



POSGRADOS |

MAESTRÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES CON MENCIÓN EN REMEDIACIÓN Y RESTAURACIÓN

RPC-SO-17-NO.363-2020

OPCIÓN DE TITULACIÓN:
TESIS

TEMA:

EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LODO RESIDUAL EN LA PRODUCCIÓN DE FREJOL (*PHASEOLUS VULGARIS*), CULTIVADO EN SUELO AGRÍCOLA, ENMENDADO CON ABONO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL.

AUTOR

DIEGO ERNESTO QUIZHPE CHOCHO

DIRECTOR:

VÍCTOR JOHN RUEDA PUNINA

QUITO – ECUADOR
2024

Autor(es):



Diego Ernesto Quizhpe Chocho
Licenciado en Saneamiento Ambiental
Candidato a Magíster en Recursos Naturales Renovables con
Mención en Remediación y Restauración por la Universidad
Politécnica Salesiana – Sede Quito.
irondie83@hotmail.com

Dirigido por:



Víctor John Rueda Punina
Ingeniero Ambiental
Máster Universitario en Gestión Ambiental y Energética en las
Organizaciones
victor.rueda@epn.edu.ec

Todos los derechos reservados.

Queda prohibida, salvo excepción prevista en la Ley, cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública y transformación de esta obra para fines comerciales, sin contar con autorización de los titulares de propiedad intelectual. La infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual. Se permite la libre difusión de este texto con fines académicos e investigativos por cualquier medio, con la debida notificación a los autores.

DERECHOS RESERVADOS

2024 © Universidad Politécnica Salesiana.

QUITO– ECUADOR – SUDAMÉRICA

Diego Ernesto Quizhpe Chocho

EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LODO RESIDUAL EN LA PRODUCCIÓN DE FREJOL (PHASEOLUS VULGARIS), CULTIVADO EN SUELO AGRÍCOLA, ENMENDADO CON ABONO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL: "no"

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios quien me brindo la salud, fortaleza y sabiduría para seguir adelante en mi formación profesional. A mi querida familia, a mis adorables hijas que me apoyaron incondicionalmente en cada instante con su comprensión, abnegación y amor; para el feliz término de mi tesis de posgrado.

Les dedico este logro a mis padres como muestra de cariño y afecto quienes me impulsaron a seguir adelante en el cumplimiento de mis sueños y desarrollo académico.

AGRADECIMIENTO

Mi más noble agradecimiento al personal docente de la Maestría en Recursos Naturales Renovables con mención Remediación y restauración ambiental de la Universidad Politécnica Salesiana del Ecuador, quienes aportaron y guiaron con sus conocimientos para mi formación y desarrollo profesional.

Un grato reconocimiento a la Unidad de Gestión Ambiental del Municipio de Ibarra, quienes me abrieron sus puertas de la institución para poder realizar mi trabajo de investigación.

TABLA DE CONTENIDO

Resumen	9
Abstract	10
1. Introducción	11
2. Determinación del Problema.....	12
2.1 Objetivo General y Específicos	13
2.1.1 Objetivo General.....	13
2.1.2 Objetivos Específicos	13
2.2 Hipótesis	13
3. Marco teórico referencial.....	14
3.1 Lodos de depuradora.....	14
3.1.1 Clasificación de biosólidos	14
3.2 Lodos residuales en la agricultura	15
3.2.1 Ventajas de uso de lodos residuales	16
3.2.2 Desventajas de uso de lodos residuales	16
3.2.3 Alternativas de eliminación de lodos residuales	17
3.3 Fertilizantes orgánicos.....	17
3.4 Fertilizantes inorgánicos.....	18
3.4.1 Problemática de los fertilizantes inorgánicos	18
3.5 Normativa	19
3.5.1 Normativa de límites máximos permisibles de lodos residuales para su utilización en la agricultura	19
3.5.2 Normativa de límites máximos de contaminantes inorgánicos en alimentos	21
3.6 Utilización de lodos residuales en la agricultura	22
3.6.1 Aporte nutricional de biosólidos	22
3.6.2 Uso de biosólidos y compost en la agricultura	23
3.6.3 Condiciones para uso de biosólidos como fertilizante.....	23
4. Materiales y metodología.....	25
4.1 Ubicación	25
4.2 Características ecológicas y climáticas de la zona	25
4.3 Diseño de parcelas.....	26
4.4 Materiales.....	26
4.5 Condiciones apropiadas para cultivo de frejol (<i>phaseolus vulgaris</i>)	26
4.5.1 Requerimientos edafoclimáticos	26

4.5.2	Época de siembra	26
4.5.3	Preparación del suelo	27
4.5.4	Sistema de siembra	27
4.5.5	Necesidades nutricionales	27
4.5.6	Cálculos para establecer la cantidad de aplicación de lodo residual en el cultivo de frejol.....	28
4.6	Análisis de los resultados de laboratorio de abonos procedentes de lodos residuales	29
4.7	Fase de campo: Uso de lodo residual como fertilizante en el cultivo de frejol (phaseolus vulgaris).....	29
4.7.1	Estabilización de lodos residuales	29
4.7.2	Disposición de parcelas	30
4.7.3	Siembra de frejol (phaseolus vulgaris)	31
4.7.4	Control fitosanitario de frejol (phaseolus vulgaris)	32
4.7.5	Control de humedad en cultivo de frejol (phaseolus vulgaris)	32
4.8	Fase estimación de producción: determinación de rendimiento de frejol (phaseolus vulgaris) (t1 suelo normal, t2 abono inorgánico, t3 abono residual)	32
4.8.1	Variables Evaluadas	33
4.8.2	Variables de crecimiento	33
4.8.3	Variables de rendimiento	33
4.8.4	Procesamiento y análisis de datos	34
4.9	Fase de determinación de contaminantes inorgánicos: conocer la presencia de metales pesados (Pb, Hg, Cd, As) en frejol (phaseolus vulgaris)	34
5.	Resultados y discusión.....	35
5.1	Resultados	35
5.1.1	Variables de crecimiento	35
5.1.2	Variables de rendimiento	39
5.2	Discusión.....	43
5.3	Análisis comparativo de resultados en variables de crecimiento y rendimiento de lodo residual con otros abonos.....	45
6.	Conclusiones.....	47
7.	Recomendaciones.....	48
8.	Limitantes del estudio	49
	Referencias	50

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de parcelas.....	25
Figura 2. Disposición de parcelas	30
Figura 3. Diámetro de tallo de la planta de frejol	35
Figura 4. Altura (cm) de la planta de frejol	36
Figura 5. Numero de flores de la planta de frejol	38
Figura 6. Momento de floración de la planta de frejol	39
Figura 7. Numero de vainas por tratamiento.....	39
Figura 8. Numero de granos vaina por tratamientoanos vaina por tratamiento	41
Figura 9. Peso de 100 granos de frejol por tratamiento	42
Figura 10. Rendimiento kg/ha frejol por tratamiento	42

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Límites máximos permisibles para metales pesados en biosólidos.....	14
Tabla 2. Límites máximos permisibles para patógenos y parásitos en lodos y biosólidos	15
Tabla 3. Lodos de depuradora o productos derivados-sustancias inorgánicas	19
Tabla 4. Clases de patógenos de lodos de depuradora o productos derivados	20
Tabla 5. Límites máximos de contaminantes inorgánicas legumbres frejol (<i>Phaseolus vulgaris</i>)	21
Tabla 6. Aprovechamiento de biosólidos.....	24
Tabla 7. Exigencias minerales de frejol	27
Tabla 8. Factores de estudio	28
Tabla 9. Composición del tratamiento.....	30
Tabla 10. Tratamiento de estudio	31
Tabla 11. Análisis de varianza (ANOVA) diámetro de tallo	36
Tabla 12. Análisis de varianza (ANOVA) altura de la planta.....	37
Tabla 13. Análisis de varianza (ANOVA) número de flores	38
Tabla 14. Análisis de varianza (ANOVA) número de vainas por planta	40
Tabla 15. Análisis de varianza (ANOVA) número de granos por vaina	41
Tabla 16. Variables de crecimiento del cultivo de frejol.....	45
Tabla 17. Variables de rendimiento del cultivo de frejol	46

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Preparación de suelo y siembra de frejol (<i>Phaseolus vulgaris</i>)	54
Anexo 2. Resultados de análisis de lodos/base seca	55
Anexo 3. Factores de tratamiento de frejol (<i>Phaseolus vulgaris</i>).....	61
Anexo 4. Imágenes toma de datos de variables crecimiento de frejol (<i>Phaseolus vulgaris</i>)	62
Anexo 5. Imágenes toma de datos de variables rendimiento de frejol (<i>Phaseolus vulgaris</i>)	63
Anexo 6. Datos de variables evaluada de frejol (<i>Phaseolus vulgaris</i>).....	64

EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE
LODO RESIDUAL EN LA PRODUCCIÓN
DE FREJOL (*PHASEOLUS VULGARIS*),
CULTIVADO EN SUELO AGRÍCOLA,
ENMENDADO CON ABONO DE UNA
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA
RESIDUAL.

AUTOR:

DIEGO ERNESTO QUIZHPE CHOCHO

RESUMEN

Los lodos de depuración que se extraen en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) de la ciudad de Ibarra son notablemente considerables y deben ser cuidadosamente tratados para su aprovechamiento como abono orgánico, para prevenir problemas ambientales y de salud pública. El objetivo del presente trabajo de investigación es determinar la eficiencia agronómica de lodo residual como abono en la producción de fréjol (*Phaseolus vulgaris*), con relación a la producción obtenida con abono comercial. Para el uso agrícola de lodo residual se evaluó los resultados de laboratorio, sobre análisis de lodo/base seca; facilitado por EMAPA-I de acuerdo con criterios y procedimientos de normativa NOM-004-SEMARNAT-2002 y Resolución CONAMA N° 375 que certifican el aprovechamiento agrícola de biosólidos. En campo se empleó un sistema de bloques al azar con tres tratamientos y tres repeticiones: la primera parcela de control (T1 sin acondicionamiento), la segunda parcela (T2 fertilizante inorgánico 10-30-10 150 kg/ha), la tercera parcela (T3 abono residual 150 kg/ha). Mediante análisis de varianza ANOVA se obtuvo resultados sobre los diferentes tratamientos (T1, T2, T3), demostrando que existe diferencia significativa en las variables de crecimiento; destacando a T3 con mayor desarrollo de indicadores fenológicos y mejor rendimiento con un peso 105 g en 100 semillas y producción de 1625 kg/ha, superando a T1 y T2. En conclusión, la aplicación de lodo residual mejora la eficiencia de desarrollo de las variables de crecimiento y rendimiento en el cultivo de fréjol (*Phaseolus vulgaris*) en relación con el abono inorgánico (10-30-10).

Palabras clave:

Biosólidos, lodo residual, abono, fréjol.

ABSTRACT

The sewage sludge extracted from the Wastewater Treatment Plant (WWTP) in the city of Ibarra is notably considerable and must be carefully treated for its use as organic fertilizer, to prevent environmental and public health problems. The objective of this research work is to determine the agronomic efficiency of residual sludge as fertilizer in the production of beans (*Phaseolus vulgaris*), in relation to the production obtained with commercial fertilizer. For the agricultural use of residual sludge, the laboratory results were evaluated, on sludge/dry basis analysis; provided by EMAPA-I according to criteria and procedures of NOM-004-SEMARNAT-2002 regulations and CONAMA Resolution No. 375 that certify the agricultural use of biosolids. In the field, a randomized block system was used with three treatments and three repetitions: the first control plot (T1 without conditioning), the second plot (T2 inorganic fertilizer 10-30-10 150 kg/ha), the third plot (T3 residual fertilizer 150 kg/ha). Through ANOVA variance analysis, results were obtained on the different treatments (T1, T2, T3), demonstrating that there is a significant difference in the growth variables; highlighting T3 with greater development of phenological indicators and better yield with a weight of 105 g in 100 seeds and production of 1625 kg/ha, surpassing T1 and T2. In conclusion, the application of residual sludge improves the development efficiency of the growth and yield variables in the crop of bean (*Phaseolus vulgaris*) in relation to inorganic fertilizer (10-30-10).

Keywords:

Biosolids, residual sludge, fertilizer, beans.

1. INTRODUCCIÓN

El crecimiento poblacional acompañado de la industrialización ha favorecido a la problemática ambiental y como consecuencia, el propio ser humano se ha visto obligado a enfrentar y gestionar el amplio abanico de residuos que se generan en actividades de uso doméstico y procesos industriales. Una de ellas, el tratamiento de las aguas residuales genera residuos orgánicos que proceden de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) denominados lodos de depuradora o biosólidos (Cuevas & Walter, 2004; Shrivastava & Banerjee, 2004).

El lodo residual puede ser utilizado en forma de abono orgánico como una alternativa de disposición final, por lo tanto, mejora la fertilidad de los suelos. Vinculado a esto su contenido de nutrientes (C, N, P) necesarios en la agricultura, que requiere gran cantidad de materia orgánica para mantener la fertilidad y mejorar la producción de cultivos (Fijalkowski et al., 2017; Mosquera-Losada et al., 2001).

El trabajo investigativo brindara una alternativa para la utilización de lodos residuales: aplicado en zonas agrícolas provoca un gran impacto en la ecología del suelo y el medio ambiente brindando acondicionamiento químico sobre la materia orgánica, en la textura y estructura del suelo (Balaganesh et al., 2022).

