia gama de equipos y colores en su mayoría se venden como: granulados, polvos, pastas, dispersiones líquidas y derivados del alquitrán de huella (EPA, 1997; Valh, Le, Vajnhandl, Jeric y Simon, 2011).

La mayoría de colorantes textiles son de origen sintético, resistentes a la acción de agentes químicos y baja biodegradabilidad. Además, se clasifican de acuerdo con su

forma de aplicación en: ácidos, básicos, directos, reactivos y dispersos (Tabla 1) (Zaldumbide, 2016).

- **Colorantes ácidos**

Los colorantes ácidos suelen ser brillantes, sus moléculas de pigmento incluyen complejos metálicos, definiéndose por la presencia de grupos sulfonados encargados de aportar la solubilidad en agua, el uso de ácido fórmico o acético brindan condiciones ácidas para su aplicación (Walters, Santillo y Johnston, 2005; Valh, Le, Vajnhandl, Jeric y Simon, 2011; Gül, 2019).

- **Colorantes básicos**

Los colorantes básicos producen mayor intensidad de color sobre fibras de nylon y poliéster, al ser sales amónicas formadas por cloruro de zinc se aplican en soluciones acuosas con suficiente ácido acético, permitiendo así liberar su gran capacidad de teñido (Kirk-Othmer, 1993; Goodpaster y Lizewski, 2009; Sheldon, Zandile, De-Jager, Augustine, Korenak, Helix-Nielsen y Petrinic, 2018).

- **Colorantes directos**

Al ser una clase de colorantes versátiles, son tintes aniónicos aplicados en fibras celulósicas, se fijan por fuerzas de Van der Waals y puentes de hidrógeno, la aplicación de cloruro o sulfato sódicos favorece el agregado de colorantes sobre las fibras. La aplicación de surfactantes no iónicos al actuar como humectantes permite la absorción completa del colorante (Kirk-Othmer, 1993; Walters, Santillo y Johnston, 2005; Benkhaya, El-Harfi, S. y El-Harfi, A., 2017). Existen varios colorantes directos con metabolitos altamente tóxicos y cancerígenos por lo cual se debe tener precaución con su uso (Zaldumbide, 2016).

- **Colorantes dispersos**

Los colorantes aniónicos insolubles en agua son denominados colorantes dispersos, empleados en forma acuosa en el teñido de fibras sintéticas hidrófobas, utilizados en la tinción de poliéster, nylon, diacetato, triacetato de celulosa, fibras acrílicas, entre otros.

Al aplicarse con agentes igualadores, ésteres carboxílicos y etoxilatos, impiden la absorción rápida del colorante (Kiernan, 2002; Walters, Santillo y Johnston, 2005; Benkhaya, El-Harfi, S. y El-Harfi, A., 2017; Deng, Aryal, Ofori-Boadu y Jha, 2018).

- **Colorantes reactivos**

Los colorantes reactivos son sustancias de estructuras no saturadas, orgánicas solubles en agua, se preparan comercialmente para tener uno o dos átomos de cloro que reaccionen con la celulosa formando enlaces covalentes con los grupos nucleófilos de la fibra. Su principal uso es para teñir fibras naturales como algodón, lana y sintéticas como la poliamida (Anastasi, Prigione, y Varese, 2010; Deng, Aryal, Ofori-Boadu y Jha, 2018; Sheldon, et al., 2018).

Tabla 1. Colorantes empleados en tintorería Fabrinorte Cía. Ltda.

Familia Tinte	Aplicación	Grupo	Molécula de Colorante
Nylosan	Colorante ácido para poliamida, lana y seda	Azoico	Ácido
Solofeniles	Colorante directo para algodón	Azoico	Directo
Indosol	Colorante directo para algodón	Azoico	Directo
Dianix	Colorante disperso para poliéster	Azoico	Disperso
Terasil	Colorante disperso para poliéster	Azoico	Disperso
Disperses	Colorante disperso para poliéster	Azoico	Disperso
Coralene	Colorante disperso para poliéster	Azoico	Disperso
Cesperse	Colorante disperso para poliéster	Azoico	Disperso
Coracion	Colorante reactivo para algodón	Azoico	Reactivo caliente
Everciones	Colorante reactivo para algodón	Azoico	Reactivo caliente

Faraciones	Colorantes reactivos para algodón	Azoico	Reactivo caliente
Prociones	Colorante reactivo algodón	Azoico	Reactivo caliente
Avitera	Colorante reactivo para algodón	Azoico	Reactivo frío
Corafix	Colorante reactivo para algodón	Azoico	Reactivo frío
Coralite	Colorante reactivo algodón	Azoico	Reactivo frío
Corazol	Colorante reactivo para algodón	Azoico	Reactivo frío
Drimaren	Colorante reactivo algodón	Azoico	Reactivo frío
Novacrones	Colorante reactivo algodón	Azoico	Reactivo frío
Remazol	Colorante directo para algodón	Azoico	Reactivo frío
Blanqueador pes	Blanqueador óptico para poliéster y algodón	Azoico	Auxiliar
Blanqueador co	Blanqueador óptico para para poliéster y algodón	Azoico	Auxiliar
Hostalux	Abrillantador óptico para fibras de poliéster	Azoico	Auxiliar
Sunwites	Blanqueador óptico para fibras de poliéster y algodón	Azoico	Auxiliar

Fuente: (Indutexma, 2019).

2.2.4. Acabados

Al tratarse de un proceso continuo los acabados textiles aplican tratamientos mecánicos o químicos con el fin de brindar mejor apariencia y textura sobre el producto final. Como resultado, la generación de aguas residuales es mínima, pero existe otras fuentes

de residuos potencialmente contaminantes que no son aprovechadas en su totalidad y su control conlleva cierto grado de dificultad durante la fase de acabados debido al contenido de ablandadores, catalizadores, humedecedores, resinas, entre otras sustancias. (CEPIS, 1995; EPA, 1997).

2.3. Aguas residuales textiles

Las aguas residuales textiles se definen como la transformación de cuerpos de agua, debido a la presencia de contaminantes. Al ser empleados como transporte de desechos con altos contenidos de materia orgánica, compuestos inorgánicos y presencia de organismos patógenos, causando problemas en la salud a corto, mediano y largo plazo (Lazcano, 2016; Osorio, Torres y Sánchez. 2017).

Durante procesos húmedos del desarrollo textil, se estima que por cada kg de fibra textil se emplea entre 120 – 150 l/kg, esta cantidad varía dependiendo del tipo y cantidad de tejido, así como también de los procesos aplicados. Los efluentes textiles presentan gran cantidad de metales pesados, como cromo, plomo y arsénico, elementos empleados dentro de la producción de tintes textiles, sumándose a la acumulación de contaminación significativa de cuerpos de agua receptores (Karthik y Rathinomoorthy, 2015).

2.3.1. Tratamiento de aguas residuales

Dentro del proceso de tintorería los colorantes textiles son considerados como contaminantes presentes en efluentes de la industria textil, los tratamientos aplicados a estas aguas residuales se enfocan en la remoción del color (Pérez, 2018). El tratamiento de aguas residuales es fundamental para la minimización de contaminantes presentes en los efluentes, en este tratamiento se realiza la separación de sólidos, presentes en la corriente de aguas industriales tras la aplicación de procesos físicos, químicos o biológicos con el fin de restituir la calidad del agua y de esa manera drenarlos al alcantarillado (Castañeda y Oña, 2017).

Con el objetivo de controlar y mitigar posibles impactos ambientales que genere el desarrollo de la actividad y cumplir con su compromiso social respetando el medio

ambiente, garantizando la preservación de los recursos naturales, la salud del personal que labora en la empresa y la comunidad que se encuentra en su área de influencia, Fabrinorte Cía. Ltda., cuenta con una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales en la que se realizan los procesos de: cribado, almacenamiento, neutralización, oxidación biológica, sedimentación y recirculación de lodos a continuación se hace una breve descripción de cada uno de ellos (Figura 2) (Indutexma, 2018).

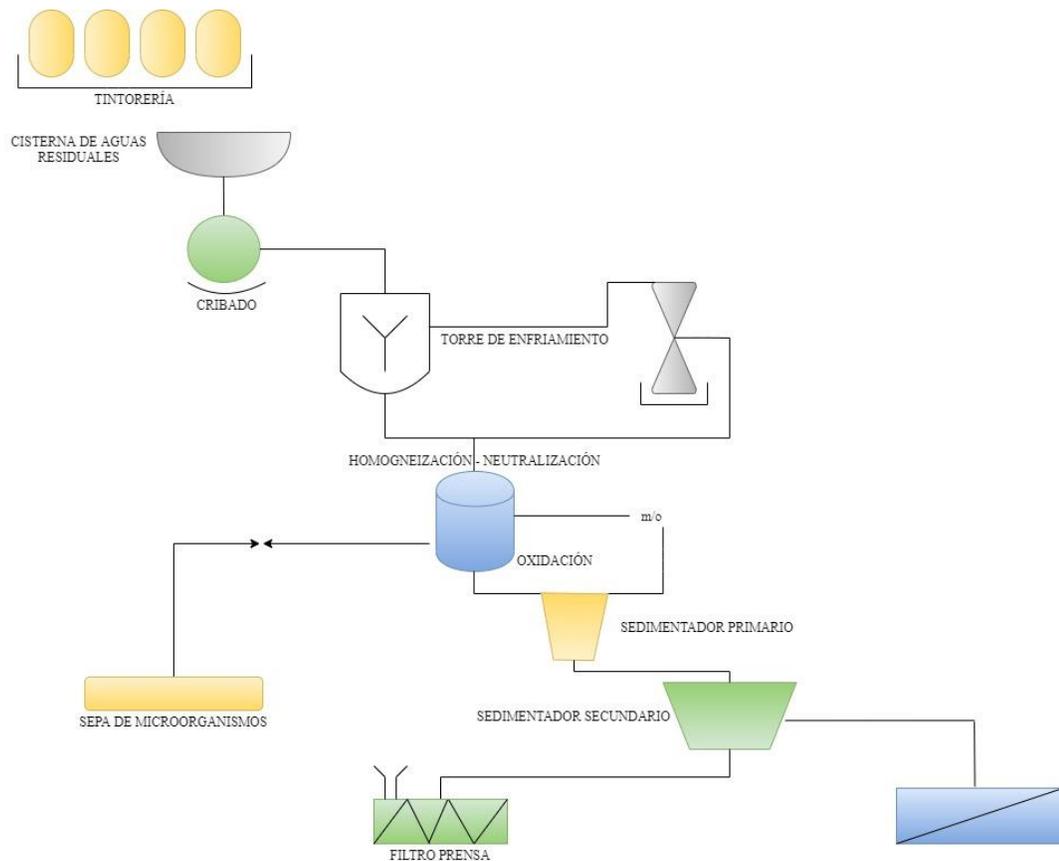


Figura 2. Diagrama de sistema de tratamiento

Fuente: (Indutexma, 2019)

2.3.1.1. Cribado

El cribado o desbaste es una operación empleada con frecuencia en la reducción de sólidos en suspensión de distintos tamaños presentes en el agua evitando la

sedimentación y obstrucción de etapas sucesivas pasando por un sistema de rejillas, mallas o cribas con diferentes características de diseño. Tiene como objetivo remover cuerpos voluminosos arrastrados en el agua residual, de acuerdo con el método de limpieza las rejillas son de limpieza manual o mecánica dependiendo del tipo de agua a tratar (Lozano, 2012; Galeano, 2016; Indutexma, 2018).

2.3.1.2. Homogeneización

La homogeneización se encarga de aminorar las variaciones de ciertas corrientes de aguas residuales, mezclando corrientes ácidas y alcalinas con caudal constante que llegue a la planta de tratamiento y en la etapa de oxidación sea lo más constante posible, ya sea desde el punto de vista de cantidad o carga contaminante, reduciendo las variaciones de DBO₅ de afluentes a los sistemas de tratamiento (Granada, Álvarez y Afanador, 2018; Indutexma, 2018).

2.3.1.3. Neutralización

La neutralización es el proceso de ajuste de pH del agua por medio de la adición de un ácido o una base, dependiendo del pH objetivo y de otros requerimientos de proceso. El agua residual ingresa con diferencias de valores de pH, existe una etapa de neutralización con la finalidad de controlar y mantener un pH neutro o ligeramente alcalino en un rango de 7 a 8, debido a que la vida acuática es muy sensible a variaciones de pH fuera de un intervalo cercano a pH 7. Para conseguir neutralizar el pH se coloca ácido sulfúrico en la cisterna de homogenización a través de bombas dosificadoras volumétricas y es controlado a través de lecturas mediante una sonda de vidrio o electrodo (Ures, Jácome y Suárez, 2014; Indutexma, 2018).

2.3.1.4. Oxidación biológica

La oxidación biológica es un proceso efectuado en tanques cilíndricos, equipados con un sistema de sopladores, garantizan las condiciones de vida requeridas a través del suministro de oxígeno para el crecimiento y desarrollo de bacterias y microorganismos aerobios, encargados de digerir la materia orgánica acarreada por las aguas residuales (Granada, Álvarez y Afanador, 2018; Indutexma, 2018).

En la planta de tratamiento de aguas residuales de Fabrinorte Cía. Ltda., la eficiencia en la transferencia de oxígeno alcanzada en el tanque de oxidación se debe a la inyección de oxígeno en forma de microburbujas, lograda mediante el empleo de oxigenadores de diversos tipos, como difusores de membrana. El oxígeno inyectado sube hacia la parte superior, crea burbujas que aseguran el movimiento y mezcla de bacterias con aguas residuales a tratar, evitando simultáneamente la sedimentación peligrosa u obstrucción de lodos en el fondo del tanque (Indutexma, 2018).

2.3.1.5. Sedimentación

La sedimentación, proceso físico de clarificación de aguas residuales tiene por objetivo la remoción de sólidos suspendidos sedimentables mediante la acción de gravedad, los sólidos se depositan en el fondo donde deben ser extraídos a intervalos de frecuencia con el fin de evitar su descomposición y formación de gases (Menéndez, Pérez y García, 2005; Lozano, 2012).

La mezcla de agua y lodo proveniente del tanque de oxidación se coloca en medio del tanque de sedimentación a través de un tubo especial, que por la baja velocidad de ascenso los lodos biológicos se separan del agua y depositan en el fondo, mientras el agua clarificada libre de sustancias en suspensión sale de la parte superior del tanque de sedimentación por desbordamiento hacia una cisterna (Planta de tratamiento físico química) provista de 5 cubas en las que se dosifica floculante para clarificar aún más el agua (Indutexma, 2018).

2.3.1.6. Recirculación de lodos

Dentro del tratamiento de aguas residuales la recirculación de lodos es una de las fases más importantes, evita el empobrecimiento del contenido de biomasa activada en el tanque de oxidación y anoxemia del lodo activado en el tanque de sedimentación. El lodo que se separa del agua en la fase de sedimentación es reenviado al sumidero central mediante acción de una cuchilla inferior equipada en el puente rascador y a través de una tubería el lodo es colocado en un sumidero de recolección, por medio de electrobombas y válvulas, recircula a la cabeza del tanque de oxidación. De esta forma

existe la posibilidad de regular la cantidad de lodo biológico necesario para la eficiencia del tratamiento de aguas residuales (Indutexma, 2018).

2.3.2. Características aguas residuales textiles

Al ser extractos vegetales los tintes naturales son compuestos aromáticos, fueron utilizados hasta el siglo XIX, en 1856 William Henry Perkin tras sintetizar quinina obtiene anilina púrpura a inicios del siglo XX transforma la producción de textiles desde ese entonces, iniciando los problemas ambientales originados en los procesos húmedos productores de aguas residuales. La producción de aminas representa un riesgo ambiental al ser el resultado del tratamiento de colorantes azoicos (Dey y Islam, 2015; Wainwright, 2015).

Karthink y Rathinomoorthy, (2015) mencionan que la industria textil se posiciona en el quinto lugar al contaminar de manera significativa ecosistemas acuáticos debido a la producción de tejidos relacionados con la aplicación de tintes sintéticos, resultado de diversos productos químicos, compuestos de metales pesados otorgando características a las descargas de aguas residuales textiles.

Los cuerpos de agua usados como puntos de descarga para efluentes textiles presentan diversas tonalidades, al ser producto de procesos húmedos transportan una variedad de productos químicos como: álcalis, ácidos, enzimas, peróxidos, sustancias orgánicas o químicos disueltos encargados de transformar a largo plazo la estética del paisaje a través de una perspectiva negativa de los cuerpos de agua afectados. La presencia de color reduce la síntesis de Oxígeno limitando el potencial auto purificador de los ecosistemas acuáticos, generando un estado de eutrofización en dichos ecosistemas (Patel y Vashi, 2015; Bassuony *et al.*, 2016; Bilinka, Gmurek, y Ledakowicz, 2017).

2.4. Lodos residuales textiles

La generación de lodos de una planta de tratamiento de aguas residuales considerada fuente de contaminación puede proyectar efectos negativos sobre el medio físico en el que se desarrolla, por la naturaleza de su composición presenta productos tóxicos, metales pesados, solventes, surfactantes y colorantes, compuestos empleados en cada

uno de los procesos industriales que generan grandes cantidades de efluente, deben ser tratados de una manera adecuada antes de ser liberados al medio ambiente (Torres, Benavides, Ramírez, Robledo, Gonzales y Días, 2011; Thangabel y Ratinamoorthy, 2015).