Por lo tanto, su empleo de manera directa o como producto estabilizado (compost), en forma de abono mejora la calidad y cantidad de materia orgánica (enmienda), igualmente el contenido de nutrientes (valor fertilizante). Así mismo en los suelos agrícolas agotados, produce mejoras en su capacidad de retención de humedad, tasa de infiltración y la capacidad de secuestro de nutrientes del suelo (Balaganesh et al., 2022; Cuevas & Walter, 2004).

2. DETERMINACIÓN DEL PROBLEMA

Durante los últimos años la generación de lodos residuales ha aumentado drásticamente debido a la creciente concentración de población en zonas urbanas y la centralización de los sistemas de alcantarillado hacia las PTAR (Sude et al., 2023). En tal sentido la depuración de aguas residuales municipales produce desechos sólidos o semisólidos; desencadenando amenazas medioambientales y de salud pública, ante la presencia de contaminantes orgánicos e inorgánicos.

El 25% de lodos de depuradora son utilizados directamente en la agricultura para la recuperación de tierras y en la producción de compost de alta calidad; aportando a la economía circular en las plantas depuradoras de aguas residuales. Los lodos residuales pueden ser reutilizados como fertilizante en actividades productivas, por su alto contenido de materia orgánica y nutrientes: N, Fe, Mn, Zn, lo que proporciona grandes ventajas al sector agrícola (Kacprzak & Kupich, 2021).

En síntesis, la gestión adecuada de lodos es sumamente importante para prevenir la contaminación ambiental; previo estudio de las características físicas, químicas y microbiológicas. De manera similar dando cumplimiento a los límites permisibles correspondientes, para uso y empleo de lodos residuales como fertilizantes y acondicionadores del suelo (Fijalkowski et al., 2017; Mosquera-Losada et al., 2001).

Ante esta problemática, el presente estudio tiene como objetivo evaluar la eficacia del lodo residual/base seca, junto a abono inorgánico, en la producción y rendimiento de fréjol (*Phaseolus vulgaris*). En efecto el empleo de lodo residual PTAR se lo considera como mejorador del suelo y es una alternativa para uso en actividades productivas agrícolas (Morales, 2016).

2.1 OBJETIVO GENERAL Y ESPECÍFICOS

2.1.1 OBJETIVO GENERAL

- Analizar la eficiencia del uso de lodo residual como abono en la producción de fréjol (*Phaseolus vulgaris*), y compararlo con la producción obtenida de abono comercial.

2.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar las características del cultivo para la zona de estudio, mediante revisión bibliográfica, cálculos para establecer las condiciones de aplicación del lodo residual.
- Analizar los resultados fisicoquímicos de lodo residual, procedente de la planta de tratamiento de agua residual municipal de Ibarra; de acuerdo con normativa vigente para la utilización en la agricultura.
- Detallar variables fenológicas del cultivo mediante indicadores de desarrollo de fréjol (*Phaseolus vulgaris*).
- Estimar la eficacia de abono PTAR, frente a abono comercial en producción y rendimiento de fréjol (*Phaseolus vulgaris*).
- Examinar la presencia de metales pesados (Pb, Hg, Cd, As) en el grano de fréjol (*Phaseolus vulgaris*).

2.2 HIPÓTESIS

En el presente trabajo investigativo se planteó las siguientes hipótesis:

Ho: Los tratamientos de estudio no produce diferencia significativa en las respuestas experimentales.

Hi: Los tratamientos de estudio producen diferencia significativa en las respuestas experimentales.

3. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

Durante el proceso de depuración de aguas residuales, se genera grandes volúmenes de lodos; que son dispuestos inadecuadamente. En efecto, demanda de grandes áreas para su tratamiento y disposición final, afectando el entorno natural de la zona (Ruiz, 2011).

3.1 LODOS DE DEPURADORA

Los lodos de depuradora se pueden definir como los residuos sólidos o semisólidos que son el resultado del tratamiento de aguas residuales y pueden aprovecharse como fuente de energía en procesos de (biometanización, tratamiento térmico). Asimismo tratarse y utilizarse como enmienda del suelo y fertilizante en la agricultura, que contiene nutrientes esenciales para el crecimiento de plantas (Fijalkowski et al., 2017; Poornima et al., 2022).

3.1.1 CLASIFICACIÓN DE BIOSÓLIDOS

De acuerdo a Normativa Internacional Mexicana SEMARNAT, (2003), los lodos se diversifican acorde al contenido de contaminantes presentes en las aguas residuales municipales, originarios del proceso extracción de sólidos en la depuración de aguas residuales, red de alcantarillado, plantas potabilizadoras, que no han sido estabilizados.

Los biosólidos se catalogan en tipo: excelente y bueno de acuerdo con la concentración de metales pesados Tabla 1; y en clase: A, B, C por la presencia de microorganismos patógenos y parásitos Tabla 2 (SEMARNAT, 2003).

Tabla 1

Límites máximos permisibles para metales pesados en biosólidos

CONTAMINANTE (Determinados en forma total)	EXCELENTES mg/kg	BUENOS mg/kg
---	-----------------------------------	-------------------------------

	en base seca	en base seca
Arsénico	41	75
Cadmio	39	85
Cromo	1200	3000
Cobre	1500	4300
Plomo	300	840
Mercurio	17	57
Níquel	420	420
Zinc	2800	7500

Fuente: (SEMARNAT, 2003)

Tabla 2

Límites máximos permisibles para patógenos y parásitos en lodos y biosólidos

CLASE	INDICADOR BACTERIOLÓGICO DE CONTAMINACIÓN	PATÓGENOS	PARÁSITOS
	Coliformes fecales NMP/g en base seca	<i>Salmonella spp.</i> NMP/g en base seca	Huevos de helmintos/g en base seca
A	Menor de 1000	Menor de 3	Menor de 1(a)
B	Menor de 1000	Menor de 3	Menor de 10
C	Menor de 2 000 000	Menor de 300	Menor de 35

a) Huevos e Helmintos viables

NMP número más probables

Fuente: (SEMARNAT, 2003)

3.2 LODOS RESIDUALES EN LA AGRICULTURA

El uso de lodos generados en las PTAR favorece al desarrollo sostenible en la agronomía, promueve el retorno de materia orgánica y nutrientes al suelo; mejorando las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo (Ruiz, 2011).

Según Bittencourt et al., (2014), los lodos de depuradora aportan el 88% de cal, 74% de Nitrógeno, 73% de óxido de fosforo (P₂O₅) y el 35% de óxido de potasio (K₂O) en abonado de cultivos de: maíz, soja, frejol, avena y trigo.

3.2.1 VENTAJAS DE USO DE LODOS RESIDUALES

El empleo de lodos en el suelo es una excelente forma de reciclar materia orgánica presente en las aguas residuales, previo control de parámetros calidad del lodo base seca, conforme a los valores referenciales de uso de biosólidos en actividades agrícolas. El aporte nutricional de los lodos proporciona varias ventajas en relación con los fertilizantes inorgánicos, se encuentra en forma orgánica y pueden ser liberados lentamente (Gálvez, 2014).

Constituyen una fuente de materia orgánica “joven” en relación a otras fuentes de materia orgánica, ayuda a “revitalizar” el suelo a nivel biológico y bioquímico; esencial en recuperación y conservación de suelos degradados (Murcia Navarro, 2013).

3.2.2 DESVENTAJAS DE USO DE LODOS RESIDUALES

El uso de biosólidos al suelo está restringida a ciertas estaciones del año, por ejemplo: en época invernal, no deben emplearse en terrenos gélidos, cubiertos de nieve puesto que obstruye la aplicación de lodos a la parte superficial de la corteza terrestre. Además, desde el punto de vista comunitario hay resistencia pública por la emanación de malos olores, cuando su empleo se lo realiza en áreas residenciales próximas (Gálvez, 2014).

En la actualidad los biosólidos no son apreciados como tema primordial en el manejo y gestión de residuos urbanos generados en las PTAR, ya que no son inspeccionados y tratados apropiadamente; desencadenando problemas de salud y de contaminación ambiental al momento de aprovecharlos en actividades agrícolas (Bolívar et al., 2015).

No obstante, algunos países europeos no permiten el empleo de lodos de depuradora estabilizados en la agricultura, de acuerdo a normativa legal es condicionante y limitada; además de imponer restricciones a la eliminación de los lodos en los vertederos que contienen mayor 5% de materia orgánica (Izydorczyk et al., 2021).

3.2.3 ALTERNATIVAS DE ELIMINACIÓN DE LODOS RESIDUALES

Las alternativas de eliminación son la incineración empleada en países con área limitada, compostaje de lodo ampliamente usado para fertilizar el suelo por su alto contenido de C, N, P; vertido e incineración el 47% de biogás producido en los vertederos se emite directamente al aire y el 53% se captura para la producción de electricidad y calor el resto se quema en antorcha (Rostami et al., 2020).

Otro procedimiento empleado en la disposición final de lodos residuales es la deshidratación mediante la aplicación directa de calor disminuye en un 20% el volumen total, otra técnica es la incineración por medio de la combustión a través de quemadores minimizando el volumen total en un 80%, así mismo destruye bacterias y nutrientes necesarios para la producción de fertilizantes, por otro lado, el proceso de incineración genera dioxinas y furanos provocando polución ambiental (Llivichuzca, 2016).

3.3 FERTILIZANTES ORGÁNICOS

Los abonos orgánicos eran usados desde tiempos pasados por los agricultores, como producto de (compostas, estiércoles y residuos de cosechas) aprovechados para mejorar la estructura del suelo, capacidad de retención de agua y la disponibilidad de nutrientes para las plantas (Dimas et al., 2001).

Los fertilizantes orgánicos se obtienen en gran medida por procesos de compostaje, a partir de residuos sólidos orgánicos de origen animal o vegetal aportando grandes cantidades de nutrientes al suelo enriquecido con compuestos orgánicos, lo cual mejora la calidad y fertilidad del suelo. Además de empleo de estiércoles de animales gallinaza, equinaza, porcínaza, bovinas, considerados como abonos orgánicos con alto contenido de nitrógeno (Morales, 2016).

3.4 FERTILIZANTES INORGÁNICOS

La fertilización inorgánica del suelo se concentra en aplicar abonos químicos a base de nitrógeno y fósforo, alejando a los abonos orgánicos. Puesto que el N es esencial para el cumplimiento de las funciones metabólicas de los seres vivos, presente en las plantas en la mayoría en forma orgánica y transitorios en el suelo en forma inorgánica. El N inorgánico representa un 2% total del suelo en forma de nitrato (NO_3^-), amonio (NH_4^+) y nitrito (NO_2^-), (Romero, 2021).

Los abonos químicos son elaborados a base de materiales minerales, durante la producción demanda de energía. Los fertilizantes presentan alto contenido de nutrientes y baja humedad, más aún revelan un $\leq 50\%$ de eficiencia al ser absorbidos por los cultivos. Los fertilizantes inorgánicos no asimilados por las plantas producen contaminación de aguas subterráneas por NO_3 (Morales, 2016).

3.4.1 PROBLEMÁTICA DE LOS FERTILIZANTES INORGÁNICOS

El crecimiento poblacional y demanda de alimentos incrementan el uso de fertilizantes inorgánicos en actividades productivas agrícolas, generando problemas de contaminación, por lixiviación de nutrientes y altos costos que afectan la economía de los agricultores (Torres Lozada et al., 2021).

Según Kominko et al., (2017), el valor de los fertilizantes se incrementará con el pasar de los años, puesto que requiere gran cantidad de energía para la producción de fertilizantes; cerca del 74% procede del gas natural siendo el principal insumo para la producción de fertilizantes nitrogenados. Además del incremento del coste del gas natural elevara los valores del amoniaco, transporte modificaran drásticamente el precio de los fertilizantes inorgánicos.

3.5 NORMATIVA

3.5.1 NORMATIVA DE LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE LODOS RESIDUALES PARA SU UTILIZACIÓN EN LA AGRICULTURA

Las PTAR producen grandes cantidades de lodos residuales, al no ser dispuestos de forma adecuada contribuyen a la contaminación del suelo, agua, atmosfera, afectando al medio ambiente. Los lodos originarios de tratamiento de aguas residuales pueden ser aprovechados, de acuerdo a los valores referenciales de límites máximos permisibles de contaminantes, a fin de fomentar su uso y cuidar los ecosistemas y la salud humana (SEMARNAT, 2003).

Los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos se evalúan acorde a la normativa NOM-004-SEMARNAT-2002 NORMA OFICIAL MEXICANA, PROTECCIÓN AMBIENTAL. LODOS Y BIOSÓLIDOS. ESPECIFICACIONES Y LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES DE CONTAMINANTES PARA SU APROVECHAMIENTO Y DISPOSICIÓN FINAL de acuerdo a la Tabla 1 y 2 (SEMARNAT, 2003).

Resolución CONAMA N° 375: Establece parámetros e instrucciones para el aprovechamiento de biosólidos en el sector agrícola, provenientes de las estaciones de saneamiento de aguas residuales urbanas; de igual manera dicta otras disposiciones, con el objetivo de potencializar la agricultura y eludir riesgos medioambientales. Por esta razón los lodos de depuradora y productos derivados para uso agrícola deben cumplir los límites máximos permisibles de concentración de acuerdo a presente resolución Tabla 3 y 4 (CONAMA N° 375, 2006).

Tabla 3

Lodos de depuradora o productos derivados-sustancias inorgánicas

Sustancias inorgánicas	Concentración máxima permitida en lodos de depuradora o productos derivados (mg/kg, base seca)
Arsénico	41

Bario	1300
Cadmio	39
Plomo	300
Cobre	1500
Cromo	1000
Mercurio	17
Molibdeno	50
Níquel	420
Selenio	100
Zinc	2800

Fuente: (CONAMA N° 375, 2006).