Las características fisicoquímicas de los lodos residuales dependerán del origen de la planta de tratamiento de aguas residuales, ya sea, de aguas residuales industriales o urbanas y de los procesos sometidos, dichos procesos se encargan de categorizarlos como un material de alto potencial biológico debido al contenido de materia orgánica y nutrientes como nitrógeno, fósforo y potasio, brindando la posibilidad de un manejo adecuado relacionado a su disposición final (Cooper, 2005; Peñarete, Silva, Urrutia, Daza y Torres, 2013; Flores, Moreno, Figueroa y Potisek, 2014).

La caracterización fisicoquímica de lodos residuales permite asegurar la inexistencia de elementos peligrosos en la composición de los mismos, facilitando su disposición final al reutilizarlos y por su contenido en materia orgánica es esencial para las plantas facilitado su aplicación como abono agrícola, siendo uno de los procedimientos de eliminación de residuos más viable y barato (Bedoya, Acevedo, Peláez, y Agudelo, 2013; Gilsanz, Leoni, Schelotto, y Acuña, 2013).

2.4.1. Características de lodos residuales textiles

Los subproductos sólidos provenientes del tratamiento de aguas residuales textiles poseen diversas características y propiedades por los diferentes procesos desarrollados en la planta de tratamiento de aguas residuales encargada de producirlos (Torres, Benavides, Ramírez, Robledo, Gonzales y Días, 2011; Bautista et al., 2015). Pueden contener productos de descomposición creados a partir de productos químicos, agregados para ayudar en los procesos de tratamiento. Por ejemplo, los compuestos de nitrógeno o fósforo de los productos químicos se agregan al proceso de lodo activado o los compuestos de azufre que resultan de las grandes cantidades de sulfato de sodio que se usa en el teñido (White, Loftin, y Aguilar, 1997; Thangabel y Ratinamoorthy, 2015).

En la extracción de lodos residuales en los diferentes procesos de tratamiento de aguas residuales relacionados al perfil químico y biológico, los metales pesados, compuestos orgánicos, colorantes, hidrocarburos policíclicos aromáticos, compuestos nitrogenados, macro y micronutrientes, productos químicos de blanqueo ,detergentes, xenobióticos, pesticidas y material biológico, constituyen la composición principal de estos subproductos sólidos que requieren de cierto conocimiento de sus características para un manejo adecuado (Torres, Benavides, Ramírez, Robledo, Gonzales y Días, 2011; Thangabel y Ratinamoorthy, 2015; Bin Awar, Benhrose y Ahmed, 2018).

2.4.2. Tipos de lodos residuales

Los lodos residuales son residuos líquidos, sólidos, semisólidos y dependiendo de su naturaleza presentan características del tratamiento en el que fueron producidos. Su naturaleza permite denominarlos materiales biológicos putrefactos que generan malos olores, por ello se convierten en un problema si son gestionados de forma incorrecta (Metcalf, 2003; Gualberto y Macías, 2013; Thangabel y Ratinamoorthy, 2015).

La normativa ambiental ecuatoriana en la actualidad establece normas relacionadas a la calidad del recurso hídrico, pero no dispone de una normativa que establezca los límites máximos permisibles de lodos residuales de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (Castañeda y Oña, 2017). Para ello se toma como referencia la Norma Oficial Mexicana NOM-004-SEMARNAT-2002, encargada de clasificar a los lodos y biosólidos en buenos o excelentes en base a contenido de metales pesados (Tabla 2).

Tabla 2. Límites máximos permisibles para metales pesados en lodos residuales

Contaminante (Determinados en forma total)	Excelentes mg/kg en base seca	Buenos mg/kg en base seca
Arsénico	41	75
Cadmio	39	85
Cromo	1 200	3 000
Cobre	1 500	4 300
Plomo	300	840

Mercurio	17	57
Níquel	420	420
Zinc	2 800	7 500

Fuente: Norma Oficial Mexicana NOM-004-SEMARNAT-2002

Las técnicas empleadas en el manejo de lodos residuales deben presentar acciones vinculadas a la prevención, reúso o revalorización, así lo que no puede ser revalorizado debe plantear una disposición final ambientalmente segura y adecuada (García, 2006). En función al contenido (tipo) de metales pesados presentes en lodos residuales, a continuación, se muestra las alternativas para el aprovechamiento o disposición final aplicados a este tipo de residuos (Tabla 3).

Tabla 3. *Aprovechamiento de lodos residuales*

Tipo	Clase	Aprovechamiento
Excelente	A	Usos urbanos con contacto público directo durante su aplicación.
		Los establecidos para clase B y C
Excelente o Bueno	B	Usos urbanos sin contacto público directo durante su aplicación
		Los establecidos para clase C
Excelente o Bueno	C	Usos forestales, mejoramiento de suelos y uso agrícolas.

Fuente: Norma Oficial Mexicana NOM-004-SEMARNAT-2002

La clasificación de lodos residuales se verá influenciada por la planta de tratamiento de aguas residuales y los procesos unitarios que en ésta se desarrollan ya que sus subproductos pueden ser categorizados como lodos aprovechables, lodos no aprovechables y lodos peligrosos (García, 2006; Gualberto y Macías, 2013).

2.4.2.1. Lodos aprovechables

Proviene de tratamientos aerobios o anaerobios de plantas de tratamiento de aguas residuales, pueden ser reutilizados de forma directa o indirecta en compostaje, generación de energía, restauración de suelos, reciclaje, entre otros (García, 2006).

2.4.2.2. Lodos no aprovechables

Estos lodos no presentan características aprovechables, poseen poca carga orgánica y bajo poder calorífico, la disposición final de estos residuos son los rellenos municipales conjuntamente con residuos sólidos domésticos (García, 2006).

2.4.2.3. Lodos peligrosos

La presencia de sustancias peligrosas puede causar daños irreversibles en el medio ambiente o en la salud humana, su disposición final debe hacerse en sitios especiales tomando en cuenta las medidas adecuadas de seguridad (García, 2006).

2.5. Bioacumulación de metales pesados

El término bioacumulación, expresa las concentraciones de elementos químicos en organismos vivos a largo plazo (Rosquete, 2019). La persistencia de metales pesados como: cromo, níquel, cadmio, plomo, mercurio y zinc, propios de lodos residuales de origen industrial, genera preocupación en la salud humana, alteración de ecosistemas y perturbación de la cadena trófica (Komárek, Vanek y Ettler, 2012; Hu, Li, Jun Li, Bi, Zhao y Bu, 2013).

Aumento en los índices de contaminación referentes a metales pesados genera preocupación a nivel mundial (Tejada, Villabona, Garcés, 2014). La gestión inadecuada de lodos residuales industriales representa un riesgo de contaminación ambiental por su composición y retención de contaminantes, al ser expuestos a la lluvia, sol, variación de temperatura, entre otros fenómenos, dan lugar a procesos fisicoquímicos, cuyos productos tóxicos contaminan el suelo o cuerpos de agua subterráneos (Gómez, Del Campo, Guadalupe, y Pedroza, 2017; Zou, Ning, Wnag y Zhou, 2019; Huang, Liu, Chang, Buyukada y Evrendilek, 2020).

La disponibilidad de metales pesados en el suelo no depende de su concentración total sino de la reacción con otros componentes relacionados al pH, temperatura del suelo y materia orgánica, su toxicidad se relacionará con el origen químico y tendencia de bioacumulación a largo plazo (Cabezas, Alonso, Pastor, Sastre y Lobo, 2004; Caviedes, Muñoz, Perdomo, Rodríguez y Sandoval, 2015). Los efectos principales que muestran plantas sembradas en suelos enmendados con lodos residuales debido a la presencia de metales pesados son: necrosis en las puntas de las hojas, crecimiento retardado de las raíces y en el peor de los casos muerte total de la especie (Tejada, Villabona y Garcés, 2014).

2.6. Marco Legal

2.6.1. Constitución de la República del Ecuador

En el título II de derechos, capítulo segundo derechos del buen vivir, sección segunda ambiente sano; artículos 14 y 15 se reconoce los derechos de la población a vivir en un ambiente sano señalando la importancia de prevención del daño ambiental y la promoción al uso de tecnologías limpias y energía alternativa de bajo impacto ambiental. En el capítulo séptimo derechos de la naturaleza artículo 72 señala la obligación del estado y personas naturales o jurídicas para adoptar medidas de eliminación y mitigación de las consecuencias ambientales nocivas.

2.6.2. Código Orgánico Ambiental (COA)

Libro tercero, Título V de la gestión integral de residuos y desechos, los artículos 224, 225 y 231 mencionan la obligación del estado en todos sus niveles y formas de gobierno al igual que las personas naturales o jurídicas al cumplimiento del manejo de residuos y desechos a través del fortalecimiento, investigación, desarrollo y uso de mejores tecnologías disponibles capaces de minimizar los impactos al medioambiente y salud humana. A su vez el artículo 238 manifiesta que toda persona natural o jurídica generadora de desechos peligrosos y/o especiales es responsable de su manejo desde la generación hasta su disposición final a la par con el gestor adecuado encargado del manejo de este tipo de residuos considerados peligrosos y/o especiales.

En el marco de la gestión de desechos peligrosos y especiales, bajo el principio de responsabilidad, el Texto unificado de legislación secundaria de medio ambiente (TULSMA) artículo 123 menciona, toda empresa privada generadora de desechos peligroso y/o especiales debe establecer e impulsar programas para el aprovechamiento o reciclaje como medida para reducir la cantidad de estos residuos a disponer finalmente mediante la aplicación de procesos físicos o químicos, valoración térmica u otros métodos que reduzcan la cantidad y peligrosidad de los desechos.

2.6.3. Reglamento al Código Orgánico del Ambiente

Libro tercero, artículo 561 literales c y d, toda persona natural, jurídica, pública, privada, nacional y extranjera participe en la generación de residuos o desechos tendrá responsabilidad en la gestión de los mismos procurando su aprovechamiento y minimización, contribuyendo al desarrollo de una economía circular. De hecho, en el artículo 626 literales b y h, los generadores de residuos y desechos tiene la obligación de caracterizarlos e identificarlos con base a la norma técnica correspondiente con la finalidad de entregarlos a un gestor autorizado por la Autoridad Ambiental Nacional quien brindará un manejo adecuado de los mismos.

2.6.4. Decretos y Reglamentos

Decreto ejecutivo Nro. 3516, todas las actividades productivas son susceptibles a degradar y/o contaminar a través de la generación de desechos, por lo tanto, se requiere de acciones oportunas para evitar la degradación y contaminación.

2.6.5. Acuerdos y Resoluciones

Acuerdo ministerial 061, título III, el artículo 75, los generadores, empresas privadas y/o municipales son responsables de brindar un tratamiento correcto a los residuos sólidos por ellos generados con procesos alternativos para el tratamiento de residuos orgánicos y reducir el volumen de su disposición final. Artículo 88, literales f y g, generadores de residuos y desechos peligros y/o especiales son responsables de caracterizarlos e identificarlos con base a la norma técnica correspondiente con el fin

de entregarlos a personas jurídicas que cuenten con el permiso ambiental correspondiente emitido por la Autoridad Ambiental Nacional.

Acuerdo ministerial 142, anexo B, listado Nro. 1, los lodos residuales procedentes de actividades manufactureras son desechos peligrosos al proceder de fuentes específicas.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Descripción del área de estudio

La recolección de información se realizó en las instalaciones de la empresa textil Fabrinorte Cía. Ltda., ubicada en el barrio Punyaro Alto, sector sur de la ciudad de Otavalo, provincia de Imbabura (Figura 3). Esta empresa se dedica a elaborar tejidos de vanguardia con diferentes materias primas como poliéster, algodón, licra y nylon. Los procesos productivos más relevantes de la empresa son: tejeduría, tintorería y acabados. Fabrinorte Cía. Ltda., es considerada como una importante fuente de generación de ingresos económicos en el cantón (Indutexma, 2015).

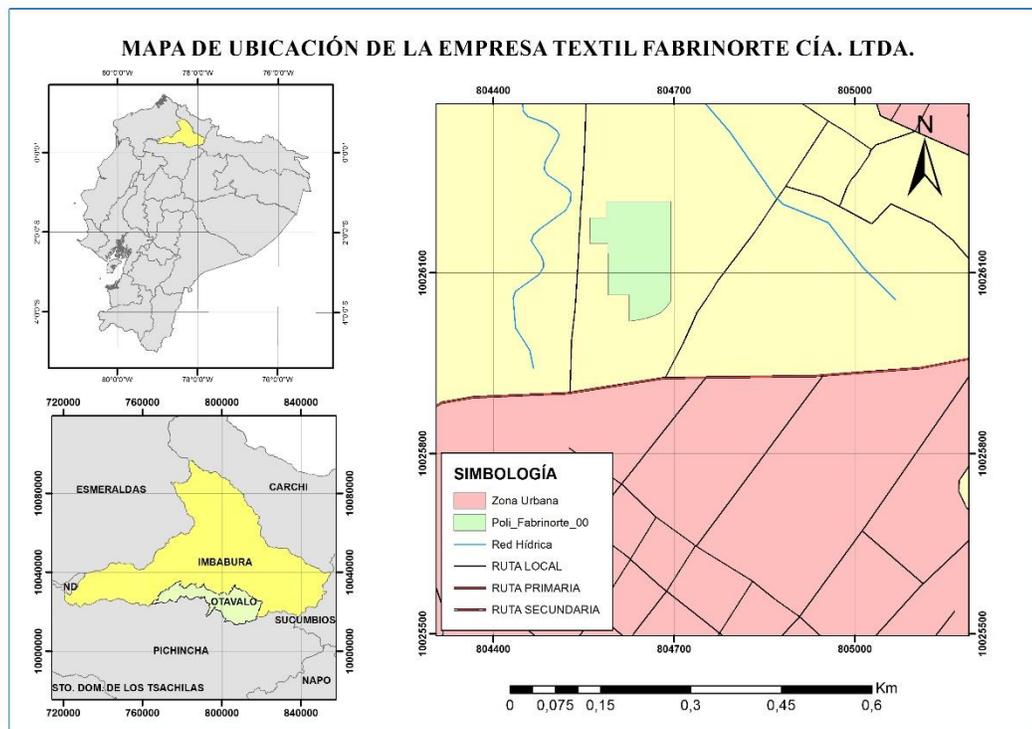


Figura 3. Ubicación Empresa Fabrinorte Cía. Ltda.

3.2. Métodos

A continuación se presenta las fases en las que se dividió la investigación y los procedimientos realizados para cada una.

3.2.1. Fase 1: Caracterización de lodos residuales

Los lodos residuales textiles fueron colectados del centro de confinamiento de la empresa Fabrinorte Cía. Ltda., con base a la Norma Oficial Mexicana NOM-0040SEMARNAT-2002, para categorizar biosólidos de plantas de tratamiento en excelentes y buenos en función al contenido de metales pesados (Castañeda y Oña, 2017).

3.2.1.1. Obtención de muestras

Las muestras sólidas fueron seleccionadas en ocho puntos de muestreo al azar, se procedió a llenar ocho bolsas de polietileno que fueron trasladadas a un área bajo techo y depositadas en un piso de cemento pulido donde fueron triturados. Con la intención de formar un montículo, los lodos fueron colocados sobre una superficie plana, haciendo uso de una pala se traspaleó con la intención de homogeneizarlos y dividirlos en cuatro partes iguales y así eliminar las partes opuestas A y C o B y D, se continuó con este procedimiento con la intención de obtener 10 kg de lodo residual (Figura 4).

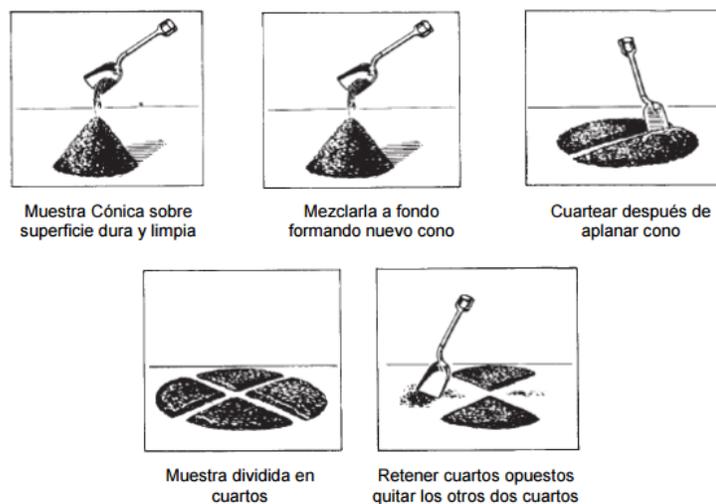


Figura 4. Representación del método de cuarteo

Fuente: NOM-004-SEMARNAT-2002

Obtenida la muestra requerida se empaquetó y etiquetó con los datos correspondientes a fecha, peso, y metales pesados a analizar: arsénico, cadmio, cromo, cobre, plomo, mercurio, níquel y zinc. Una vez recolectada la muestra se colocó en refrigeración a una temperatura de 4 °C por un día hasta ser entregada en las instalaciones del Laboratorio ALS de la ciudad Quito, quienes mediante la metodología de espectrofotometría de absorción atómica determinaron la presencia de metales pesados en lodos residuales textiles.

3.2.2. Fase 2: Aplicación y evaluación de lodos residuales textiles

El experimento se desarrolló en las instalaciones de la “Granja Experimental Yuyucocha”, perteneciente a la Universidad Técnica del Norte, se dispuso de 100 m² de terreno, con la ayuda de azadones y rastrillos se procedió con la limpieza de malezas, usando un metro se delimitaron bloques de 22.09 m² (4.7 m x 4.7 m) destinados para los diferentes tratamientos a aplicar (Figura 5).



Figura 5. Limpieza de 100 m² Granja Experimental Yuyucocha

3.2.2.1. Aplicación de tratamientos

La aplicación de los tratamientos se realizó el 12 de agosto del 2019, para la elaboración del sustrato se usó lodo residual textiles, tierra negra, limo, tierra del lugar y cascarilla de arroz (Tabla 4). En cada uno de los bloques se depositó los materiales del sustrato, usando una pala cuadrada se mezcló todos los insumos hasta obtener una mezcla uniforme en cada uno de los bloques experimentales.

Tabla 4. Sustrato aplicado en los distintos tratamientos

SUSTRATO	TRATAMIENTOS APLICADOS			
	T1	T2	T3	T4
Cascarilla Arroz	20 kg	15 kg	10 kg	15 kg
Limo	45 kg	45 kg	40 kg	35 kg
Tierra Negra	40 kg	30 kg	25 kg	25 kg
Tierra Sitio	45 kg	45 kg	45 kg	30 kg
Lodo Textil	0 kg	15 kg	30 kg	45 kg
Total	150 kg	150 kg	150 kg	150 kg

Previa realización de surcos, la siembra de plántulas se realizó el 17 de agosto del 2019, en cada bloque experimental se colocó un total de 36 plantas a una distancia de 0.7 m entre planta y a 0.7 m entre los surcos (Figura 6). Durante los dos primeros meses (agosto y septiembre del 2019) el riego se realizó pasando un día con ayuda de regaderas y riego por gravedad cada fin de semana. La delimitación experimental aplicada en la investigación fue un Diseño por Bloques Completos al azar (Tabla 5).

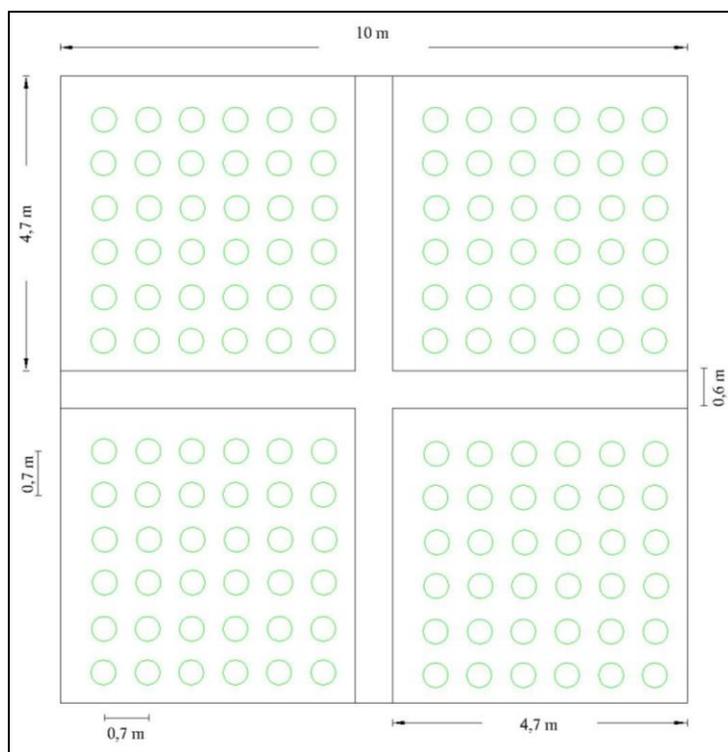


Figura 6. Representación gráfica bloques experimentales

Fuente: Elaboración autor

Tabla 5. Delimitación experimental

Diseño experimental	Diseño de bloques completos al azar (DBCA)
Plántulas totales	144
Número de plántulas por tratamiento	36
Número de tratamientos	4
Número de repeticiones	3
Distancia entre surcos	0.7 m
Distancia entre plántulas	0.7 m
Número de hileras	6
Separación entre bloques	0.60 cm
Área total terreno	100 m ² (10 m x 10 m)
Área total de bloques útiles	22.09m ² (4.7 m x 4.7 m)

3.2.2.2. Variables evaluadas

Las variables a evaluar fueron consideradas a partir de los estudios realizados por Ramírez y Pérez (2006) en rábano rojo (*Raphanuns sativuvvs L*), Atencio y Ramos (2011) en maíz (*Zea mays*) y Párraga (2016) en maíz INIAP 528.

- Altura de planta (cm)

Esta variable se evaluó a los 30, 60 y 90 días de sembradas las plántulas de pimiento. Con una cinta métrica graduada en centímetros, se midió 12 plantas desde la base hasta la parte más alta de la planta. Se promedió y se expresó en centímetros.

- Diámetro de tallo (cm)

Esta variable se evaluó a los 30, 60 y 90 días de sembradas las plántulas de pimiento, con ayuda de un pie de rey graduado, se midió 12 plantas. Se promedió y se expresó en centímetros.

- Numero de hojas

Esta variable se evaluó a los 30, 60 y 90 días de sembradas las plántulas de pimiento, se contó las hojas de 12 plantas.

- Número de Flores

Este valor se registró cuando el 50% de las plantas de cada una de las parcelas presentaron flores abiertas.

- Número de frutos por planta

Se consideraron 12 plantas al azar, se registró el número de frutos de cada planta en cada una de los cuatro tratamientos y el valor total se promedió.

- Bioacumulación de metales pesados

En los distintos tratamientos se cosecharon los frutos del pimiento y posteriormente fueron enviados a LASA, laboratorio de análisis de alimentos y productos procesados quienes aplicaron el método de absorción atómica.

3.2.3. Fase 3: Diseño de propuesta para el manejo de lodos residuales textiles

Para las acciones de manejo correspondientes a lodos residuales provenientes de Fabrinorte Cía. Ltda., se elaboró la propuesta tomando en cuenta la disponibilidad de lodos residuales y resultados referente a las variables evaluadas en el fruto de pimiento verde (*Capsicum annuum*). Parte de esta propuesta se adaptó al formato para presentación de perfiles de proyectos emitido por la Secretaria Nacional de Planificación y Desarrollo (2015) elaborándolo en base a las necesidades requeridas por la empresa mediante el siguiente proceso esquemático:

1. Con la información recopilada durante la segunda fase de investigación se identificó las soluciones con base a las dosis requeridas de lodos residuales para su aplicación forestal y ornamental.
2. Se identificó a la empresa Fabrinorte Cía. Ltda., como beneficiario directo y, a la Asociación Hacienda la Magdalena como beneficiario indirecto en el manejo, aplicación y control de lodos residuales de origen industrial.
3. Se enlistó las fases a desarrollar a lo largo de la propuesta planteada a través de una matriz de marco lógico, misma que permite explicar de manera ordenada y coherente los objetivos, componentes, actividades, indicadores, medios de verificación y supuestos de un proyecto (SENPLADES, 2015).
4. Con el objetivo planteado se pretende desarrollar cada fase, considerando medidas de protección y prevención, que con el apoyo de los beneficiarios y responsables del cumplimiento puedan ser logrados.

3.3. Materiales y equipos

A continuación, se detallan los materiales y equipos utilizados en el transcurso experimentación e investigación (Tabla 6).

Tabla 6. Materiales y equipos

MATERIALES			EQUIPOS		
Protección personal	Siembra	Generales	Fase de Campo	Fase de oficina	
Gafas de protección	Plántulas de <i>Capsicum annum</i>	Azadones	Cámara Fotográfica	Computador	
Guantes	Cascajo blanco (grava)	Mortero manual	Cámara de video	portátil	
Mascarilla	Cascarilla arroz	Palas			
	Tierra negra	Regadera			

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Caracterización de lodos residuales

La concentración de metales pesados presentes en los lodos residuales textiles mantuvo los límites máximos permisibles establecidos por la Norma Mexicana NOM-004-SEMARNAT-2002 (Tabla 7). La presencia de arsénico fue de 0.60 mg/kg, cromo se encontró 12.8 mg/kg y plomo presentó 15.3 mg/kg. Los lodos residuales textiles en base seca de Fabrinorte Cía. Ltda., no sobrepasan los valores de 41 mg/kg para arsénico, 1 200 mg/kg en cromo y 300 mg/kg en plomo, valores establecidos por la norma.

La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos por sus siglas en inglés EPA en la norma US EPA 40 CFR Part 503, demostró que la presencia de arsénico (0.60 mg/kg), cromo (12.8 mg/kg) y plomo (15.3 mg/kg) en lodos residuales provenientes de Fabrinorte Cía. Ltda., cumplieron con los rangos de concentración de metales pesados para arsénico (75 mg/kg), cromo (3 000 mg/kg) y plomo (840 mg/kg), permitiendo su aplicación al suelo sin que estos residuos representen riesgo alguno (Tabla 7).

Tabla 7. Contenido de metales en base a NOM-004-SEMARNAT-2002 y US EPA 40 CFR Part 503

Contaminantes	Lodos residuales Fabrinorte mg/kg	Excelentes mg/kg en base seca Norma Mexicana	Biosólidos límites máximos permisibles mg/kg USEPA
Arsénico	0.60	41	41
Cadmio	1.65	39	39
Cromo	12.8	1 200	1.200
Cobre	458.8	1 500	1.500
Plomo	15.3	300	300
Mercurio	< 0.10	17	17

Níquel	4.5	420	420
Zinc	62.0	2 800	2.800

**Valores excelentes y límites máximos permisibles aseguran un aprovechamiento óptimo y disposición final adecuada ante el manejo de lodos residuales

Los resultados obtenidos en este estudio guardan relación con Narváez, Benavides, Robledo, y Mendoza. (2013) quienes manejaron lodos residuales en concentraciones bajas de metales pesados (As 0,165 mg/kg, Cr 66 mg/kg y Pb 17.6 mg/kg) similares a las obtenidas. Corroborando resultados, Bautista, Benavides, Rodríguez, Gonzales, Robledo, y Sandoval (2015) con base a la NOM-004-SEMARNAT-2002 clasificaron a los lodos residuales textiles como excelentes debido a la baja concentración de metales pesados (As 0.696 mg/kg, Cr 23 mg/kg y Pb 22.8 mg/kg) presentes en lodos. Expresan que debido a la baja concentración de metales pesados el manejo de estos residuos no representa riesgos al momento de buscar alternativas para el uso o disposición final.

En el estudio realizado por Ramírez y Pérez (2006) la concentración de metales pesados en biosólidos relacionados a As (0.43 mg/kg), Cr (56.43 mg/kg) y Pb (93.88 mg/kg) se mantuvieron por debajo de los límites máximos permisibles establecidos en la norma US EPA 40 CFR Part 503, emitida por la EPA. Estas concentraciones fueron similares a las obtenidas en los biosólidos que formaron parte de esta investigación. Párraga (2016) demostró la baja concentración de metales pesados en lodos residuales correspondientes a Hg (0.25 mg/kg), Pb (15.37 mg/kg) y Cd (0.11 mg/kg) no sobrepasaron los límites máximos permisibles, así, los lodos producidos por Fabrinorte asemejan sus valores con los estudios citados, demostrando cumplimiento con los requisitos necesarios para depositarlos al suelo.

4.2. Evaluación de variables

Teniendo como hipótesis nula (H0) la aplicación de lodos residuales textiles no influye en las características físicas y productivas de pimiento verde (*Capsicum annuum*) y como hipótesis alternativa (H1) la aplicación de lodos residuales textiles influye en las

características físicas y productivas de pimiento verde (*Caapsicum annuum*). A partir de los hallazgos obtenidos en campo de este estudio aceptamos la hipótesis alternativa (H1).

A continuación, se presenta los resultados obtenidos durante 30, 60 y 90 días de experimentación sobre las variables: Altura de planta, diámetro del tallo y número de hojas, así también, el número de flores y la presencia de fruto a los 60, 90 y 120 días en los tratamientos aplicados 15, 30 y 45 kg de lodo residual textil. Se observa los resultados ordenados por variables y sometidos al programa estadístico InfoStat/E.

4.2.1. Altura de planta

Con el análisis de varianza correspondiente a altura de la planta los resultados de p-valor (<0.0001) demostraron la existencia de diferencias en los tratamientos durante la experimentación (Anexo 1a). El tratamiento 4 (25 kg tierra negra, 35 kg limo, 15 kg cascarilla de arroz, 20 kg tierra de sitio y 45 kg lodos textiles) obtuvo una altura media de 25.19 cm diferente al tratamiento 1 o testigo (40 kg tierra negra, 45 kg limo, 20 kg cascarilla arroz y 45 kg tierra del sitio) quien presentó una altura promedio de 21.94 cm. Con un nivel de significancia 0.05 la prueba estadística Tukey mostró diferencia entre los distintos tratamientos y rangos promedio (Tabla 8).

Tabla 8. Rangos obtenidos en la prueba de Tukey 0.05 para altura de la planta

Tratamientos	Medias	Clasificación Tukey	
4	25.19	A	
2	24.44	A	B
3	23.02	B C	
1	21.94	C	

Al realizar el análisis de medias de cada tratamiento y compararlas al testigo tenemos que T4 favoreció la altura de las plantas a diferencia de T1. Concordando con la prueba de Tukey quien sitúa a T4 como el mejor tratamiento.

Los resultados obtenidos en esta variable concuerdan con Negrin y Jiménez (2012) quienes emplearon dosificaciones de 200 kg/ha de biosólidos, provenientes de la digestión anaerobia de residuales pecuarios sobre el cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) al superar los 32 días de experimentación registró una altura máxima de 65 cm, debido a que con la aplicación de estos residuos en el suelo el contenido de micro y macronutrientes asimilables por las plantas aumenta, concluyendo que la variable se comportó de manera favorable con la dosis de biosólido aplicada.

Resultados similares han sido obtenidos por Torres, Benavides, Ramírez, Robledo, Gonzales y Díaz (2011) demostrando la viabilidad existente en la producción de *Lilium sp.* Al mezclar turba de musgo y lodo residual textil en diferentes porcentajes sobre suelos agrícolas, evidenciaron que su administración en porcentajes bajos a 2% y 5% favorecen el crecimiento y desarrollo de esta especie. Concluyeron también que dosis superiores al 5% retrasan el desarrollo de la especie disminuyendo la longitud del tallo.

Bautista, Benavides, Rodríguez, González, Robledo y Sandoval (2015) realizaron un sustrato a base de turba ácida con concentraciones al 0, 10, 20 y 30% de lodo residual textil en la producción de hortensia (*Hidrangea macrophylla L.*) al suministrar 10% de sustrato demostraron que la altura máxima fue de 28 cm. Los autores concluyeron que las plantas expuestas a esta dosis se desarrollan sin dificultad.

Los hallazgos de Párraga (2016) sugieren que la altura de planta dependerá del material genético o variedad utilizada. Es así, como se puede considerar que este tipo de residuos actúan como fertilizante al liberar lentamente nutrientes esenciales vinculados a esta variable.

4.2.2. Diámetro del tallo

Los resultados del análisis de varianza vinculados al diámetro del tallo mostraron un p-valor <0.0001 evidenciando que la aplicación de tratamientos durante la experimentación presentara diferencias en la variable (Anexo 1b). El tratamiento 2 (15 kg lodo residual textil) obtuvo un diámetro medio de 0.56 cm diferente al tratamiento 3 (30 kg lodo residual textil) con una media de 0.48 cm. Con un nivel de significancia

0.05 la prueba estadística Tukey demostró diferencia entre los rangos de medias de los distintos tratamientos (Tabla 9).

Tabla 9. Rangos obtenidos en la prueba de Tukey 0.05 para diámetro de la planta

Tratamientos	Medias	Clasificación Tukey
2	0.56	A
4	0.55	A
1	0.48	B
3	0.48	B

Al realizar el análisis de medias de cada tratamiento comparadas al testigo, tenemos que T2 favoreció de forma mínima el diámetro de las plantas a diferencia de T3 que funcionó como un tratamiento intermedio durante el ensayo. Concordando con la prueba de Tukey, sitúa a T2 por una diferencia mínima sobre T4.

Los resultados de este trabajo se reflejan con los obtenidos por Salcedo, Vázquez, Krishnamurthy, Zamora, Hernández y Rodríguez (2007) quienes sobre plántulas de *Pinus douglasiana* de 18 meses evaluaron cuatro dosis de lodos de aguas residuales sanitarias, distribuidas en 0 gr, 30 gr, 60 gr y 100 gr. Transcurridos 14 meses de experimentación notaron una tendencia en aumento relacionada al diámetro del tallo, obteniendo mayor rendimiento en los tratamientos que poseían dosis altas, con ello las plántulas administradas con 60 gr de lodo residual presentaron un diámetro de 2.95 cm y quienes fueron dosificadas con 100 gr de lodo residual obtuvieron un diámetro de 2.97 cm. La aplicación de lodo residual textil sobre el cultivo de pimiento verde (*Capsicum annuum*) guarda relación con el estudio citado, la administración de 15 y 45 kg de lodo textil presentó una diferencia mínima de 0.56 cm y 0.55 cm en T2 y T4 respectivamente debido a la liberación de nutrientes y asimilación de los mismos por parte de las plantas (Párraga, 2016).