Tabla 4

Clases de patógenos de lodos de depuradora o productos derivados

Tipo de lodo de depuradora o producto derivado	Concentración de patógenos
A	Coliformes termotolerantes <103 NMP/g ST Huevos de helmintos viables <0,25 huevo/g ST Ausencia de Salmonella en 10g ST
B	Virus <0,25 UFP o UFF/g ST Coliformes termotolerantes <106 NMP/g ST Huevos de helmintos viables <10 huevo/g ST

SST: Sólidos Totales

NMP: Número más probable

UFF: Unidad de formación de foco

UFP: Unidad de formación de placa

Fuente:(CONAMA N° 375, 2006).

3.5.2 NORMATIVA DE LÍMITES MÁXIMOS DE CONTAMINANTES INORGÁNICOS EN ALIMENTOS

El empleo de abonos residuales destinados al uso agrícola favorece la presencia de contaminantes inorgánicos al suelo; pueden quedar retenidos en el suelo fácilmente y absorbidos por las plantas e incorporarse a las cadenas tróficas mediante el fruto, para prevenir riesgos tóxicos potenciales, se requiere la evaluación de los niveles de metales pesados de acuerdo a normativa de contenidos máximos de metales pesados en productos alimenticios (Rivera, J; Charry, 2015).

Por otra parte, la presencia de contaminantes inorgánicos en los alimentos cumplirá con los valores permisibles mínimos, previniendo la contaminación de los productos en la fuente de acuerdo a normativa vigente para alimentos (parte comestible), usando técnicas adecuadas de cultivo, manejo, acopio, procesamiento, conservación, con el propósito de impedir que los productos alimenticios contaminados sean distribuidos y consumidos (*Decreto N° 14-2013 URUGUAY DIARIO OFICIAL.Pdf*, n.d.).

La determinación de concentración de contaminantes inorgánicos en productos alimenticios se rige de acuerdo con el REGLAMENTO TÉCNICO MERCOSUR SOBRE LIMITES MÁXIMOS DE CONTAMINANTES INORGÁNICOS EN LOS ALIMENTOS Tabla 5 (*Decreto N° 14-2013 URUGUAY DIARIO OFICIAL.Pdf*, n.d.; MERCOSUR, n.d.).

Tabla 5

Límites máximos de contaminantes inorgánicas legumbres frejol (Phaseolus vulgaris)

Sustancias inorgánicas	Límite máximo (mg/kg)
Plomo	0.10
Arsénico	0.10
Cadmio	0.10

Fuente: (*Decreto N° 14-2013 URUGUAY DIARIO OFICIAL.Pdf*, n.d.; MERCOSUR, n.d.).

Sustancias inorgánicas Límite máximo (mg/l)

Mercurio	0.01
----------	------

Fuente: (Rivera , J; Charry, 2015).

3.6 UTILIZACIÓN DE LODOS RESIDUALES EN LA AGRICULTURA

De acuerdo a Murcia Navarro, (2013), los lodos de depuradora son enmiendas orgánicas apropiadas para su uso en actividades agrícolas con el ánimo de recuperar suelos degradados. Siempre que las características de los lodos sean adecuadas, de modo que se pueda utilizar directamente, luego de pasar por un proceso de estabilización se aprovechen como abono orgánico en áreas de uso agrícola; desde la perspectiva ambiental y económica como enmienda agrícola, a fin de sanear el deterioro del medio ambiente y obtener beneficio de los recursos.

3.6.1 APOORTE NUTRICIONAL DE BIOSÓLIDOS

Desde el punto de vista agronómico los biosólidos desprenden elevados beneficios por su gran cantidad de nutrientes presentes en la materia orgánica, macronutrientes necesarios en grandes cantidades como nitrógeno, fósforo y potasio; micronutrientes como zinc, níquel y cobre. Por consiguiente, potencializan la textura, fertilidad y matriz del suelo, reduciendo el empleo de abonos químicos. Además de minimizar gastos y mejorar la producción agrícola (Manjarrés-Hernández et al., 2018).

La materia orgánica de biosólidos presenta una composición compleja formada: 1) fracción no húmica por residuos de plantas y animales, biomasa microbiana del suelo, sustancias orgánicas (proteínas, glúcidos, aminoácidos, grasas, ceras y ácidos orgánicos); 2) humus por sustancias orgánicas complejas estable a la degradación de naturaleza coloidal; que se divide en función a la solubilidad en álcalis y ácidos; fracciones ácidos fúlvicos, ácidos húmicos y la humina que promueve el crecimiento y desarrollo de las raíces, favoreciendo la absorción de nutrientes (Murcia Navarro, 2013).

Los biosólidos aportan diferentes cantidades de nutrientes, como el nitrógeno y el fósforo que son esenciales para el crecimiento y desarrollo de las plantas: el nitrógeno es

importante para la fotosíntesis y la transpiración, el fósforo ayuda a mejorar la formación de flores y la producción de semillas (Chow & Pan, 2020).

3.6.2 USO DE BIOSÓLIDOS Y COMPOST EN LA AGRICULTURA

Una opción adecuada de emplear biosólidos en la agricultura sostenible depende de la clasificación de biosólidos, siempre que se cumpla con los límites máximos permisibles conforme al tipo y clase como especifica las Tablas 1,2,3 y 4 con un índice de humedad hasta el 45 %.

Según Garrido et al., (2005), el uso de biosólidos y compost en el sector agrícola puede aumentar el nivel productivo y características físicas de la superficie del suelo, gracias a la incorporación de materia orgánica y nutrientes; de modo que aumenta la capacidad de retención de agua, lo que posibilita su uso en actividades agrícolas; aunque el uso prolongado de biosólidos puede causar problemas ambientales. Así mismo Vieira et al., (2014), afirma que el uso de lodos de depuradora en tierras agrícolas se ha considerado como una estrategia de gestión ambiental aceptable.

3.6.3 CONDICIONES PARA USO DE BIOSÓLIDOS COMO FERTILIZANTE

De acuerdo a Zabotto et al., (2019), los biosólidos son utilizados como fertilizante, en efecto contribuye múltiples beneficios para las plantas, para su uso se debe realizar análisis cuantitativos de laboratorio en relación al contenido de macro y micronutrientes. De igual forma el control de los niveles de metales pesados presentes en lodo residual, debido a que pueden translocarse a la cadena alimenticia.

El uso de lodos como fertilizante al igual que otro residuo es necesario conocer las características fisicoquímicas, principalmente toxicológicas, en el sentido de evitar riesgos a la salud pública y entorno natural. No obstante, es primordial regular el uso de biosólidos en la agricultura, ya que un bajo número de investigaciones han presentado que los lodos son un residuo con perspectiva favorable en el uso del suelo para la

producción vegetal y aprovechamiento de biosólidos, Tabla 6 (de França et al., 2021; Kirchmann et al., 2017).

Tabla 6

Aprovechamiento de biosólidos

Tipo	Clase	Aprovechamiento
Excelente	A	<ul style="list-style-type: none"> • Uso urbano con contacto publico directo durante su aplicación. • Los establecidos para la clase B, C
Excelente o Bueno	B	<ul style="list-style-type: none"> • Usos urbanos sin contacto publico directo durante su aplicación. • Los establecidos para la clase C.
Excelente o Bueno	C	<ul style="list-style-type: none"> • Usos forestales • Mejoramiento del suelo • Usos Agrícolas

Fuente: (SEMARNAT, 2003)

De acuerdo con Gualoto, (2016), los lodos Clase A, se catalogan de calidad excepcional y su aplicación no tiene ninguna restricción en cultivos de consumo directo vinculado a esto por su bajo contenido de patógenos, bajos niveles de metales pesados y no atraen vectores (limites más exigentes concentración de contaminantes inorgánicos de acuerdo a Tabla 1.

Los biosólidos Clase B y C, presentan restricciones de uso en zonas agrícolas de productos de consumo directo, pero se pueden aplicar con restricciones sanitarias en la restauración del suelo, zonas forestales, y cobertura vegetal de rellenos sanitarios.

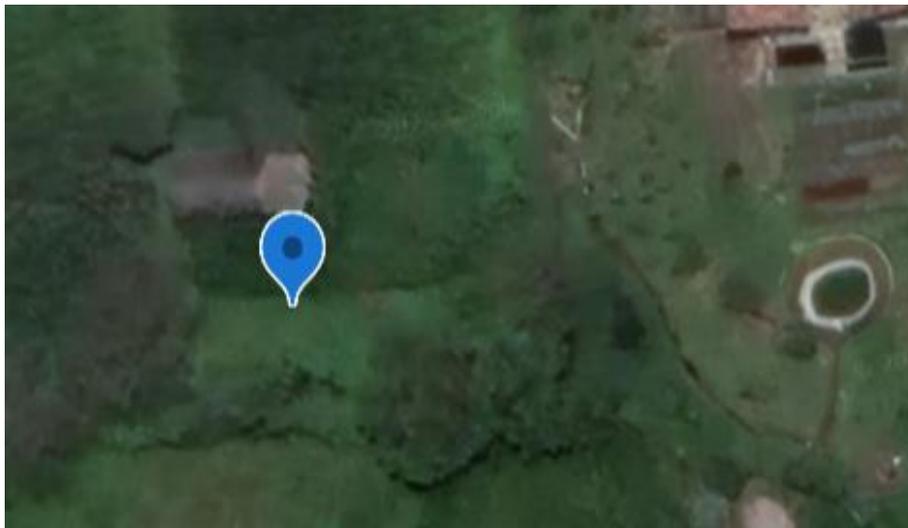
4. MATERIALES Y METODOLOGÍA

4.1 UBICACIÓN

La investigación se efectuó en la provincia de Loja, cantón Loja, en la zona occidental de la parroquia Sucre, Sector Los Eucaliptos. Las parcelas están localizadas en las coordenadas geográficas 3°59'29'' de Latitud Sur y 79°14'58'' de Longitud Oeste con una altitud de 2351 msnm Figura 1.

Figura 1

Ubicación de parcelas



Fuente: Google Earth

4.2 CARACTERÍSTICAS ECOLÓGICAS Y CLIMÁTICAS DE LA ZONA

De acuerdo con la cobertura de isotermas (INAMHI) se establece que el área del trabajo investigativo se ubica dentro de los valores de temperatura de 14 a 16 °C; cobertura de isoyetas (INAMHI) el 91.45% en un rango de precipitación 1000 a 1250 mm y una humedad media relativa 76.3 % y un valor mínimo se observa en agosto y septiembre 72% (Piu, 2012).

4.3 DISEÑO DE PARCELAS

Se instaló un conglomerado, formado por tres parcelas de 2x3 m distribuidas en un cuadrado latino, dando una superficie de 18m², con un margen de distancia a un metro entre parcelas (Garrido et al., 2005).

4.4 MATERIALES

Semillas de frejol variedad FERCAL, cinta métrica, piola, azadón, machete, fundas plásticas, fundas de papel, esferográficos, calculadora, laptop, bomba de fumigar, insecticida, cal, abono residual, abono inorgánico (10-30-10), cámara fotográfica, tarjetas de identificación, cuaderno de apuntes.

4.5 CONDICIONES APROPIADAS PARA CULTIVO DE FREJOL (PHASEOLUS VULGARIS)

4.5.1 REQUERIMIENTOS EDAFOCLIMÁTICOS

Las condiciones climáticas que predominan el crecimiento del cultivo son: temperatura fluctúa entre 15 y 27°, las estaciones: fría retarda el crecimiento y la cálida estimula una rapidez en el desarrollo. Además, la luz es importante en el proceso de fotosíntesis; así como la disponibilidad de agua es fundamental para el crecimiento, ya que un 60% de los cultivos sufren de déficit de agua, el cultivo de frejol no tolera el exceso ni escases de agua (Carmona, 2007).

Las zonas de siembra de frejol predominan en los pisos altitudinales premontano (1000 a 2000 msnm) y montano bajo (2000 a 3000 msnm) con precipitaciones superiores a los 500 mm promedio anual (Carmona, 2007; Peralta et al., 2013).

4.5.2 ÉPOCA DE SIEMBRA

La siembra se realizó en el segundo semestre del año en época de verano durante el mes de septiembre siendo este periodo el de mayor elección para la siembra ya que coincide con el periodo seco en tal sentido existe menor riesgo de pérdidas de humedad (Pabón,

1994). En campo se empleó un sistema de bloques al azar con tres tratamientos y tres repeticiones: la primera parcela de control (T1 sin acondicionamiento), la segunda parcela (T2 fertilizante inorgánico 10-30-10 150 kg/ha), la tercera parcela (T3 abono residual 150 kg/ha).

4.5.3 PREPARACIÓN DEL SUELO

Según Carmona, (2007), el cultivo de frejol demanda de suelos profundos y fértiles de textura franco limosa, sin embargo, soporta texturas franco arcillosas. De acuerdo a Peralta et al., (2013), la profundidad efectiva de 20 a 25 cm pH 5.5 y 7.5 de topografía plana, aluviales, ondulada o de ligeras pendientes, con buen drenaje.

La preparación del suelo se debe realizar en una o dos aradas, rastrada y surcada de forma manual, con yunta o tractor y con una desterronada donde se realiza rotación u otros cultivos, con la finalidad de que los suelos queden sueltos y aireados en tal sentido facilita la formación radicular de la planta (Pabón, 1994; Peralta et al., 2013) Anexo 1.

4.5.4 SISTEMA DE SIEMBRA

De acuerdo a Pabón, (1994), para la siembra de frejol tipo arbustivo se debe realizar la siembra:

Distancia entre surcos: 60 cm

Distancia entre plantas: 20-30 cm

Semilla por sitio: 1grano

Densidad de siembra: 50 Kg/ha.

4.5.5 NECESIDADES NUTRICIONALES

El frejol requiere altas cantidades de N, K, Ca y en menor cantidad S, Mg y P.

Tabla 7

Exigencias minerales de frejol

<i>Componentes de la cosecha</i>	Kg/ha					
	N	P	K	Ca	Mg	S
Vainas	32	4	22	4	4	10
Tallos	65	5	71	50	14	15
Total	97	9	93	54	18	25

Fuente: (Carmona, 2007)

4.5.6 CÁLCULOS PARA ESTABLECER LA CANTIDAD DE APLICACIÓN DE LODO RESIDUAL EN EL CULTIVO DE FREJOL

De acuerdo a Pabón, (1994), recomienda realizar la fertilización cuando las plántulas tengan 15 cm de altura se aplica fertilizante inorgánico 10-30-10 en dosis de 150 kg/ha y una segunda aplicación antes de la floración 150 kg/ha siempre en forma edáfica. Del mismo modo se realizará la fertilización con lodo residual de forma similar a las etapas descritas anteriormente, la aplicación de 150 kg/ha de N (6.8 t. ha de biosólido) (Negrín & Jiménez, 2012).

Tabla 8

Factores de estudio

Factores	Nivel
Suelo	Tratamiento
T1 Parcela de 6 m ²	Blanco
T2 Parcela de 6 m ²	Fertilizante inorgánico 10-30-10 (0.09kg)
T3 Parcela de 6 m ²	Lodo residual (0.09kg)

4.6 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LABORATORIO DE ABONOS PROCEDENTES DE LODOS RESIDUALES

Los resultados obtenidos de laboratorio sobre análisis de lodo/base seca, fue facilitado por la Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Ibarra EMAPA-I Anexo 2, a fin de evaluar que el abono procedente de los lodos residuales cumple con los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos para su empleo en la agricultura.

Para el análisis de resultados fisicoquímico y bacteriológico de los abonos procedentes de lodos residuales se evaluaron en contraste a normativa NOM-004-SEMARNAT-2002 y Resolución CONAMA N° 375 de acuerdo a las Tablas 1, 2,3 y 4. (CONAMA N° 375, 2006; SEMARNAT, 2003).

En líneas generales se determina que los lodos residuales municipales de EMAPA-I se encuentren dentro de los valores aceptables, por consiguiente, son aptos para la producción de frejol (*Phaseolus vulgaris*).

4.7 FASE DE CAMPO: USO DE LODO RESIDUAL COMO FERTILIZANTE EN EL CULTIVO DE FREJOL (*PHASEOLUS VULGARIS*)

4.7.1 ESTABILIZACIÓN DE LODOS RESIDUALES

Estudios demuestran la necesidad de desinfectar los lodos de depuradora antes de ser empleados, especialmente en la agricultura mediante desinfección alcalina que radica en agregar material básico al lodo, por ejemplo: cenizas y CaOH_2 . El producto más manejado es la cal viva (CaO) en concentraciones al 9% eleva el ($\text{pH} > 12$) generando alta eficiencia de remoción de coliformes fecales, virus y huevos de helmintos en reducido tiempo (Manjarrés-Hernández et al., 2018).

La estabilización alcalina es reconocida por la Agencia de Protección al Medio Ambiente de los Estados Unidos (US EPA) como un proceso capaz de reducir significativamente el contenido de microorganismos y producir biosólidos que pueden ser utilizados con fines agrícolas (US EPA, 1993).

Previo uso de biosólidos en parcelas, se realizó estabilización alcalina mediante la combinación de cal y lodo 20% (4:1) Tabla 9 (López, 2013); ayuda a incrementar la temperatura y el pH, la eliminación de microorganismos patógenos y reduce el problema del mal olor (Izydorczyk et al., 2021). De igual manera los fertilizantes derivados de lodos de depuradora y modificados mediante la adición de fertilizantes minerales por agentes alcalinos proporciona esterilización y unión de los componentes adecuado para la aplicación al suelo (Kominko et al., 2017).

Tabla 9

Composición del tratamiento

Tratamiento	% de lodo	% de cal
Lodo + 20% de cal	4kg	1kg

Fuente: (López, 2013)

4.7.2 DISPOSICIÓN DE PARCELAS

La ejecución del trabajo de campo se ejecutó en tres parcelas, de 2x3 m distribuidas en un cuadrado latino separadas a un metro entre parcelas, el abono residual y el abono inorgánico se incorporó de forma manual a una profundidad de 15 cm (Garrido et al., 2005)

Figura 2

Disposición de parcelas



Fuente: Google Earth

4.7.3 SIEMBRA DE FREJOL (PHASEOLUS VULGARIS)

El cultivo se ejecutó con tres tratamientos y tres replicas partiendo de una aplicación cero: la primera parcela de control (T1 sin acondicionamiento), la segunda parcela (T2 fertilizante inorgánico 10-30-10 150 kg/ha), la tercera parcela (T3 abono residual 150 kg/ha) (Jácome V., Andrés R., Peñarete M, 2013; Negrín & Jiménez, 2012; Pabón, 1994).

La siembra de frejol (*Phaseolus vulgaris*) se dispuso mediante parcelas en hileras con 0,60cm de separación entre surcos y 0,20cm entre plantas (Pabón, 1994)), y dos aplicaciones de fertilización inorgánica y lodo residual de acuerdo a la Tabla 10, Anexo 3.

Tabla 10

Tratamiento de estudio

Tratamiento		Factores de estudio	
#	Simbología	Primera Aplicación	Segunda Aplicación
1	T1	Sin lodo	Sin lodo
2	T2	Fertilizante inorgánico 10-30-10 (0.09 kg)	Fertilizante inorgánico 10-30-10 (0.09 kg)
3	T3	Lodo residual (0.09 kg)	Lodo residual (0.09 kg)

4.7.4 CONTROL FITOSANITARIO DE FREJOL (PHASEOLUS VULGARIS)

Durante el desarrollo del cultivo de frejol se realizó la deshierba de forma manual a los 15 y 45 días, para la eliminar maleza, puesto que ayuda a la ventilación del suelo y evita la caída de las plantas. Además del control de plagas contra la mosca blanca (*Bemisia tabasi*), a través del uso de insecticidas. Ante la incidencia de enfermedades a través de fungicidas (Pabón, 1994; Peralta et al., 2013).

4.7.5 CONTROL DE HUMEDAD EN CULTIVO DE FREJOL (PHASEOLUS VULGARIS)

El recurso hídrico es esencial en el desarrollo del frejol, en procesos fotosintéticos; medio de transporte y control de la temperatura. El manejo de humedad es primordial en el cultivo de frejol, no obstante, no soporta la abundancia ni la escasez del agua. En las diferentes etapas de crecimiento, la planta requiere de 5 riegos con un promedio de agua de 270 mm, la floración y fructificación son las etapas más críticas, a medida que el clima se vuelve más cálido, es posible que tenga que suministrar más agua, pero en la mayoría de los casos, dos pulgadas por semana es una buena cantidad de referencia (Escoto, 2004).

4.8 FASE ESTIMACIÓN DE PRODUCCIÓN: DETERMINACIÓN DE RENDIMIENTO DE FREJOL (PHASEOLUS VULGARIS) (T1 SUELO NORMAL, T2 ABONO INORGÁNICO, T3 ABONO RESIDUAL)

La valoración de la eficacia de los tratamientos aplicados al cultivo de frejol (T1 suelo sin fertilizante, T2 suelo con fertilizante inorgánico, T3 suelo abono residual), se llevó a cabo mediante un muestreo aleatorio simple del cultivo de frejol, para valorar indicadores fenológicos (diámetro del tallo, altura de la planta, etapa de floración, promedio de flores por plantas en una muestra de 10 plantas por cada parcela, cantidad de vainas por planta,

cantidad de granos por vainas, peso promedio de 100 semillas gramos, rendimiento kg.ha Ver Anexo 4 (Negrín & Jiménez, 2012; Rodríguez Pérez, 2022).

4.8.1 VARIABLES EVALUADAS

El cultivo establecido se evaluó en base a características agronómicas y rendimiento de producción de las parcelas. Los datos se registraron en diez plantas tomadas al azar de cada parcela útil Anexo 5.

4.8.2 VARIABLES DE CRECIMIENTO

- **Diámetro del tallo:** se ejecutó la medición a partir de los 40 días en diez muestras por parcela.
- **Altura de la planta:** se realizó la toma de datos de altitud en el período de maduración, a partir del suelo hasta la yema terminal de la planta, mediante el uso de cinta métrica en diez muestras al azar por parcela.
- **Momento de floración:** se tuvo en cuenta el numérico total de plantas de las parcelas y determino cuando el 25% de las plantas estaban florecidas.
- **Promedio de flores plantas:** se estableció contando la cantidad de flores en una muestra de 10 plantas por cada parcela (Marquez & Valeria, 2018; Negrín & Jiménez, 2012; Rugama, 2020).

4.8.3 VARIABLES DE RENDIMIENTO

- **Numero de vainas por planta:** se determinó mediante conteo total de vainas existentes en diez plantas tomadas al azar.
- **Numero de granos por vaina:** se escogieron diez plantas de cada parcela y se utilizó una vaina por planta para cuantificar la cantidad de granos por vaina.
- **Peso de 100 semillas de frejol:** en cada parcela se seleccionó vainas y se ejecutó conteo 100 semillas tomadas al azar, luego se realizó el pesaje para evaluar la eficiencia de cada tratamiento, observando que no estén afectadas por daños de insectos plagas.

- **Rendimiento de kg/ha:** se realizó el pesaje de la cantidad de producción por parcela para determinar el rendimiento (Marquez & Valeria, 2018; Rugama, 2020).

4.8.4 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

El procesamiento de datos se realizó a través de análisis de varianza estadística, a fin de demostrar si existe diferencia significativa en los tratamientos aplicados al cultivo de frejol (T1 suelo sin fertilizante, T2 suelo con fertilizante inorgánico, T3 suelo abono residual) con ayuda del programa RSTUDIO para la ponderación de datos estadísticos y elaboración de gráficos.

El procesamiento de datos del proyecto investigativo se ejecutó en base a 10 observaciones de las variables de crecimiento y rendimiento en los diferentes tratamientos (T1, T2, T3) Anexo 6; con ayuda de la prueba de análisis ANOVA.

4.9 FASE DE DETERMINACIÓN DE CONTAMINANTES INORGÁNICOS: CONOCER LA PRESENCIA DE METALES PESADOS (PB, HG, CD, AS) EN FREJOL (PHASEOLUS VULGARIS)

De acuerdo a la revisión de resultados de análisis fisicoquímico y bacteriológico de lodos residuales base seca proporcionado por la Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Ibarra EMAPA-I Anexo 2, se evidencia que cumple con los valores referenciales para empleo en la agricultura de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-004-SEMARNAT-2002 y Resolución CONAMA N° 375 de acuerdo a la Tabla N°1 y Tabla N°3 Límites máximos permisibles para metales pesados en biosólidos y la Tabla N°2 y Tabla N°4 Límites máximos permisibles para patógenos y parásitos en lodos y biosólidos (CONAMA N° 375, 2006; SEMARNAT, 2003).

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 RESULTADOS

5.1.1 VARIABLES DE CRECIMIENTO

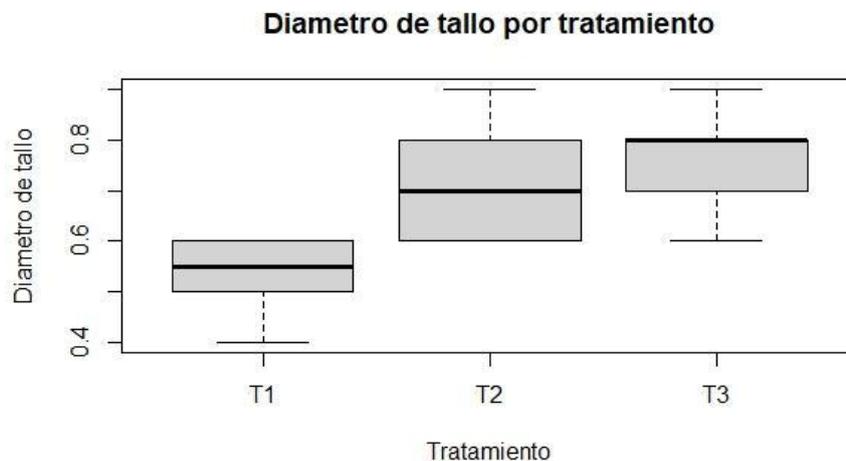
Diámetro del tallo:

En la Figura 3, diagrama de cajas se obtiene resultados sobre diámetro del tallo: con una mediana de: 0.55 en T1 suelo sin fertilizante, 0.7 en T2 suelo con fertilizante inorgánico y 0.8 en T3 suelo con abono residual; valores inferiores 0.4 y valor máximo 0.6 en T1, valor inferior 0.6 y valor máximo 0.9 T2, valor inferior 0.6 y valor máximo 0.9 T3. El primer cuartil y tercer cuartil de las cajas permite estimar el diámetro de tallo que presenta cada tratamiento: T1 diámetros entre 0.5 y 0.6, T2 diámetros entre 0.6 y 0.8, T3 diámetros entre 0.7 y 0.8.