Atencio y Ramos (2011) muestran evidencia de los efectos de lodo residual urbano al cultivar *Zea mayz*. En un primer ensayo dosificado a 0, 2, 4, 6, 8, y 10% con arena

lavada, un segundo ensayo administrando lodo residual compostado en dosis 0, 25, 50, 75 y 100%. Estos autores expusieron que la aplicación de lodo seco y lodo compostado transcurrido 60 días de experimentación beneficiaron a la variable diámetro del tallo; el mejor resultado obtenido en el primer ensayo se atribuye a la concentración de 6% con un diámetro de 1.67 cm, en el segundo ensayo la administración de 100% lodo compostado presentó un diámetro de 2.07 cm, revelando que el lodo seco y lodo compostado presentan diferencias significativas en comparación al tratamiento control. Los autores afirmaron que el lodo compostado es la forma de aplicación más viable en los cultivos; proporciona resultados significativos relacionados al crecimiento, concluyen que se debe verificar la presencia de metales pesados y los riesgos de toxicidad que estos puedan presentar.

Los resultados observados por Negrin y Jiménez (2012) consecuencia de dosificar 150 y 200 kg/ha de lodo residual pecuario en un cultivo de *Phaseolus vulgaris L.*, tras 40 días de experimentación el diámetro del tallo presentó 0.20 cm en 150 kg/ha y 0.18 cm en 200 kg/ha diferenciándose del tratamiento control que mantuvo un valor constante de 0.10 cm. Sin embargo, los hallazgos de este estudio al cumplir 50 días de experimentación alcanzaron 0.21 cm de diámetro en los tratamientos 150 y 200 kg/ha. Es así que al transcurrir 90 días de la aplicación de lodos residuales textiles en pimiento verde (*Capsicum annuum*) T2 y T4 alcanzaron un diámetro constante de 0.55 cm corroborando así con el estudio citado.

4.2.3. Número de hojas

Los valores del análisis de varianza referente al número de hojas expusieron un p-valor <0.0001, la aplicación de los tratamientos durante la experimentación reportó diferencias en la variable (Anexo 1c). T2 (15 kg lodo residual textil) obtuvo un promedio de 38.44 hojas por planta difiriendo del tratamiento testigo (T1) con una media de 31.22 hojas por plantas. Con un nivel de significancia 0.05 la prueba estadística Tukey demostró diferencia entre los rangos de medias de los distintos tratamientos (Tabla 10).

Tabla 10. Rangos obtenidos en la prueba de Tukey 0.05 para número de hojas

Tratamientos	Medias	Clasificación Tukey	
2	38.44	A	
4	34.36	A	B
3	33.22	A	B
1	31.22		B

Al comparar los tratamientos con el análisis de medias T2 favoreció el desarrollo de hojas a diferencia del tratamiento testigo (T1) que durante la experimentación no presentó mayor cantidad de hojas en comparación a los tratamientos aplicados. Corroborando con la prueba de Tukey, T2 es de los mejores tratamientos seguido por una diferencia de T4.

En los resultados de este estudio hay semejanza con Ramírez y Pérez (2006) hallaron que la aplicación de lodos residuales de aguas urbanas al 100% disminuye el desarrollo foliar de rábano rojo (*Raphanus sativus L.*) debido al exceso de nutrientes presentes en lodos urbanos. En efecto las administraciones 25 y 50% alcanzaron valores de 9 a 8 hojas por planta respectivamente, corroborando los resultados de 38.34 y 34.36 hojas por planta de pimiento verde (*Capsicum annuum*) correspondientes a las administraciones de 15 y 45 kg de lodo residual textil, en conclusión, a menor cantidad de lodo residual se obtendrá mayor desarrollo foliar. Estos resultados concuerdan con Ramírez, Velásquez y Acosta (2007) expresan que a mayor porcentaje de lodos urbanos (4% - 8%) en plántulas de *Jacaranda mimosifolia* existe una baja producción de hojas y marchites temprana. Por ello los autores en mención reafirman que al administrar 2% de lodo residual urbano el desarrollo foliar presenta un rango de 15 a 16 hojas por planta.

Gonzales, Ramos, Tornero y Murillo (2017) muestran pruebas satisfactorias tras aplicar 300 t/ha y 500 t/ha de biosólidos urbanos en plantas de maíz (*Zea mays*) consiguiendo 20.5 hojas por planta debido a la presencia de nitrógeno en lodos residuales urbanos, beneficiando en el desarrollo de las variables morfológicas. De

hecho, con base al análisis de varianza en ambos tratamientos los lodos residuales urbanos actúan similar sobre la variable número de hojas, este comportamiento permitió concluir que la aplicación de cualquier tratamiento mejora la calidad de las plantas. Una explicación tentativa para estos resultados es el aporte de Párraga (2016) pese la obtención de resultados óptimos de 13.97 hojas en plantas de maíz INIAP 528 y el aporte de nutrientes liberados al aplicar 70% lodo residual y 30% urea no descarta que el desarrollo de esta variable se vea influenciada por la variedad de la especie utilizada.

4.2.4. Número de flores

A partir del análisis de varianza asociado al número de flores p-valor (<0.0001) confirmó diferencias en los tratamientos durante la experimentación (Anexo 1d). T4 (45 kg lodo residual textil) presentó un promedio de 5.58 flores por planta difiriendo de T1 (testigo) con una media de 3.97 flores por planta. Con un nivel de significancia 0.05 la prueba estadística Tukey no mostró diferencia en la clasificación de Tukey tratando a todos los tratamientos como igualdad discrepando de las medias (Tabla 11).

Tabla 11. Rangos obtenidos en la prueba de Tukey 0.05 para número de flores

Tratamientos	Medias	Clasificación Tukey
4	5.58	A
2	5.09	A
3	4.25	A
1	3.97	A

El análisis de varianza en sus medias expresa diferencias entre T4 y el tratamiento testigo, pese a la igualdad obtenida en la clasificación de Tukey, T4 se posiciona como el mejor sobre el resto de tratamientos.

Sobre esta variable se encontró el estudio de Zubillaga y Lavado (2001) indican que la aplicación de lodos municipales e industriales reemplaza con eficacia la turba y suelos destinados a actividades hortícolas, la administración de lodos residuales a 25% sobre

Petunia hybrida obtuvo un promedio de 17.67 flores por planta, sin embargo, dosis con 50% y 75% de lodo residual muestran una media de 12.56 flores. Así, el aprovechamiento de sustrato con 25% lodo residual compostado favorece el crecimiento de plantas hortícolas. No obstante, los autores, advierten que los lodos residuales no pueden ser considerados como una alternativa comercial sin antes someterlos a un proceso de compostado previo.

Otro hallazgo importante fue con base a la demanda de nitrógeno requerido por *Tagetes erecta*, en condiciones de invernadero Diaz, Barrios y Jiménez (2004) aplicaron 10 y 20 veces la tasa agronómica (AR=7.4 t/ha) de lodos residuales urbanos mezclados con tepate el cual carece de nutrientes para la especie en mención. Los resultados exponen que 10 x AR alcanzó 15.8 flores por planta; atendiendo a estos resultados los autores mencionan que la aplicación de lodos residuales urbanos es una alternativa hacia las prácticas de fertilización tradicional enmarcadas a recuperación de suelos. Este estudio sustenta la investigación de Solanki, Kalavagadda, Akula, Kumar y Jagdishwar (2017) al comparar lodo residual urbano administrado a 0, 20, 40, 60, 80 y 100% ante una dosis recomendada de fertilizante químico (100 kg/ha) con un aporte de N, P, K en *Tagetes erecta*. Obteniendo resultados favorables en los tratamientos 80% y 100% al presentar 44.1 y 51.7 flores por planta, superando el valor de 19.7 flores producto de la fertilización química. En virtud de los resultados expuestos existe diferencia entre la aplicación de lodo residual y fertilización química relacionado al aporte de nutrientes por parte de estas dos fuentes; ambos estudios concuerdan que la aplicación a tierra de lodo residual es la mejor alternativa de disposición final.

4.2.5. Número de fruto

En relación al análisis de varianza los resultados de p-valor (<0.0001) mostraron diferencias en los tratamientos durante la experimentación (Anexo 1e). T2 (15 kg lodos textiles) obtuvo una media de 4.47 frutos por planta diferente a T3 (30 kg lodo residual textil) con un promedio de 2.86 frutos. Con un nivel de significancia 0.05 la prueba estadística Tukey expuso el comportamiento entre las medias de los tratamientos (Tabla 12).

Tabla 12. Rangos obtenidos en la prueba de Tukey 0.05 para número de frutos

Tratamientos	Medias	Clasificación Tukey	
2	4.47	A	
4	3.64	A	B
1	3.53	A	B
3	2.86		B

El análisis de medias sobre los tratamientos en comparación al testigo, el efecto de T2 superó a T3 quien presentó un comportamiento intermedio referente a la presencia de frutos. Corroborando con la prueba de Tukey T2 es viable en el rendimiento del cultivo seguido de T4.

Anteriores estudios han demostrado que la aplicación de lodos residuales tiene efectos positivos en la agricultura, el estudio de Silva, Leal, Araújo, Araujo, Gomes, Melo y Singh (2010) llama la atención por usar lodos de curtiduría en dos tipos de compost denominados C1TS (lodo de curtiduría, paja de caña de azúcar y estiércol de ganado) y C2TS (lodo de curtiduría, carnauba y estiércol de ganado) administrados a 0, 25, 50, 75 y 100% en cultivos de *Capsicum spp.* Desde luego, la administración al 100% en C1TS y C2TS fue de los tratamientos más óptimos al conseguir un rendimiento promedio de 20 frutos por planta, de hecho, los autores aseguran que al someter esta especie a dosis altas de lodo compostado su rendimiento es ideal, motivo por el cual *Capsicum spp.*, podría ser tolerante a concentraciones en aumento de metales pesados elementos propios de este tipo de residuos.

Estos resultados apoyan la idea de Hossain, Strezov, Yin Chan y Nelson (2010) al usar biochar derivado de lodos residuales urbanos, distribuyéndolo en: suelo control (PC), suelo con biochar (SB), suelo con biochar y fertilizante (SBF) y suelo con fertilizante (SF) sobre tomate cherry (*Lycopersicon esculentum*). De este modo SBF fue de los tratamientos óptimos con un promedio de 200 frutos a diferencia del tratamiento control con una producción media de 50 frutos, estos resultados se atribuyen a las

modificaciones químicas del suelo al ser expuestos a biochar y a la disponibilidad de nutrientes (N y P).

La proporción adecuada en la relación C/N al mezclar lodos residuales municipales en un vermicompost con Jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) usando lombrices de tierra (*Eisenia foetida*) permitió a Begun (2011) ensayar dosificaciones de 10, 20 y 30 t/ha en las variedades Arkan Saurabh y Pusa Ruby de tomate (*Lycopersicon esculentum*). Producto de la aplicación de 20 t/ha Arkan Saurabh obtuvo 65 frutos, Pusa Ruby presentó 60 frutos superando a 30 t/ha que en Arkan Saurabh presentó 40 y Pusa Ruby obtuvo 45 frutos, consecuencia de estos resultados el autor sugiere la aplicación de 20 t/ha de vermicompost como idónea para actividades agrícolas. Así también, el aporte de Elmi, Al-khaldy y AlOlayan (2019) al manejar lodos residuales urbanos al 0, 10, 20 y 30% en 2 kg de tierra por maceta para *Lycopersicon esculentum* Miller reportó una producción de 30 frutos en 30% diferente a 10% y 20% con 25 frutos de igualdad, en conclusión, los estudios citados atribuyen este hecho a la disponibilidad de nutrientes presentes en lodos residuales urbanos y a los beneficios agronómicos que el suelo obtiene con este tipo de residuos.

4.2.6. Bioacumulación de metales pesados

Los resultados de bioacumulación de metales pesados reportaron que en T2, T3 y T4 la presencia de Cr, Ni y Pb, fue menor a diferencia de las concentraciones de Cu que presentaron una tendencia a disminuir conforme las dosis administradas en los tratamientos iba en aumento. Los valores de Pb se encuentran dentro de los niveles máximos permisibles, emitidos por el Codex Alimentarius emitido por la FAO, quien señala que toda hortaliza de fruto debe presentar valores ≤ 0.05 mg/kg de este elemento (Tabla 13).

Tabla 13. Bioacumulación de metales pesados en pimiento verde (*Capsicum annuum*)

PARÁMETROS	UNIDADES	T 2	T 3	T 4
Cobre	mg/kg	1.093	0.438	0.369
Cromo total	mg/kg	<0.3	< 0.3	< 0.3
Níquel	mg/kg	<0.4	< 0.4	<0.4
Plomo	mg/kg	<0.1	< 0.1	<0.1

Antonious, Turley, Sikora y Snyder (2008) expresan que la liberación de metales pesados de lodos residuales de origen urbano al ser absorbidos por las plantas podría causar fitotoxicidad exponiendo a los consumidores a niveles excesivos de productos químicos potencialmente peligrosos. Estos autores, en todos sus tratamientos independientemente de la dosificación aplicada determinaron las concentraciones promedio de Ni y Cu en el fruto de berenjena (*Solanum melongena L.*) en la primera cosecha los valores obtenidos fueron 2.4 y 16.9 $\mu\text{g/g}$; 1.7 y 6.3 $\mu\text{g/g}$ en la segunda cosecha; 1.2 y 9.1 $\mu\text{g/g}$ para la tercera cosecha. En comparación a los valores obtenidos en los frutos de pimiento que en su única cosecha la presencia de Cu fue de 1.093, 0.438 y 0.360 mg/kg en los tres tratamientos, esto se debe a que algunas plantas asimilan con rapidez el Cu del suelo, la presencia de Ni en pimientos no fue detectada.

Hossain *et al.*, (2010) en el fruto del Tomate reportaron que en los tratamientos CP, SB, SBF y SF la presencia de Pb, se mantuvo por debajo de los límites de detección (<0.01 mg/kg), coincidiendo con lo reflejado en el fruto de pimiento, el cual evidenció una concentración <0.1 mg/kg. Los autores manifiestan que Cr en el tratamiento SF presentó 0.06 mg/kg, distinto al resto de tratamientos, cuya presencia no fue reportada. La biodisponibilidad de Cu en el fruto de tomate fue de las más bajas en SBF (4.6 mg/kg) seguido por SB (6.2 mg/kg) y SF (6.2 mg/kg), en comparación los valores conseguidos en pimiento fueron de 1.093, 0.438 y 0.369 mg/kg para los tratamientos dosificados con 15, 30 y 45 kg respectivamente, los resultados de tomate fueron superiores a los presentes en pimiento. Los autores mencionan que el comportamiento de los metales en el suelo y la absorción de las plantas dependen de la naturaleza del

metal, el origen del lodo, las propiedades fisicoquímicas del suelo y la especie de la planta empleada, en el caso de *Capsicum*, Silva *et al.*, (2010) manifiesta que conforme aumente la dosificación de lodos residuales esta especie podría mostrarse tolerante a las distintas concentraciones de metales pesados presentes en estos residuos.

La presencia de Cr y Pb en el ensayo realizado por Narváez, Benavides, Robledo y Mendoza (2013) corroboran con los obtenidos en esta investigación. Dichos autores no detectaron la presencia de estos metales en el fruto de tomate a diferencia del Ni, que en los tratamientos 5, 15 y 20% de lodo residual textil los rangos de concentración fueron entre 31 y 61 mg/kg valores reportados como admisibles, incluso la presencia de Cu en el fruto de tomate no fue detectado en discrepancia de los reportados en fruto de pimiento verde (*Capsicum annuum*) que en los tratamientos administrados con 15, 30 y 45 kg de lodo residual textil presentaron valores de 1.093, 0.438 y 0.369 mg/kg respectivamente. Autores como Narváez, Benavides, Vázquez y Cabrera (2014) demostraron la inexistencia de Cu, Cr, Ni y Pb en hojas de lechuga, manifiestan que los metales pesados se quedan en el córtex de las raíces.

Cabezas, Alonso, Pastor, Sastre y Lobo (2004) denominan “plateau hypotesis” al umbral de absorción máxima referente a metales pesados en plantas, superado este umbral la especie no responde a mayores dosificaciones, los autores también manifiestan que esta reacción será distinta para cada especie vegetal debido a la tolerancia con la que asimilan diferentes concentraciones de metales pesados.

4.3. Propuesta piloto para el manejo de lodos residuales textiles provenientes de la empresa Fabrinorte Cía. Ltda.

4.3.1. Nombre de la Propuesta

Indutexma por el Ambiente

4.3.2. Introducción

La industria textil, considerada uno de los sectores con mayor rentabilidad hace uso del recurso hídrico y energético a gran escala en el blanqueo, descruce, enjuague, lavado y teñido, actividades finales en las que se emplea sustancias peligrosas y al ser

descargadas contaminan los efluentes (Solís, M., Gil, Solís, A., Pérez, Manjarrez y Perdomo, 2013; Castañeda y Oña, 2017).

Aguas residuales coloreadas son resultado de procesos manufactureros textiles, convirtiéndolas en fuentes notables de eutrofización encargadas de deteriorar el componente estético (Anastasi, Prigione, y Varese, 2010; Bassuony, Bahgat, Shatoury, y Serafy, 2016). Del tratamiento de estas aguas residuales derivan desechos semisólidos denominados lodos residuales, en su composición presentan cierta cantidad de aditivos, productos químicos de blanqueo, metales pesados, contaminantes orgánicos e inorgánicos, cuya presencia es indeseable por riesgos de contaminación (Ramírez y Pérez, 2006; Bautista et al., 2015; Dey y Islam, 2015; Bin Awar, Benhrose y Ahmed, 2018).

Los métodos tradicionales de disposición final como la incineración de lodos y la construcción de sitios para su confinamiento son excesivamente costosos y cada vez más complejos. La búsqueda de alternativas viables y económicas para su disposición final han evolucionado durante las últimas cinco décadas, transformando el lodo residual en un material útil sin desperdiciar su potencial de aprovechamiento en la elaboración de material de construcción, producción de energía, reforestación y en la recuperación de suelos (Guzmán y Campos, 2004; Grajales, Monsalve y Castaño, 2006; Kanti, Rahman, Das, y Hossain, 2015).

Una alternativa accesible y económicamente viable es la aplicación de lodos residuales en actividades forestales y ornamentales, su composición físicoquímica brinda la oportunidad de aprovechar la presencia de macro y micronutrientes requeridos por las plantas. En actividades ornamentales el uso de lodos residuales ha beneficiado la producción de una amplia gama de plantas destinadas a esta actividad, su adición mejora las propiedades físicas, químicas y actividades biológicas del suelo debido al contenido de carbono orgánico de lodos. La aplicación de lodos residuales como remediadores de suelo permite el reciclaje de nutrientes sustituyendo la necesidad de fertilizantes comerciales en tierras de cultivo (Saha, Nath, Pati, Pal y Chand, 2017).

4.3.3. Objetivo general

Usar lodos residuales textiles de la empresa Fabrinorte en la elaboración de sustrato para producción de plantas ornamentales y forestales en la hacienda La Magdalena

4.3.4. Beneficiarios propuesta

Beneficiario directo

Fabrinorte Cía. Ltda.

Fabrinorte es una empresa dedicada a la elaboración de tejidos de vanguardia con diferentes materias primas como poliéster, algodón, licra y nylon. Los procesos productivos que la empresa ejecuta son tejeduría, tintorería y acabados. Fabrinorte Cía. Ltda., es considerada como una importante fuente de generación de ingresos económicos dentro del cantón Otavalo (Indutexma, 2015).

La falta de un manejo adecuado relacionado a la disposición final de lodos generados por Fabrinorte Cía. Ltda., representa costos elevados para la empresa un kilogramo de lodos residuales contempla un valor de 0.55 ctvs., de dólar al ser entregado a un gestor que incinera estos residuos. Con el desarrollo de esta propuesta, Fabrinorte Cía. Ltda., se verá beneficiada, la elaboración de sustrato es una alternativa de disposición final benéfica y económicamente viable.

La gestión actual de los lodos generados en la PTAR de Fabrinorte se presenta a continuación (Figura 7).

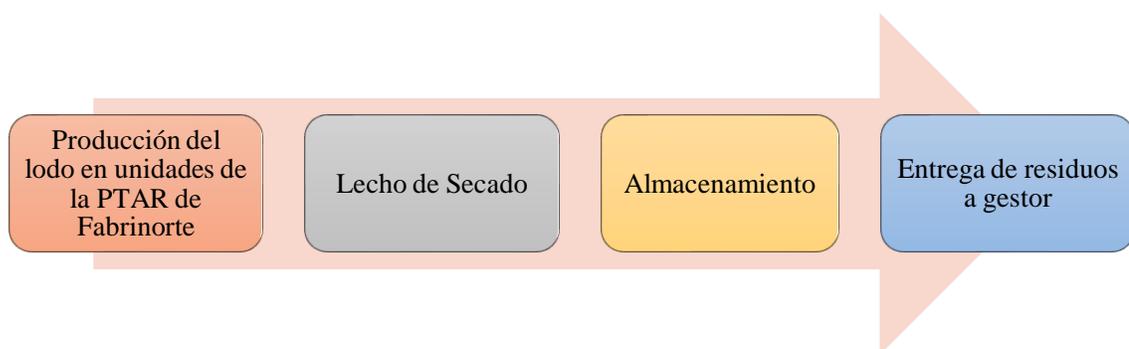


Figura 7. Gestión Actual de lodos de la Empresa Fabrinorte Cía. Ltda.

Beneficiario indirecto

Hacienda La Magdalena

La Hacienda La Magdalena ubicada en la Parroquia de la Esperanza es considerada una de las principales estructuras del casco colonial se ubica en la provincia de Imbabura, recordada desde la época del Libertador Simón Bolívar, según historiadores las tropas del ejército Bolivariano, descansaron en sus instalaciones momentos antes y durante la liberación de la Batalla de Ibarra el 17 de julio de 1823, contra la sublevación de los pastusos dentro del pueblo Ibarreño (Carrión, 2011).

La Magdalena comprende un lote alto y un lote bajo, que pertenecía a la Compañía Agropecuaria La Magdalena S.A., representada por el gerente Sr. Manuel Andrés Freile Barba, la extensión de la hacienda sobrepasaba las 1000 hectáreas, con el transcurso del tiempo ha sufrido varias desmembraciones, antes de pasar a propiedad de sus actuales dueños, quienes son la Asociación Agropecuaria “ Manuel Freile Barba – La Magdalena, denominada así por los miembros de dicha asociación, de acuerdo a la escritura pública y su respectivo levantamiento topográfico, el lote bajo posee una superficie de 214,48 hectáreas, y el lote alto cuenta con una superficie de 189,81 hectáreas, información que consta en el Registro de la Propiedad respectivamente (Guerra, 2017).

El proceso que se pretende plantear para el manejo adecuado de lodos generados por la PTAR de Fabrinorte, se presenta a continuación (Figura 8).

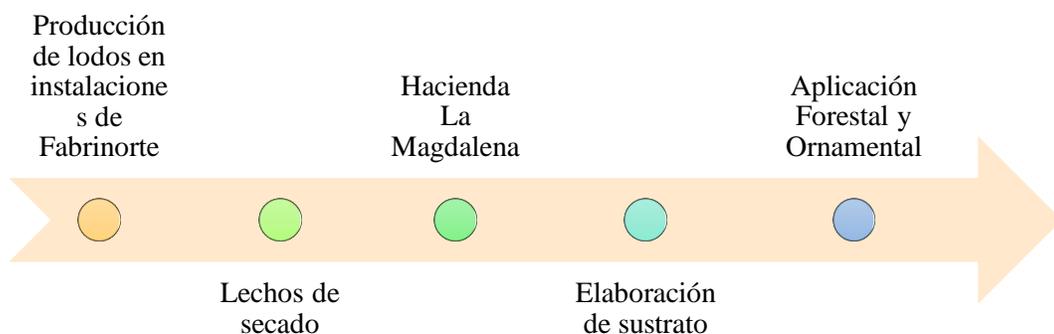


Figura 8. Gestión Propuesta para el manejo de lodos provenientes de la PTAR de Fabrinorte Cía. Ltda.

4.3.5. Propuesta para la gestión de lodos residuales

Con base a los resultados obtenidos durante la experimentación en campo, se obtuvo que el tratamiento 4, compuesto por un sustrato base de 25 kg tierra negra, 35 kg limo, 15 kg cascarilla arroz, 30 kg tierra del sitio y 45 kg lodo textil, fue el mejor tratamiento en cuanto a desarrollo de planta y producción de frutos. Los resultados obtenidos del análisis de bioacumulación de metales pesados demostraron que la transferencia de Cr, Ni y Pb hacia el fruto no fueron detectadas, salvo la presencia de Cu que estuvo por debajo de los límites permisibles. Con base a los resultados obtenidos la alternativa más viable para la disposición final de lodos residuales textiles es la elaboración de sustrato destinado a actividades forestales y ornamentales esto con el fin de resguardar la seguridad alimentaria sin poner en riesgo la salud humana a corto, mediano y largo plazo.

4.3.5.1. Metodología

Matriz de marco lógico

La matriz de marco lógico es una herramienta que permite sintetizar los diferentes objetivos y actividades planteadas dentro de este proyecto, necesarias para alcanzar los resultados esperados.

Tabla 14. Matriz de marco lógico "Propuesta para el manejo de lodos residuales de la empresa Fabrinorte, cantón Otavalo"

Descripción	Indicadores	Medios de verificación	Supuestos
<p>Fin</p> <p>Disminuir gastos relacionados a transporte y disposición final de residuos de origen industrial, reutilizando lodos residuales textiles generados en la planta de tratamiento biológica de Fabrinorte Cía. Ltda., como insumo para la elaboración de sustrato con la participación de entidades públicas o privadas</p>	<p>Ahorro económico por parte de Fabrinorte Cía. Ltda., al brindar un manejo adecuado de sus residuos industriales al vincularse con instituciones como GADs, municipio o entidades privadas que requieran de este tipo de sustrato</p>	<p>Asociación de GADs, municipios o entidades privadas a través de convenios gestionados por Fabrinorte Cía. Ltda.</p>	<p>Desvinculación del proyecto por parte de las entidades públicas o privadas involucradas</p>
<p>Propósito</p> <p>Usar lodos residuales textiles de la empresa Fabrinorte en la elaboración de sustrato para producción de plantas ornamentales y forestales en la hacienda La Magdalena</p>	<p>Elaboración y aplicación de sustrato a base de lodos residuales textiles sobre plantas ornamentales y forestales</p>	<p>Sustrato a base de lodo residual textil Aplicación de sustrato en plantas ornamentales y forestales</p>	<p>Reacciones negativas por parte de las plantas al ser sembradas con el sustrato</p>
<p>Componentes</p>	<p>Reducir el volumen total de lodos residuales almacenado por Fabrinorte Cía. Ltda.</p>	<p>Registros de control semanal sobre la producción de lodo residual textil</p>	<p>Personal poco capacitado en la manipulación de lodos residuales</p>

C1. Contribuir al buen manejo de lodos residuales textiles generados por Fabrinorte Cía. Ltda.	Utilizar el 100% de lodos residuales textiles en la elaboración de sustrato, aprovechándolo en su	Calcular volúmenes de lodos residuales textiles requeridos para la elaboración de sustrato	Insuficiencia de vehículos al momento de transportar lodos residuales textiles
C2. Elaborar sustrato a base de lodos residuales textiles para el uso forestal y ornamental	totalidad Ahorrar recursos económicos mediante alternativas de manejo	Cálculo de costos mensuales centrados en el transporte de lodos residuales hacia los beneficiarios indirectos del proyecto	Precios elevados de combustible para el transporte de lodos residuales
C3. Reducir costos al buscar alternativas viables que brinden un aprovechamiento de lodos residuales textiles	adecuado de lodos		

Actividades	Actividad 1.1.1:	Actividad 1.1: Hojas de registro de	Registro de lodos residuales
Actividad 1.1. Peso y registro de lodos residuales	Registro semanal de lodos en estado húmedo	lodos húmedos	irregular, no se registran los días correspondientes
Actividad 1.2. Secado de lodos residuales	Actividad 1.2.1: Lodos residuales deshidratados en lechos de secado	Actividad 1.2: Lodos residuales textiles deshidratados	Poca capacidad de lechos de secado para depositar lodos húmedos
Actividad 1.3. Almacenamiento de lodos residuales	Actividad 1.3.1: Almacén de lodos residuales adecuado para su uso	Actividad 1.3: Almacén de lodos residuales debidamente equipado	Poca capacidad en bodega de almacenamiento para lodos residuales deshidratados
Actividad 1.4. Convenio con instituciones públicas o privadas	Actividad 1.4.1: Instituciones públicas o privadas interesadas en formar parte del convenio	Actividad 1.4: Firma de convenio entre Fabrinorte Cía. Ltda., e Instituciones participantes	
Actividad 2.1: Georreferenciación Hacienda La Magdalena	Actividad 2.1.1: Elaboración de mapas en base a los sectores destinados a depositar el sustrato y así conocer su extensión en m ²	Actividad 2.1: Cartografía de área asociada	Materiales insuficientes al momento de levantar la infraestructura para el depósito de lodos
Actividad 2.2: Levantamiento de Infraestructura para acopio de lodos	Actividad 2.2.1: Adecuación de espacios para la construcción de un	Actividad 2.2: Áreas adecuadas con infraestructura	
		Actividad 2.3: Equipos y herramientas a utilizar	

Actividad 2.3: Adquisición de herramientas, equipos y suministros	de invernadero en el cual depositar los lodos y elaborar el sustrato	Actividad 2.4: Registro de capacitaciones y aplicación de sustrato	de Instalaciones inapropiadas para el depósito de lodos
Actividad 2.4: Elaboración y Aplicación de sustrato	y instrumentos que permitan la elaboración y manipulación de sustrato	Actividad 2.5: Registro de evaluación mensual tras la aplicación de lodos	Precios elevados en la adquisición de equipos encargados de triturar los lodos residuales textiles
Actividad 2.5: Seguimiento y Evaluación	Actividad 2.3.1: Adquisición de instrumentos que permitan la elaboración y manipulación de sustrato	Actividad 2.4.1: Coordinación entre Fabrinorte e instituciones vinculadas para desarrollar mutuamente actividades planteadas	Beneficiarios indirectos poco comprometidos en la elaboración del sustrato
Actividad 3.1: Evaluación de costos	Actividad 2.5.1: Evaluación y seguimiento a sectores en los que aplicó el sustrato	Actividad 3.1.1: Reducción de costos al momento de transportar lodos residuales textiles hacia los lugares destinados por lo asociados	Precio de combustibles elevado
		Actividad 3.1: Facturas del gestor encargado	
		Facturas de movilización del transporte de Fabrinorte Cía. Ltda.	

A continuación, se brindarán los lineamientos de cómo se desarrollará la propuesta para el manejo de lodos en base a las actividades descritas en la matriz de marco lógico para lo cual se definirá “**Nombre de la Actividad**” para definir la actividad a realizar, “**Propósito de la Actividad**” para definir el fin que lleva el cumplir con la actividad, “**Desarrollo de la Actividad**” para definir la manera de como cumplir con la actividad, y “**Responsable de la Actividad**” para definir un responsable encargado de su ejecución.

Actividad 1.1: Peso y registro de lodos residuales

1.1.1. Nombre Actividad: Pesaje y registro en estado húmedo de lodos residuales

Propósito de Actividad: Pesar lodos residuales textiles en estado húmedo cada semana, y llevar un registro de la cantidad producida

Desarrollo Actividad: Mediante hojas de ruta, registrar la cantidad de lodos residuales al salir del filtro prensa

Responsable: Personal capacitado y designado por el departamento de gestión ambiental de Fabrinorte Cía. Ltda.

Actividad 1.2: Secado de lodos residuales

1.2.1. Nombre Actividad: Secado de lodos residuales

Propósito de Actividad: En un lecho de secado se depositarán los lodos en estado húmedo con la intención de reducir el contenido de humedad

Desarrollo Actividad: Sobre los lechos de secado mediante un volteo periódico de lodos se pretende eliminar el contenido de humedad que los lodos residuales presentan

Responsable: Personal capacitado y designado por el departamento de gestión ambiental de Fabrinorte Cía. Ltda.

Actividad 1.3: Almacenamiento de lodos residuales

1.3.1. Nombre Actividad: Almacenamiento de lodos residuales

Propósito de Actividad: Almacenar lodos residuales textiles deshidratados bajo las normas de seguridad correspondientes

Desarrollo Actividad: Transporte de lodos residuales deshidratados hacia la bodega de almacenamiento

Responsable: Personal capacitado y designado por el departamento de gestión ambiental de Fabrinorte Cía. Ltda.

Actividad 1.4: Convenio con instituciones públicas o privadas

1.4.1. Nombre Actividad: Convenio entre instituciones públicas o privadas

Propósito de Actividad: Crear convenios entre instituciones públicas o privadas que cuenten con plantaciones de árboles maderables o plantas ornamentales

Desarrollo Actividad: Reuniones entre Fabrinorte Cía. Ltda., e instituciones interesadas en formar parte del convenio

Responsable: Departamento de Gestión Ambiental de Fabrinorte Cía. Ltda.