Por lo tanto, el diámetro de tallo en T1 presentan valores menores con relación a los tratamientos de T2 y T3, por consiguiente, en T3 se observa valores mayores de desarrollo de radio de tallo.

Figura 3

Diámetro de tallo de la planta de frejol



Los resultados de análisis de varianza ANOVA se detalla en la Tabla 11, donde se expone el valor de $p= 6.59e-05^{***}$ en función al diámetro de tallo siendo menor que el valor de significancia $\alpha=0.05$, de modo que se rechaza la hipótesis nula y se reconoce la hipótesis alternativa.

Tabla 11

Análisis de varianza (ANOVA) diámetro de tallo

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Tratamiento	2	0.2747	0.13733	14.04	6.59e-05 ***
Residuales	27	0.2640	0.00978		

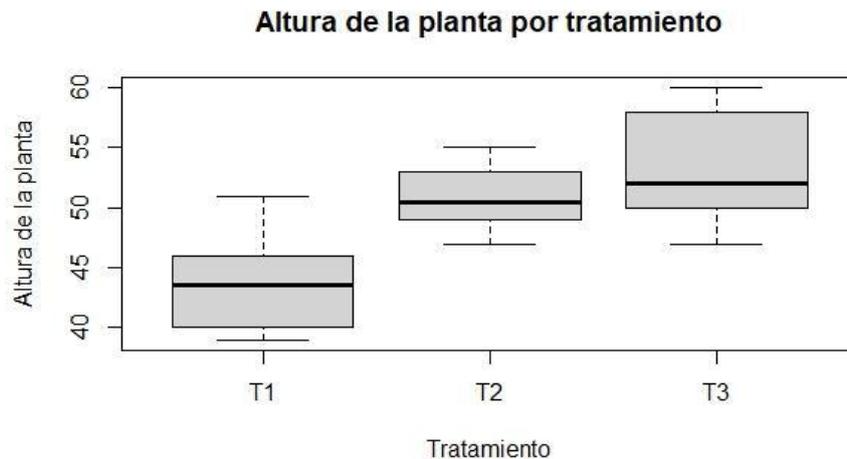
Altura de la planta (cm):

En la Figura 4, diagrama de cajas se observa los resultados sobre altura de la planta por tratamiento: T1 suelo sin fertilizante presenta una mediana de 43.5 cm, con un valor inferior de 39 cm y valor máximo 51 cm de altura, primer cuartil 40 cm y tercer cuartil 46 cm; T2 suelo con fertilizante inorgánico presenta una mediana de 50.8 cm, con un valor inferior de 47 cm y valor máximo de 55 cm de altura, primer cuartil 49 y tercer cuartil 53 cm; T3 suelo con abono residual presenta una mediana de 53 cm, con un valor inferior de 47 cm y valor máximo 60 cm de altura, primer cuartil 50 cm y tercer cuartil 58 cm.

En forma general se infiere que la altura de la planta en T1 presenta valores menores que los tratamientos T2 y T3 de modo que T3 alcanza la mayor altura y variabilidad de valores con relación a T2.

Figura 4

Altura (cm) de la planta de frejol



En la Tabla 12, se aprecia los resultados de varianza ANOVA, con un valor $p=1.08e-05^{***}$, con respecto a la altura de la planta siendo menor que el nivel de significancia $\alpha=0.05$, por consiguiente, se rechaza la hipótesis nula y se reconoce la hipótesis alternativa.

Tabla 12

Análisis de varianza (ANOVA) altura de la planta

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Tratamiento	2	502.5	251.23	17.99	1.08e-05 ***
Residuales	27	377.0	13.96		

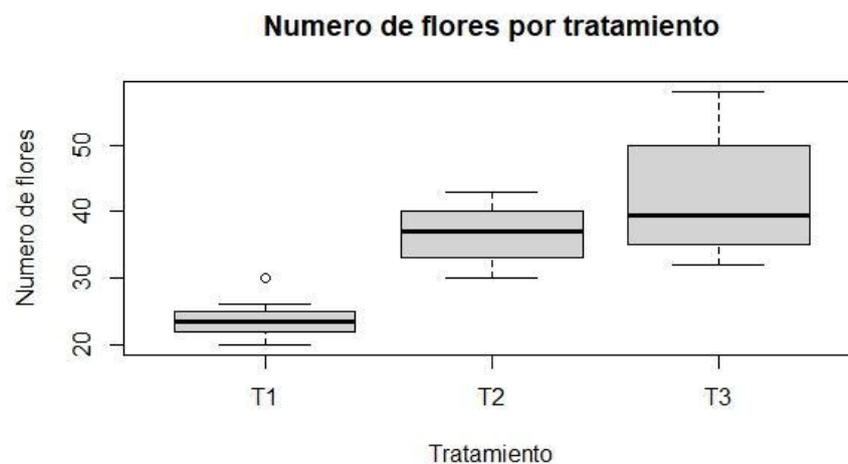
Promedio de flores plantas:

En la Figura 5, diagrama de cajas se observa los resultados sobre número de flores por tratamiento: T1 suelo sin fertilizante presenta una mediana de 23.9, con un valor inferior de 20 y valor máximo de 30 flores por planta, primer cuartil 22 y tercer cuartil 26 ; T2 suelo con fertilizante inorgánico presenta una mediana de 36.6, con un valor inferior de 30 y valor máximo de 43 flores por planta, primer cuartil 33 y tercer cuartil 40 ; T3 suelo con abono residual presenta una mediana de 42.2, con un valor inferior de 32 y valor máximo de 58 flores por planta, primer cuartil 35 y tercer cuartil 50.

Por consiguiente, se determina la menor presencia de flores por planta en T1, en T3 presenta la mayor presencia de flores y variabilidad de valores, en T2 valores cercanos similar a la mediana en T3.

Figura 5

Numero de flores de la planta de frejol



En la Tabla 13, análisis de varianza ANOVA se determinó un valor $p= 4.97e-07^{***}$ con respecto al número de flores siendo menor al valor de significancia $\alpha=0.05$ de manera que se rechaza la hipótesis nula y se admite la hipótesis alternativa.

Tabla 13

Análisis de varianza (ANOVA) número de flores

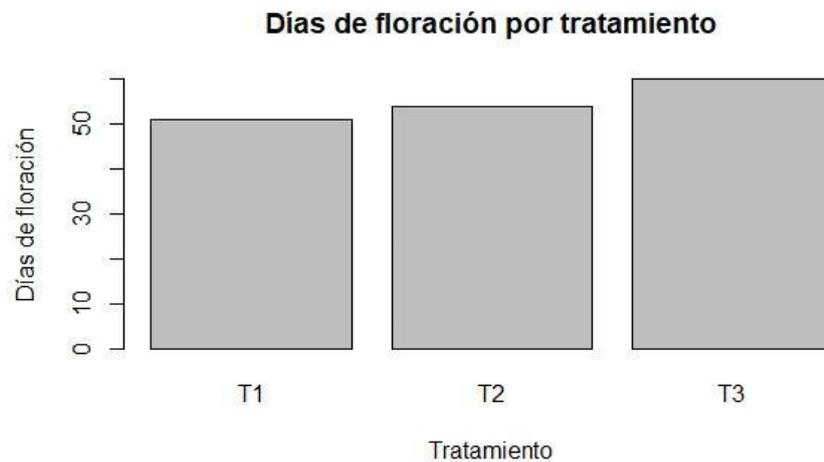
	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Tratamiento	2	1758.5	879.2	26.06	4.97e-07 ***
Residuales	27	910.9	33.7		

Momento de floración:

En la Figura 6, se aprecia los resultados sobre días de floración por tratamiento y se determinó que la floración en T1 se da a los 51 días, en T2 a los 54 días mientras en T3 a los 60 días.

Figura 6

Momento de floración de la planta de frejol



5.1.2 VARIABLES DE RENDIMIENTO

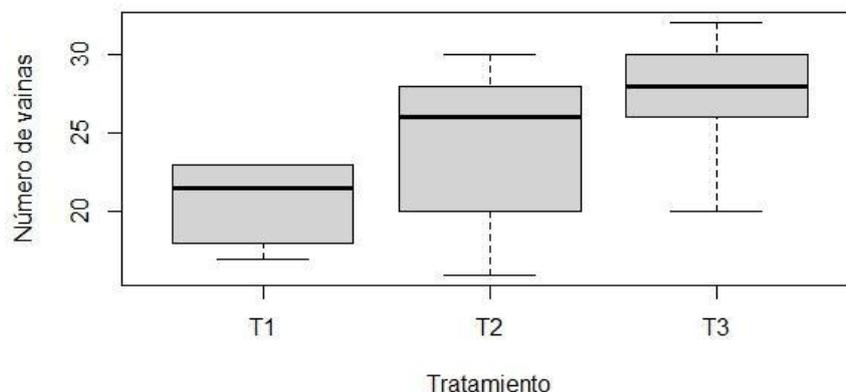
Numero de vainas por planta:

En la Figura 7, diagrama de cajas se detalla los resultados sobre número de vainas por tratamiento: T1 suelo sin fertilizante presenta una mediana de 20.6, con un valor inferior de 17 y valor máximo de 23 vainas por planta, primer cuartil 18 y tercer cuartil 23 ; T2 suelo con fertilizante inorgánico presenta una mediana de 24.6, con un valor inferior de 16 y valor máximo de 30 vainas por planta, primer cuartil 20 y tercer cuartil 28 ; T3 suelo con abono residual presenta una mediana de 27.4, con un valor inferior de 20 y valor máximo de 32 vainas por planta, primer cuartil 26 y tercer cuartil 30.

En consecuencia, se determina la menor presencia de vainas por planta en T1, en T3 presenta mayor presencia de vainas, en T2 presenta mayor variabilidad en los datos y valores similares a la mediana en T3.

Figura 7

Numero de vainas por tratamiento

Número de vainas por tratamiento

En la Tabla 14, análisis de varianza ANOVA se determinó un valor de significancia 01.001718e-05***, de acuerdo con el número de vainas siendo menor al valor de significancia $\alpha=0.05$ de manera que se rechaza la hipótesis nula y se admite la hipótesis alternativa.

Tabla 14

Análisis de varianza (ANOVA) número de vainas por planta

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Tratamiento	2	233.6502.5	116.80251.23	8.14517.99	01.001718e-05 ***
Residuales	27	387.277.0	14.3413.96		

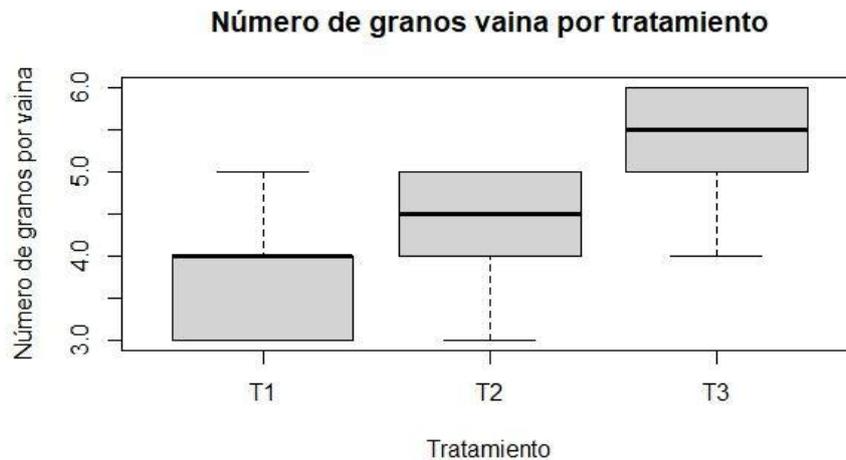
Numero de granos por vaina:

En la Figura 8, diagrama de cajas se observa los resultados sobre número de granos vaina por tratamiento: T1 suelo sin fertilizante presenta una mediana de 4, con un valor inferior de 3 y valor máximo de 5 granos por vaina, primer cuartil 3 y tercer cuartil 4.05 ; T2 suelo con fertilizante inorgánico presenta una mediana de 4.4, con un valor inferior de 3 y valor máximo de 5 granos por vaina, primer cuartil 4 y tercer cuartil 5 ; T3 suelo con abono residual presenta una mediana de 5.4, con un valor inferior de 4 y valor máximo de 6 granos por vaina, primer cuartil 5 y tercer cuartil 6.

Por lo tanto, se determinó la menor presencia de granos por vaina en T1, T3 presenta la mayor presencia de granos por vaina, T2 valores cercanos similar a la mediana en T1.

Figura 8

Numero de granos vaina por tratamiento



En la Tabla 15 análisis de varianza ANOVA número de granos por vaina se determinó un valor de significancia 0.000244*** de acuerdo con el número de granos por vaina siendo menor al valor de significancia $\alpha=0.05$ de manera que se rechaza la hipótesis nula y se admite la hipótesis alternativa.