Actividad 2.1: Georreferenciación Hacienda La Magdalena

2.1.1. Nombre Actividad: Levantamiento de puntos GPS

Propósito de Actividad: Obtener puntos GPS de sitios en los que implementará la propuesta

Desarrollo Actividad: Recorrido por los sitios en los que se depositará el sustrato

Responsable: Técnico capacitado en elaboración de cartografía

2.1.2. Nombre Actividad: Elaboración Cartografía

Propósito Actividad: Elaborar mapas de sectores en los que se depositará el sustrato para conocer su extensión en m²

Desarrollo Actividad: Uso de Software ArcGis 10.4 para elaboración cartográfica

Responsable Actividad: Técnico capacitado en elaboración de cartografía

Actividad 2.2: Levantamiento de Infraestructura para acopio de lodos

2.2.1. Nombre Actividad: Delimitación de espacio para acopio de lodos

Propósito Actividad: Destinar un área específica para construcción de un invernadero en el que se depositará los lodos y elaborará el sustrato

Desarrollo Actividad: Adquisición de herramientas y materiales para construcción de invernadero

Responsable Actividad: Afiliados asociación hacienda “La Magdalena”

Actividad 2.3: Adquisición de herramientas, equipos y suministros

2.3.1. Nombre Actividad: Adquisición de herramientas

Propósito Actividad: Adquirir herramientas que facilitarán la elaboración de sustrato

Desarrollo de Actividad: Se adquirirán

- a. Palas
- b. Carretillas
- c. Azadones
- d. Morteros

Responsable Actividad: Afiliados asociación hacienda “La Magdalena”

2.3.2. Nombre Actividad: Adquisición de equipos

Propósito Actividad: Adquirir equipos que facilitarán la elaboración de sustrato y trituración de lodos

Desarrollo Actividad: Se adquirirán

- a. Balanza Industrial
- b. Trituradora de lodos
- c. Mezcladora

Responsable Actividad: Afiliados asociación hacienda “La Magdalena”

2.3.3. Nombre Actividad: Adquisición de suministros

Propósito Actividad: Adquirir suministros que formarán parte en la elaboración de sustrato

Desarrollo Actividad: Se adquirirán

- a. Tierra Negra o de Páramo
- b. Cascajo Blanco o Limo
- c. Cascarilla de Arroz

Responsable Actividad: Afiliados asociación hacienda “La Magdalena”

Actividad 2.4: Elaboración y Aplicación de sustrato

2.4.1. Nombre Actividad: Transporte de lodos

Propósito Actividad: Transportar los lodos hacia la infraestructura destinada para depositarlos y así proceder a su trituración

Desarrollo Actividad: Los lodos serán transportados desde Fabrinorte, hacia las instalaciones de la hacienda “La Magdalena” bajo las medidas de seguridad correspondientes

Responsable Actividad: Fabrinorte Cía. Ltda.

2.4.2. Nombre Actividad: Capacitación para el manejo de lodos y elaboración de sustrato

Propósito Actividad: Capacitar a los miembros de la asociación hacienda “La Magdalena” con la intención de mostrar las cantidades a ser empleadas en la elaboración del sustrato

Desarrollo Actividad: Capacitación a desarrollar en las instalaciones de la hacienda “La Magdalena”

Responsable Actividad: Fabrinorte Cía. Ltda.

2.4.3. Nombre Actividad: Elaboración de sustrato

Propósito de Actividad: Elaborar sustrato a base de lodo residual textil en las porciones requeridas

Desarrollo Actividad: Previa trituración de lodos, el sustrato se realizará en las siguientes proporciones:

- a. 25 kg (1.13 kg/m²) Tierra negra
- b. 35 kg (1.6 kg/m²) Limo
- c. 15 kg (0.7 kg/m²) Cascarilla arroz
- d. 30 kg (1,3 kg/m²) Tierra sitio

e. 45 kg (2.04 kg/m²) Lodo textil

Responsable Actividad: Afiliados asociación hacienda “La Magdalena”

2.4.4. Nombre de Actividad: Aplicación de sustrato

Propósito Actividad: Aplicar sustrato en cada uno de los sectores seleccionados con el fin de aportar los nutrientes requeridos por las plantas

Desarrollo Actividad: Adicionando el sustrato elaborado en suelos destinados a la producción de Pino y plantas ornamentales dentro de la hacienda “La Magdalena”

Responsable Actividad: Afiliados asociación hacienda “La Magdalena”

Actividad 2.5: Seguimiento y Evaluación

2.5.1. Nombre Actividad: Seguimiento de sectores en los que se aplicó el sustrato

Propósito Actividad: Hacer un seguimiento mensual de cada uno de los sectores en los que se aplicó el sustrato con la intención de ver su evolución

Desarrollo Actividad: Mediante observación en campo y registro de individuos

Responsable: Afiliados asociación hacienda “La Magdalena”

2.5.2. Nombre Actividad: Evaluación e Interpretación de información

Propósito Actividad: Evaluar datos recolectados en los sectores de producción con la finalidad de ver pros o contras tras la aplicación del sustrato

Desarrollo Actividad: Análisis de información recolectada

Responsable: Administrativos hacienda “La Magdalena”

Actividad 3.1: Evaluación de costos

3.1.1. Nombre actividad: Evaluación de costos

Propósito Actividad: Comparar gastos entre el precio que requiere entregar lodos residuales textiles a un gestor calificado y el precio que conlleva transportarlos desde Fabrinorte hacia los espacios destinados por las instituciones vinculadas al proyecto

Desarrollo Actividad: Cálculo y comparación mensual de costos a la entrega de gestores calificados y la entrega directa de lodos residuales hacia beneficiarios indirectos

Responsable: Departamento de Finanzas y Gestión Ambiental de Fabrinorte Cía. Ltda.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Las concentraciones de Cobre, Cromo, Níquel y Plomo presentes en lodos residuales textiles producidos en Fabrinorte Cía. Ltda., no sobrepasaron los límites máximos permisibles establecidos en la Norma Mexicana NOM-004-SEMARNAT-2002 y norma US EPA 40 CFR Part 503 emitida por la EPA, así, los valores de las concentraciones de los lodos permiten incorporar al suelo sin riesgo alguno constituyendo una correcta disposición final.

Este estudio ha demostrado que la administración a 45 kg de lodo residual textil presentó resultados óptimos sobre las variables evaluadas de pimiento verde (*Capsicum annuum*) en efecto el uso de estos residuos industriales es provechoso para el desarrollo de la especie en mención.

Con base a la problemática de Fabrinorte Cía. Ltda., este estudio definió la elaboración de sustrato como alternativa a la gestión adecuada de lodos residuales textiles, por ello la ejecución de esta propuesta piloto se reflejará en la producción y aplicación de sustrato en la producción ornamental y forestal desarrollada por la asociación Hacienda La Magdalena con el fin de resguardar la seguridad alimentaria.

5.2. Recomendaciones

Con el fin de garantizar la efectividad de su aplicación, este tipo de investigaciones deben desarrollarse en especies de carácter forestal u ornamental, así, se pretende evidenciar si la influencia de lodos residuales de origen industrial actúa de manera positiva o negativa sobre las nuevas especies. Próximos ensayos deberán evaluar las características físicas de los suelos en lo que se han depositado lodos residuales con fines ornamentales o forestales con la intención de conocer si los nutrientes del suelo aumentan o disminuyen al igual que el contenido de metales pesados.

Fabrinorte Cía. Ltda., debe continuar en la búsqueda de asociaciones que requieran biosólidos para producción forestal u ornamental con el fin de generar convenios entre instituciones públicas o privadas; Fabrinorte Cía. Ltda., brindará capacitaciones sobre la manipulación y elaboración del sustrato a los integrantes de las entidades participantes.

La aplicación de lodos residuales textiles a manera de sustrato deberá aplicarse de manera rotativa, controlando la cantidad de lodos, dimensiones del área a suministrar, la especie a trabajar, y el tiempo de administración de sustrato, con el fin de aprovechar los nutrientes presentes en lodos evitando la acumulación de metales pesados en el suelo a corto, mediano y largo plazo.

REFERENCIAS

- Acuerdo Ministerial 061. (2015). *Registro oficial*, 316. (04 de mayo de 2015).
- Acuerdo Ministerial 142. (2012). *Registro Oficial*, 856 (21 de diciembre de 2012).
- Aldana, A. y Pérez, R. (2017). *Propuesta para el tratamiento y aprovechamiento de lodos en una PTAR convencional. Caso de estudio: Planta de Tratamiento de Agua Potable de El Espinal – Tolima* (Tesis de pregrado). Universidad de la Salle, Bogotá, Colombia.
- Anastasi, A., Prigione, V y Varese, G. (2010). Industrial dye degradation and detoxification by basidiomycetes belonging to different eco-physiological groups. *Journal of Hazardous Materials*, 177, 260-267.
- Antonious, G., Turley, E., Sikora, F. y Snyder, J. (2008). Heavy metal mobility in runoff wáter and absorption by eggplant fruits from sludge treated soil. *Journal of Environmental Science and Health*, 43, 526-532.
- Asociación de Industrias Textiles del Ecuador. (2018). *Historia y Actualidad*.
- Atencio, J., Ramos, P. y Aguirre, G. (2011). Aprovechamiento agrícola de lodo generado en la PTAR de puente Piedra. Lima. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 77 (1), 75-85.
- Bassuony, A., Bahgat, M., Shatoury, A. y Serafy, M. (2016). Physical, chemical and Actinobacterial characteristics of textile wastewater, Port Said, Eryp. *Egypt. J. Aquat. Biol. y Fish*, 20 (3), 125-137.
- Bautista, E., Benavides, A., Rodriguez, M., Gonzales, J., Robledo, V. y Sandoval, A. (2015). Textile industrial sludge in the production of potted hydrangea (*Hydrangea macrophylla L.*). *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, (12), 2359 - 2370.

- Bedoya, K., Acevedo, J., Peláez, C. y Agudelo, S. (2013). Caracterización de biosólidos generados en la planta de tratamiento de agua residual San Fernando, Itagüí (Antioquia, Colombia). *Revista Salud Publica*, 15 (5), 778-790.
- Begun, A. (2011). Evaluation of municipal sewage sludge vermicompost on two cultivars of tomato (*Lycopersicum esculentum*) plants. *International Journal of ChemTech*, 3 (3), 1184-1188.
- Benkhaya, S., El-Harfi, S. y El-Harfi, A. (2017). Classification, properties and applications of textile dyes: A review. *Journal of Environmental Engineering Science*, 3 (3), 311-320.
- Bin Awar, T., Benhrose, B. y Ahmed, S. (2018). Utilization of textile sludge and public health risk assessment in Bangladesh. *Sustainable Environment Research*, 1-6.
- Bilinka, L., Gmurek, M. y Ledakowicz, S. (2017). Textile wastewater treatment by AOPs for brine reuse. *Process Safety and Environmental Protection*, 109, 420-428.
- Cabezas, J., Alonso, J., Pastor, J., Sastre, I., y Lobo, M. (2004). Absorción y acumulación de metales pesados en tres especies vegetales en suelos enmendados con lodos de depuradora. *Environmental Biotechnology and Engineering*.
- Carrión, E. (28 de agosto de 2011). Agricultores ahora son dueños de la Hacienda La Magdalena. *El Norte*, pág. 12. Ibarra.
- Castañeda, A., Flores, H., Velazco, R. y Martínez, M. (2011). Efectos de la aplicación de lodos orgánicos o biosólidos generados en el tratamiento de las aguas residuales domésticas sobre el suelo y la productividad de maíz forrajero en los Altos de Jalisco, México. *Investigación del Agua en México*, 227-237.
- Castañeda, K. y Oña, Y. (2017). *Propiedades catálicas de lodos residuales de plantas de tratamiento de efluentes de la industria textil* (Tesis de pregrado). Universidad central del Ecuador, Quito, Ecuador.

- Caviedes, D., Muñoz, R., Perdomo, A., Rodríguez, D., y Sandoval, I. (2015). Tratamiento para la remoción de metales pesados comúnmente presentes en aguas residuales industriales. Una revisión. *Revista Ingeniería y Región*. 13 (1), 73-90.
- Chuquimamani, H. (2018). *Evaluación de compostaje de lodos provenientes del tratamiento de aguas residuales de la industria textil* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Arequipa, Perú.
- Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencia, (2005). Informe Técnico sobre minimización de residuos en la industria textil. Biblioteca Electrónica Publicaciones CEPIS sobre residuos N° 86.
- Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencia, (1995). Prevención de la contaminación en la industria textil. Biblioteca Electrónica Publicaciones CEPIS sobre residuos N° 86.
- Código Orgánico del Ambiente (COA). (2017). *Registro oficial*, 983 (12 de abril 2017).
- Constitución de la República del Ecuador. (2008). *Registro oficial*, 449 (20 de octubre del 2008).
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (1968). La industria Textil en América Latina. (12).
- Cooper, J. (2005). The effect of biosolids on cereals in center New Sputh Wales, Australia. 2. Soil leveld and plant uptake of heavy metals and pesticides. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 45, 445-451.
- Crocker, Ch. (2012). Tejido y Tricotado. En L.Ivester y J. Neefus (Ed). Capítulo 89 Industria de productos textiles. En enciclopedia de la OIT (pp. 89.23-89-25).
- Deng, D., Aryal, N., Ofori-boadu, A. y Jha, M. (2018). Textile Wastewater Treatment. *Bangladesh Resources and Environment*, 5 (1), 14-44.

- Dey, S. y Islam, A. (2015). A review on textile wastewater characterization in Bangladesh and Environment. *Resources and Environment*, 5 (1), 15-44.
- Díaz, A., Barrios, J. y Jiménez, B. (2004). Effect of the application of acid treated biosolids on marigold (*Tagetes erecta*) development. *Water Science and Technology*, 5 (9), 33-40.
- Díaz, A., Veliz, E. y Venta, M. (2015). Tratamiento de lodos, generalidades y aplicaciones. Revista CENIC. *Ciencias Químicas*, 46, 1-10.
- Elmi, A., Al-Khaldy, A y AlOlayan, M. (2019). Sewage sludge land application: Balancing act between agronomic benefits and environmental concerns. *Journal of Cleaner Production*, 250, 1-6.
- Environmental Protection Agency. (1997). Profile of textile industry. United States, Sector Notebooks.
- EPA (1995). A guide to the biosolids risk assessments for the EPA part 503 rule.
- EPA (Environmental Protection Agency). (2000). Biosolids technology fact sheet: Land application of biosólidos. EPA 832-F-00-064.
- Francisco, A., Ramos, M. y Aguirre, G. (2011). Aprovechamiento Agrícola del Lodo generado en la PTAR de Puente Piedra – Lima. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 77 (1), 75-85.
- Flores, E., Moreno, H., Figueroa, U. y Potisek, M. (2014). Disponibilidad de nitrógeno y desarrollo de avena forrajera (*Avena sativa L.*) con aplicación de biosólidos. *Terra Latinoamericana*, 32 (2), 99-105.
- Galeano, L., y Rojas, V. (2016). *Propuesta de diseño de una planta de tratamiento de agua residual por zanjón de oxidación para el casco urbano del municipio de Velez – Santader*. (Tesis de pregrado). Universidad Católica de Colombia, Colombia.

- García, N. (2006). Lodos residuales: estabilización y manejo. *Caos Conciencia*, (1), 51-58
- Gilsanz, J., Leoni, C., Schelotto, F. y Acuña, A. (2013). Uso potencial de los lodos urbanos en la producción agrícola. *Agrociencia Uruguay*, 17 (2), 1-10.
- Gómez, G., Del Campo, M., Guadalupe, M., y Pedroza, S. (2017). Aplicación de lodos residuales industriales en el cultivo de maíz (*Zea mays*) como acondicionadores de suelo. *Revista de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales*, 8 (3), 1-7.
- González, E., Ramos, J., Tornero, M. y Murillo, M. (2017). Evaluation of doses of urban biosolids in maize under greenhouse conditions. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8 (1), 119-132.
- Goodpaster, J. y Liszewski, E. (2009). Forensic analysis of dyed textile fibers. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 394, 2009-2018.
- Grajales, S., Monsalve, J. y Castaño, J. (2006). Programa de manejo integral de los lodos generados en la planta de tratamiento de aguas residuales de la Universidad Tecnológica de Pereira. *Scientia et Technica* (31), 285-290.
- Granada, L., Álvarez, N. y Afanador, M. (2018). Lineamientos para la implementación de una filosofía de gestión ambiental. Bogotá, Colombia: Ediciones de la U
- Gualberto, J. y Macías, L. (2013). Los lodos de las plantas de tratamiento de aguas residuales ¿problema o recurso?
- Gül, Ü. (2019). A green approach for the treatment of dye and surfactant contaminated industrial wastewater. *Brazilian Journal of Biology*, 1-6.
- Gutiérrez M., Droguet M., y Crespi, M. (2003). Las emisiones Atmosféricas Generadas por la Industria Textil. *Boletín Intexter*, 123, 51-57.
- Guzmán, C. y Campos, C. (2004). Indicadores de contaminación fecal en biosólidos aplicados en la agricultura. *Universitas Scientiarum*, 9 (1), 59-67.

- Hossain, M., Strezov, V., Yin Chan, K. y Nelson, P. (2010). Agronomic properties of wastewater sludge biochar and bioavailability of metals in production of cherry tomato (*Lycopersicon esculentum*). *Chemosphere*, 78, 1167-1171.
- Huang, J., Liu, J., Chang, K., Buyukada, M., y Evrendilek, F. (2020). (Co-)pyrolytic performances and by-products of textile dyeing sludge and spent mushroom substrate. *Journal of Cleaner Production*, 216, 121195.
- Hu, B., Li, G., Li, J., Bi, J., Zhao, J., y Bu, R. (2013). Spaital distribution and ecotoxicological risk assessment af heavy metals ins Surface sediments of the southern Bohai Bay, China. *Environ Sci Pollut Res*, 20, 4099-4110.
- Indutexma. (2015). Indutexma textiles.
- Indutexma. (2018). Planta de tratamiento biológico de aguas residuales industriales.
- Imtiazuddin, M. (2018). Impact of textile Wastewater Pollution on the Environment. *Pakistan Textile Journal*. 38-39.
- Kant, R. (2012). Textile dyeing industry an environmental hazars. *Natural Science*, 4 (1), 22-26.
- Kanti, A., Rahman, O., Das, S. y Hossain, S. (2015). Characterization and Composting of Textile Sludge. *Resources and Environment*, 5 (2), 53-58.
- Karthik, T., y Rathinamoorthy, R. (2015). Recycling and Reuse of Textile Effluent Sludge. *Environmental Footprints and Eco-Design of Products and Processes*, 213–258. doi:10.1007/978-981-287-643-0_9
- Kiernan, J. (2002). Classification and naming of dyes, stains and fluorochromes. *Biotech and Histochem*, 76, 261-277.
- Kirk-Othmer. (1993). Azo dyes. Enciclopedia of Chemical Technology, *Editorial John Willey y Son*.

- Komárek, M., Vanek, A., y Ettler, V. (2012). Chemical stabilization of metals and arsenic in contaminated soils using oxiudes – A review. *Environental Pollution*, 172 (2013), 9-22.
- Lazcano, C. (2016). *Biotecnología Ambiental de Aguas y Aguas Residuales*. Perú: ECOE.
- Lideres. (2017, 16 de marzo). Sector textil es el segundo de Ecuador que genera más empleo.
- Lockuán, F. (2012). *La Industria textil y su control de calidad – Tintorería*.
- Lozano, W. (2012). *Fundamentos de diseño de plantas depuradoras de aguas residuales*. Universidad Piloto de Colombia, Colombia.
- Martínez, M. y Crespi, M. (1993). Uso de pesticidas para el cultivo de algodón. Situación actual. Instituto. Instituto *Investigación Textil y Cooperación Industrial*, 48 (3), 166-172.
- Metcalf y Eddy. (2003). *Wastewater engineering: treatment and resource recovery* (4th ed.). United States: Mc Graw Hill.
- Menéndez, C., Pérez, J., y García, J. (2005). *Plantas de tratamiento de aguas residuales municipales mediante filtros percoladores: Control de la operación mantenimiento y muestreo*. Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría.
- Montenegro, V. (2019). *Efecto de la aplicación de dos tipos de bioles en la incidencia y severidad de enfermedades en el cultivo de papa (Solanum tuberosum L.) variedad superchola en el cantón Otavalo* (Tesis de pregrado). Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador.
- Narváez, W., Benavides, A., Robledo, V. y Mendoza R. (2013). Textile sludge effectiveness on the production and chemical composition of tomato fruit. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 4 (1), 129-141.

- Narváez, W., Benavides, A., Vásquez, M. y Cabrera, M. (2014). Efecto de la aplicación de lodos crudos de la industria textil en la productividad y en la composición química de lechuga (*Lactuca sativa*). *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 30 (4), 379-391.
- Negrin, A. y Jiménez, Y. (2012). Evaluation of the agronomic effect of biosolids from a wastewater treatment by anaerobic digestion of livestock waste in vean (*Phaseolus vulgaris L.*) crop. *Cultivos Tropicales*, 33 (2), 13-19.
- Newlands, D. y Leonard, P. (2000). King Country Success Story. Proceedings of the *Water Environmental Federation*, 2000(1), 506-511.
- Organización de la Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2015). *Codex Alimentarius: Normas Internacionales de los Alimentos. Norma general para los contaminantes y las toxinas presentes en los alimentos y piensos.*
- Osorio, F., Torres, J. y Sánchez, M. (2017). Tratamiento de las aguas residuales para la eliminación de microorganismos y agentes contaminantes. Aplicación de procesos industriales a la reutilización de aguas residuales. España: Díaz de Santos.
- Párraga, A. (2016). *Biosólidos provenientes de aguas residuales de una procesadora de pescado aplicados al cultivo de maíz (Zea mayz var. INIAP-528) en la provincia de Manabí.* (Tesis de maestría). Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.
- Patel, H. y Vashi, R. (2015). Characterization and treatment of textile Wastewater.
- Parvati, Ch., Maruthavanan, T. y Prakash, C. (2009). Environmental impacts of textile industries. *The Indian Textile Journal*. ELSEVIER.
- Peñarete, M., Silva, J., Urrutia, C., Daza, T. y Torres, P. (2013). Efectos de la aplicación de biosólidos sobre las propiedades físicas de un suelo cultivado con caña de azúcar. *Acta Agronómica*, 62 (3), 251-260.

- Pérez, N. (2018). *Tratamiento de aguas residuales de industria textil mediante fotocatalisis con dióxido de titanio* (Tesis de pregrado). UDLA, Quito.
- Pesok, J. (2012). *Introducción a la tecnología textil*. Montevideo, Uruguay.
- Plattus R. y Herbert, M. (2012). Principales Sectores y Procesos. En Ivester y J. Neefus (Ed). Capítulo 87 Industria de productos textiles.
- Potisek, M., Figueroa, U., Gonzáles, G., Jasso, R. y Orona, I. (2010). Aplicación de biosólidos al suelo y su efecto sobre contenido de materia orgánica y nutrimentos. *Terra Latinoamericana*, 28 (4), 327-333.
- Ramírez, P. y Pérez M. (2006). Evaluación del potencial de los biosólidos procedentes del tratamiento de aguas residuales para uso agrícola y su efecto sobre el cultivo de rábano (*Raphanus sativus L.*). *Revista Facultad Nacional de Agronomía*, 59 (2), 3543-3556.
- Ramírez, R., Velásquez D. y Acosta E. (2007). Efecto de la aplicación de biosólidos en el crecimiento de *Jacaranda mimosifolia* (Gualanday) y en las condiciones físicas y químicas de un suelo degradado. *Revista Facultad Nacional de Agronomía*, 60 (1), 3751-3770.
- Reglamento al Código Orgánico del Ambiente. (2019). *Registro Oficial*, 507. (12 de junio de 2019)
- Rosquete, M. (2019). *Efecto de lodos residuales en la acumulación de arsénico en frijol*. (Tesis pregrado). Universidad Autónoma de Querétaro.
- Saha, S., Nath, B., Pati, S., Pal, B., y Chand, G. (2017). Agriculture use of sewage sludge in India: benefits and potential risk of heavy metals contamination and posible remediation options – a review. *Environmental Technology and Management.*, 20 (3), 183-199.
- Salcedo, E., Vázquez A., Krishnamurthy, L., Zamora, F., Hernández, E. y Rodríguez, R. (2007). Evaluación de lodos residuales como abono orgánico en suelos

volcánicos de uso agrícola y forestal en Jalisco, México. *Interciencia*, 32 (2), 115-120.

SENPLADES. (2015). Formato para la presentación de perfiles de proyectos.

Sheldon, Marshall, Jingxi, Estella Zandile, De Jager, Debbie, Augustine, Robyn, Korenak, Jasmina, Helix-Nielsen, C. y Petrinic, Irena. (2018). Potential of dyes as draw solutions in forward osmosis for the South African textile industry. *Water SA*, 44 (2), 258-268.

Silva, J., Leal, T., Araújo, A., Araujo, R., Gomes, R., Melo, W. y Singh, R. (2010). Effect of different tannery sludge compost amendment rates on growth, biomass accumulation and yield responses of Capsicum plants. *Waste Management*, 30, 1976-1980.

Solanki, P., Kalavagadda, B., Akula, B., Kumar, S. y Jagdishwar, D. (2017). Effect of sewage sludge on marigold (*Tagetes erecta*). *International Journal of Current Microbiology and Applied sciences*. 6 (6), 825-831.

Solís, M., Gil, J., Solís, A., Pérez, H., Manjarrez, N. y Perdomo, M. (2013). El proceso de sedimentación como una aplicación sencilla para reducir contaminantes en efluentes textiles. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*. 12 (3), 585-594.

Tejada, C., Villabona, A., y Garcés, L. (2014). Adsorción de metales pesados en aguas residuales usando materiales de origen biológico. *Tecno Lógicas*. 18 (34), 109-223.

Torres, J., Benavides, A., Ramírez, H., Robledo, V., Gonzáles, F. y Díaz, V. (2011). Aplicación de lodo industrial crudo en la producción de *Lilim sp.* En Invernadero. *Terra Latinoamericana*, 29, 467-476.

United States Environmental Protection Agency. (1997). Profile of the textile industry. Washington, DC.

- Ures, P., Jácome, A., y Suarez, J. (2014). Neutralización de pH. Fichas técnicas de etapas de proceso de plantas de tratamiento de aguas residuales de la industria textil. Universidad da Coruña.
- Valh, J., Le, A., Vajnhandl, S., Jeric, T. y Simon E. (2011). Water in the Textile Industry. *Treatise on Water Science*, 4 (1). 689 - 693.
- Walters, A., Santillo, D. y Johnston, P. (2005). El tratamiento de textiles y sus repercusiones ambientales. Laboratorio de investigación de Greenpace. Universidad de Exeter, Reino Unido.
- Warshaw, L. (2012). La industria textil: Historia y salud y seguridad. En Ivester y J. Neefus (Ed). Capítulo 89 Industria de productos textiles. En enciclopedia de la OIT (pp. 89.2-89.3).
- White, C., Loftin, S. y Aguilar, R. (1997). Application of Biosolids to Degraded Semiarid Rangeland: Nine-Year Responses. *Environ Qual*, 26, 1663-1671.
- Wijetunga, S., Xiu-Fen, L., Wen-Quan, R. y Chen, J. (2008). Evaluation of the efficacy of upflow anaerobic sludge blanket reactor in removal of color and reduction of COD in real textile wastewater. *Bioresource Technology*, 99, 3692-3699.
- You, S., Cheng, S., y Yan, H. (2009). Te impact of textile industry on China's environment. International journal of Fashion dassing, *Technology and Education*, 2 (1), 33-43.
- Zaldumbide, A. (2016). *Selección entre un proceso de electrocoagulación y un proceso combinado de electrocoagulación con fenton para el diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales provenientes de la empresa textil FABRINORTE CIA. LTDA.* (Tesis de pregrado). Universidad Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.
- Zou, H., Ning, Z., Wang, Y., y Zhou, F. (2019). The agricultural use potential of the detoxified textile dyeing sludge by integrated Ultrasound/Fenton-like process: A comparative study. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 172, 26-32.

Zubillaga, M. y Lavado, R. (2001). Biosolids compost as component of potting media for bedding plants. *Gartenbauwissenschaft*, 66 (6), 304-309.

ANEXOS

Anexo 1

Anexo 1a. Cuadro de análisis, variable altura de planta

Variable	N	R²	R²	Aj	CV
Altura	144	0.90		0.90	14.24
F. V	SC	gl	CM	F	p – valor
Modelo	13965.68	5	2793.14	246.14	<0.0001
Masa lodo	226.41	3	75.47	6.65	0.0003
Mes	13739.27	2	6869.64	605.38	<0.0001
Error	1565.98	138	11.35		
Total	15531.66	143			

Anexo 1b. Cuadro de análisis, variable diámetro

Variable	N	R²	R²	Aj	CV
Altura	144	0.88		0.88	19.15
F. V	SC	gl	CM	F	p – valor
Modelo	9.90	5	1.98	202.46	<0.0001
Masa lodo	0.19	3	0.06	6.58	0.0003
Mes	9.70	2	4.85	496.27	<0.0001
Error	1.35	138	0.01		
Total	11.25	143			

Anexo 1c. Cuadro de análisis, variable número de hojas

Variable	N	R²	R²	Aj	CV
Altura	144	0.82	0.82		33.39
F. V	SC	gl	CM	F	p – valor
Modelo	83534.84	5	16706.97	127.47	<0.0001
Masa lodo	968.58	3	322.86	2.46	0.0651
Mes	82566.26	2	41283.13	314.99	<0.0001
Error	18086.49	138	131.06		
Total	101621.33	143			

Anexo 1d. Cuadro de análisis, variable número de flores

Variable	N	R²	R²	Aj	CV
Altura	144	0.57	0.55		61.97
F. V	SC	gl	CM	F	p – valor
Modelo	1539.06	5	307.81	35.94	<0.0001
Masa lodo	59.67	3	19.89	2.32	0.0778
Mes	1479.39	2	739.69	86.37	<0.0001
Error	1181.83	138	8.56		
Total	2720.89	143			

Anexo 1e. Cuadro de análisis, variable frutos

Variable	N	R²	R²	Aj	CV
Altura	144	0.34	0.32		63.65
F. V	SC	gl	CM	F	p – valor
Modelo	382.99	5	76.60	14.39	<0.0001
Masa lodo	47.19	3	15.73	2.95	0.0348
Mes	335.79	2	167.90	31.53	<0.0001
Error	734.76	138	5.32		
Total	1117.75	143			

Anexo 2. Registro fotográfico y multimedia



Fotografía 1. Trituración de lodos residuales textiles



Fotografía 2. Limpieza de 100 m² de terreno, Granja Experimental Yuyucocha



Fotografía 3. Preparación de sitios experimentales con diferentes dosis



Fotografía 4. Plántulas de pimiento utilizadas en el experimento



Fotografía 5. Implementación de experimento



Fotografía 6. Riego por gravedad



Fotografía 7. Toma datos relacionado a variables



Fotografía 8. Limpieza de malezas

Investigaciones universitarias aportan soluciones ambientales

IBARRA • La Prefectura de Imbabura acoge a estudiantes que realizan tesis como trabajo previo a su graduación profesional. El fin es aprovechar sus conocimientos en favor de la comunidad.

Precisamente, la entidad provincial vinculó sus acciones con Fabrinorte Compañía Limitada, ubicada en el cantón Otavalo, con años de experiencia en el sector textil y catalogada como una de las empresas con mayor cantidad de producción a nivel nacional.

La entidad, dentro de su competencia, el 03 de mayo de 2018 entregó la resolución del permiso ambiental para dar paso al funcionamiento de la planta de tratamiento, que evita continuar contaminando las aguas de la quebrada Cuscungo.

La planta inicia su proceso con el cribado, que es la separación de la materia gruesa y fina en la entrada de la planta; luego la homogenización, para continuar con la neutralización y posterior oxidación biológica, para llegar a la sedimentación primaria, que es la parte en la que se clarifica el agua del tanque de oxidación.

Luego de este proceso se adicionan productos químicos, para eliminar el color del afluyente, y finalmente el lodo sedimentado ingresa a presión al filtro prensa, en donde se compacta a través de placas.

Academia

A pesar de esto, el lodo que queda sigue siendo un problema de carácter ambiental y es aquí donde ingresa la academia, para,

a través de sus estudiantes que están a punto de graduarse, establecer acuerdos a fin de realizar tesis que apunten a la búsqueda de propuestas positivas para mejorar la calidad ambiental.

Por ejemplo, en este trabajo se ha comprometido el apoyo del estudiante universitario Álvaro Piedra, de la carrera de Ingeniería de Recursos Naturales de la Universidad Técnica del Norte, con el tema "Propuesta para el manejo de los lodos residuales de la planta de tratamiento de la empresa Fabrinorte".

Según detallaron desde la Prefectura de Imbabura, su proyecto se centra en volver, mediante un procedimiento adecuado, el lodo en abono.

"La investigación actualmente se aplica en un sembrío de pimientos, a los que se les añade porcentajes del lodo para conocer cuál es el mejor", explicaron.

"Una vez que la hortaliza esté lista para su cosecha, se prevé realizar el análisis de alimentos, con el que se conocerán los resultados finales positivos o cambios que se deban realizar para el correcto uso de este abono", agregaron.

Todo este proceso ha sido acompañado de Jorge Arturo Castro, ingeniero químico de la Dirección General de Ambiente de la Prefectura de Imbabura.

"De esta manera se busca promover nuevos espacios para jóvenes visionarios y a la par solucionar problemas que afectan al ambiente", finalizaron desde la entidad provincial. (DLD)

EL DATO

El Ministerio del Ambiente, desde 2015, otorgó al Gobierno Provincial la acreditación como Autoridad Ambiental de Aplicación Responsable.

Fotografía 9. Artículo publicado en Diario la Hora referente al proyecto de tesis



Prefectura de Imbabura

29 de enero · 🌐



Álvaro Piedra

👉 Investigaciones universitarias generan soluciones a problemáticas ambientales 👉

La Prefectura acoge a estudiantes que realizan tesis como trabajo previo a su graduación profesional. El fin es aprovechar sus conocimientos en favor de la comunidad, pues los temas que se desarrollan se orientan a mejorar las condiciones de vida. 🌱

🌱 Conozca el trabajo del estudiante Álvaro Piedra.