Tabla 15

Análisis de varianza (ANOVA) número de granos por vaina

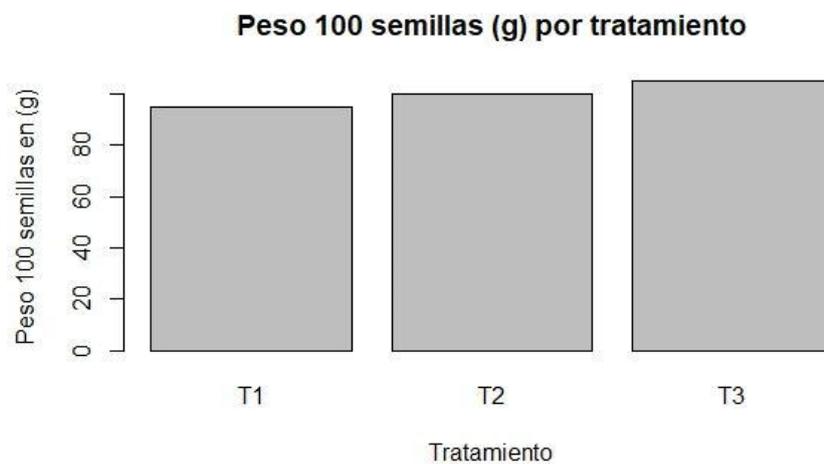
	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Tratamiento	2	11.67	5.833	11.5	0.000244***
Residuales	27	13.70	0.507		

Peso de 100 semillas de frejol:

En la figura 9 se observó los datos obtenidos sobre peso de 100 semillas (g) por tratamiento, nos indica que T3 obtuvo el mayor peso con 105 g, T2 100 g mientras que T1 95 g.

Figura 9

Peso de 100 granos de frejol por tratamiento

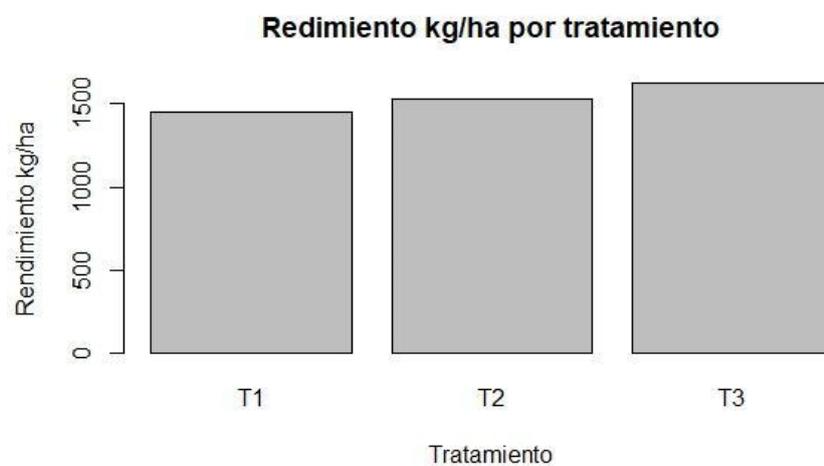


Rendimiento de kg/ha

En la Figura 10, se observa los resultados obtenidos sobre rendimiento kg/ha por tratamiento, nos indica que T3 obtuvo el mayor rendimiento con 1625 kg/ha, T2 1533 kg/ha, T1 1450 kg/ha.

Figura 10

Rendimiento kg/ha frejol por tratamiento



5.2 DISCUSIÓN

Los datos obtenidos en el análisis de varianza ANOVA, revelan la eficiencia agronómica de lodo residual en la producción de frejol, determinando que hay diferencia significativa en los tratamientos con respecto a las variables de crecimiento y producción, de modo que se rechaza la hipótesis nula H_0 : Los tratamientos de estudio no produce diferencia significativa en las respuestas experimentales y se acepta la hipótesis alternativa H_1 : Los tratamientos de estudio producen diferencia significativa en las respuestas experimentales.

En el análisis de resultados sobre diámetro de tallo, se determina que T3 (suelo con abono residual) presenta el nivel más dominante de desarrollo de radio, en relación con los tratamientos de T1 (suelo sin fertilizante), T2(suelo con fertilizante inorgánico 10-30-10). Debido a que T3 (suelo con abono residual) presen alto contenido de materia orgánica que promueve el crecimiento y desarrollo de las raíces favoreciendo la absorción de nutrientes (Murcia Navarro, 2013), en efecto un mayor incremento en asimilación de nitrógeno con un mejor desarrollo foliar verde más intenso (Pérez, 2016).

Mediante el análisis de resultados sobre la altura, se determina que T3 (suelo con abono residual) presenta mayor altura y variabilidad de datos, en contraste con los tratamientos de T1 (suelo sin fertilizante), T2(suelo con fertilizante inorgánico 10-30-10). Esto se debe a la incorporación de biosólidos al suelo aumenta la producción de biomasa (Gálvez, 2014). En estudios similares se ha demostrado que empleo de biosólidos ayuda a la retención de agua en el suelo, lo que permite un mayor desarrollo de las plantas (Izydorczyk et al., 2021).

En relación con los resultados obtenidos sobre promedio de flores, se evidencia que T3(suelo con abono residual) presenta la mayor presencia de flores y variabilidad, en paralelo a los tratamientos T1(suelo sin fertilizante) T2(suelo con fertilizante inorgánico 10-30-10). Debido a que los lodo residuales aportan gran cantidad de macronutrientes como N, P,K (Manjarrés-Hernández et al., 2018), además del fosforo ayuda al proceso de floración y lignificación (Chow & Pan, 2020; Ruiz, 2011)

En el análisis de resultados sobre momento de floración, se determina que T3(suelo con abono residual) la floración se da a los 60 días, mientras tanto en T2(suelo con fertilizante inorgánico 10-30-10) se da a los 54 días, T1(suelo sin fertilizante) a los 51 días. Vinculado esto a que la liberación de nutrientes contenidos en los biosólidos es más lenta (Gálvez, 2014; Rugama, 2020) , los fertilizantes inorgánicos revelan un $\leq 50\%$ de eficiencia de liberación de nutrientes y son absorbidos rápidamente por los cultivos(Morales, 2016; Rugama, 2020).

De acuerdo con los resultados obtenidos sobre número de vainas por planta, se deriva que T3(suelo con abono residual) presenta la mayor presencia de vainas por planta en relación con T2(suelo con fertilizante inorgánico 10-30-10), T1(suelo sin fertilizante). Esto se atribuye a la aplicación de biosólidos incrementa la disponibilidad de macro y micronutrientes esenciales, incrementado la fijación de N por esta leguminosa (Negrín & Jiménez, 2012; Poornima et al., 2022).

Con respecto a los resultados sobre el número de granos por vaina, se evidencia la mayor presencia de granos por vaina en T3(suelo con abono residual), con respecto a T2(suelo con fertilizante inorgánico 10-30-10), T1(suelo sin fertilizante). Debido a su alto contenido de materia orgánica rica en N, P,K (Kacprzak & Kupich, 2021), en la etapa de producción la planta requiere gran demanda de N que define el rendimiento y calidad del grano(Ruiz, 2011).

Del análisis de resultados sobre peso de 100 semillas de frejol, se determina un mejor rendimiento en peso de 105 g en T3(suelo con abono residual), con respecto a T2(suelo con fertilizante inorgánico 10-30-10) 100g y T1(suelo sin fertilizante) 95 g. Debido a que los biosólidos presente un gran aporte de fosforo y potasio que potencializan el desarrollo de las raíces esenciales en la etapa de floración ,fructificación y rendimiento de frejol (Méndez, 2024). Igualmente, a esta variable se vincula el nivel de producción T1, T2, T3 con la disponibilidad de macro y micro nutrientes, manejo adecuado de humedad, iluminación que determinan el desarrollo y peso del grano (Rugama, 2020).

En base a los resultados obtenidos sobre rendimiento, se establece que T3(suelo con abono residual) presenta un mejor rendimiento de producción con 1625 kg/ha, con respecto a T2(suelo con fertilizante inorgánico 10-30-10) 1533 kg/ha y T1(suelo sin fertilizante) 1450 kg/ha. En efecto los lodos residuales son residuos ricos en nutrientes fundamentales para las plantas N,P (Negrín & Jiménez, 2012), incrementando materia orgánica al suelo que potencializan el rendimiento los cultivos (Manjarrés-Hernández et al., 2018). De acuerdo a Morales, 2016, afirma que los productos químicos no presentan una alta disponibilidad de biomasa y los restos de fertilizante inorgánico no asimilado por los cultivos trae un impacto ambiental negativo, tal como la contaminación con NO₃ a fuentes de aguas superficiales y subterráneas.

5.3 ANÁLISIS COMPARATIVO DE RESULTADOS EN VARIABLES DE CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO DE LODO RESIDUAL CON OTROS ABONOS.

En la Tabla 16, se aprecia los resultados obtenidos en el empleo de humus líquido y biosólidos pecuarios en contraste al uso de lodo residual en el cultivo de frejol, determinado valores cercanos en relación de lodo residual con los biosólidos pecuarios (diámetros de tallo, altura de la planta); además se distingue un mayor desarrollo de altura de la planta, días de floración y promedio de flores de lodo residual con respecto a humus líquido.

Tabla 16

Variables de crecimiento del cultivo de frejol

	Variables de crecimiento			Promedio flores
	Diámetro de tallo	Altura de la planta	Días de floración	
Lodo residual	0.9 cm	60 cm	60 días	42.2
Humus líquido		20-60	36 días	20.8
Biosólidos residuales pecuarios	0.21 cm	63 cm		

Fuente: (Negrín & Jiménez, 2012; Rodríguez Pérez, 2022)

En la Tabla 17, se evidencia los resultados conseguidos en las variables de rendimiento, en relación con lodo residual con los biosólidos pecuarios presentan valores similares (Nro. de granos, peso de 100 granos, Kg/ha); de igual forma un menor rendimiento (vainas, peso de 100 granos, Kg/ha) en humus líquido.

Tabla 17

Variables de rendimiento del cultivo de frejol

	Variables de rendimiento			
	Vainas por planta	Nro. de granos por vaina	Peso 100 granos	Kg/ha
Lodo residual	32	6	105 g	1625
Humus líquido	17.7	8.2	15.2 g	1220
Biosólidos residuales pecuarios	12.10	7.10	20 g	2150

Fuente: (Negrín & Jiménez, 2012; Rodríguez Pérez, 2022)

6. CONCLUSIONES

A través de la revisión bibliográfica se logró obtener datos preliminares sobre aspectos agronómicos para el cultivo frejol, necesidades nutricionales, requerimientos edafoclimáticos, sistema de siembra y cálculos para establecer las condiciones óptimas de aplicación del lodo residual al suelo; basado en resultados obtenidos de estudios previos que permite el aprovechamiento de biosólidos.

Mediante el análisis de resultados fisicoquímicos y bacteriológicos de lodo/base seca, se comprobó que los biosólidos cumplen con los requerimientos y estándares para su aprovechamiento agrícola, de acuerdo con criterios y procedimientos de normativa NOM-004-SEMARNAT-2002 y Resolución CONAMA N° 375.

Por otra parte, el empleo de lodo residual en T3(suelo con abono residual), alcanzó un mejor desarrollo de indicadores fenológicos en cuanto a diámetro de tallo, altura de la planta, número de flores.

En el estudio realizado, se valoró el mejor rendimiento de T3(suelo con abono residual) frente a T2(suelo con fertilizante inorgánico 10-30-10), enfatizando a T3 el cual presenta un mejor nivel de producción de frejol con un peso de 105 g en 100 semillas y producción de 1625 kg/ha.

Finalmente, el análisis de resultados de laboratorio de lodo/base seca, certifica que los lodos residuales cumplen con los requerimientos específicos para su empleo en la agricultura en base a normativa NOM-004-SEMARNAT-2002 y Resolución CONAMA N° 375, y no hay riesgo de traslocación de contaminantes a la planta.

7. RECOMENDACIONES

Previo uso, se debe realizar estudios de laboratorio físico químico y microbiológico de biosólidos para empleo en la agricultura.

Implementación de programas medioambientales y cumplimiento de normativa vigente, para la descarga de aguas residuales municipales; a fin de reducir la concentración de contaminantes orgánicos e inorgánicos en los lodos y suelo.

Involucramiento de autoridades nacionales en la concesión de recursos financieros para el tratamiento de aguas residuales.

Empleo combinado de lodo residual con abono orgánico e inorgánico en actividades productivas.

Aprovechamiento de biosólidos como materia orgánica para la elaboración de biocompost (López Calero & Herrera González, 2018).

Monitoreo y seguimiento de parámetros de fertilidad del suelo antes de cada aplicación de biosólidos (CONAMA N° 375, 2006).

8. LIMITANTES DEL ESTUDIO

Restricciones ambientales de empleo de biosólidos en la agricultura ante elevadas concentraciones de contaminantes.

Disponibilidad de agua factor determinante en el manejo de humedad del suelo.

Monitoreo y control fitosanitario durante el ciclo de producción.

REFERENCIAS

- Balaganesh, P., Vasudevan, M., & Natarajan, N. (2022). Evaluating sewage sludge contribution during co-composting using cause-evidence-impact analysis based on morphological characterization. *Environmental Science and Pollution Research* 29:34, 29(34), 51161–51182. <https://doi.org/10.1007/S11356-022-19246-3>
- Bittencourt, S., Serrat, B. M., Aisse, M. M., & Gomes, D. (2014). Sewage sludge usage in agriculture: A case study of its destination in the Curitiba Metropolitan Region, Paraná, Brazil. *Water, Air, and Soil Pollution*, 225(9). <https://doi.org/10.1007/s11270-014-2074-y>
- Bolívar, N. A., Betancur, J. F., Rodríguez Valencia, N., & Rodríguez, N. (2015). Estudio evaluativo del manejo de biosólidos para el caso de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) El Salitre. *Repositorio Institucional. Universidad de Manizales*, 37, 1–10.
- Carmona, M. J. (2007). *En la producción de frijol voluble*.
- Chow, H. Y., & Pan, M. (2020). Fertilization Value of Biosolids on Nutrient Accumulation and Environmental Risks to Agricultural Plants. *Water, Air, and Soil Pollution*, 231(12). <https://doi.org/10.1007/s11270-020-04946-8>
- CONAMA N° 375. (2006). Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional de Meio Ambiente, Resolução CONAMA n° 375. *Resolução CONAMA N° 375*, 1, 32.
- Cuevas, G., & Walter, I. (2004). Metales pesados en maíz (*Zea mays* L.) cultivado en un suelo enmendado con diferentes dosis de compost de lodo residual. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 20(2), 59–68.
- de França, M., Emmerich, M., de Oliveira, T. M. N., Franczack, P., & de Oliveira Maia, B. G. (2021). Toxicity Study of the Sanitary Wastewater Treatment Plant Sludge Aiming Its Reuse in Agriculture. *Water, Air, and Soil Pollution*, 232(6). <https://doi.org/10.1007/s11270-021-05192-2>
- Decreto N° 14-2013 URUGUAY DIARIO OFICIAL.pdf*. (n.d.).
- Dimas, J., Mtz, L., Estrada, A. D., Rubin, E. M., Cepeda, R. D. V., Latinoamericana, T., Mexicana, S., Ciencia, D., Del, Q., Rendimiento, S. Y., Maiz, E. N., & Cepeda, D. V. (2001). Effect of Organic Fertilizers on Physical-Chemical Soil Properties and Corn Yield. *Sociedad Mexicana de La Ciencia Del Suelo, A.C.*, 19, 293–299. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57319401>
- Escoto, N. (2004). El cultivo de frijol: MANUAL TÉCNICO PARA USO DE EMPRESAS PRIVADAS, CONSULTORES INDIVIDUALES Y PRODUCTORES. *Secretaría De Agricultura Y Ganadería, Dirección De Ciencia Y Tecnología Agropecuaria*, 1, 2–10. <https://cenida.una.edu.ni/relectronicos/REf01e74.pdf>
- Fijalkowski, K., Rorat, A., Grobelak, A., & Kacprzak, M. J. (2017). The presence of contaminations in sewage sludge – The current situation. *Journal of Environmental Management*, 203, 1126–1136. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.05.068>
- Gálvez, S. (2014). *Efectos de la aplicación de lodos provenientes de la planta de tratamiento de aguas residuales sobre el suelo*.
- Garrido, S., Del Campo, G. M., Esteller, M. V., Vaca, R., & Lugo, J. (2005). Heavy metals in soil treated with sewage sludge composting, their effect on yield and uptake of broad bean seeds (*Vicia faba* L.). *Water, Air, and Soil Pollution*, 166(1–4), 303–319.

- <https://doi.org/10.1007/s11270-005-5269-4>
- Gualoto, J. (2016). Propuesta De Gestión De Lodos Residuales Municipales. Caso De Estudio: Planta De Tratamiento De Agua Residual De La Parroquia Rural De Nono. *Universidad Politécnica Nacional*. <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/17066/1/CD-7650.pdf>
- Izydorczyk, G., Mikula, K., Skrzypczak, D., Trzaska, K., Moustakas, K., Witek-Krowiak, A., & Chojnacka, K. (2021). Agricultural and non-agricultural directions of bio-based sewage sludge valorization by chemical conditioning. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(35), 47725–47740. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-15293-4>
- Jácome V., Andrés R., Peñarete M, W. y D. M. C. (2013). Fertilización orgánica e inorgánica en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en suelo inceptisol con propiedades ándicas. *Ingeniería de Recursos Naturales y Del Ambiente*, 12, 59–67.
- Kacprzak, M. J., & Kupich, I. (2021). The specificities of the circular economy (CE) in the municipal wastewater and sewage sludge sector—local circumstances in Poland. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 0123456789. <https://doi.org/10.1007/s10098-021-02178-w>
- Kirchmann, H., Börjesson, G., Kätterer, T., & Cohen, Y. (2017). From agricultural use of sewage sludge to nutrient extraction: A soil science outlook. *Ambio*, 46(2), 143–154. <https://doi.org/10.1007/s13280-016-0816-3>
- Kominko, H., Gorazda, K., & Wzorek, Z. (2017). The Possibility of Organo-Mineral Fertilizer Production from Sewage Sludge. *Waste and Biomass Valorization*, 8(5), 1781–1791. <https://doi.org/10.1007/s12649-016-9805-9>
- Llivichuzca, M. N. (2016). Tratamiento de lodos residuales procedentes de plantas de tratamiento de aguas residuales mediante procesos electroquímicos para la disminución de metales pesados (Pb). *Universidad Politécnica Salesiana - Ecuador*, 114. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/12045/1/UPS-CT005868.pdf>
- López Calero, C., & Herrera González, Y. (2018). *Aprovechamiento de lodos residuales para la elaboración de Biocompost*.
- López, M. F. (2013). *Tesis Previa a La Obtención Del Título De Ingeniero En Medio Ambiente . Potabilizadora De Agua Emaars-Ep En La Estancilla , Mediante Compostaje . Autores : Jonathan Gabriel Rivas Cevallos Tutor : Ing . Carlos Solorzano*.
- Manjarrés-Hernández, E. H., Castellanos-rozo, J. M., & Merchán-castellanos, N. A. (2018). *Uso de biosólidos en Colombia: métodos de estabilización*. 9–28. [file:///C:/Users/User/Downloads/Rev_+13+_Revista+vol.+4+Nro.+1+-+Uso+de+biosólidos_2022+\(1\).pdf](file:///C:/Users/User/Downloads/Rev_+13+_Revista+vol.+4+Nro.+1+-+Uso+de+biosólidos_2022+(1).pdf)
- Marquez, M., & Valeria, M. (2018). *Comportamiento De Diferentes Variedades De Soya En Lagranja Santa Inés, Universidad Técnica De Machala*. 1–47.
- Méndez, A. (2024). *Propuesta De Manejo De Lodos Residuales Generados En La Planta De Tratamiento De La Ciudad De Ibarra*.
- MERCOSUR. (n.d.). *RES_012-2011_ES.pdf*.
- Morales, I. (2016). *Evaluación de fertilizantes químicos y orgánicos en frijols (*Phaseolus vulgaris* L.)*. 147(March), 11–40.
- Mosquera-Losada, M. R., López-Díaz, L., & Rigueiro-Rodríguez, A. (2001). Sewage sludge fertilisation of a silvopastoral system with pines in northwestern Spain. *Agroforestry Systems*, 53(1), 1–10. <https://doi.org/10.1023/A:1012239419829>
- Murcia Navarro, F. J. (2013). *Lodos De Depuradora: Una Visión*. 302. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=96844>

- Negrín, A., & Jiménez, Y. (2012). ANAEROBIA DE RESIDUALES PECUARIOS EN EL CULTIVO DEL FRIJOL (*Phaseolus vulgaris* L .) Evaluation of the agronomic effect of biosolids from a wastewater treatment by anaerobic digestion of livestock waste in bean (*Phaseolus vulgaris* L .) crop Alejandro Neg. *Cultivos Tropicales*, 33(2), 13–19. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0258-59362012000200002&script=sci_abstract&tlng=es
- Pabón, F. (1994). *Aspectos agronomicos del cultivo de frijol*.
- Peralta, E., Mazon, N., Minchala, L., & Guaman, M. (2013). Fréjol arbustivo (*Phaseolus vulgaris* L.) y arveja (*Pisum sativum* L) en las provincias de Cañar, Azuay Y Loja. *Iniap*, 413, 78. <http://181.112.143.123/bitstream/41000/2827/1/iniapsc322est.pdf>
- Pérez, A. (2016). *Estudio bibliográfico del uso de lodos de depuradora en suelos agrícolas*. <http://catedramln.unizar.es/files/conferencias/lodos2013/Herrero.pdf>
- Piu, M. (2012). *Estudio de Impacto Ambiental y Plan de Manejo Ambiental del Proyecto "GALAPAGOS ELITE."* 2, 224.
- Poornima, R., Suganya, K., & Sebastian, S. P. (2022). Biosolids towards Back–To–Earth alternative concept (BEA) for environmental sustainability: a review. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(3), 3246–3287. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-16639-8>
- Rivera, J; Charry, M. (2015). *Evaluación de la bioacumulación de Hg, Pb, Cd, Ni y cromo en LAS ESPECIES *Lycopersicon esculentum* y *Phaseolus vulgaris* en el "MORRO" DE MORAVIA MEDELLÍN, COLOMBIA*. 1–53.
- Rodriguez Pérez, C. I. (2022). *Evaluación del efecto de la aplicación de humus de lombriz líquido y microorganismos eficientes en el cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris*, L)*. <https://repositorio.uho.edu.cu/>
- Romero, J. (2021). "Efecto de fertilización inorgánica en el valor nutricional in vitro de la *Erythrina poeppigiana*". 593, 1–2.
- Rostami, F., Tafazzoli, S. M., Aminian, S. T., & Avami, A. (2020). Comparative assessment of sewage sludge disposal alternatives in Mashhad: a life cycle perspective. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(1), 315–333. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-06709-3>
- Rugama, J. (2020). *Evaluación de diferentes fertilizantes en el cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), Variedad Rojo Extrema Sequía, Centro Experimental las Mercedes, 2020*. 1–46.
- Ruiz, F. E. (2011). *Utilización De Los Lodos Generados En El Proceso De Potabilización Del Agua De La Planta De Tratamiento "Casigana", Como Aditivo Para Suelos De Cultivo*. 20.
- SEMARNAT. (2003). Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 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. *Diario Oficial de La Federación*, 1–37. http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=691939&fecha=15/08/2003
- Shrivastava, S. K., & Banerjee, D. K. (2004). Speciation of metals in sewage sludge and sludge-amended soils. *Water, Air, and Soil Pollution*, 152(1–4), 219–232. <https://doi.org/10.1023/B:WATE.0000015364.19974.36>
- Sude, G., Rajpal, A., Tyagi, V. K., Sharma, K., Mutiyar, P. K., Panday, B. K., Pandey, R. P., & Kazmi, A. A. (2023). Evaluation of sludge quality in Indian sewage treatment plants to develop quality control indices. *Environmental Science and Pollution Research*, 0123456789. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-25320-1>

- Torres Lozada, L. K., Escobar Medina, D., Soto Paz, J., Daza Torres, M. C., & Torres Lozada, P. (2021). Evaluación de la mineralización del nitrógeno en un suelo ácido bajo fertilización inorgánica y orgánica. *Ingeniería*, 26(2), 197–212. <https://doi.org/10.14483/23448393.16954>
- US EPA. (1993). 40 CFR 503 Standards for Use or Disposal of Sewage Sludge from Environmental Protection. In *US Government Printing Office*. (pp. 1–176).
- Vieira, R. F., Moriconi, W., & Pazianotto, R. A. A. (2014). Residual and cumulative effects of soil application of sewage sludge on corn productivity. *Environmental Science and Pollution Research*, 21(10), 6472–6481. <https://doi.org/10.1007/s11356-014-2492-9>
- Zabotto, A., Zuñiga, E., Ruiz, L., Broetto, F., Reis, A., & Kanashiro, S. (2019). Uso de lodos residuales como fertilizante en eucalipto - diagnóstico de investigación Use of residual sludge as a fertilizer on eucalyptus - research diagnosis. *Idesia*, 37(2), 103–108.

ANEXOS

Anexo 1. Preparación de suelo y siembra de frejol (Phaseolus vulgaris)

T1



T2



T3



Anexo 2. Resultados de análisis de lodos/base seca



ALS Ecuador
De Los Eucaliptos E3-23 y De Los Cipreses
Quito, Ecuador
T: +59 3 2280 8877

PROTOCOLO: 131514/2022-1.0	PLJ-49
SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	Revisión: 14
	Página 1 de 2

NOMBRE DEL CLIENTE:	EMPRESA PÚBLICA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE (BARRA EMAPA)
DIRIGIDO EN ATENCIÓN A:	INGENIERA SARA JUNCO
NOMBRE DEL PROYECTO:	TOMA DE MUESTRA Y ANÁLISIS DE LODO / BASE SECA
DIRECCIÓN DEL PROYECTO:	SUCRE 7-77 PEDRO MONCAYO, BARRA / IMBABURA
MUESTREO REALIZADO POR:	ALS ECUADOR ALSECU S.A. / INGENIERO RAMIRO NÚÑEZ - TECNÓLOGO DAVID SOLANO
PROCEDIMIENTO MUESTREO:	POS-08.00 "MUESTREO DE SUELOS" (*)
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS:	MARZO 14 DEL 2022 / 14:23 / N° CADENA DE CUSTODIA: 0018902
LUGAR DE ANÁLISIS:	ALS ECUADOR ALSECU S.A. / QUITO - DE LOS EUCALIPTOS E3-23 Y DE LOS CIPRESSES
FECHA DE ANÁLISIS:	MARZO 11 AL 25 DEL 2022
FECHA DE EMISIÓN DE INFORME:	25 DE MARZO DEL 2022

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

MATRIZ	LODO					
	CÓDIGO DE LABORATORIO	CÓDIGO DE MUESTREO	REFERENCIA	FECHA DE MUESTREO	HORA DE MUESTREO	COORDENADAS UTM WGS 84
16698-3	L1	Abono PTAR	11/03/2022	10:45	17N0821395 0039287	Ninguna Observación

REFERENCIAS Y OBSERVACIONES

Laboratorio de Ensayo ALS ECUADOR ALSECU S.A. acreditado por el SAE con Acreditación N° SAE LEN 05-005.

Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación del SAE.

SM - Standard Methods.

EPA - Environmental Protection Agency.

Los resultados solo se refieren a las muestras analizadas. ALS ECUADOR ALSECU S.A. declina toda responsabilidad por el uso de los resultados aquí presentados.