#PrefecturaDelImbabura | #ImbaburaGeoparqueMundial [Ver menos](#)



Fotografía 10. Informativo de la Prefectura de Imbabura referente al proyecto de tesis

Link de acceso:

<https://www.facebook.com/PrefecturaImbabura/videos/1538226079648779/>

Anexo 3. Resultados análisis lodos

Anexo 3a. Análisis lodos residuales en base a norma US EPA 40 CFR Part 503



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

SUPLEMENTO PROTOCOLO N°: 52847/2018-1.0	RIJ-49
SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	Revisión: 10
	Página 2 de 4

RESULTADOS OBTENIDOS

PARÁMETROS ANALIZADOS	METODOLOGÍA DE REFERENCIA	MÉTODO INTERNO ALS	UNIDAD	5578	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	CRITERIO DE RESULTADOS
				LT		
ARSÉNICO	Standard Methods Ed. 22, 2012, 3114 B	PA - 87.00	mg/kg	0,60	75	CUMPLE
CADMIO	EPA 3010 A, Rev. 01, 1992 EPA 3050 B, Rev. 02, 1996	PA - 07.00	mg/kg	1,65	85	CUMPLE
CROMO TOTAL	EPA 3010 A, Rev. 01, 1992 EPA 3050 B, Rev. 02, 1996	PA - 18.00	mg/kg	12,8	NO APLICA	NO APLICA
COBRE	EPA 3010 A, Rev. 01, 1992 EPA 3050 B, Rev. 02, 1996 EPA 7210, Rev. 0, 1996	PA - 25.00	mg/kg	458,8 ¹⁶	4300	CUMPLE
PLOMO	EPA 3010 A, Rev. 01, 1992 EPA 3050 B, Rev. 02, 1996	PA - 09.00	mg/kg	15,3	840	CUMPLE
MERCURIO	EPA 7471 B, Rev. 02, 2007	PA - 57.00	mg/kg	<0,10	57	CUMPLE
NIQUEL	EPA 3010 A, Rev. 01, 1992 EPA 3050 B, Rev. 02, 1996	PA - 08.00	mg/kg	4,5	420	CUMPLE
ZINC	EPA 3010 A, Rev. 01, 1992 EPA 3050 B, Rev. 02, 1996	PA - 19.00	mg/kg	62,0	7500	CUMPLE
COLIFORMES FECALES(*)	PETRFILM	PA - 97.00	NMP/g	0	¹⁹ <1000	CUMPLE
SALMONELLA(*)	PETRFILM	PA - 106.00	NMP/g	0	¹⁹ <3	CUMPLE
HUEVOS DE HELMINTOS(*)	Norma Mexicana NMX-AA-113-SCFI-2012, Rev. 02, 2012	PA - 98.00	huevos/g	<1	¹⁹ <1	CUMPLE
CARBONO ORGÁNICO FÁCILMENTE OXIDABLE	Primo Yúfera, Química Agrícola I, Método Walkley Black, 1934	PA - 35.00	%	11,02	NO APLICA	NO APLICA
NITRÓGENO TOTAL KJELDAHL	Standard Methods Ed. 22, 2012, 4500-N _{org} C	PA - 72.00	mg/kg	235517,4 ¹⁶	NO APLICA	NO APLICA
HUMEDAD(*)	EPA 160.3, 1971	PA - 85.00	%	10,16	NO APLICA	NO APLICA





Acreditación N° OAE LE 20 04-003
LABORATORIO DE ENSAYOS

REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

La información (1), (2), (3) que se indican a continuación, están FUERA del alcance de acreditación del SAE.

¹⁹ ²⁰ Acuerdo Ministerial N° 061, TULSMA, Libro VI, Título III, Capítulo VI: Gestión Integral de Residuos Sólidos No Peligrosos y Desechos Peligrosos y Especiales, Sección II, Art. 79 - Para determinar si un desecho debe ser o no considerado como peligroso, la caracterización del mismo deberá realizarse conforme las normas técnicas establecidas por la Autoridad Ambiental Nacional y/o la Autoridad Nacional de Normalización o en su defecto por normas técnicas aceptadas a nivel internacional, acogidas de forma expresa por la Autoridad Ambiental Nacional.

¹⁶ CFR 40, USA, 2014, Title 40, Chapter 1, Subchapter 0, Part 503. Standards for the Use or Disposal of Sewage Sludge, Subpart B: Land Application, 503.13: Pollution Limits, Table 1: Celling Concentrations.

¹² CFR 40, USA, 2014, Title 40, Chapter 1, Subchapter 0, Part 503. Standards for the Use or Disposal of Sewage Sludge, Subpart D: Pathogens and Vector Attraction Reduction, 503.32: Pathogens.

¹³ Criterio de resultados

¹⁴ Los valores reportados se encuentran fuera del rango de acreditación del SAE para Cobre de 5,0 a 125 mg/kg, Nitrógeno Total Kjeldahl de 62,5 a 3125 mg/kg.

Right Solutions • Right Partner

www.alsglobal.com

Anexo 3b. Análisis lodos residuales en base a norma Mexicana NOM-004-SEMARNAT-2002



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

PROTOCOLO N°: 52847/2018-1.0 RU 49
 SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN Revisión: 10
 Página 2 de 4

RESULTADOS OBTENIDOS

PARÁMETROS ANALIZADOS	METODOLOGÍA DE REFERENCIA	MÉTODO INTERNO ALS	UNIDAD	5578	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	CRITERIO DE RESULTADOS
				L1		
ARSÉNICO	Standard Methods Ed. 22, 2012, 3114 B	PA - 87.00	mg/kg	0,60	75	CUMPLE
CADMIO	EPA 3010 A, Rev. 01, 1992 EPA 3050 B, Rev. 02, 1996	PA - 07.00	mg/kg	1,65	85	CUMPLE
CROMO TOTAL	EPA 3010 A, Rev. 01, 1992 EPA 3050 B, Rev. 02, 1996	PA - 18.00	mg/kg	12,8	3000	CUMPLE
COBRE	EPA 3010 A, Rev. 01, 1992 EPA 3050 B, Rev. 02, 1996 EPA 7210, Rev. 0, 1996	PA - 25.00	mg/kg	458,8 ^(a)	4300	CUMPLE
PLOMO	EPA 3010 A, Rev. 01, 1992 EPA 3050 B, Rev. 02, 1996	PA - 09.00	mg/kg	15,3	840	CUMPLE
MERCURIO	EPA 7471 B, Rev. 02, 2007	PA - 57.00	mg/kg	<0,10	57	CUMPLE
NIQUEL	EPA 3010 A, Rev. 01, 1992 EPA 3050 B, Rev. 02, 1996	PA - 08.00	mg/kg	4,5	420	CUMPLE
ZINC	EPA 3010 A, Rev. 01, 1992 EPA 3050 B, Rev. 02, 1996	PA - 16.00	mg/kg	62,0	7600	CUMPLE
COLIFORMES FECALES ^(*)	PETRFILM	PA - 97.00	NMP/g	0	^(b) 2000000	CUMPLE
SALMONELLA ^(*)	PETRFILM	PA - 106.00	NMP/g	0	^(c) <300	CUMPLE
HUEVOS DE HELMINTOS ^(*)	Norma Mexicana NMX-AA-113-SCFI-2012, Rev. 02, 2012	PA - 98.00	huevos/g	<1	^(d) <35	CUMPLE
CARBONO ORGÁNICO FÁCILMENTE OXIDABLE	Primo Yúlera, Química Agrícola I, Método Walkley Black, 1934	PA - 35.00	%	11,02	NO APLICA	NO APLICA
NITRÓGENO TOTAL KJELDAHL	Standard Methods Ed. 22, 2012, 4500-N _{org} C	PA - 72.00	mg/kg	235517,4 ^(e)	NO APLICA	NO APLICA
HUMEDAD ^(*)	EPA 160.3, 1971	PA - 85.00	%	10,16	NO APLICA	NO APLICA





Acreditado N° OAE LE 20 16 065
LABORATORIO DE ENSAYOS

REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

La información (1), (2), (3) que se indican a continuación, están FUERA del alcance de acreditación del SAE.

^(a) Acuerdo Ministerial N° 061, TULSMA, Libro VI, Título III, Capítulo VI: Gestión Integral de Residuos Sólidos No Peligrosos y Residuos Peligrosos y/o Especiales, Sección II, Art. 78.- Para determinar si un desecho debe ser o no considerado como peligroso, la caracterización del mismo deberá realizarse conforme las normas técnicas establecidas por la Autoridad Ambiental Nacional y la Autoridad Nacional de Normalización o en su defecto por normas técnicas aceptadas a nivel internacional, recogidas de forma expresa por la Autoridad Ambiental Nacional.

^(b) Norma Oficial Mexicana NOM-004-SEMARNAT-2002, Protección Ambiental. Lodos y Biosólidos. Especificaciones y Límites Máximos Permisibles de contaminantes para su aprovechamiento y disposición final. Tabla 1: Límites Máximos Permisibles para Metales Pesados en Biosólidos.

^(c) Norma Oficial Mexicana NOM-004-SEMARNAT-2002, Protección Ambiental. Lodos y Biosólidos. Especificaciones y Límites Máximos Permisibles de contaminantes para su aprovechamiento y disposición final. Tabla 2: Límites Máximos Permisibles para Peligrosos y Pasivos en Lodos y Biosólidos.

^(d) Criterio de resultados

^(e) Los valores reportados se encuentran fuera del rango de acreditación del SAE para Cobre de 5,0 a 125 mg/kg; Nitrógeno Total Kjeldahl de 62,5 a 2125 mg/kg

Right Solutions • Right Partner

www.alsglobal.com

Anexo 4. Resultados análisis bromatológico

Anexo 4a. Análisis metales pesados tratamiento 2 (15 kg lodo residuales textil)



INFORME DE RESULTADOS

INF LASA 21-01-20-0124
ORDEN DE TRABAJO No. 20-138

INFORMACIÓN DEL CLIENTE		
SOLICITADO POR: ALVARO ISRAEL PIEDRA MORA	DIRECCIÓN: PANAMERICANA SUR, PRIMERA ENTRADA CALPAQUI BAJO	
TELÉFONO/FAX: 0999469575	TIPO DE MUESTRA: ALIMENTO	PROCEDENCIA: PLANTA
IDENTIFICACIÓN: PIMIENTO VERDE	CODIGO INICIAL: M2 - VARIEDAD: LAMUYO - TRATAMIENTO: 10% 30% TIERRA NEGRA, 30% LIMO, 10% CASCARILLA DE ARROZ, 30% TIERRA SITIO Y 10% LODO RESIDUAL TEXTIL	

Información suministrada por el cliente

INFORMACIÓN DEL LABORATORIO		
MUESTREO POR: SOLICITANTE	FECHA DE MUESTREO: -	INGRESO AL LABORATORIO: 10/01/2020
FECHA DE ANÁLISIS: 10-21/01/2020	FECHA DE ENTREGA: 21/01/2020	NÚMERO DE MUESTRAS: Una (1)
CÓDIGO DE MUESTRA: 20-430	REALIZACIÓN DE ENSAYOS: LABORATORIO	

ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICO

ITEM	PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADOS	INCERTIDUMBRE U (k=2)	MÉTODO DE ENSAYO
1	COBRE	mg/kg	1,093	N.A.	Absorción Atómica - Horno de Grafito
2	CROMO TOTAL	mg/kg	<0,3	N.A.	Absorción Atómica - Horno de Grafito
3	NÍQUEL	mg/kg	<0,4	N.A.	Absorción Atómica - Horno de Grafito
4	PLOMO	mg/kg	<0,1	N.A.	Absorción Atómica - Horno de Grafito

N.A.: No Aplica

NOTA: En la muestra remitida no se detecta la presencia de metales, excepto en el parámetro cobre.

DR. MARCO SUJARRO
GERENTE DE LABORATORIO

Prohibida la reproducción parcial por cualquier medio sin permiso por escrito del laboratorio.

LASA se responsabiliza exclusivamente de los análisis, el resultado se refiere únicamente a la muestra recibida en el laboratorio.

Los criterios de conformidad serán emitidos teniendo en cuenta el valor de la incertidumbre asociada al resultado y declarada por el método específico.

El laboratorio se compromete con la Imparcialidad y Confidencialidad de la información y los resultados (la aceptación de este informe implica la aceptación de la política relativa al tema y declarada en www.laboratoriolasa.com)

Av. de la Prensa N53-113 y Gonzalo Gallo • Teléfonos: 2469- 814 / 2269-012
Juan Ignacio Pareja OES-97 y Simón Cárdenas • Teléfono: 2290-815 • Celular: 099 9236 287
e-mail: info@laboratoriolasa.com • web: www.laboratoriolasa.com • Quito - Ecuador

Anexo 4b. Análisis metales pesados tratamiento 3 (30 kg lodo residuales textil)



INFORME DE RESULTADOS

INF.LASA 21-01-20-0123
ORDEN DE TRABAJO No. 20-138

INFORMACIÓN DEL CLIENTE		
SOLICITADO POR: ALVARO ISRAEL PIEDRA MORA	DIRECCIÓN: PANAMERICANA SUR, PRIMERA ENTRADA CALPAQUI BAJO	
TELÉFONO/FAX: 0999469575	TIPO DE MUESTRA: ALIMENTO	PROCEDENCIA: PLANTA
IDENTIFICACIÓN: PIMIENTO VERDE	CÓDIGO INICIAL: M1 - VARIEDAD: LAMUYO - TRATAMIENTO: 20% 30% TIERRA NEGRA, 30% LIMO, 10% CASCARILLA DE ARROZ, 30% TIERRA SITIO Y 20% LODO RESIDUAL TEXTIL	

Información suministrada por el cliente

INFORMACIÓN DEL LABORATORIO		
MUESTREO POR: SOLICITANTE	FECHA DE MUESTREO: -	INGRESO AL LABORATORIO: 10/01/2020
FECHA DE ANÁLISIS: 10-21/01/2020	FECHA DE ENTREGA: 21/01/2020	NÚMERO DE MUESTRAS: Una (1)
CÓDIGO DE MUESTRA: 20-429	REALIZACIÓN DE ENSAYOS: LABORATORIO	

ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICO

ITEM	PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADOS	INCERTIDUMBRE U (k=2)	MÉTODO DE ENSAYO
1	COBRE	mg/kg	0,438	N.A.	Absorción Atómica - Horno de Grafito
2	CROMO TOTAL	mg/kg	<0,3	N.A.	Absorción Atómica - Horno de Grafito
3	NÍQUEL	mg/kg	<0,4	N.A.	Absorción Atómica - Horno de Grafito
4	PLOMO	mg/kg	<0,1	N.A.	Absorción Atómica - Horno de Grafito

N.A.: No Aplica

NOTA: En la muestra remitida no se detecta la presencia de metales, excepto en el parámetro cobre.


DR. MARCO GUIZARRO
GERENTE DE LABORATORIO

Prohibida la reproducción parcial por cualquier medio sin permiso por escrito del laboratorio.
LASA se responsabiliza exclusivamente de los análisis, el resultado se refiere únicamente a la muestra recibida en el laboratorio.
Los criterios de conformidad serán emitidos teniendo en cuenta el valor de la incertidumbre asociada al resultado y declarada por el método específico.
El laboratorio se compromete con la Imparcialidad y Confidencialidad de la información y los resultados (la aceptación de este informe implica la aceptación de la política relativa al tema y declarada en www.laboratoriolasa.com)

Av. de la Prensa N53-113 y Gonzalo Gallo • Teléfonos: 2469- 814 / 2269-012
Juan Ignacio Pareja OE5-97 y Simón Cárdenas • Teléfono: 2290-815 • Celular: 099 9236 287
e-mail: info@laboratoriolasa.com • web: www.laboratoriolasa.com • Quito - Ecuador



Anexo 4c. Análisis metales pesados tratamiento 4 (45 kg lodo residuales textil)



INFORME DE RESULTADOS

INF LASA 21-01-20-0125
ORDEN DE TRABAJO No. 20-138

INFORMACIÓN DEL CLIENTE		
SOLICITADO POR: ALVARO ISRAEL PIEDRA MORA	DIRECCIÓN: PANAMERICANA SUR, PRIMERA ENTRADA CALPAQUI BAJO	
TELÉFONO/FAX: 0999469575	TIPO DE MUESTRA: ALIMENTO	PROCEDENCIA: PLANTA
IDENTIFICACIÓN: PIMIENTO VERDE	CODIGO INICIAL: M3 - VARIEDAD: LAMUYO - TRATAMIENTO: 30% 30% TIERRA NEGRA, 30% LIMO, 10% CASCARILLA DE ARROZ, 30% TIERRA SITIO Y 30% LODO RESIDUAL TEXTIL	

Información suministrada por el cliente

INFORMACIÓN DEL LABORATORIO		
MUESTREO POR: SOLICITANTE	FECHA DE MUESTREO: -	INGRESO AL LABORATORIO: 10/01/2020
FECHA DE ANÁLISIS: 10-21/01/2020	FECHA DE ENTREGA: 21/01/2020	NÚMERO DE MUESTRAS: Una (1)
CÓDIGO DE MUESTRA: 20-431	REALIZACIÓN DE ENSAYOS: LABORATORIO	

ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICO

ITEM	PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADOS	INCERTIDUMBRE U (k=2)	MÉTODO DE ENSAYO
1	COBRE	mg/kg	0,369	N.A.	Absorción Atómica - Horno de Grafito
2	CROMO TOTAL	mg/kg	<0,3	N.A.	Absorción Atómica - Horno de Grafito
3	NIQUEL	mg/kg	<0,4	N.A.	Absorción Atómica - Horno de Grafito
4	PLOMO	mg/kg	<0,1	N.A.	Absorción Atómica - Horno de Grafito

N.A.: No Aplica

NOTA: En la muestra remitida no se detecta la presencia de metales, excepto en el parámetro cobre.


DR. MARCO GUIJARRO
GERENTE DE LABORATORIO

Prohibida la reproducción parcial por cualquier medio sin permiso por escrito del laboratorio.
LASA se responsabiliza exclusivamente de los análisis, el resultado se refiere únicamente a la muestra recibida en el laboratorio.
Los criterios de conformidad serán emitidos teniendo en cuenta el valor de la incertidumbre asociada al resultado y declarada por el método específico.
El laboratorio se compromete con la Imparcialidad y Confidencialidad de la información y los resultados (la aceptación de este informe implica la aceptación de la política relativa al tema y declarada en www.laboratoriolasa.com)

Av. de la Prensa N53-113 y Gonzalo Gallo • Teléfonos: 2469-814 / 2269-012
Juan Ignacio Pareja OE5-97 y Simón Cárdenas • Teléfono: 2290-815 • Celular: 099 9236 287
e-mail: info@laboratoriolasa.com • web: www.laboratoriolasa.com • Quito - Ecuador