"Si las condiciones de muestreo fueron controladas según los Procedimientos Correspondientes establecidos por ALS ECUADOR ALSECU S.A., estas no inciden en los resultados que se describen en el presente informe".

Este informe no podrá ser reproducido parcialmente, sin la autorización escrita de ALS ECUADOR ALSECU S.A.

Sin la firma electrónica del responsable autorizado de ALS ECUADOR ALSECU S.A., este informe no es válido.



COORDINADORA EMISIÓN DE INFORMES
SILVIA CAROLINA
ESCOBAR
ESTRELLA

Coordinadora Emisión de Informes
ALS ECUADOR ALSECU S.A.



Acreditación N° SAE LEN 05-005
LABORATORIO DE ENSAYOS



ALS Ecuador
De Los Eucaliptos E3-23 y De Los Cipreses
Quito, Ecuador
+59 3 2280 8877

PROTOCOLO: 131514/2022-1.0	RII-48
SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	Revisión: 14
	Página 3 de 3

CROQUIS DE UBICACIÓN



ALS ECUADOR ALSECU S.A.
De Los Eucaliptos E3-23 y De Los Cipreses
Quito - Ecuador
T: +5 932 280 8877



right solutions.
right partner.



Acreditación N° SAE LEN 05-005
LABORATORIO DE ENSAYOS

PROTOCOLO: 713614/2022-1.0	RLI-40
	Revisión: 14
SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	Página 1 de 3

NOMBRE DEL CLIENTE:	EMPRESA PÚBLICA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE IBARRA EMAPA-I
DIRIGIDO EN ATENCIÓN A:	INGENIERA LIBETH BENAVIDES
NOMBRE DEL PROYECTO:	TOMA DE MUESTRA Y ANÁLISIS DE LODO / BASE SECA
DIRECCIÓN DEL PROYECTO:	SUCRE 7-77 PEDRO MONCAYO, IBARRA / MBABURA
MUESTREO REALIZADO POR:	ALS ECUADOR ALSECU S.A. / INGENIERO XAVIER CRESPIN - INGENIERO MILTON ÁVILA
PROCEDIMIENTO MUESTREO:	POS-08.00 "MUESTREO DE SUELOS" (*)
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS:	DICIEMBRE 01 DEL 2022 / 08:00 / N° CADENA DE CUSTODIA: 0027788 / N° ESPECIFICACIÓN PLAN DE MUESTREO: NO APLICA
LUGAR DE ANÁLISIS:	ALS ECUADOR ALSECU S.A. / QUITO - DE LOS EUCALIPTOS E3-23 Y DE LOS CIPRESSES
FECHA DE ANÁLISIS:	NOVIEMBRE 30 AL 20 DE DICIEMBRE DEL 2022
FECHA DE EMISIÓN DE INFORME:	20 DE DICIEMBRE DEL 2022

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

MATRIZ	LODO					
CÓDIGO DE LABORATORIO	CÓDIGO DE MUESTREO	REFERENCIA	FECHA DE MUESTREO	HORA DE MUESTREO	COORDENADAS UTM WGS 84	OBSERVACIONES
02188-3	L1	Abono PTAR	30/11/2022	14:25	17N0821395 0039267	Ninguna Observación

REFERENCIAS Y OBSERVACIONES

Laboratorio de Ensayo ALS ECUADOR ALSECU S.A. acreditado por el SAE con Acreditación N° SAE LEN 05-005.

Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación del SAE.

SM - Standard Methods.

EPA - Environmental Protection Agency.

Los resultados solo se refieren a las muestras analizadas. ALS ECUADOR ALSECU S.A. declina toda responsabilidad por el uso de los resultados aquí presentados.

Si las condiciones de muestreo fueron controladas según los Procedimientos Correspondientes establecidos por ALS ECUADOR ALSECU S.A., éstas no inciden en los resultados que se describen en el presente informe.

Este informe no podrá ser reproducido parcialmente, sin la autorización escrita de ALS ECUADOR ALSECU S.A.

Sin la firma electrónica del responsable autorizado de ALS ECUADOR ALSECU S.A., este informe no es válido.



Firmado electrónicamente por:
**SILVIA CAROLINA
ESCOBAR
ESTRELLA**

Coordinadora Emisión de Informes
ALS ECUADOR ALSECU S.A.


 right solutions.
 right partner.

ALS ECUADOR ALSECU S.A.
 De Los Escalpitos 63-23 y De Los Cipreses
 Quito - Ecuador
 T: +5 932 260 8877

PROTOCOLO: 713614/2022-1.0	RU-03
SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	Revisión: 04
	Página 2 de 3

RESULTADOS OBTENIDOS

PARÁMETROS ANALIZADOS	METODOLOGÍA DE REFERENCIA	MÉTODO INTERNO ALS	UNIDAD	92188-3	INCERTIDUMBRE (K=2)	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	CRITERIO DE RESULTADOS
				L1			
ARSÉNICO	EPA 3005 A, Rev. 01, 1992 EPA 8010 B, December 1996 Standard Methods Ed. 23, 2017, 3120 B	PA - 118.00	mg/kg	5,28	+ 0,002 mg/kg	75	CUMPLE
BARIO		PA - 118.00	mg/kg	194,12	+ 0,028 mg/kg	NO APLICA	NO APLICA
CADMO		PA - 118.00	mg/kg	1,27	+ 0,00031 mg/kg	85	CUMPLE
CROMO TOTAL		PA - 118.00	mg/kg	25,68	+ 0,008 mg/kg	NO APLICA	NO APLICA
COBRE		PA - 118.00	mg/kg	160,45	+ 0,7 mg/kg	4300	CUMPLE
PLOMO		PA - 118.00	mg/kg	18,80	+ 0,32 mg/kg	840	CUMPLE
MERCURIO	EPA 7471 B, Rev. 02, 2007	PA - 57.00	mg/kg	<0,10	+ 0,0061 mg/kg	57	CUMPLE
NÍQUEL	EPA 3005 A, Rev. 01, 1992 EPA 8010 B, December 1996 Standard Methods Ed. 23, 2017, 3120 B	PA - 118.00	mg/kg	13,58	+ 0,013 mg/kg	400	CUMPLE
ZINC		PA - 118.00	mg/kg	566,26	+ 3,73 mg/kg	7500	CUMPLE
COLIFORMES FECALES	Standard Methods 23 Edition, 2017, 9201 B, 9201 C y 9201 E Bacteriological Analytical Manual 7th Edition, 2015, Appendix 2	PA - 97.00	NMP/g	92	-	⁽¹⁾ <1000	CUMPLE
SALMONELLA	EPA 1682	PA - 126.00	NMP/g	g ⁽²⁾	-	⁽¹⁾ <1	CUMPLE
HUEVOS DE HELMINTOS ⁽³⁾	Norma Mexicana NMX-AA-113-SCFI-2012, Rev. 02, 2012	PA - 98.00	huevos/g	<1	-	⁽¹⁾ <3	CUMPLE
SÓLIDOS SECOS	NMX-AA-18-1984	PA - 85.00	%	97,20 ⁽⁴⁾	+ 0,10 %	NO APLICA	NO APLICA
MOLIBDENO	EPA 3005 A, Rev. 01, 1992 EPA 8010 B, December 1996 Standard Methods Ed. 23, 2017, 3120 B	PA - 118.00	mg/kg	3,59	+ 0,011 mg/kg	NO APLICA	NO APLICA
SELENO		PA - 118.00	mg/kg	<1,00	+ 0,041 mg/kg	NO APLICA	NO APLICA
NITRÓGENO TOTAL KJELDAHL	Standard Methods Ed. 23, 2017, 4500-Norg-C 2-c Standard Methods Ed. 23, 2017, 4520-NH3-C	PA - 129.00	mg/kg	24766,75 ⁽⁵⁾	+ 173,07 mg/kg	NO APLICA	NO APLICA
FÓSFORO TOTAL ⁽⁶⁾	Standard Methods Ed. 23, 2017, 4500-P B y 4500-P C	PA - 49.00	mg/kg	5794,0	+ 12,6 mg/kg	NO APLICA	NO APLICA
MATERIA ORGÁNICA ⁽⁷⁾	Primo Yáñez, Química Agrícola I, Método Walkley Black, 1934	PA - 35.00	%	23,52	+ 0,15 %	NO APLICA	NO APLICA
POTENCIAL HIDRÓGENO	EPA 8045 D, Rev. 04, 2004	PA - 05.00	U pH	6,26	+ 0,06 U pH	NO APLICA	NO APLICA
CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	EPA 9050 A, Rev. 1, 1996	PA - 06.00	uS/cm	1827,0	+ 13,3 uS/cm	NO APLICA	NO APLICA

REFERENCIAS Y OBSERVACIONES

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

⁽¹⁾ ⁽²⁾ Acuerdo Ministerial N° 661, TULSMA, Libro VI, Título III, Capítulo VI: Gestión Integral de Residuos Sólidos No Peligrosos y Residuos 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, aceptadas de forma expresa por la Autoridad Ambiental Nacional.

⁽³⁾ CFR 40, USA, 2014, Title 40, Chapter 1, Subchapter 2, Part 503, Standards for the Use or Disposal of Sewage Sludge, Subpart B: Land Application, 503.13- Pollution Limits Table 1: Culling Concentrations.

⁽⁴⁾ CFR 40, USA, 2014, Title 40, Chapter 1, Subchapter 2, Part 503, Standards for the Use or Disposal of Sewage Sludge, Subpart D: Pathogens and Vector-Attraction Reduction, 503.32: Pathogens.

⁽⁵⁾ Criterio de Resultados, según EU-34 "Regla de Decisión de Conformidad de Resultados".

⁽⁶⁾ Los valores reportados se encuentran fuera del rango de acreditación del SAE para Sólidos Secos de 5 a 75 %, Nitrogeno Total Kjeldahl de 700 a 15000 mg/kg, Salmonella de



right solutions.
right partner.

ALS ECUADOR ALSECU S.A.
De Los Eucaliptos E3-23 y De Los Cipreses
Quito - Ecuador
T: +5 932 280 8877

PROTOCOLO: 713614/2022-1.0	PLJ-42
SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	Revisión: 14
	Página 3 de 3

CROQUIS DE UBICACIÓN



Anexo 3. Factores de tratamiento de frejol (*Phaseolus vulgaris*)

T1 (sin acondicionamiento)



T2 (fertilizante inorgánico 10-30-10 150 kg. ha⁻¹)



T3 (abono residual 150 kg. ha⁻¹)



Anexo 4. Imágenes toma de datos de variables crecimiento de frejol (Phaseolus vulgaris)

FLORACION



DIAMETRO DE TALLO



ALTURA



Anexo 5. Imágenes toma de datos de variables rendimiento de frejol (Phaseolus vulgaris)

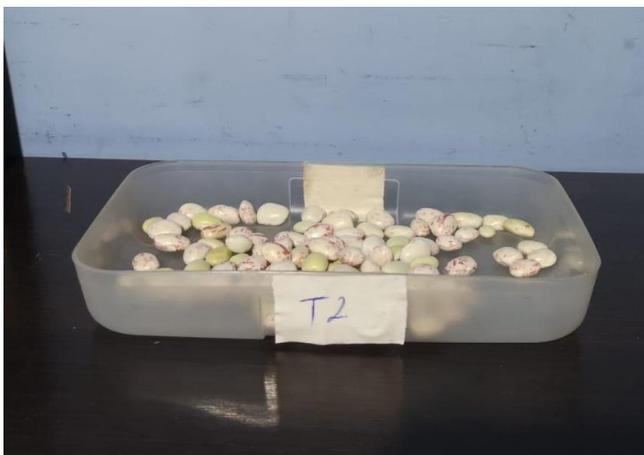
Numero de vainas por planta



Numero de granos por vaina



Peso de 100 granos de frejol



Anexo 6. Datos de variables evaluada de frejol (*Phaseolus vulgaris*)

Variables de crecimiento

	T1				T2			
	Diámetro tallo/cm	Altura/cm	Flores	Días flores	Diámetro tallo/cm	Altura/cm	Flores	Días flores
1	0,5	46	25	51	0,6	49	36	54
2	0,6	39	30		0,7	51	38	
3	0,4	39	26		0,9	50	40	
4	0,5	40	23		0,6	55	32	
5	0,6	51	22		0,7	47	43	
6	0,6	42	20		0,8	48	40	
7	0,5	43	22		0,6	53	36	
8	0,6	44	22		0,9	50	38	
9	0,6	45	25		0,7	51	33	
10	0,5	46	24		0,7	54	30	

T3			
Diámetro tallo/cm	Altura/cm	Flores	Días flores
0,9	52	50	60
0,8	52	32	
0,8	49	35	
0,7	47	48	
0,6	50	58	
0,8	60	50	
0,8	52	34	
0,7	51	36	
0,9	60	37	
0,6	58	42	

Variables de rendimiento

	T1				T2			
	Vainas	granos/vaina	Peso promedio 100 semillas g	Rendimiento ha	Vainas	granos/vaina	Peso promedio 100 semillas g	Rendimiento ha
1	17	5	95	1450	16	4	100	1533
2	21	5			26	3		
3	18	4			28	4		
4	23	4			30	5		
5	23	4			27	5		
6	22	3			18	5		
7	18	3			20	4		
8	19	4			25	5		
9	22	4			26	4		
10	23	3			30	5		

T3			
Vainas	granos/vaina	Peso promedio 100 semillas g	Rendimiento ha
23	6	105	1625
20	6		
27	5		
30	6		
28	5		
30	6		
32	4		
26	6		
28	5		
30	5		